



# TRANSPORTS CANADA

CONFIDENTIEL ET PRIVILÉGIÉ

## CARACTÉRISATION ENVIRONNEMENTALE APPROFONDIE DES SOLS ET DES EAUX SOUTERRAINES DE LA RUE DU QUAI, VILLE DE GASPÉ, QUÉBEC

**RAPPORT FINAL**

**Notre référence : PR03-38**

Juin 2004

TechnoRem inc

**TRANSPORTS CANADA**

**CONFIDENTIEL ET PRIVILÉGIÉ**

**CARACTÉRISATION ENVIRONNEMENTALE  
APPROFONDIE DES SOLS ET DES EAUX  
SOUTERRAINES DE LA RUE DU QUAI,  
VILLE DE GASPÉ, QUÉBEC**

**RAPPORT FINAL**

**NOTRE RÉFÉRENCE : PR03-38**

**Juin 2004**

*Distribution :*  
*10 copies : Transports Canada*  
*1 copie : TechnoRem Inc.*



Le 3 juin 2004

**Transports Canada**  
700, Leigh Capréol  
Dorval (Québec)  
H4Y 1G7

**À l'attention de :** Madame Adriana Peisajovich  
Agente en environnement

**OBJET :** CARACTÉRISATION ENVIRONNEMENTALE APPROFONDIE  
DES SOLS ET DES EAUX SOUTERRAINES DE LA RUE DU  
QUAI, VILLE DE GASPÉ, QUÉBEC  
Rapport final  
Notre référence : PR03-38

CONFIDENTIEL ET PRIVILÉGIÉ

*Madame Peisajovich,*

*Il nous fait plaisir de vous présenter une copie du rapport final de la caractérisation environnementale approfondie des sols et des eaux souterraines de la rue du Quai, ville de Gaspé, Québec.*

*N'hésitez pas à communiquer avec nous pour tout renseignement supplémentaire. Nous vous prions de recevoir, Madame Peisajovich, l'expression de nos sentiments les meilleurs.*

**TechnoRem Inc.**

David Morin, Ph.D  
Géologue

Jean-Marc Lauzon, ing., M.Sc.  
Hydrogéologue

DM/JML/cm

## SOMMAIRE EXÉCUTIF

---

Ce rapport présente les résultats de caractérisation environnementale des sols et des eaux souterraines des terrains propriétés de Transport Canada localisés dans le secteur de la rue du Quai, à Gaspé. Le rapport présente aussi les résultats de la modélisation mathématique de l'écoulement et du transport des contaminants. Enfin, une revue des différentes options de gestion sont présentées.

Transport Canada prévoit céder la rue du Quai ainsi que certains terrains adjacents (lots 17, 50, C1-3, C2-2, B6-2, B5-2, B5-1-1, 1-1-1, B4-6 et 1-4) et souhaite par conséquent effectuer une caractérisation approfondie des sols et des eaux souterraines dans le secteur. La rue du Quai est située à l'est de la ville et relie la route 132 au quai commercial de Gaspé.

Différents travaux de caractérisation environnementale ont été réalisés depuis 1998 dans le secteur. Des concentrations dépassant le critère C du MENV en métaux et en C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> dans les sols et dépassant le critère d'eau de surface et égouts (ESE) pour les eaux souterraines sont identifiées. Les travaux proposés dans le cadre de cette étude visent à atteindre les objectifs suivants :

- Procéder à une caractérisation environnementale approfondie des sols de la rue du Quai, soit sur les terrains appartenant à TC, sur les terrains avoisinants la rue et sur une portion des terrains du port de Gaspé.
- Établir le degré de contamination et effectuer une évaluation précise du volume de sols contaminés, par types de contaminants, en vue de planifier un projet de réhabilitation des terrains.
- Caractériser les eaux souterraines et rassembler les données nécessaires à la réalisation d'une modélisation mathématique de l'écoulement des eaux souterraines et du transport des contaminants en vue de déterminer le scénario de réhabilitation le plus avantageux.

La géologie du site à l'étude est caractérisée par un remblai d'une épaisseur d'environ 2 m, mais pouvant atteindre 3,8 m, composé de silt sableux à graveleux ou de sable contenant diverses proportions de silt, de gravier ou de blocs rocheux. Le remblai recouvre des unités naturelles de sable plus ou moins silteux ou graveleux. La géologie est différente dans la partie centrale du site. Sous le remblai de silt sableux à graveleux, on retrouve une unité naturelle d'argile silteuse ou, plus au nord-est, le socle rocheux formé de shale friable.



Les travaux réalisés sur la propriété de Transport Canada ont permis d'identifier trois principales unités hydrogéologiques. D'abord la partie saturée du remblai composé de silt sableux à graveleux et les unités naturelles sous-jacente de sable contenant diverses proportions de silt ou de gravier (aquifère de gravier), ensuite l'unité naturelle d'argile silteuse (aquitard) et enfin l'unité du socle rocheux. L'eau souterraine a été rencontrée à une profondeur de 0,2 à 3,3 m en août 2003. Les valeurs de perméabilité calculées sur le site sont variées entre  $1,2 \times 10^{-7}$  à  $1,5 \times 10^{-5}$  m/s pour une moyenne géométrique de  $3,04 \times 10^{-6}$  m/s. Le relevé piézométrique indique que l'eau souterraine s'écoule vers le nord-est, soit en direction de la baie de Gaspé, en fonction d'un gradient hydraulique horizontal moyen de l'ordre de 0,022 m/m. La vitesse moyenne de migration des eaux souterraines a été estimée à 8 m/an, tandis que les vitesses maximales d'écoulement seraient de l'ordre de 130 m/an dans les zones de plus grandes pentes.

Les principaux résultats concernant la qualité des sols sont les suivants :

- 346 échantillons de sols prélevés lors des travaux de terrain effectués en août 2003
- 178 ont été sélectionnés pour l'analyse des hydrocarbures pétroliers C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub>, des HAM, des HAP, des phénols, des métaux et/ou d'autres paramètres organiques (carbone organique total et bactéries hydrocarbonoclastes) ou inorganiques (soufre, azote, phosphore).

Les résultats analytiques montrent des dépassements du critère C du MENV (3 500 mg/kg) pour les C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> dans six (6) échantillons avec des concentrations variant de 4 900 à 10 000 mg/kg. Une concentration en HAP (1,3-diméthyl-naphtalène : 20 mg/kg) supérieure au critère C du MENV (10 mg/kg) a été mesurée. Les sols affectés par les hydrocarbures pétroliers (> C) s'étendent sur une superficie totale estimée à environ 1 400 m<sup>2</sup>, une épaisseur de 0,5 à 2,0 m, pour un volume total estimé à environ 1 500 m<sup>3</sup>, dont approximativement 400 m<sup>3</sup> montrant une concentration atteignant le critère D. Le volume approximatif de sols affectés par les HAP est de 200 m<sup>3</sup>.

Les résultats analytiques pour les métaux montrent que le cuivre a dépassé le critère C du MENV (500 mg/kg) dans 30 échantillons de remblai répartis sur l'ensemble du site (lots 17, C1-3, B6-2, B5-2, 1-1-1 et 1-4), avec des concentrations variant de 500 à 21 000 mg/kg. Des concentrations supérieures aux critères C ont également été mesurées pour l'arsenic (160 mg/kg dans le TP88, lot C1-3) et le plomb (1 300 mg/kg dans le TP76, lot B5-2, et 1 400 mg/kg dans le TP94, lot 17). Le

soufre a été mesuré en concentrations élevées (0,24 à 0,47 mg/kg. Ces valeurs dépassent le critère C de la Politique du MENV. Les sols contenant des métaux (cuivre ± arsenic et plomb) en concentrations supérieures aux critères C sont répartis dans 11 secteurs le long de la rue du Quai. La contamination en métaux se retrouve généralement dans la couche de remblai entre la surface et 1,0 m de profondeur (localement 2,5 m). Les sols contaminés s'étendent sur une superficie totale de près de 12 000 m<sup>2</sup> (volume total estimé 14 000 m<sup>3</sup>). De ce volume, environ 4 000 m<sup>3</sup> présentent un niveau de contamination égal ou supérieur au critère D du MENV.

Des échantillons d'eau ont été prélevés de 44 puits d'observation, incluant six puits existants, et soumis à l'analyse des hydrocarbures pétroliers C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub>, des HAM, des HAP, des métaux et/ou d'autres paramètres organiques (carbone organique total et bactéries hydrocarbonoclastes) ou inorganiques (dureté, alcalinité, fer ferreux, composés de soufre et composés azotés, phosphore et demandes chimique et biologique en oxygène) en plus de faire l'objet de la mesure *in situ* des paramètres physico-chimiques (température, pH, oxygène dissous, conductivité et potentiel d'oxydo-réduction). La qualité de l'eau souterraine est évaluée relativement aux seuils d'alerte correspondant à 50% de la valeur des critères d'eau de surface et égouts du MENV.

Les hydrocarbures pétroliers C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> dépassent le seuil d'alerte (1 750 µg/L) dans six (6) puits (PO03-65, PO03-66, PZ75, PZ76, PZ-79 et PZ113) avec des concentrations de 2 400 à 29 000 µg/L. Ces puits sont situés dans les lots B5-2, 1-1-1 et 1-4, en bordure de la zone où une contamination en hydrocarbures pétroliers avait été identifiée dans les sols et l'eau souterraine. L'eau affectée par les C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> s'étend sur une superficie estimée à 1 600 m<sup>2</sup>. Le fluoranthène (HAP) dépasse légèrement le seuil d'alerte (1,15 µg/L) dans le puits PO03-81 (lot 1-4), avec une concentration de 1,6 µg/L.

Les concentrations en métaux dépassent les critères applicables dans 15 puits d'observation. Le principal paramètre problématique est le cuivre dont les concentrations supérieures au seuil d'alerte (30 µg/L) varient de 34 à 300 µg/L. Des concentrations supérieures aux seuils d'alerte ont également été mesurées pour le chrome (40 µg/L), le sélénium (11 µg/L) ou en zinc (290 à 410 µg/L) dans quatre puits. La contamination de l'eau souterraine en métaux forme six (6) enclaves réparties dans cinq (5) lots (17, B6-2, B5-2, 1-1-1 et 1-4) le long de la rue du Quai. L'enclave la plus importante se retrouve dans le secteur du lot 1-4, en bordure immédiate de la baie de Gaspé. L'étendue totale de l'eau souterraine affectée par les métaux est estimée à environ 13 000 m<sup>2</sup>, incluant un puits (PZ79)

également affecté par les hydrocarbures pétroliers C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> et un autre (PO03-81) également affecté par les HAP (fluoranthène). Finalement, les chlorures atteignent ou dépassent le seuil d'alerte (430 mg/L) dans trois puits situés dans les lots B5-2 (PO-17 et PO03-65) et B5-1-1 (PO03-62) avec des concentration de 430 à 640 mg/L.

Les données disponibles suggèrent que le site présente un potentiel pour l'atténuation naturelle des contaminants organiques, en dépit des faibles teneurs en nutriments mesurés dans les sols et l'eau souterraine. La présence de la baie de Gaspé à moins de 20 m des enclaves de contamination fait en sorte qu'il existe un risque de migration des contaminants organiques et inorganiques dans les eaux de la baie.

Les informations obtenues au cours de l'investigation environnementale ont été utilisées dans le but de classer le site de la rue du Quai selon le Système national de classification des lieux contaminés du CCME. Basé sur les informations disponibles, l'application des critères du Système national de classification amène un total de 71 points. Sur la base de ce résultat, le site à l'étude, appartient à la classe 1, indique un source de préoccupation quant aux impacts environnementaux. Ces sites nécessitent une intervention par restauration environnementale ou contrôle des contaminants puisque des effets mesurés ou observés sont identifiées.

Afin d'étudier la migration des enclaves d'eau souterraine contaminée par les C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> et métaux présents en phase dissoute, les modèles mathématiques MODFLOW et MT3D ont été utilisés pour simuler l'écoulement de l'eau souterraine et le transport de masse. Les paramètres d'entrée du modèle ont été obtenus, entre autres, par les travaux réalisés dans le cadre de ce mandat, des investigations précédentes de même que des valeurs tirées de la littérature en fonction d'hypothèses jugées raisonnables.

À partir du modèle calibré, deux différents scénarios de migration des C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> et un scénario d'enlèvement des sources de métaux ont été simulés. Les simulations du transport des C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> indiquent qu'en tenant compte de la condition environnementale des sols et des eaux souterraines au site de la rue du Quai, les enclaves de contamination en C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> dissous migreraient jusqu'à l'atteinte de la baie de Gaspé, milieu récepteur identifié dans le secteur. Avec le premier scénario sans réduction de source, la contamination des eaux souterraines en C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> atteint la baie de Gaspé en moins de dix ans. La simulation avec réduction de sources au taux de 10% par année indique aussi un impact des eaux souterraines contaminées sur la baie de Gaspé par contre l'évolution des enclaves est ralentie par rapport au premier scénario.

La migration des métaux a été simulée avec le modèle calibré représentant la distribution des concentrations observées à l'été 2003. Des simulations de transport des métaux (après 10 ans et 20 ans) en gardant les sources actives montrent que les métaux migrent à de plus grandes distances des zones sources. L'objectif des simulations subséquentes était de vérifier l'impact de l'enlèvement des sources sur la migration des eaux souterraines contaminées par des métaux sous forme dissoute. Des concentrations importantes en métaux sous forme dissoute demeurent pendant plus de 20 ans dans l'aquifère de la rue du Quai à Gaspé et ce malgré la dilution et la dispersion. Les milieux récepteurs actuellement affectés par les métaux en phase dissoute sont donc susceptibles de demeurer affectés pendant de nombreuses années après l'enlèvement des sources de contamination de l'eau souterraine par des métaux.

Sur la base des travaux de caractérisation environnementale et hydrogéologique, de l'analyse des données obtenues, des résultats des travaux de modélisation mathématique, de l'évaluation des risques à la santé et à l'environnement de certains facteurs reliés à des contraintes physiques et aux propriétés des contaminants ainsi que l'examen d'une soixantaine de technologies de traitement des sols et des eaux souterraines contaminés, des alternatives de gestion et/ou de décontamination environnementale ont été élaborées pour satisfaire à l'objectif de réhabilitation suivant :

« Mettre en place des mesures correctives et des modes d'intervention pour la réduction des risques environnementaux en fonction des critères génériques « C » et/ou recourir à des alternatives de gestion environnementale (surveillance environnementale, atténuation naturelle, confinement et suivi) permettant d'assurer la sécurité des usagers du site et la protection de l'environnement. »

Les six alternatives retenues, trois (3) pour la gestion/décontamination des sols et trois (3) pour la problématique des eaux souterraines ont ensuite été confrontées à une analyse comparative et une appréciation en fonction de critères techniques, environnementaux et socio-économiques et discutées sous les thèmes de l'efficacité, de l'implantation et des coûts. En particulier, pour l'exercice d'estimation des coûts de nombreuses hypothèses ont du être formulées pour plusieurs alternatives en l'absence de données précises sur leur mise en œuvre associées à des essais en laboratoire et des travaux de modélisation mathématique ciblés permettant la sélection des matériaux et du matériel les plus performants ainsi qu'une conception optimale des ouvrages.

L'analyse des besoins a ainsi permis de sélectionner les six alternatives suivantes auxquelles se rattachent à chacune une évaluation préliminaire des coûts en n'oubliant pas les hypothèses limitatives qui y sont reliés.

### Gestion / décontamination des sols

Alternative	Description	Coût Estimatif
1.	Stabilisation chimique des métaux sous confinement membranaire et traitement biologique en pile pour les HP C10-C50 et les HAP	2 338 000 \$
2.	Stabilisation chimique de métaux sous confinement membranaire et excavation, transport et disposition/traitement hors-site des sols affectés par les HAP et les HP C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> dans des sites autorisés	2 433 000 \$
3.	Excavation, transport, traitement hors-site et/ou disposition des sols contaminés dans des sites autorisés	3 450 000 \$

### Gestion / décontamination des eaux souterraines

Alternative	Description	Coût Estimatif
1.	Mise en place d'une barrière réactive pour une contamination mixte en Hp C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> et en métaux et atténuation naturelle des métaux dissous résiduels	960 000 \$
2.	Mise en place d'une barrière réactive pour la contamination en métaux, le traitement par oxydation chimique des HP C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> et atténuation naturelle des métaux dissous résiduels	1 155 000 \$
3.	Mise en place d'un mur étanche de boue avec contrôle hydraulique par pompage et traitement et atténuation naturelle des métaux dissous résiduels	1 450 000 \$

## TABLE DES MATIÈRES

---

Lettre de présentation	
Sommaire exécutif	
Table des matières	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Listes des annexes	
Liste des abréviations et des acronymes	
Équipe de projet	
<b>1.0 INTRODUCTION.....</b>	<b>1</b>
1.1 Mise en situation .....	1
1.2 Mandat et objectifs du projet .....	1
1.3 Présentation et contenu de l'étude .....	3
<b>2.0 DESCRIPTION ET HISTORIQUE DU SITE ET REVUE DES ÉTUDES ANTÉRIEURES.....</b>	<b>4</b>
2.1 Description et historique du site .....	4
2.2 Revue des études antérieures .....	5
<b>3.0 MÉTHODOLOGIES.....</b>	<b>10</b>
3.1 Sommaire des travaux réalisés .....	10
3.2 Localisation des infrastructures souterraines et plan de santé et sécurité.....	11
3.3 Méthodologie de caractérisation des sols.....	12
3.3.1 Excavation des tranchées d'exploration .....	12
3.3.2 Forages environnementaux.....	13
3.3.3 Échantillonnage des sols .....	14
3.4 Méthodologie de caractérisation des eaux souterraines .....	16
3.4.1 Aménagement des puits d'observation .....	16
3.4.2 Équipements des puits d'observation.....	17
3.4.3 Installation.....	17
3.4.4 Développement des puits d'observation et des piézomètres .....	18
3.4.5 Échantillonnage des eaux souterraines.....	18
3.4.6 Nivellement et arpentage .....	21
3.5 Programme analytique .....	21
3.5.1 Sols .....	22
3.5.2 Eaux souterraines .....	22
3.6 Sommaire et comparaison des travaux proposés et réalisés .....	22
3.7 Contrôle de qualité .....	24
3.8 Essais de perméabilité .....	24
3.9 Système national de classification du CCME.....	25
<b>4.0 GÉOLOGIE .....</b>	<b>28</b>
<b>5.0 HYDROGÉOLOGIE.....</b>	<b>30</b>
5.1 Contexte hydrographique.....	30
5.2 Unités hydrogéologiques .....	30
5.3 Propriétés hydrauliques.....	30
5.4 Piézométrie et écoulement des eaux souterraines.....	32
5.5 Migration des eaux souterraines .....	33
5.6 Bilan hydrique.....	34
<b>6.0 QUALITÉ DES SOLS.....</b>	<b>35</b>
6.1 Critères d'évaluation.....	35

6.2	Qualité des sols .....	36
6.2.1	Hydrocarbures pétroliers C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> .....	36
6.2.2	Hydrocarbures aromatiques monocycliques (HAM) .....	37
6.2.3	Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) .....	37
6.2.4	Composés phénoliques .....	37
6.2.5	Autres paramètres organiques .....	37
6.2.6	Métaux et autres paramètres inorganiques .....	38
6.2.7	Sommaire des résultats analytiques sur les sols .....	41
6.2.8	Étendue et volumes des sols contaminés .....	42
<b>7.0</b>	<b>QUALITÉ DES EAUX SOUTERRAINES ET DE SURFACE .....</b>	<b>46</b>
7.1	Critères d'évaluation .....	46
7.2	Qualité des eaux souterraines.....	46
7.2.1	Hydrocarbures pétroliers C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> .....	46
7.2.2	Composés organiques volatils .....	47
7.2.3	Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) .....	48
7.2.4	Autres paramètres .....	48
7.2.5	Métaux et autres paramètres inorganiques .....	48
7.2.6	Sommaire de la qualité des eaux souterraines .....	51
7.3	Paramètres physico-chimiques de l'eau souterraine .....	53
7.4	Comportement et migration des enclaves de contamination en hydrocarbures .....	53
7.4.1	Hydrocarbures pétroliers C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> .....	53
7.4.2	Les métaux lourds .....	54
7.5	Potentiel de migration hors-site et récepteurs potentiels .....	56
7.6	Caractérisation géochimiques et évaluation préliminaire de l'atténuation naturelle des contaminants organiques .....	56
7.6.1	Concepts théoriques .....	56
7.6.2	Capacité d'atténuation naturelle physique et biologique des hydrocarbures pétroliers C <sub>10</sub> - C <sub>50</sub> .....	59
7.7	Classification du site .....	65
<b>8.0</b>	<b>RÉSULTATS DU CONTRÔLE DE QUALITÉ.....</b>	<b>66</b>
8.1	Résultats du contrôle de qualité externe .....	66
8.1.1	Sols .....	66
8.1.2	Eau souterraine.....	67
8.2	Résultats du contrôle de qualité interne du laboratoire .....	67
8.2.1	Sols .....	68
8.2.2	Eau souterraine.....	69
8.3	Interprétation .....	70
<b>9.0</b>	<b>MODÉLISATION TRIDIMENSIONNELLE DE L'ÉCOULEMENTDES EAUX SOUTERRAINES ET DU TRANSPORT DE MASSE.....</b>	<b>71</b>
9.1	Généralités .....	71
9.2	Objectifs et portée des travaux de modélisation mathématique .....	71
9.3	Principes de la modélisation mathématique .....	72
9.4	Sélection et description des codes numériques sélectionnés.....	73
9.4.1	Caractéristiques du modèle MODFLOW .....	73
9.4.2	Caractéristiques du modèle MT3D .....	74
9.4.3	Caractéristiques du logiciel GMS .....	77
9.5	Élaboration du modèle conceptuel de l'écoulement de l'eau souterraine et formulation des hypothèses de base .....	77
9.5.1	Élaboration du modèle conceptuel .....	77
9.5.2	Discretisation de l'aquifère.....	78
9.5.3	Paramètres d'entrée et conditions limites.....	78
9.5.4	Calibration du modèle d'écoulement .....	80

9.6 Résultats de la modélisation de l'écoulement de l'eau souterraine dans le secteur de la rue du Quai à Gaspé.....	82
9.7 Élaboration du modèle conceptuel de transport de masse et formulation des hypothèses de base .....	83
9.7.1 Modèle conceptuel développé pour le transport des hydrocarbures pétroliers .....	83
9.7.2 Modèle conceptuel développé pour le transport des métaux dissous (cuivre) .....	84
9.7.3 Discrétisation de l'aquifère.....	85
9.7.4 Paramètres d'entrée et conditions limites.....	86
9.7.5 Adsorption et coefficient de retard .....	87
9.7.6 Dispersivités.....	89
9.7.7 Taux de dégradation.....	90
9.7.8 Calibration du modèle de transport .....	92
9.8 Résultats de la modélisation du transport des hydrocarbures pétroliers et des métaux (cuivre).....	95
9.8.1 Simulation du transport des hydrocarbures pétroliers.....	96
9.8.2 Simulation du transport des métaux dissous (cuivre) .....	97
9.9 Discussion.....	99
9.9.1 Migration des hydrocarbures pétroliers.....	99
9.9.2 Migration des métaux dissous (cuivre) .....	101
9.10 Évaluation du risque et gestion environnementale du site .....	102
9.10.1 Voies préférentielles de migration et récepteur potentiels .....	102
9.10.2 Hydrocarbures pétroliers (C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> ) en phase dissoute .....	102
9.10.3 Métaux en phase dissoute .....	103
9.10.4 Interprétation .....	103
<b>10.0 PRÉSENTATION, ÉLABORATION ET ANALYSE DES ALTERNATIVES DE GESTION ET/OU DE DÉCONTAMINATION ENVIRONNEMENTALE.....</b>	<b>105</b>
10.1 Approche générale .....	105
10.2 But des alternatives de gestion et de décontamination environnementale .....	106
10.3 Facteurs influençant le développement des alternatives de gestion et de décontamination .....	107
10.3.1 Contraintes physiques.....	107
10.3.2 Propriétés des contaminants.....	107
10.3.3 Évaluation des récepteurs potentiels en terme de risques à la santé humaine et à l'environnement .....	109
10.3.4 Objectifs de réhabilitation.....	110
10.4 Alternatives de gestion et/ou de décontamination environnementale .....	111
10.4.1 Présentation, analyse et sélection préliminaire.....	111
10.4.2 Description détaillés des technologies sélectionnées .....	127
10.4.3 Élaboration des alternatives de gestion et/ou décontamination environnementale .....	136
10.4.4 Évaluation comparative des alternatives de gestion/décontamination élaborées .....	137
<b>11.0 CONCLUSIONS .....</b>	<b>152</b>
<b>12.0 LIMITATIONS DE L'ÉTUDE .....</b>	<b>162</b>

## Références



## LISTE DES TABLEAUX

---

### Tableaux

- 2-1 Compilation des résultats analytiques antérieurs sur les sols et les eaux souterraines – 1998 à 2002
- 
- 3-1 Localisation des sondages, intervalles échantillonnés et intérêts environnementaux des travaux réalisés
- 3-2 Paramètres d'installation des puits d'observation
- 3-3 Programme analytique
- 3-4 Programme de caractérisation environnementale et hydrogéologique sommaire et comparaison des travaux proposés et réalisés
- 
- 5-1 Paramètres hydrauliques estimés par essais de perméabilité
- 5-2 Élévation du niveau de l'eau souterraine
- 5-3 Données météorologiques moyennes pour le secteur de Gaspé
- 
- 6-1 Résultats analytiques sur les sols – Hydrocarbures pétroliers C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub>
- 6-2 Résultats analytiques sur les sols – Hydrocarbures aromatiques monocycliques (HAM)
- 6-3 Résultats analytiques sur les sols – Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)
- 6-4 Résultats analytiques sur les sols – Composés phénoliques
- 6-5 Résultats analytiques sur les sols – Métaux
- 6-6 Sommaire des résultats analytiques sur les sols
- 6-7 Étendues et volumes des sols affectés au delà des critères C et D du MENV
- 
- 7-1 Résultats analytiques sur les eaux souterraines – Hydrocarbures pétroliers (C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub>)
- 7-2 Résultats analytiques sur les eaux souterraines – Composés organiques volatils (COV), Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) et autres paramètres organiques  
Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)
- 7-3 Résultats analytiques sur les eaux souterraines – Métaux et autres paramètres inorganiques
- 7-4 Paramètres physico-chimiques dans les eaux souterraines – 12 août 2003
- 7-5 Sommaire des résultats analytiques sur les eaux souterraines
- 7-6 Étendue et superficie des eaux souterraines affectées au delà du seuil d'alerte du MENV
- 
- 8-1 Résultats du contrôle de qualité externe sur les sols
- 8-2 Résultats du contrôle de qualité externe sur les eaux souterraines
- 
- 9-1 Conditions aux limites et paramètres d'entrée assignés au modèle
-

- numérique
- 9-2 Sommaire de l'erreur entre les charges hydrauliques mesurées et simulées avec le modèle calibré
  - 9-3 Concentrations en C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> par rapport à la distance
  - 9-4 Résultats de l'évaluation d'un taux de biodégradation du premier ordre, méthode de Buscheck et Alcantar (1995)
  - 9-5 Sommaire de l'erreur entre les concentrations en C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> mesurées et simulées avec le modèle calibré
  - 9-6 Sommaire de l'erreur entre les concentrations en cuivre mesurées et simulées avec le modèle calibré

## LISTE DES FIGURES

---

### Figures

- |       |   |
|-------|---|
| 1-1   | Localisation de la Ville de Gaspé   |
| 1-2   | Localisation du site à l'étude  |
| <hr/> |   |
| 2-1   | Localisation des infrastructures souterraines et aériennes  |
| 2-2   | Localisation des travaux environnementaux antérieurs  |
| <hr/> |   |
| 3-1   | Localisation des travaux environnementaux   |
| <hr/> |   |
| 4-1   | Localisation des coupes géologiques A-A', B-B', C-C'  |
| 4-2   | Coupes géologiques A-A' et C-C'   |
| 4-3   | Coupe géologique B-B'   |
| <hr/> |   |
| 5-1   | Piézométrie de la nappe souterraine – 10 août 2003  |
| <hr/> |   |
| 6-1   | Résultats d'analyses chimiques effectués sur les sols – Puits d'observation   |
| 6-2   | Résultats d'analyses chimiques effectuées sur les sols – Tranchées d'exploration  |
| 6-3   | Étendue de la contamination des sols en hydrocarbures pétroliers et en hydrocarbures aromatiques polycycliques              |
| 6-4   | Étendue de la contamination des sols en métaux et paramètres inorganiques   |
| <hr/> |   |
| 7-1   | Résultats d'analyses chimiques effectuées sur les eaux souterraines   |
| 7-2   | Étendue des enclaves de contamination dans les eaux souterraines  |
| <hr/> |   |
| 9-1   | Vue en 2D et 3D du maillage du modèle et distribution des conditions aux limites assignées                                  |
| 9-2   | Distribution des charges hydrauliques simulées avec le modèle numérique d'écoulement de l'eau souterraine de la rue du Quai |
| 9-3   | Position des sources dans le modèle mathématique de transport de masse (C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> et Cuivre)         |
| 9-4   | Enclaves de contamination en C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> calibrées avec les  |

- concentrations mesurées à l'été 2003
- 9-5 Enclaves de contamination en C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> simulées après 10 ans (sans diminution de sources)
- 9-6 Enclaves de contamination en C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> simulées après 20 ans (sans diminution de sources)
- 9-7 Enclaves de contamination en C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> simulées après 10 ans (réduction des sources 10% par année)
- 9-8 Enclaves de contamination en C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> simulées après 20 ans (réduction des sources de 10% par année)
- 9-9 Enclaves de contamination en cuivre calibrées avec les concentrations mesurées à l'été 2003
- 9-10 Vue tridimensionnelle des enclaves de contamination en cuivre calibrées avec les concentrations mesurées à l'été 2003
- 9-11 Enclaves de contamination en cuivre simulées après 10 ans (sources actives)
- 9-12 Enclaves de contamination en cuivre simulées après 20 ans (sources actives)
- 9-13 Enclaves de contamination en cuivre simulées 10 ans après l'arrêt de sources
- 9-14 Enclaves de contamination en cuivre simulées 20 ans après l'arrêt de sources

## LISTE DES ANNEXES

---

### Annexes

A	Plan du site
B	Photographies
C	Rapports de chantier
D	Rapports de sondages
D-1	Rapports de tranchées d'exploration
D-2	Rapports de forages et d'aménagement des puits d'observation
E	Fiches d'échantillonnage et d'acquisition de données
F	Données et graphiques d'interprétation des essais de perméabilité
G	Certificats d'analyses chimiques, chromatogrammes et bordereaux de transmission
G-1	Certificats d'analyses chimiques des sols
G-2	Certificats d'analyses chimiques des eaux souterraines
G-3	Chromatogrammes
G-4	Bordereaux de transmission
H	Données d'arpentage

I	Données tirées des études antérieures
I-1	Technisol Inc. (juillet 1997)
I-2	Enviroconseil (décembre 1998)
I-3	Enviroconseil (décembre 1998)
I-4	Enviroconseil (novembre 1999)
I-5	Enviroconseil (août 2000)
I-6	Enviroconseil (mars 2000)
I-7	Bodycote (avril 2001)
I-8	Technisol Environnement (juin 2001)
I-9	Biogénie (juin 2001)
I-10	Technisol Environnement (juin 2001)
I-11	Bodycote (septembre 2001)
I-12	Technisol Environnement (mars 2002)
I-13	Biogénie (mars 2002)
I-14	Bodycote (juillet 2002)
J	Classification du site (CCME)

---

## LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS

---

ACNOR	Association canadienne de normalisation
BNQ	Bureau de normalisation du Québec
C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub>	Hydrocarbures pétroliers (chaînes de carbone de 10 à 50)
CCME	Conseil canadien des ministres de l'environnement
COT	Carbone organique total
COV	Composés organiques volatils
DCO	Demande chimique en oxygène
DBO <sub>5</sub>	Demande biologique en oxygène
HAM	Hydrocarbures aromatiques monocycliques
HAP	Hydrocarbures aromatiques polycycliques
HDPE	<i>High density polyethylene</i>
HP	Hydrocarbures pétroliers (C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> )
LD	Limite de détection
LNAPL	<i>Light Non Aqueous Phase Liquid</i>
MENV	Ministère de l'Environnement du Québec
NA	Non analysé
ND	Non détecté
NPP	Nombre le plus probable
SNCLC	Système national de classification des lieux contaminés
TC	Transports Canada
TPSGC	Travaux publics et Services gouvernementaux Canada

**CARACTÉRISATION ENVIRONNEMENTALE APPROFONDIE  
DES SOLS ET DES EAUX SOUTERRAINES DE LA RUE DU QUAI,  
VILLE DE GASPÉ, QUÉBEC**

**ÉQUIPE DE PROJET**

**Transports Canada**

Mme Adriana G. Peisajovich, ing., Ph.D.

Agente en environnement

**TechnoRem Inc.**

M. Jean-Marc Lauzon, ing., M.Sc.

Directeur de projet

M<sup>me</sup> Annie Morin, ing., M.Sc.

Chargée de projet

M. David Morin, géologue, Ph.D.

Géologue

M<sup>me</sup> Manon Wilson, M.Sc.

Spécialiste en environnement

M<sup>me</sup> Mélanie Denoncourt, M.Ing.

Professionnelle de terrain

M<sup>me</sup> Isabelle Desjardins, B.Sc.

Professionnelle de terrain

M. Alexandre Boutin, ing.jr., M.Sc.

Modélisation mathématique

M. Daniel Larivée

Technicien junior et

dessinateur

M<sup>me</sup> Catherine Mercier

Secrétaire

**Sous-traitants**

Forages Ulysse Roy

Forage et installation des  
puits d'observation

Yvan & Garry McKoy

Excavation des tranchées  
d'exploration

Roy, Roy & Connelly

Nivellement et arpentage

Maxxam Analytique

Analyses de laboratoire

## 1.0 INTRODUCTION

---

### 1.1 Mise en situation

En prévision de la cession de la rue du Quai et d'une partie des terrains adjacents (lots 17, 50, C1-3, C2-2, B6-2, B5-2, B5-1-1, 1-1-1, B4-6 et 1-4) à la Ville de Gaspé, Transports Canada (TC) a mandaté la firme TechnoRem Inc. pour effectuer une étude de caractérisation approfondie des sols et de l'eau souterraine dans ce secteur. La rue du Quai est située à l'est de la ville de Gaspé et relie la route 132 au quai commercial de Gaspé (figures 1-1 et 1-2).

Les travaux environnementaux réalisés dans ce secteur entre 1998 et 2002 ont révélé la présence de sols et d'eau souterraine contenant des hydrocarbures pétroliers C<sub>10</sub> à C<sub>50</sub> (C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub>) et/ou de métaux en concentrations excédant les critères C du ministère de l'Environnement du Québec (MENV) pour les sols ou les critères d'eau de surface et égouts (ESE) pour les eaux souterraines. Bien que des sols affectés aient été excavés et transportés hors-site en 2001 (total de 2 880 m<sup>3</sup>), il y a des indices à l'effet qu'une partie des lots 1-1-1, B5-1-1, 1-4, B5-2 et B4-6 soit toujours affectée par les C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> (>C). Par ailleurs, l'étendue de la contamination en métaux (cuivre surtout) n'est pas connue avec précision. Il est à noter que le lot 50, situé à une intersection de la rue du Quai et de la voie ferrée, n'a encore fait l'objet d'aucun travaux de caractérisation environnementale.

### 1.2 Mandat et objectifs du projet

Le projet vise principalement à :

- Procéder à une caractérisation environnementale approfondie des sols de la rue du Quai, soit sur les terrains appartenant à TC, sur les terrains avoisinants la rue et sur une portion des terrains du port de Gaspé.
- Établir le degré de contamination et effectuer une évaluation précise du volume de sols contaminés, par types de contaminants, en vue de planifier un projet de réhabilitation des terrains.
- Caractériser les eaux souterraines et rassembler les données nécessaires à la réalisation d'une modélisation mathématique de l'écoulement des eaux souterraines et du transport des contaminants en vue de déterminer le scénario de réhabilitation le plus avantageux.

Plus précisément, les travaux proposés visent les objectifs spécifiques suivants :

- Évaluer si l'état des terrains est conforme aux exigences légales applicables en matière d'environnement.
- En fonction des données existantes, faire une mise à jour des études environnementales ainsi que des infrastructures de mesures (puits d'observation, piézomètres) sur les lots de la rue du Quai et sur les terrains appartenant à TC.
- Outre les problématiques déjà soulevées dans le document d'appel d'offres et les études antérieures, identifier les secteurs potentiellement affectés par une contamination, et en déterminer la nature et l'importance.
- En fonction des résultats analytiques obtenus à ce jour et des travaux de décontamination ayant eu lieu en 2001 sur les lots B5-1-1, 1-1-1 et 1-4, procéder à une caractérisation complémentaire des sols et des eaux souterraines sur ces mêmes lots et les lots adjacents (B4-6, B5-2) où la présence d'hydrocarbures pétroliers C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> en concentrations supérieures au critère C du MENV est soupçonnée.
- Procéder à une caractérisation initiale ou complémentaire sur les lots 17, 50, C1-3, C2-2 et B6-2 où la présence de métaux (cuivre et manganèse) en excès des critères C du MENV est possible ou a déjà été observée.
- À l'aide de la modélisation mathématique, de l'évaluation préliminaire de l'atténuation naturelle des contaminants et d'une évaluation de risque, identifier les impacts d'une contamination potentielle ou existante sur la qualité de l'eau souterraine et les récepteurs.
- Proposer, selon les résultats des travaux d'investigation environnementale et hydrogéologique, le mode de gestion adéquat pour réhabiliter le site en réduisant ou en éliminant la contamination pouvant avoir un impact sur la qualité des eaux souterraines et sur le milieu récepteur, incluant une estimation budgétaire de niveau C. L'intervention proposée doit garantir l'absence de risques significatifs pour la santé et l'écosystème et assurer le meilleur coût bénéfice.

Le présent rapport présente les résultats des travaux de caractérisation des sols et de l'eau souterraine réalisés en août 2003 sur le site à l'étude et l'évaluation préliminaire des processus d'atténuation naturelle des contaminants organiques. Les travaux de modélisation mathématique, l'évaluation de risque, l'identification des impacts potentiels d'une contamination et l'identification des récepteurs potentiels, de même que les recommandations des modes de réhabilitation adéquats seront présentés dans un rapport complémentaire.

### **1.3 Présentation et contenu de l'étude**

Ce rapport contient dix sections. Suite à l'introduction, le chapitre 2 présente une description du site et un résumé des principaux résultats tirés des études environnementales antérieures réalisées sur le site. Le chapitre 3 présente les méthodologies utilisées lors de l'étude de caractérisation complémentaire. Les chapitres 4 et 5 décrivent respectivement la géologie et l'hydrogéologie du site. Le chapitre 6 présente les résultats analytiques obtenus sur les sols. Les résultats analytiques sur les eaux souterraines ainsi que l'évaluation préliminaire des processus d'atténuation naturelle des contaminants organiques sont décrits et discutés au chapitre 7. Le chapitre 8 présente le contrôle de qualité. Le chapitre 9 présente les travaux et résultats de la modélisation mathématique de l'écoulement de l'eau souterraine et du transport de masse. Le chapitre 10 présente les alternatives de gestion et/ou de décontamination applicable au site de la rue du Quai. Enfin, les chapitres 11 et 12 présentent les conclusions et les limitations de l'étude.

Le rapport est complété par un plan général du site et des principaux résultats de la caractérisation environnementale (annexe A) des photographies illustrant le site et les travaux de terrain (annexe B), les rapports de chantier complétés lors des travaux sur le site (annexe C), les rapports de sondage décrivant les matériaux géologiques rencontrés dans les excavations et les forages, et le détail de l'installation des puits d'observation (annexe D), les fiches d'acquisition de données complétées lors des relevés sur l'eau souterraine (annexe E), les données des essais de perméabilité et leur interprétation graphique (annexe F), les certificats d'analyses chimiques sur les échantillons de sols et d'eau souterraine, de même que les chromatogrammes et les bordereaux de transmission des échantillons (annexe F), les données d'arpentage (annexe G) et finalement les informations tirées des travaux antérieurs.



## **2.0 DESCRIPTION ET HISTORIQUE DU SITE ET REVUE DES ÉTUDES ANTÉRIEURES**

---

### **2.1 Description et historique du site**

La rue Quai est située à l'est de la ville de Gaspé, au sud de la baie de Gaspé, dans l'est du Québec. S'étendant sur 0,85 km, la rue du Quai relie la route 132 au port de Gaspé. La rue et les terrains adjacents appartenant à TC occupent les lots 17, 50 (partie), C1-3, C2-2, B6-2, B5-2, B5-1-1, 1-1-1, B4-6 et 1-4 du cadastre du rang 1 de Sandy Beach du canton Douglas (figure 1-2). Le port de Gaspé et la rue du Quai sont zonés industriel selon le règlement 665-97 de la Ville de Gaspé.

En plus du port, la rue du Quai dessert des entreprises, des bâtiments de services et des résidences privées. Des produits pétroliers (pétrolières Irving et Ultramar) et du sel de déglacage (R. McGregor) sont transbordés au quai de Gaspé. Jusqu'en avril 2002, le quai était également utilisé pour le transbordement de concentré de cuivre et d'acide sulfurique par la Fonderie Gaspé (Noranda). Les autres entreprises utilisant la rue du Quai incluent : Chantier naval Forillon, Plante Vacuum, Pétroles Chaleurs et une entreprise de transformation de fruits de mer. La rue donne également accès aux rues Cotton, du Chantier maritime et Quigley.

Plusieurs conduites souterraines se trouvent sous la rue du Quai, longent ou encore traversent celle-ci. Il s'agit de trois oléoducs appartenant aux pétrolières Irving et Ultramar, d'une ancienne conduite d'acide sulfurique (Fonderie Gaspé), d'un émissaire de la station d'épuration des eaux usées de la Ville de Gaspé ainsi que des conduites d'aqueduc et d'égout.

La topographie du site montre une dénivellation vers la rive de la baie de Gaspé (vers le nord-est). Les dépôts meubles observés dans les forages environnementaux réalisés par Enviroconseil sont principalement composés de sable avec un peu de gravier ou de silt, ou d'argile silteuse. Les données piézométriques recueillies en 1998 et en 2000 indiquent que l'eau souterraine s'écoule vers le nord-est (perpendiculairement à la rive). D'après l'annuaire des puisatiers, seulement six (6) puits, tous implantés dans le roc à une profondeur de 19 à 78 m, sont présents à moins de 2 km du secteur à l'étude.

## 2.2 Revue des études antérieures

Les paragraphes suivants résument les principales conclusions des rapports de caractérisation et de restauration environnementales réalisés dans le secteur de la rue du Quai à Gaspé, entre 1997 et 2002, et qui nous ont été transmis par TC. Les résultats analytiques des travaux antérieurs sont résumés au tableau 2-1 alors que la localisation des travaux est illustrée à la figure 2-2.

### ➤ 1997

Onze puits d'exploration ont été forés à l'été 1997 dans le cadre de travaux de caractérisation environnementale réalisés le long du tracé projeté de l'émissaire de l'usine d'épuration de Gaspé (Technisol, 1997). Un échantillon de sol provenant du forage PU-8 (lot B6-2) a révélé une concentration en cuivre (900 mg/kg) dépassant le critère C du ministère de l'Environnement du Québec (MENV). L'échantillon d'eau souterraine prélevé dans le sondage PU-3 (lot 1-1-1) contenait des hydrocarbures pétroliers C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> en concentration (5 000 µg/L) dépassant le critère C du MENV (3 500 µg/L). Ce critère équivaut à l'actuel critère d'eau de surface et égout pour les hydrocarbures pétroliers C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub>.

### ➤ 1998

Des travaux de caractérisation environnementale effectués le long de la rue du Quai à l'automne 1998 ont inclut la réalisation de 13 forages et de 11 tranchées d'exploration à une profondeur moyenne de 3 m, et l'installation de huit (8) puits d'observation (Enviroconseil, 1998a, 1998b). Les sols observés étaient composés d'argile silteuse, de sable silteux et de sable et gravier contenant localement des fragments de roche. L'eau souterraine a été rencontrée à une profondeur de 0,5 à 2,8 m et s'écoule vers le nord-est, soit en direction de la baie de Gaspé.

Les analyses sur les échantillons de sol ont révélé des dépassements des critères C du MENV pour le cuivre (4 420 et 760 mg/kg) dans les sondages PE-9 (lot C2-2) et PE-12 (760 mg/kg) respectivement, et pour le manganèse (2 800 mg/kg) dans le forage F-13 (lot B6-2). Deux échantillons d'eau souterraine ont montré des dépassements du critère d'eau de surface et égouts pour le cuivre dans le puits PO-1 (lot 17) et le sélénium et le zinc dans le puits PO-24 (lot B5-1-1). Les hydrocarbures pétroliers C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> dépassaient le critère C dans les sols (7 200 mg/kg), et le critère d'eau de surface et égout dans l'eau souterraine (26 000 µg/L) provenant du puits PO-22 (lot 1-1-1). Le volume de sols contaminés par les C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> a été estimé entre 375 et 530 m<sup>3</sup>.

**➤ 1999**

Six (6) puits d'observation supplémentaires ont été aménagés sur le lot 1-1-1 à l'automne 1999, afin de déterminer l'étendue de la contamination en hydrocarbures pétroliers autour du puits PO-22 (Enviroconseil, 1999). Le relevé piézométrique suggère que l'eau souterraine s'écoule vers le nord-est en fonction d'un gradient hydraulique de 1,4 %. Les résultats des essais de perméabilité indiquent une conductivité hydraulique variant de 1,9 à  $3,7 \times 10^{-5}$  m/s.

Les hydrocarbures pétroliers C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> dans les sols excédaient le critère C du MENV dans les puits PO-31, PO-33 et PO-34 avec des concentrations variant de 4 100 à 12 000 mg/kg. Les hydrocarbures pétroliers C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> excédaient le critère d'eau de surface et égout dans les puits PO-29, PO-31 et PO-33 avec des concentrations variant de 7 100 à 42 000 µg/L. La présence d'eau contaminée dans le puits PO-31 (amont) suggère la présence d'une source de contamination à l'extérieur du lot 1-1-1. Il est suggéré de procéder à l'enlèvement des sols contaminés.

Des travaux de caractérisation environnementale complémentaires effectués sur les lots 1-1-1 et B5-1-1 en décembre 1999 incluaient la réalisation de 13 forages et l'aménagement de six (6) puits d'observation (Enviroconseil, 2000a). L'eau souterraine a été rencontrée entre 0,9 et 2,0 m et s'écoule vers le nord-est. Les résultats analytiques sur les sols indiquent un dépassement du critère C en hydrocarbures pétroliers C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> dans le forage F-41 seulement. Le volume de sols contaminés est estimé à 470 m<sup>3</sup>, dont 160 m<sup>3</sup> sur la propriété de Transports Canada. Des concentrations en hydrocarbures pétroliers C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> dépassant le critère d'eau de surface et égout ont été mesurées dans l'eau des puits PO-36, PO-39 et PO-42 (8 000 à 9 100 µg/L). On suppose que la contamination au puits PO-42 (amont) marque la présence d'une source de contamination à l'extérieur de la propriété.

**➤ 2000**

Des travaux de caractérisation complémentaires ont été effectués en mai 2000 sur la rue du Quai ou en bordure de celle-ci (lots B5-2, B4-6, 1-4 et C2-2; Enviroconseil, 2000b). Les concentrations en hydrocarbures pétroliers C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> dépassaient le critère C du MENV dans les échantillons de sols prélevés entre 2,25 et 3,75 m de profondeur dans les forages F-48 (4 600 mg/kg) et PO-49 (8 100 mg/kg). Le volume de sols contaminés par les hydrocarbures pétroliers C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> (> C) est estimé à 515 m<sup>3</sup>. Les hydrocarbures pétroliers C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> dépassaient le critère d'eau de surface

et égout dans l'eau de sept des puits échantillonnés avec des concentrations variant de 3 500 à 29 000 µg/L. Aucune phase flottante d'hydrocarbures n'a été observée. Il est suggéré d'excaver les sols contaminés en hydrocarbures pétroliers C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub>. Une contamination des sols en cuivre a été détectée dans quatre sondages (PE-52 à PE-55) avec des concentrations variant de 810 à 6 400 mg/kg.

➤ **2001**

Au printemps 2001, des travaux de restauration environnementale ont été entrepris sur les lots 1-1-1 et 1-4, soit à la limite des propriétés de Pêches et Océans Canada et de Transports Canada (Biogénie, 2001; Technisol, 2001a). Au total, 436 m<sup>3</sup> de sols ont été excavés et transportés hors du site, dont 380 m<sup>3</sup> étaient contaminés en hydrocarbures au delà du critère C du MENV. Après les travaux de restauration, des sols contaminés étaient toujours présents sur les parois est, nord et ouest de l'excavation. Au total, 34 092 L d'eau ont été pompés du fond de l'excavation et disposés hors du site.

Suite aux travaux de restauration environnementale, une caractérisation complémentaire a été réalisée dans le même secteur (lots B5-1-1, 1-1-1 et 1-4), afin de délimiter l'étendue de la contamination résiduelle des sols (Technisol, 2001b; Bodycote, 2001). Cinq des 17 tranchées réalisées contenaient des sols affectés par les hydrocarbures pétroliers C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> et les HAP au delà des critères C. Les sols contaminés ont été observés entre 1,4 et 2,8 m de profondeur et totalisent un volume estimé de 900 m<sup>3</sup>. Ce volume exclut le secteur du puits PU-16 où une concentration en hydrocarbures pétroliers C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> de 54 000 mg/kg a été mesurée entre 3,1 et 3,5 m de profondeur. Par ailleurs, des échantillons de surface ont révélé une contamination en cuivre (530 à 5 100 mg/kg) mais le volume de sols contaminés en cuivre n'a pu être évalué adéquatement.

De nouveaux travaux ont été réalisés à l'automne 2001 afin d'enlever les sols contaminés résiduels sur les lots B5-1-1, 1-1-1 et 1-4 (Biogénie, 2002; Technisol, 2002). Au total, 4 082 tonnes métriques de sols contaminés au delà des critères B du MENV, dont 1 975 tonnes métriques au delà des critères C, et 39 tonnes métriques de débris ont été éliminés hors du site. Les sols contaminés par le cuivre ou par les hydrocarbures pétroliers représentaient respectivement 36% et 64% du total des sols contaminés au delà des critères C. Les résultats analytiques sur les sols échantillonnés du fond et des parois de l'excavation montrent que les objectifs de réhabilitation ont été atteints, sauf au sud de l'excavation (sous la rue du Quai). L'excavation a été comblée avec 4 358 tonnes métriques de gravier naturel. L'eau pompée

durant les travaux d'excavation a été rejetée dans le sol après décantation et pompage de la phase flottante.

➤ **2003**

Au printemps de 2003, Genivar prépare, pour Travaux publics et Services gouvernementaux Canada, une mise à jour du bilan environnemental des propriétés des lots de la rue du Quai à Gaspé. Les travaux de caractérisation et de décontamination environnementales sont résumés au tableau suivant, à partir des informations tirées du bilan environnemental de la rue du Quai.

**Sommaire des résultats analytiques sur les sols (critères du MENV)  
lors des travaux de caractérisation et de restauration environnementales**

<b>Caractérisation</b>		
<b>Lot</b>	<b>C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub></b>	<b>Métaux</b>
17	A, A-B	
50	Aucune caractérisation	
C1-3	A, A-B	
C2-2	A-B, B-C	>C (Cu)
B6-2	A, A-B	>C (Cu, Mn)
B5-2	A, B-C	B-C (S)
B4-6	> C	A-B
<b>Décontamination</b>		
B5-1-1	Partielle en 2001. B-C fond excavation, B-C parois sud et ouest	
1-1-1	Partielle en 2001. A, A-B fond excavation, B-C paroi sud	
1-4	Partielle en 2001; A-B fond excc, B-C paroi est, >C paroi sud	

Le rapport conclut que les informations sur la qualité des sols des lots de la rue du Quai n'est pas suffisante pour concevoir un projet de décontamination. Il est donc suggéré de procéder à une étude de caractérisation complémentaire. En dépit de travaux de restauration environnementale, des sols contaminés par les hydrocarbures pétroliers (> C) semblent toujours présents du côté sud du lot 1-4 et s'étendent sous la rue du quai (lots B5-2 et B4-6). Des sols contaminés par les métaux (cuivre et manganèse) ont également été identifiés près de la surface, à trois endroits le long de la rue du quai.

L'étude mentionne également que TC a commandé une vérification de conformité environnementale du port de Gaspé (1996) et a procédé à son évaluation environnementale selon le *Système national de classification des lieux contaminés* du Conseil canadien des ministres de l'environnement. Les résultats ont montré que le port de Gaspé est un lieu de classe 1, indiquant qu'il représente un risque élevé pour la santé humaine et l'environnement. On considère toutefois que la rue de Gaspé

représente un faible pourcentage du potentiel de risque identifié pour l'ensemble des installations portuaires de Gaspé.

## **3.0 MÉTHODOLOGIES**

---

### **3.1 Sommaire des travaux réalisés**

Les sections suivantes présentent les méthodologies employées pour la réalisation de la caractérisation environnementale approfondie dans le secteur de la rue du Quai, à Gaspé. Les travaux ont inclus :

- la revue de la documentation disponible fournie par Transports Canada;
- la préparation d'un plan de santé et sécurité au travail;
- la localisation des infrastructures souterraines, des anciens sondages et des sondages à réaliser;
- l'excavation de 60 tranchées d'exploration à une profondeur variant de 1,87 à 4,59 m avec installation de piézomètre dans 18 des tranchées;
- la réalisation de 21 forages (incluant deux refus) et l'installation de 19 puits d'observation à une profondeur variant de 4,27 à 4,57 m;
- l'arpentage et le nivellement des travaux environnementaux;
- le prélèvement de 346 échantillons de sols (incluant les duplicata et un échantillon de remblai de forage) et l'analyse de 146 échantillons de sols;
- la réalisation de neuf (9) essais de perméabilité;
- la mesure des niveaux d'eau et des paramètres physico-chimiques dans les nouveaux puits d'observation ainsi que dans les anciens puits disponibles;
- le prélèvement et l'analyse de 49 échantillons d'eau souterraine, incluant les duplicata, le blanc de terrain et le blanc de transport;
- le traitement de l'eau de purge aux charbons activés, le prélèvement et l'analyse de l'eau traitée;
- la compilation et l'interprétation des données et la rédaction d'un rapport.

Les photographies du site et des travaux de terrain sont présentées à l'annexe B tandis que les rapports de chantier quotidiens sont présentés à l'annexe C.

### **3.2 Localisation des infrastructures souterraines et plan de santé et sécurité**

Le 29 juillet 2003, les représentants de TechnoRem ont participé à une visite du site avec M. Roger Lévesque de la compagnie Ultramar, M. Daniel Savage de la compagnie les Pétroles Irving et M. Bobby Dufour du service des travaux publics de la Ville de Gaspé avec deux employés municipaux, pour la localisation des infrastructures souterraines et la reconnaissance de la localisation des travaux environnementaux. Les infrastructures appartenant aux industries pétrolières ont été clairement identifiées ainsi que les conduites de la Ville qui ont été marqués à la peinture fluorescente. Certaines conduites ainsi que les puits antérieurs ont été repérés à l'aide d'un détecteur de métal fournit par la Ville de Gaspé (voir photo 1 ; annexe B). Les plans des infrastructures souterraines de la Ville ainsi que de l'usine de filtration, qui possède un émissaire le long de la rue du Quai, nous ont été fournis par le représentant de la Ville de Gaspé, monsieur Dufour. Aucun représentant de Noranda n'était présent sur le site mais une conversation téléphonique préalable aux travaux a été effectuée avec M. Victor Chapados qui nous a fournit les plans de la conduite souterraine d'acide sulfurique. De plus, une fois les sondages à réaliser localisés, les représentants des industries pétrolières et de la Ville sont venus s'assurer que l'emplacement prévu était à distance sécuritaire des conduites souterraines.

Avant le début des travaux de sondage, une demande de repérage des conduites souterraines a été adressée à Info-Excavation qui n'avait aucune information sur le site en question.

TechnoRem a préparé un plan de santé et de sécurité incluant la liste des numéros d'urgence et des personnes responsables, une carte de localisation montrant l'hôpital et le CLSC le plus proche ainsi qu'un programme de prévention détaillé. Toutes les personnes devant travailler sur le site (employés et/ou sous-contractants) ont pris part à une réunion de sécurité dirigée par un représentant de TechnoRem. Les participants ont reçu une copie du plan de santé et sécurité, ont pris connaissance de son contenu et ont complété le formulaire de responsabilité.

De plus, des barrières et des cônes de sécurité ont été fournis par la Ville de Gaspé pour assurer la sécurité des travailleurs lors des travaux sur la rue du Quai ou aux abords.



Le 30 juillet, une rencontre a eu lieu avec M. Gaétan Plourde de Chemin de fer de la Matapédia et du Golfe Inc. afin de discuter de la proximité des travaux du chemin de fer qui croise et longe la rue du Quai, exigeant par le fait même la présence d'un signaleur pour tous les travaux se trouvant dans à une distance de moins de six (6) mètres de la voie ferrée.

### **3.3 Méthodologie de caractérisation des sols**

#### **3.3.1 Excavation des tranchées d'exploration**

Au total, 60 tranchées d'exploration à une profondeur de 1,87 à 4,59 m ont été excavées sur le site de la rue du Quai, le 31 juillet, le premier, 2, 4 et 6 août 2003, par Yvan et Garry McKoy Inc. au moyen d'une pelle hydraulique de marque Hitachi. De ce nombre, sept (7) ont été creusées dans le secteur du lot 17 avec installation de deux (2) piézomètres (TP91, TP92(PZ92), TP93, TP94, TP95, TP96 (PZ96), TP97), trois (3) dans le secteur du lot 50 (TP60 à TP62; photos 3 et 4), huit (8) sur le lot C1-3 (TP63 à TP66 et TP87 à TP90), un avec installation de piézomètre au lot C2-2 (TP67 (PZ67)), huit (8) avec installation d'un seul piézomètre sur le lot B6-2 (TP68, TP69, TP70 (PZ70), TP72, TP73, TP85, TP86, TP98; photo 5), huit (8) avec installation de quatre (4) piézomètres sur le lot B5-2 (TP71, TP74, TP75 (PZ75), TP76 (PZ76), TP77, TP78 (PZ78), TP80, TP84 (PZ84)), cinq (5) dont trois (3) avec installation de piézomètre sur les lots B5-1-1 et 1-1-1 (TP117 (PZ117), TP81 (PZ81), TP82, TP83 (PZ83), TP116), 18 dont sept (7) avec installation de piézomètres au lot 1-4 (TP79 (PZ79), TP99, TP100 (PZ100), TP101 à TP109, TP110 (PZ110), TP111 (PZ111), TP112 (PZ112), TP113 (PZ113), TP114, TP115 (PZ115); photos 7 et 8) et un sur la rue du Chantier Maritime avec installation d'un piézomètre (PZ000) et de même que sur la rue Quigley (PZ00).

Le tableau 3-1 présente la liste des tranchées d'exploration regroupées par lot et leurs intérêts environnementaux respectifs. Les rapports de sondages des tranchées d'exploration sont présentés à l'annexe D-1 et la localisation des tranchées est indiquée à la figure 3-1.

La liste des tranchées d'exploration, des forages et des puits d'observation réalisés sur le site de la rue du Quai à l'été 2003 est présentée au tableau suivant. Le programme de caractérisation environnemental complet est présenté au tableau 3-4.

### Sommaire des travaux de forage réalisés le long de la rue du Quai en 2003

Secteur	Tranchée	Installation d'un piézomètre	Total	Forage / Puits d'observation	Total
Lot 17	TP91, TP92, TP93, TP94, TP95, TP96, TP97	2	7	PO03-74	1
Lot 50	TP60 à TP62	0	3	PO03-63	1
Lot C1-3	TP63 à TP66 et TP87 à TP90	0	8	PO03-75 à PO03-77, PO03-79	4
Lot C2-2	TP67	1	1	PO03-78	1
Lot B6-2	TP68, TP69, TP70, TP72, TP73, TP85, TP86, TP98	1	8	PO03-72, PO03-73	2
Lot B5-2	TP71, TP74, TP75, TP76, TP77, TP78	4	8	PO03-65, PO03-68 à PO03-71	5
Lots B5-1-1 et 1-1-1	TP117, TP81, TP82, TP83, TP116	3	5	PO03-62, PO03-66, PO03-67	3
Lot 1-4	TP79, TP99, TP100, TP101 à TP109, TP110, TP111, TP112, TP113, TP114, TP115	7	18	PO03-60, PO03-61, PO03-64, PO03-80, PO03-81	5
<b>TOTAL</b>		<b>18</b>	<b>60</b>		<b>22</b>

### 3.3.2 Forages environnementaux

Les forages ont été réalisés du 31 juillet au 4 août par Forages Ulysse Roy. Les forages ont été effectués sans fluide de forage (à sec) à l'aide d'une foreuse à tarières évidées de 108 mm de diamètre intérieur et de 203 mm de diamètre extérieur. Lors de l'avancée des forages, cette technique permet l'échantillonnage en continu des horizons géologiques traversés. En tout, 21 forages ont été creusés à une profondeur variant de 4,27 à 4,57 m et 19 d'entre eux ont été aménagés en puits d'observation et les deux (2) autres correspondent à des refus (annexe B, photos 9 et 10).

La liste des forages réalisés et leurs intérêts environnementaux est présentée au tableau 3-1 et le sommaire de comparaison des travaux proposés versus ceux réalisés est présenté au tableau 3-4. La localisation des forages est indiquée à la figure 3-1 et les rapports de sondages sont groupés à l'annexe D-2.

### 3.3.3 Échantillonnage des sols

La procédure générale de prélèvement des échantillons de sols, les quantités requises et les modes de conservation ont respecté les méthodes préconisées dans le *Guide d'échantillonnage pour analyses environnementales, Cahier 5 – Échantillonnage des sols* (Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec - 2001).

Dans les tranchées d'exploration, chaque couche géologique a été échantillonnée séparément sur une épaisseur maximale de un mètre. Dans les forages, les sols ont été échantillonnés de façon continue au moyen d'une cuillère fendue de 0,76 m de longueur. Les échantillons de sols étaient de type composite. L'intervalle des échantillons de sols prélevés dans les tranchées d'exploration et les forages de même que la profondeur de chacun d'eux et leurs intérêts environnementaux sont présentés au tableau 3-1.

#### ➤ **Équipement d'échantillonnage**

L'équipement utilisé lors de l'échantillonnage des sols incluait :

- Deux cuillères fendues normalisées d'une longueur de 76 cm.
- Une truelle en acier inoxydable et des gants en latex.
- De l'acide nitrique.
- De l'acétone et de l'hexane.
- De l'eau déminéralisée.
- Un détergent sans phosphate.
- Un contenant de récupération des produits de nettoyage et de rinçage.

#### ➤ **Procédures de nettoyage**

La procédure décrite ci-dessous est tirée du guide intitulé *Guide d'échantillonnage à des fins environnementales, Cahier 5, Échantillonnage des sols*, (Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec-2001). Tous les outils servant au prélèvement et à la préparation des échantillons ont été nettoyés sur le terrain avant le prélèvement de chaque échantillon. Les étapes du nettoyage de l'équipement d'échantillonnage incluait :

- Le nettoyage des surfaces avec une brosse à poil doux, de l'eau et un détergent sans phosphate.

- Le rinçage à l'eau potable pour enlever le détergent.
- Le rinçage à l'acide nitrique, pour l'intégrité des échantillons devant être analysés en métaux.
- Le rinçage à l'eau déminéralisée.
- Le rinçage à l'acétone, à l'hexane, puis à l'acétone, pour l'intégrité des échantillons devant être analysés pour les paramètres organiques.
- Le rinçage généreux à l'eau déminéralisée, de façon à enlever toutes traces d'acétone et l'égouttement du surplus.

### ➤ **Conservation des échantillons**

Les échantillons prélevés ont été insérés dans des bocaux de verre scellés avec un papier d'aluminium. Chacun d'eux a ensuite été clairement identifié et conservé à une température de 4°C dans une glacière munie de cellules réfrigérantes. La conservation des échantillons de sols a été réalisée conformément aux méthodes préconisées dans le *Guide des méthodes de conservation et d'analyses des échantillons d'eau et de sol* (MENV, 1990). Les échantillons ont été conservés sur le site pour la durée des travaux et ensuite expédiés au laboratoire d'analyses. Seul les échantillons de sol pour analyse en HAM ont été envoyés expressément en raison d'un délai d'analyse maximum de 14 jours. Tous les échantillons analysés et non analysés sont conservés à 4°C pour référence future, pendant une période de deux (2) mois suivant la date d'analyse des sols.

### ➤ **Manutention et protocole de transmission**

Chaque expédition d'échantillons a été accompagnée d'un bordereau d'analyses indiquant clairement les numéros d'échantillons et mentionnant de façon précise les analyses requises. Le protocole de transmission des échantillons au laboratoire a suivi les procédures dictées dans la directive 039 portant sur la procédure officielle de prélèvement d'échantillons, incluant :

- L'étiquetage et l'identification de l'échantillon.
- Le responsable de l'échantillonnage.
- La date et le lieu du prélèvement.

La remise des échantillons au laboratoire a été accompagnée d'un bordereau de transmission, lequel indiquait clairement :

- L'identification de l'échantillon.

- La date et le lieu du prélèvement.
- Les paramètres d'analyses requis pour chaque échantillon.
- Les conditions de transport.
- Toute information pertinente.
- L'accusé de réception.

Ce bordereau a été signé par un représentant du laboratoire et conservé au dossier. Les bordereaux de transmissions sont reproduits à l'annexe G-4.

### **3.4 Méthodologie de caractérisation des eaux souterraines**

Les nouveaux puits d'observation ainsi que les piézomètres installés dans les tranchées d'observation visent à intercepter toute contamination éventuelle sur la rue du Quai. La localisation des nouveaux puits a été déterminée à partir des données tirées des études antérieures, des informations transmises par des représentants de Transports Canada et des contraintes de terrain.

Les puits ont été installés à une profondeur variant de 3,8 à 4,57 m de façon à intercepter la nappe d'eau de surface et toute éventuelle phase flottante d'hydrocarbures pétroliers. L'intérêt environnemental des puits d'observation et des piézomètres est décrit au tableau 3-1 alors que la localisation des puits est indiquée à la figure 3-1.

#### **3.4.1 Aménagement des puits d'observation**

Le forage et l'aménagement des puits d'observation ont été effectués suivant les procédures suivantes qui consistent en cinq tâches :

- Forage jusqu'à environ deux mètres sous le niveau présumé de la nappe d'eau souterraine, en pratiquant un échantillonnage en continu des horizons traversés.
- Assemblage du puits en CPV de 51 mm de diamètre et son insertion à l'intérieur des tarières évidées de la foreuse.
- Remplissage de l'espace annulaire à l'aide de sable filtrant, de bentonite, et de coulis de ciment-bentonite.
- Protection du puits de CPV en surface à l'aide d'un tubage en aluminium (au niveau du sol) de 15,2 cm de diamètre.
- Développement du puits d'observation.

Les caractéristiques des puits d'observation sont décrites au tableau 3-2 ainsi qu'à l'annexe D-2.

La procédure décrite ne s'applique pas aux piézomètres qui ont été installés directement dans les tranchées d'exploration à des profondeurs variant de 2,6 à 4,59 m. Ces puits, portant la dénomination alphanumérique « PZ » ont été installés dans le but d'obtenir des informations sur le niveau de la nappe et la qualité de l'eau souterraine seulement.

### 3.4.2 Équipements des puits d'observation

Les équipements suivants ont été utilisés pour l'aménagement des puits :

- Crépine de CPV de série 40, de 3 m de longueur, de 51 mm de diamètre interne et d'ouverture de 0,25 mm.
- Tubage de CPV à joints filetés avec joint torique.
- Bouchon de fond en CPV avec joint torique.
- Couvercle étanche de protection en surface.
- Sable à grains arrondis de grade 0.
- Scellant composé de bentonite de sodium en granules.
- Scellant composé d'un coulis de ciment-bentonite.
- Tubage protecteur en aluminium de 15,2 cm de diamètre installé au niveau du sol.

Les équipements pour les piézomètres installés dans les tranchées d'exploration sont les mêmes que ceux utilisés pour les puits d'observation, à l'exception des matériaux utilisés pour combler l'espace annulaire de forage dont le sable de silice et le scellant de bentonite. Le piézomètre est aménagé à même les sols de la tranchée et est protégé au niveau du sol par un tubage protecteur en aluminium.

### 3.4.3 Installation

Une fois le puits de CPV assemblé, l'espace annulaire de forage a été comblé de la façon suivante :

1. Sable filtrant inerte à grains arrondis. Le diamètre moyen des particules de sable est de 0,65 mm. Le sable a été introduit : a) dans l'espace annulaire en contact avec la crépine sur une longueur d'environ trois mètres et b) dans l'espace annulaire, au-dessus de la crépine sur une longueur de 0,2 à 0,3 m.

2. Bentonite de sodium en granules humectées, sur une longueur de 0,30 m au sommet du sable de silice.
3. Coulis de ciment-bentonite jusqu'en surface selon la recette suivante : 27 litres d'eau propre, 42,7 kg de ciment Portland (type 10) et finalement 1,5 kg de bentonite en poudre. Le mélange a été homogénéisé avant son introduction dans le forage.
4. Ciment en périphérie du tubage de protection. Le ciment utilisé fut un ciment Portland de type 10 conformément à la norme CAN/ACNOR-A5-M88.

#### **3.4.4 Développement des puits d'observation et des piézomètres**

Chacun des puits d'observation et des piézomètres a été développé afin de restaurer la conductivité hydraulique naturelle de la formation et d'enlever les sédiments étrangers pour obtenir des échantillons d'eau souterraine le moins turbide possible. Afin d'éviter de modifier la composition chimique de l'eau souterraine, la technique la plus appropriée est l'utilisation de l'eau de la formation pour opérer le développement. Le développement a été réalisé par purge de l'eau du puits à l'aide d'un échantillonneur à bille.

#### **3.4.5 Échantillonnage des eaux souterraines**

Les quatre tâches suivantes ont été effectuées lors de l'échantillonnage de l'ensemble des puits d'observation :

- La mesure des émanations des vapeurs de gaz dans chacun des puits.
- La mesure du niveau d'eau, de la phase flottante (si présente) et de la profondeur totale du puits.
- La mesure des paramètres physico-chimiques (oxygène dissous, température, pH, potentiel redox et conductivité électrique).
- La vidange des puits.
- La collecte des échantillons d'eau souterraine.

Les méthodes de prélèvement, de conservation et de transport des échantillons d'eau ont été conformes aux procédures décrites dans le *Guide des méthodes de conservation des analyses des échantillons d'eau et de sol* (MENV, 1990) et le *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales, Cahier 3, échantillonnage des eaux souterraines* (Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec). Chaque expédition a été accompagnée d'un bordereau

d'analyses indiquant clairement les numéros d'échantillons et mentionnant de façon précise les analyses requises.

➤ **Équipement d'échantillonnage**

L'équipement utilisé lors de l'échantillonnage des eaux souterraines incluait :

- Appareils d'acquisition de données de terrain;
  - thermomètre;
  - pH-mètre et solution de calibrage ;
  - conductivimètre et solution de calibrage ;
  - oxymètre et solution de calibrage ;
  - sonde pour la mesure du potentiel d'oxydo-réduction et solution de calibrage ; et,
  - sonde de niveau d'eau et sonde d'interface.
  - échantillonneur à bille dédié à chaque puits ;
  - glacières et cellules réfrigérantes ; et
  - contenants pré-identifiés avec les préservatifs, si requis.

➤ **Mesure des niveaux d'eau souterraine et mesure des gaz dans les puits**

En plus d'apporter des renseignements sur les conditions hydrogéologiques, la connaissance du niveau d'eau a permis de calculer le volume d'eau à purger avant la collecte des échantillons. Les niveaux d'eau ont été mesurés dans les nouveaux puits d'observation, dans les piézomètres ainsi que dans les anciens puits toujours accessibles le 10 août 2003, à l'aide d'une sonde électrique, de marque Roctest, permettant une précision de l'ordre de 0,005 m.

Pour chaque puits, une lecture de la valeur des émanations de gaz a été obtenue à l'aide d'un lecteur portatif de vapeurs organiques (MiniRae ; annexe B, photo 12).

➤ **Procédure de nettoyage**

Les équipements de mesures ont été nettoyés entre chaque lecture pour éviter tout risque de contamination d'un puits à l'autre. La procédure incluait :

- Lavage à l'aide d'un détergeant non phosphaté dans de l'eau propre.
- Rinçage à l'eau potable.



- Rinçage à l'eau déminéralisée et à l'hexane en accord avec la norme BNQ numéro 2501-375.

- **Vidange des puits et collecte des échantillons**

Les opérations de purge et d'échantillonnage des puits d'observation et des piézomètres ont été réalisées à l'aide d'échantillonneurs à bille assignés en permanence à chacun. Cette procédure permet de s'assurer de l'intégrité des échantillons d'eau et d'éliminer tout risque de contamination d'un puits à l'autre tout en réduisant la durée des opérations. Les photos 13 et 15, à l'annexe B, illustrent la purge des puits et les procédures d'échantillonnage de l'eau souterraine.

La vidange du puits a été équivalente à au moins trois fois le volume saturé du puits, celui-ci étant déterminé par le volume immergé du puits combiné au volume des pores saturés du matériel filtrant. Le volume de purge respectif à chacun des puits échantillonné est présenté à l'intérieur des fiches d'échantillonnage et d'acquisition de données jointes à l'annexe E.

Le laboratoire Maxxam Analytique, responsable des analyses, a préparés les contenants nécessaires à l'échantillonnage, avec les préservatifs appropriés, en fonction des paramètres recherchés. Toutefois, en raison d'une turbidité relativement importante, les échantillons d'eau n'ont pu être filtrés sur le site lors de l'échantillonnage (colmatage rapide des filtres) pour l'analyse des métaux (contenants sans préservatif) à l'exception de quelques échantillons. Les échantillons ont alors été filtrés au laboratoire, dès la réception dans un délai de moins de 24 heures. Les paramètres analytiques ont été clairement identifiés sur les contenants.

Suite à la réception des résultats analytiques sur l'eau de purge après traitement, celle-ci respectant le critère en vigueur (chapitre 7), a été rejetée à l'égout.

- **Traitement et échantillonnage de l'eau de purge**

Lors de la purge pour le développement des puits et leur échantillonnage, l'eau recueillie a été entreposée dans un contenant scellé pour ensuite être traitée la même journée à l'aide du charbon activé. Une fois l'eau traitée, un échantillon a été prélevé et expédié au laboratoire. La photo 16 de l'annexe B illustre le traitement de l'eau de purge au charbon activé.

### ➤ **Conservation, manutention et protocole de transmission**

Les échantillons d'eau souterraine ont été expédiés au laboratoire de 24 à 48 heures après leur prélèvement. Leur conservation et le transport au laboratoire ont été effectués selon les procédures décrites dans le *Guide des méthodes de conservation des analyses des échantillons d'eau et de sol* (MENV, 1990). Chaque expédition a été accompagnée d'un bordereau d'analyses indiquant clairement les numéros d'échantillons et mentionnant de façon précise les analyses requises. Les bordereaux de transmission sont groupés à l'annexe G-4.

Le protocole de transmission des échantillons au laboratoire a suivi les procédures dictées dans la directive 039 du MENV portant sur la procédure officielle de prélèvement d'échantillons. Celui-ci a inclus notamment :

- L'étiquetage et l'identification de l'échantillon.
- Le nom du responsable de l'échantillonnage.
- La date et le lieu du prélèvement.
- Toute remarque pertinente.

### **3.4.6 Nivellement et arpentage**

Les travaux d'arpentage et de nivellement ont été réalisés par les arpenteurs-géomètres Roy, Roy et Connolly le 7 août à l'aide d'un GPS (modèle GDS95\_QC). Les données d'arpentage (localisation et élévation) sont groupées à l'annexe H et les données pertinentes sont incluses aux tableaux 3-2 et 5-2, de même que sur les journaux de sondage de l'annexe D.

### **3.5 Programme analytique**

Le tableau 3-3 décrit le programme analytique sur les échantillons de sols et d'eau souterraine. Les paramètres analytiques ont été sélectionnés en fonction des informations tirées des études antérieures fournies par Transports Canada. Le tableau indique également le nombre d'analyses prévues et réalisées. Les méthodes d'analyses sont celles recommandées par le ministère de l'Environnement dans son *Guide des méthodes de conservation et d'analyse des échantillons d'eau et de sol* (MENV, 1990).

### 3.5.1 Sols

À partir des 346 échantillons de sol prélevés lors des travaux de terrain, 143 (incluant les duplicata et un échantillon des déblais de forages) ont été sélectionnés pour l'analyse des hydrocarbures pétroliers C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> (38 échantillons), des HAM (4), des HAP (5), des composés phénoliques (3), des métaux (101), du soufre total (5), des bactéries hydrocarbonoclastes (2), du carbone total (2), de l'azote ammoniacal (2), du phosphore libre (2), du potassium (2) et du pH (5). Les certificats d'analyses chimiques sur les échantillons de sols sont groupés à l'annexe G-1.

### 3.5.2 Eaux souterraines

Au total, 44 échantillons d'eau souterraine (incluant les duplicata, le blanc de terrain, le blanc de transport et l'eau de purge traitée) ont fait l'objet d'une analyse pour un ou plusieurs des paramètres suivants : hydrocarbures pétroliers C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> (35 échantillons), HAM (5) et triméthylbenzènes (3), des HAP (4), métaux (39), fer ferreux (3), dureté (3), bactéries hydrocarbonoclastes (2), demande chimique en oxygène (3), demande biologique en oxygène (3), carbone organique total (3), nitrites, nitrates (3), sulfates (3), chlorures (3), sulfures (6), de l'orthophosphate (2), de l'azote ammoniacal (2), potassium (2), sodium (3) et l'alcalinité (2).

De plus, les paramètres physico-chimiques (température, pH, Eh, conductivité et oxygène dissous) ont été mesurés *in situ* dans les 39 nouveaux puits d'observation et piézomètres ainsi que dans les six (6) anciens puits accessibles en même temps que l'échantillonnage, soit le 12 août 2003. Les fiches d'échantillonnage et d'acquisition de données sont groupées à l'annexe E et les certificats d'analyses sur les échantillons d'eau souterraine sont portés aux annexes G-2.

## 3.6 Sommaire et comparaison des travaux proposés et réalisés

Les travaux environnementaux réalisés dans le cadre de la caractérisation complémentaire approfondie de la rue du Quai équivalent, dépassent ou sont un peu moindre que ceux prévus dans l'appel d'offres de Transports Canada. Des modifications ont été apportées, soit : 1) en raison de nouvelles informations reçues à la suite de l'appel d'offre, 2) en vue de mieux caractériser un secteur ou une problématique en particulier ou 3) suite aux observations faites lors de la visite de terrain pour localiser les travaux et de la complexité des infrastructures souterraines présentes tout le long de la rue du Quai.

Pour le lot 17, les sept (7) tranchées et le forage prévus ont tous été réalisés selon le programme de caractérisation proposé afin de vérifier une contamination potentielle en métaux. La quantité de puits d'observation prévue a été respectée.

Il en est de même pour les trois (3) tranchées et le forage proposés et réalisés, jugés suffisant pour couvrir l'étendue du lot 50. Rappelons qu'aucun travaux environnementaux n'avaient encore été réalisés dans ce secteur.

L'excavation des huit (8) tranchées prévues pour l'investigation couvrait largement le lot C1-3 et quatre (4) forages ont été aménagés en puits d'observation plutôt que deux (2) afin de remplacer les puits PO-5 et PO-7 qui avaient été détruits.

Pour ce qui est du lot C2-2, un forage a été réalisé tel que prévu alors qu'une seule tranchée d'exploration a été réalisée (plutôt que quatre prévues) en raison de la proximité des conduites de pétroles de Irving et Ultramar. Les responsables de ces compagnies ne nous ont donc pas autorisé de procéder aux excavations aux limites de leur terrain. Par contre, les deux (2) sondages prévues ont pu être aménagés en puits d'observation.

Sur les sept (7) tranchées prévues au lot B6-2, une tranchée de plus a été réalisée à la limite avec le lot C2-2 pour obtenir des informations supplémentaires au bord de ce lot. Par contre, sur quatre (4) forages prévus, seulement deux ont pu être creusés. Dans un cas, il y a eu un refus à cause du roc pratiquement affleurant à la surface et dans l'autre, il y avait des conduites d'aqueduc et d'égout qui passaient sous la rue.

Les tranchées d'exploration et les forages prévus sur le lot B5-2 ont tous été réalisés. Deux (2) piézomètres de plus ont été installés dans des tranchées d'exploration suite aux indices d'une contamination en hydrocarbures pétroliers. Ces derniers ont été jugés nécessaires afin de vérifier la migration potentielle de la contamination.

Des huit (8) tranchées d'exploration prévues pour les lots B5-1-1 et 1-1-1, une a été convertie en forage pour avoir plus d'information sur les conditions hydrauliques, alors qu'aucun des anciens puits n'ont été retrouvés sur ces lots. Deux (2) autres tranchées ont été déplacées un peu à l'est sur le lot 1-4, réduisant à cinq (5) la quantité réalisée et faisant passer les forages à trois (3) plutôt que les deux (2) prévus.

Trois (3) forages ont été ajoutés aux deux (2) prévus sur le lot 1-4. De plus, deux (2) tranchées d'exploration ont été excavées de plus que le nombre prévu, augmentant à 18 le nombre de tranchées pour ce lot.

Deux (2) piézomètres ont été installés sur la rue Quigley et sur la rue du Chantier Maritime tel que prévu pour étendre la connaissance des conditions environnementales et hydrogéologiques de l'eau souterraine.

Les travaux supplémentaires effectués sur les lots B5-2 et 1-4 ont justifiés le prélèvement et l'analyse d'un plus grand nombre d'échantillons pour vérifier la qualité des sols. En contrepartie, moins d'analyses ont été réalisées dans d'autres secteurs, soit en réponse à un nombre plus restreint de travaux de forage et de tranchées, en l'absence d'indices de contamination et en raison de deux puits creusés dans le roc altéré (sans échantillonnage). Des analyses supplémentaires pour les sols ont été ajoutées afin de mieux délimiter l'étendue des sols contaminés en cuivre. De plus, un plus grand nombre d'échantillons d'eau souterraine a été prélevé sur l'ensemble du site correspondant aux puits d'observation et piézomètres ajoutés, soit cinq (5) de plus que les 35 initialement prévus.

### **3.7 Contrôle de qualité**

Un programme de contrôle de la qualité a été réalisé sur les échantillons de sols et d'eau souterraine afin de vérifier la fiabilité des résultats analytiques obtenus. En plus des mesures de contrôle interne effectuées par le laboratoire Maxxam Analytique (blancs de laboratoire, étalons, duplicata internes), le programme a inclus l'analyse de 19 duplicata de terrain pour les sols, de trois duplicata de terrain pour l'eau souterraine ainsi qu'un blanc de transport et un blanc de terrain constitué d'eau déminéralisée, conformément au *Guide de procédures, assurance et contrôle de la qualité pour les travaux analytiques contractuels en chimie* (MENV, 1995).

### **3.8 Essais de perméabilité**

Des essais de perméabilité, permettant de mesurer la conductivité hydraulique des dépôts meubles, ont été effectués le 8 août dans neuf (9) puits d'observation répartis sur l'ensemble du site, soit dans les puits PO03-62 et PO03-67 (lot B5-1-1 et 1-1-1), PO03-70 (B5-2), PO03-73 (B6-2), PO03-76 (C1-3), PO-1 (17), PO03-80, PO03-81 et PO-27 (1-4) (voir annexe B, photo 11). Ils ont consisté en essais à charge hydraulique variable et à niveau ascendant, en conformité avec la norme BNQ 2501-135 pour l'essai LeFranc. Suite à l'enlèvement d'un volume d'eau

suffisant pour obtenir une courbe de remontée représentative des conditions géologiques présentes sur le site, la remontée du niveau d'eau a été mesurée sur de courtes périodes variant de 4 à 56 minutes, en fonction de la vitesse de remontée. Cependant, l'essai hydraulique n'a pu être concluant pour le puits PO03-70 alors que le retrait d'eau n'était pas suffisant pour permettre un rabattement représentatif. Les données recueillies ont ensuite été interprétées selon le modèle de Bouwer et Rice (1976). Ces données et leur interprétation graphique sont présentées à l'annexe F.

### **3.9 Système national de classification du CCME**

Le Système national de classification des lieux contaminés du Conseil canadien des ministres de l'Environnement (CCME) est une méthode d'évaluation des sites contaminés selon leur effet nocif, réel ou potentiel sur la santé humaine ou sur les milieux. Il a été développé de manière à permettre l'évaluation comparative, rationnelle et scientifiquement valide des lieux contaminés dans tout le Canada.

Le Système national de classification est un outil qui facilite l'évaluation des lieux contaminés, en permettant de classer les sites en attribuant une note aux différentes caractéristiques du lieu selon trois catégories générales de niveau de préoccupation et de priorité. Ces caractéristiques sont regroupées de la façon suivante :

- 1) caractéristiques des contaminants : risque relatif suscité par les contaminants trouvés sur les lieux;
- 2) voies d'exposition : la voie de transport d'un contaminant (eau souterraine, eau de surface, contact direct et/ou air);
- 3) récepteurs : organismes ou ressources susceptibles d'être exposés ou affectés par la contamination (personnes, végétaux, animaux ou ressources naturelles).

Le Système national de classification utilise un système de notation (0 à 100 points) pour l'évaluation du risque d'un lieu. Les trois catégories de facteurs à évaluer possèdent une même importance et obtiennent la même pondération (33, 33 et 34 points respectivement). En général, le Système national de classification conduit à l'attribution d'une note élevée aux lieux qui ont des effets observables ou mesurés sur l'environnement immédiat ou qui présentent un potentiel élevé de contamination. En contrepartie, les lieux ayant un effet minime ou un faible potentiel de risque reçoivent généralement une note basse.

Selon la sommation des notes attribuées aux trois catégories définies précédemment, le site évalué est attribué à l'une des classes décrites ci-dessous :

**Classe 1 (note de 70 à 100) : Intervention nécessaire**

Les renseignements disponibles indiquent la nécessité d'intervenir (caractérisation détaillée du lieu, gestion des risques, assainissement, etc.) pour répondre aux préoccupations. En principe, les lieux rangés dans la classe 1 sont une source de graves préoccupations par rapport à plusieurs des facteurs considérés, et des effets mesurés ou observés sont rapportés.

**Classe 2 (note de 50 à 69,9) : Intervention probablement nécessaire**

Les renseignements disponibles indiquent un potentiel élevé d'effets néfastes hors du lieu bien que le risque pour la santé humaine et l'environnement ne soit généralement pas imminent. Il n'existe probablement pas d'indication d'une contamination hors du lieu; cependant, les possibilités que cela se produisent sont jugées élevées, et, par conséquent, une intervention est probablement nécessaire.

**Classe 3 (note de 37 à 49,9) : Intervention peut-être nécessaire**

Les renseignements disponibles indiquent que ce lieu n'est pas actuellement la source de graves préoccupations. Cependant, une enquête approfondie peut être faite afin de confirmer le classement de ce lieu, et certaines mesures peuvent se révéler être nécessaires.

**Classe N (note <37) : Intervention peu probable**

Les renseignements disponibles indiquent qu'il n'existe probablement pas de menace importante qui pèse sur les personnes ni d'effet important sur le milieu. Il n'y a probablement pas de raison d'intervenir à moins que de nouveaux renseignements ne viennent révéler des préoccupations plus importantes; dans ce cas, le lieu pourrait faire l'objet d'un réexamen.

**Classe I (note estimée  $\geq 15$ ) : Renseignements insuffisants**

Il n'existe pas assez de renseignements pour classer ce lieu. Dans ce cas, il faut trouver des renseignements additionnels de manière à combler cette lacune.

Les résultats de l'évaluation sont portés à l'annexe J et discutés à la section 7.7.



## 4.0 GÉOLOGIE

---

Le long de la rive sud de la baie de Gaspé, le socle rocheux est composé des roches sédimentaires de la Formation de Battery Point, d'âge dévonien. Ces roches incluent des grès, des conglomérats et des shales. Dans les tranchées et les forages réalisés à l'été 2003, le roc, un shale plus ou moins friable et altéré, a été rencontré à une profondeur variant de 1,0 à 4,3 m.

La description des dépôts meubles est basée sur les observations faites lors du forage des tranchées d'exploration et des puits d'observation réalisés à l'été 2003 ainsi que des données provenant des études antérieures. Les figures 4-2 et 4-3 présentent trois coupes géologiques illustrant la stratigraphie des dépôts de surface observés sur le site, alors que la figure 4-1 montre localisation des coupes. La description détaillée des unités rencontrées est présentée à l'annexe D alors que les rapports de sondage des études antérieures peuvent être consultés à l'annexe I.

La succession des couches géologiques observées sur le site est différente selon qu'on se trouve dans la partie sud-ouest, centrale ou nord-est (figure 4-3); elle sera décrite dans cet ordre dans les paragraphes suivants.

Dans la partie sud-ouest, le remblai, dont l'épaisseur varie autour de 2 m, peut être subdivisé en deux unités : un silt sableux à graveleux contenant par endroits d'abondants blocs rocheux, recouvrant généralement un sable contenant diverses proportions de silt et de gravier. Le remblai recouvre des unités naturelles de sable silteux ou de silt sableux (au sud-ouest) ou d'argile silteuse (plus près de la partie centrale de la coupe B-B'; figure 4-3). Un horizon riche en matière organique d'environ 0,5 m d'épaisseur, sépare localement le remblai des unités sous-jacentes de silt sableux ou d'argile silteuse.

Dans la partie centrale, l'unité de remblai, de 0,2 à 2,5 m d'épaisseur et composée de silt sableux à graveleux, recouvre directement le socle rocheux formé de shale.

Dans la partie nord-est, le remblai, dont l'épaisseur atteint localement 3,8 m, est composé de sable avec diverses proportions de silt et de gravier. Le remblai repose sur des unités naturelles de sable plus ou moins silteux contenant localement du gravier ou des coquillages.

Les débris présents en traces dans le remblai incluent des fragments de métal, de scories, de béton, d'asphalte, de bois, de charbon, de plastique

ou de verre. L'épaisseur du remblai varie de 0 à 3,8 m (moyenne d'environ 2 m) sur l'ensemble du site. Des odeurs d'hydrocarbures pétroliers ont été notées dans des forages ou des tranchées creusées dans les lots B5-2, 1-1-1, B4-6 et 1-4 (annexe D).

## 5.0 HYDROGÉOLOGIE

---

### 5.1 Contexte hydrographique

Le secteur à l'étude est caractérisé par une topographie en pente douce vers la baie de Gaspé, avec une altitude variant de 1,5 à 20 m au-dessus du niveau de la mer (annexe H). La baie de Gaspé représente donc un plan d'eau d'importance à proximité immédiate du site. Les marées à Gaspé ont une amplitude variant généralement entre 0,3 et 1,5 m.

L'eau de surface est localement drainée par des fossés longeant la voie ferrée et/ou la rue du Quai, dans le secteur des lots 17, C1-3 et B6-2.

### 5.2 Unités hydrogéologiques

En août 2003, l'eau souterraine a été observée entre 0,2 et 3,3 m de profondeur sur l'ensemble du site. Ces valeurs se comparent à celles mesurées antérieurement (0,5 à 2,9 m; section 2.2).

Trois unités hydrostratigraphiques ont été identifiées sur le site. L'unité supérieure, présente dans les secteurs sud-ouest et nord-est, est principalement constituée de la partie saturée du remblai de sable silteux à graveleux ou de silt sableux à graveleux, et des unités naturelles sous-jacentes sableuses à silteuses. Cette unité peut être qualifiée d'aquifère de surface. Une seconde unité, observée dans la partie centrale du site, est composée de l'unité naturelle d'argile silteuse de faible perméabilité (aquitard). La troisième unité, également présente à faible profondeur dans la partie centrale du site, est représentée par le socle rocheux composé de shale, généralement friable et altéré.

### 5.3 Propriétés hydrauliques

Les essais de perméabilité permettent de calculer la conductivité hydraulique d'une formation, c'est-à-dire la facilité que possède l'eau souterraine à circuler dans les pores du matériau constituant la formation, en fonction des caractéristiques de construction d'un piézomètre et de la variation de l'élévation du niveau d'eau dans le temps lors de l'essai.

Une connaissance approfondie du contexte hydrogéologique trouve toute son importance lorsqu'une contamination des eaux souterraines par les substances en phase dissoute est décelée dans un secteur d'une telle complexité. Le comportement du ou des composés chimiques

problématiques en terme de transport advectif, dispersif et réactif peut alors être davantage compris et prédit dans le temps et dans l'espace.

Des essais de perméabilité ont été réalisés dans neuf puits situés le long de la rue du Quai. La valeur de la conductivité hydraulique qui a été calculée à partir des données recueillies sur le terrain représente les conditions hydrauliques moyennes d'une surface de terrain relativement grande. Elle peut ne pas refléter les conditions qui pourraient être observées localement à un moment précis. Rappelons également que les vitesses d'écoulement qui seront calculées ne sont que des valeurs approximatives, mais qui sont utiles pour évaluer l'importance relative des processus de transport et d'atténuation.

La théorie de Bouwer et Rice (1976) a été appliquée pour interpréter les données des essais de perméabilité en fonction de l'équation mathématique suivante :

$$K = \frac{r^2 \ln\left(\frac{R_{cont}}{R}\right)}{2L} \frac{1}{t} \ln\left(\frac{H}{H_o}\right) \quad (1)$$

où:

- K: conductivité hydraulique (m/s);
- r : rayon du piézomètre (ou  $r_{eff}$  si la variation du niveau d'eau se situe à l'intérieur de l'intervalle crépiné (m);
- R : rayon du trou de forage (m);
- $R_{cont}$ : distance radiale où la différence de charge  $H_o$ , est dissipée à l'intérieur de l'aquifère (m);
- L : longueur de l'intervalle crépiné (m);
- t : temps (s);
- $H_o$  : différence de charge (m); et,
- H : variation de la charge hydraulique en fonction du temps (m).

L'utilisation de ce modèle mathématique est basée sur la formulation des hypothèses suivantes :

- aquifère à nappe libre de dimensions infinies;
- aquifère homogène, isotrope et d'une épaisseur uniforme;
- la nappe d'eau souterraine est considérée horizontale avant le début de l'essai ;
- variation instantanée de la charge hydraulique dans la formation;

- l'inertie de la colonne d'eau dans le piézomètre et les pertes de charge non-linéaires sont considérées négligeables;
- le piézomètre pénètre partiellement l'aquifère;
- l'emmagasinement du puits est considéré non-négligeable de sorte qu'il est intégré à l'intérieur du modèle; et,
- l'écoulement de l'eau souterraine à l'intérieur de l'intervalle crépiné s'effectue en régime d'équilibre.

Les résultats des essais de perméabilité indiquent des conductivités hydrauliques variant de  $1,2 \times 10^{-7}$  à  $1,5 \times 10^{-5}$  m/s pour une moyenne géométrique de  $3,04 \times 10^{-6}$  m/s ( $N = 7$ ; tableau 5-1). Cette valeur moyenne exclut les résultats de deux essais (PO03-70 et PO03-81) qui n'ont pu être interprétés adéquatement en raison d'une remontée trop rapide du niveau de l'eau (annexe F). Cette remontée rapide traduit une conductivité hydraulique supérieure ou égal à  $10^{-4}$  m/s.

#### **5.4 Piézométrie et écoulement des eaux souterraines**

La piézométrie d'un site consiste à déterminer les caractéristiques d'écoulement des eaux souterraines en termes de direction et de vitesse en fonction d'un gradient hydraulique donné et basé sur les mesures de la profondeur des niveaux d'eau à partir d'un référentiel prédéterminé.

Les niveaux d'eau ont été mesurés le 10 août 2003 dans les puits nouvellement installés de même que dans les puits existants. Les données piézométriques sont présentées au tableau 5-2. Les données recueillies en août 2003 ont servi à dresser la carte piézométrique du secteur à l'étude, présentée à la figure 5-1.

L'eau souterraine a été rencontrée à une profondeur variant entre 0,2 et 3,3 m de profondeur. Le relevé piézométrique indique que, de manière générale, l'eau souterraine s'écoule vers le nord-est, soit en direction de la baie de Gaspé, en fonction de la pente stratigraphique. En effet, la morphologie de la surface du terrain contrôle l'écoulement des eaux souterraines dans la partie superficielle des dépôts meubles. Ainsi, il n'est pas surprenant que les gradients hydrauliques horizontaux les plus élevés sont observés aux endroits d'une dénivellation marquée du profil du terrain. Le gradient hydraulique horizontal moyen est de l'ordre de 0,022 m/m. Le gradient est plus élevé dans le secteur sud-ouest (0,069 m/m) que dans le secteur nord-est, en bordure de la baie de Gaspé (0,021 m/m). Ces données sur la direction d'écoulement (nord-est) et le gradient hydraulique (1,4%) sont comparables à celles obtenues dans des études antérieures (section 2.2).

## 5.5 Migration des eaux souterraines

Les vitesses linéaires d'écoulement (représentant les processus d'advection) dans les unités hydrostratigraphiques peuvent être estimées de plusieurs manières. L'une d'entre elles repose sur la connaissance du gradient hydraulique moyen de la conductivité hydraulique et de la porosité efficace. Elle est exprimée par la formule suivante :

$$V_L = \frac{K}{n_{\text{eff}}} \frac{\partial H}{\partial L} \quad (5)$$

où :

$V_L$ :	vitesse linéaire d'écoulement (m/s)
$K$ :	conductivité hydraulique (m/s)
$\partial H/\partial L$ :	gradient hydraulique dans le sens d'écoulement principal (m/m)
$n_{\text{eff}}$ :	porosité efficace (sans dimension)

Considérant une conductivité hydraulique moyenne de  $3.04 \times 10^{-6}$  m/s, un gradient hydraulique horizontal moyen de 0,022 m/m et une porosité efficace de 0,25, on obtient une vitesse linéaire d'écoulement horizontal de l'ordre de 8 m/an. Pour  $K_{\text{max}}$  calculé =  $1,5 \times 10^{-5}$  m/s et  $\partial H/\partial L = 0,069$  m/m, la vitesse linéaire d'écoulement maximale serait de l'ordre de 130 m/an aux emplacements des pentes élevées sur le terrain.

Dans un système hydrogéologique caractérisé par une conductivité moyenne de l'ordre de  $10^{-6}$  m/s, l'écoulement des eaux souterraines s'effectue tant horizontalement qu'en fonction d'une composante verticale.

## 5.6 Bilan hydrique

À partir des données météorologiques compilées entre 1970 à 2000 par Environnement Canada, la région de Gaspé reçoit en moyenne 1 117 mm de précipitations annuellement, sous forme de pluie et de neige. La température moyenne annuelle est de 2,9°C, atteignant une valeur maximale moyenne de 16,6°C en juillet et une valeur minimale moyenne de -11,9°C en janvier (tableau 5-3).

En fonction des précipitations moyennes et d'un taux d'infiltration net estimé entre 5 et 10 %, le volume d'eau s'infiltrant annuellement pour chaque mètre carré de sol non recouvert d'asphalte ou de béton serait de l'ordre de 0,05 à 0,1 m<sup>3</sup>.

## 6.0 QUALITÉ DES SOLS

---

### 6.1 Critères d'évaluation

Au Québec, la qualité des sols et des eaux souterraines est évaluée en fonction de critères génériques proposés dans la *Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés*, publiée par le MENV (1998). Ces critères sont des valeurs de référence destinées à servir de guide dans l'évaluation de la qualité des sols et des eaux souterraines. Pour l'évaluation de la qualité des sols, la Politique contient trois niveaux de critères génériques. Chacun correspond à une valeur seuil pour un usage donné. Ils sont définis comme suit :

**Niveau A** : Teneur de fond pour les paramètres inorganiques et limite de quantification pour les paramètres organiques. La limite de quantification est définie comme la concentration minimale qui peut être quantifiée à l'aide d'une méthode d'analyse avec une fiabilité définie.

**Niveau B** : Limite maximale acceptable pour des terrains à vocation résidentielle, récréative et institutionnelle. Sont également inclus les terrains à vocation commerciale situés dans un secteur résidentiel. L'usage institutionnel regroupe les utilisations telles que les hôpitaux, les écoles et les garderies. L'usage récréatif regroupe un grand nombre de cas possibles qui présentent différentes sensibilités. Ainsi, les usages sensibles, comme les terrains de jeu, sont gérés en fonction du niveau B. Pour leur part, les usages récréatifs considérés moins sensibles comme les pistes cyclables peuvent être associés au niveau C.

**Niveau C** : Limite maximale acceptable pour des terrains à vocation commerciale, non situés dans un secteur résidentiel, et pour des terrains à usage industriel.

Les critères des niveaux B et C correspondent respectivement aux valeurs limites listées dans les annexes I et II du *Règlement sur la protection et la réhabilitation des terrains*, publié en mars 2003.

En fonction de l'usage industriel et commercial du site de la rue du Quai, la qualité des sols est évaluée en fonction des critères C de la Politique (annexe II du Règlement).

Les critères « D », représentant les concentrations maximales admises pour l'enfouissement des sols contaminés, sont également présentés aux tableaux 6-1 à 6-5.



## 6.2 Qualité des sols

Les résultats analytiques pour les analyses de sols sont présentés aux tableaux 6-1 à 6-6 tandis que les certificats d'analyses sont groupés à l'annexe G-1.

### 6.2.1 Hydrocarbures pétroliers C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub>

Les résultats analytiques pour les hydrocarbures pétroliers C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> dans les 38 échantillons de sols (incluant quatre duplicata de terrain) sont présentés au tableau 6-1. Le tableau indique également l'intervalle représenté par l'échantillon de même que le numéro du lot dans lequel la tranchée ou le forage a été réalisé. L'analyse des hydrocarbures pétroliers C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> dans les sols a été surtout concentrée sur le secteur dans lequel une contamination en hydrocarbures pétroliers avait été identifiée (section 2.2) et où des indices organoleptiques d'une contamination ont été décelés lors des travaux de terrain réalisés au cours de l'été 2003 (lots B5-2, 1-1-1 et 1-4; annexe D).

Les concentrations en hydrocarbures pétroliers C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> varient de valeurs sous la limite de détection (100 mg/kg) à 10 000 mg/kg. Les hydrocarbures pétroliers C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> dépassent le critère C du MENV dans trois tranchées d'exploration (TP75, TP79 et TP81) et dans un forage (PO03-65) situés dans les lots B5-2, 1-4 et 1-1-1, avec des concentrations de 4 500 à 10 000 mg/kg. Ces concentrations élevées occupent le pourtour de la zone excavée en 2001 (section 2.2) et correspondent à différents intervalles compris entre la surface et 3 m de profondeur. La concentration maximale de 10 000 mg/kg correspond à la valeur du critère D, soit la limite admissible pour l'enfouissement dans un site autorisé.

Des concentrations en hydrocarbures pétroliers C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> correspondant à la plage B-C du MENV ont également été mesurées dans cinq tranchées (TP76, TP81, TP82, TP105 et TP116) et dans trois forages (PO03-60, PO03-75 et PO03-81), situés dans le même secteur, à l'exception de la tranchée TP105 et du forage PO03-81 qui occupent le lot 1-4 au sud de la rue du Quai, et de PO03-75 qui a été foré sur le lot C1-3. Des sols contenant des hydrocarbures pétroliers C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> en concentrations correspondant à la plage B-C (3 000 mg/kg entre 2,2 et 3,0 m de profondeur dans la tranchée TP116) sont donc présents à l'intérieur de l'excavation réalisée en 2001 dans le cadre des travaux de restauration environnementale dans ce secteur (section 2.2).

Les chromatogrammes des échantillons TP79-3 (lot B5-2) et TP81-2 (lot 1-1-1), contenant respectivement 10 000 mg/kg et 7 300 mg/kg de C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub>, sont présentés à l'annexe G-3. Le profil chromatographique de ces deux échantillons correspond à celui du diesel numéro 1.

La concentration en hydrocarbures pétroliers C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> mesurée dans l'échantillon prélevé des déblais de forage n'était que de 130 mg/kg, une valeur légèrement supérieure au critère A. (100 mg/kg).

### **6.2.2 Hydrocarbures aromatiques monocycliques (HAM)**

Les résultats analytiques pour les HAM dans quatre échantillons de sols sont présentés au tableau 6-2. Les HAM sont généralement demeurés sous les limites de détection, sauf pour l'échantillon TP75-2 (lot 5-2) dans lequel le benzène, l'éthylbenzène et le toluène ont été mesurés en faibles concentrations (A-B) et les xylènes totaux (11 mg/kg) ont atteint la plage B-C.

### **6.2.3 Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)**

Les résultats analytiques pour les HAP dans cinq échantillons de sols sont présentés au tableau 6-3. Les concentrations en HAP totaux varient de 0,2 à 43 mg/kg. Un seul composé, le 1,3-diméthylnaphtalène, excède le critère C du MENV (10 mg/kg) avec une concentration de 20 mg/kg dans l'échantillon TP99-2 (lot 1-4, au sud de la rue du Quai). Deux des composés de méthylnaphtalène ont été mesurés en concentration correspondant à la plage B-C dans l'échantillon TP82-4.

La plupart des HAP sont demeurés sous la limite de détection dans l'échantillon de sol prélevé des déblais de forage. Les valeurs mesurées étaient faibles et correspondaient à la plage A-B du MENV.

### **6.2.4 Composés phénoliques**

Les résultats analytiques pour les composés phénoliques dans trois échantillons de sols sont présentés au tableau 6-4. Tous les composés phénoliques sont demeurés sous les limites de détection.

### **6.2.5 Autres paramètres organiques**

Les résultats analytiques pour le carbone organique total et les bactéries hydrocarbonoclastes dans deux échantillons de sol (TP76-3 et TP81-2),

provenant respectivement des lots B5-2 et 1-1-1, sont présentés au tableau 6-5 (métaux et paramètres organiques et inorganiques).

La concentration en carbone organique total varie de 0,21% à 0,34% dans les deux échantillons analysés.

Le décompte bactérien indique des concentrations de  $7,5 \times 10^5$  et de  $1,5 \times 10^6$  NPP (nombre le plus probable) dans les deux échantillons analysés.

### **6.2.6 Métaux et autres paramètres inorganiques**

Les résultats analytiques pour les métaux et certains paramètres inorganiques (azote ammoniacal, orthophosphate, potassium, soufre, pH) dans les 111 échantillons de sols sont présentés au tableau 6-5. Un grand nombre d'échantillons ont fait l'objet d'une analyse pour 13 métaux, (le cuivre seulement) parce que peu de données étaient disponibles pour ces paramètres et que les informations disponibles indiquaient la présence d'une problématique en métaux dans les sols (section 2.2). Les résultats analytiques pour les métaux dans les sols sont présentés par lots, du sud-ouest vers le nord-est (figure 3-1).

#### **➤ Lot 17**

Quinze échantillons de sols prélevés dans le lot 17 ont fait l'objet d'une analyse pour les métaux. Les concentrations en métaux sont généralement inférieures à la limite de détection ou au critère A du MENV. Toutefois, les concentrations en cuivre (2 400 à 3 900 mg/kg) ou en plomb (1 400 mg/kg) dépassent les critères C du MENV, respectivement de 500 et 1 000 mg/kg, dans trois (3) échantillons prélevés dans les tranchées TP91 et TP94. La concentration maximale de 3 900 dépasse la valeur du critère D (2 500 mg/kg). Des concentrations en cuivre ou en molybdène correspondant à la plage B-C ont également été mesurées (tableau 6-5). Les concentrations relativement élevées en métaux correspondent aux matériaux de remblais qui ont été échantillonnés à des profondeurs inférieures à 2,5 m.

#### **➤ Lot 50**

Quatre échantillons de sols provenant du lot 50 ont été analysés pour les métaux. Les concentrations en métaux dans ces échantillons sont généralement inférieures aux critères A (ou aux limites de détection) à l'exception du cuivre qui a été mesuré en concentration de 430 mg/kg, correspondant à la plage B-C du MENV.

➤ **Lots C1-3 et C2-2**

Les concentrations en métaux sont généralement inférieures aux critères A dans les 18 échantillons provenant des lot C1-3 et C2-2. Toutefois le critère C a été dépassé pour le cuivre dans cinq (5) échantillons (lot C1-3) avec des concentrations variant de 590 à 21 000 mg/kg et pour l'arsenic dans l'échantillon TP88-1 avec une concentration de 160 mg/kg. Trois (3) des valeurs mesurées pour le cuivre (3 000 à 21 000 mg/kg) excèdent le critère D, dans les tranchées TP63, TP87 et TP88. Des concentrations en cadmium, en cuivre, en étain, en manganèse, en molybdène, en plomb et/ou en zinc correspondant à la plage B-C du MENV ont également été mesurées dans un certain nombre d'échantillons prélevés dans le lot C1-3 (tableau 6-5). Les concentrations les plus élevées en métaux se retrouvent généralement dans l'échantillon TP88-1 prélevé dans le remblai de surface.

Le soufre a été mesuré dans un échantillon provenant des deux lots. La concentration en soufre dans l'échantillon TP63-2 (lot C1-3) était de 0,16 mg/kg, une valeur correspondant à la plage B-C alors qu'elle a atteint 0,47 mg/kg dans l'échantillon TP67-1 (lot C2-2), une valeur plus de deux fois supérieure au critère C (0,2 mg/kg) de la Politique du MENV. Il faut toutefois noter que le soufre ne fait pas partie des annexes I et II du *Règlement sur la protection et la réhabilitation des terrains*. Puisque le cuivre n'a pas été détecté dans l'échantillon TP67-1, la valeur élevée en soufre ne semble pas être associée à des sulfures possiblement responsables des concentrations élevées en cuivre mesurées dans plusieurs échantillons de remblai.

➤ **Lot B6-2**

Les concentrations en métaux étaient généralement inférieures aux critères A dans les 12 échantillons provenant du lot B6-2. Les concentrations en cuivre ont toutefois dépassé le critère C dans quatre (4) échantillons de remblai. Les concentrations les plus élevées (> C) mesurées en cuivre variaient de 640 à 4 100 mg/kg. Cette dernière valeur dépasse le critère D (TP85). Le molybdène a été mesuré en concentration correspondant à la plage B-C (10 à 23 mg/kg) dans deux (2) échantillons et le cuivre a été mesuré dans la plage B-C (110 à 420 mg/kg) dans quatre autre échantillons provenant du lot B6-2.

➤ **Lot B5-2**

Vingt-quatre (24) échantillons prélevés dans le lot B5-2 ont été sélectionnés pour l'analyse des métaux, incluant quatre (4) duplicata de terrain et quatre (4) échantillons qui ont fait l'objet d'une analyse d'azote ammoniacal, d'orthophosphate, de potassium, de soufre et/ou de pH (tableau 6-5).

Le cuivre dépasse le critère C dans la majorité (60%) des échantillons analysés avec des concentrations variant de 820 à 3 900 mg/kg. Les trois (3) résultats les plus élevés (3 100 à 3 900 mg/kg) dépassent également la valeur du critère D dans les échantillons provenant des tranchées TP74 et TP84. En plus du cuivre, le plomb dépasse le critère C (1 000 mg/kg) dans l'échantillon TP76-2A avec une concentration de 1 300 mg/kg. Les concentrations élevées en métaux correspondent au remblai échantillonné entre la surface et 2,0 m de profondeur.

L'azote ammoniacal et l'orthophosphate n'ont pas été détectés alors que le potassium a été mesuré en concentration de 730 mg/kg dans l'échantillon TP76-3. La concentration en soufre n'était que de 0,03 et 0,05 mg/kg dans les échantillons TP75-4 et PO03-70-4, mais atteignait 0,24 mg/kg dans l'échantillon TP84-3, une valeur supérieure au critère C.

Le pH mesuré dans trois (3) échantillons variait de 6,2 à 8,8. Ces valeurs qui ne s'écartent que faiblement du pH neutre, suggèrent que la présence de la conduite servant au transport d'acide sulfurique a eu peu d'influence sur la qualité des sols.

➤ **Lots B5-1-1 et 1-1-1**

Huit (8) échantillons provenant des lots B5-1-1 et 1-1-1, incluant un duplicata de terrain, ont été analysés pour les métaux ou le cuivre seulement, alors qu'un échantillon (TP81-2) a fait l'objet d'une analyse pour l'azote ammoniacal, l'orthophosphate, le potassium et le pH.

Les concentrations en cuivre dépassent le critère C dans les échantillons TP82-1 (0,0 à 1,0 m de profondeur) et TP82-2 (1,0 – 2,0 m), avec des concentrations respectives de 1 000 et 1 100 mg/kg. Elles correspondent à la plage B-C dans tous les autres échantillons analysés (130 à 220 mg/kg) incluant ceux prélevés dans le matériel de remblai de l'excavation réalisée en 2001 lors des travaux de restauration environnementale dans ce secteur.

L'azote ammoniacal et l'orthophosphate n'ont pas été détectés dans l'échantillon TP81-2, alors que le potassium a été mesuré en concentration de 1 200 mg/kg dans cet échantillon. Le pH mesuré dans le même échantillon est de 8,0.

➤ **Lot 1-4**

Au total, 23 échantillons de sol (incluant quatre (4) duplicata de terrain) provenant du lot 1-4 ont été analysés pour les métaux et un échantillon a fait l'objet d'une mesure du pH. Les concentrations en métaux sont généralement inférieures au critère A du MENV. Les concentrations en cuivre étaient quant à elles supérieures au critère B dans la majorité des échantillons et atteignaient ou dépassaient le critère C dans six (6) échantillons (TP79-1, TP103-1, TP107-1 et son duplicata, TP109-1 et PO03-80-1) avec des concentrations de 500 à 1 800 mg/kg. Les valeurs les plus élevées proviennent du remblai entre la surface et un mètre de profondeur.

Le pH mesuré dans l'échantillon TP79-1 a montré une valeur relativement élevée de 9,4.

➤ **Déblais de forage**

Les métaux analysés dans l'échantillon de sol prélevés des déblais de forage étaient généralement inférieurs au critère B, à l'exception du cuivre dont la concentration (230 mg/kg) correspondait à la plage B-C. Comme aucun des paramètres analysés (C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub>, HAP, métaux) ne dépassait les critères C du MENV, les déblais de forage ont été étendus sur place suite à la réception des résultats d'analyse.

### **6.2.7 Sommaire des résultats analytiques sur les sols**

Les résultats analytiques sur les sols sont résumés au tableau 6-6 et à la figure 6-1. Ils confirment la présence d'une contamination résiduelle des sols en hydrocarbures pétroliers et en métaux.

Les hydrocarbures pétroliers C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> ont dépassé le critère C du MENV dans six (6) échantillons provenant de quatre (4) forages (PO03-65, TP75, TP79 et TP81) avec des concentrations de 4 900 à 10 000 mg/kg. Seule la valeur la plus élevée (10 000 mg/kg) mesurée dans le TP79 atteint la valeur du critère D, (représentant la limite admissible pour l'enfouissement des sols dans un site autorisé). La contamination en hydrocarbures pétroliers affecte les sols situés dans les lots B5-2, 1-4 et 1-1-1, à des profondeurs variables pouvant atteindre 3 m. Cette

contamination résiduelle se retrouve donc autour de la zone où des travaux de restauration environnementale (excavation et disposition de sols contaminés) ont été réalisés en 2001 (section 2.2) et inclut le secteur situé en dessous et au sud de la rue du Quai (figures 6-1 et 6-2).

Une contamination en HAP (20 mg/kg de 1,3-diméthyl-naphtalène) a été détectée dans la tranchée TP99 (lot 1-4), dans l'intervalle compris entre 1,0 et 2,0 m de profondeur.

Le cuivre a été mesuré en concentrations supérieures au critère C dans 30 échantillons de remblai, avec des valeurs de 500 à 21 000 mg/kg. Les valeurs supérieures à 2 500 mg/kg (8 échantillons) dépassent également le critère D. Les concentrations dépassant les critères C correspondent généralement à l'intervalle compris entre 0 et 1 m de profondeur mais atteignant 2,0 ou 2,5 m dans certains cas. Contrairement à la contamination en hydrocarbures, la contamination en cuivre (> C) s'étend sur l'ensemble du site et affecte la plupart des lots (17, C1-3, B6-2, B5-2, 1-1-1 et 1-4). D'autres métaux ont sporadiquement été mesurés en concentrations supérieures aux critères C, comme l'arsenic dans le TP88 (lot C1-3) et le plomb dans le TP76 (lot B5-2) et le TP94 (lot 17).

Le soufre a été mesuré en concentrations élevées (0,24 à 0,47 mg/kg) dans les tranchées TP84 (lot B5-2) et TP67 (lot C2-2). Ces valeurs dépassent le critère C de la Politique du MENV, mais le soufre ne fait pas partie des paramètres listés dans les annexes I et II du *Règlement sur la protection et la réhabilitation des terrains*.

### 6.2.8 Étendue et volumes des sols contaminés

L'étendue des sols contaminés, estimée à partir des observations de terrain et des résultats analytiques (tableaux 6-1 à 6-6), est illustrée sur les figures 6-1 et 6-2. Les critères suivants ont été utilisés pour estimer l'étendue et le volume des sols contaminés :

- L'identification des sols affectés est fonction des critères indicatifs de la qualité des sols en vertu de la Politique (MENV, 1998) pour les hydrocarbures pétroliers C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> et les métaux.
- La limite de l'étendue des sols affectés a été fixée par interpolation non linéaire effectuée manuellement à partir : 1) des données de terrain et des résultats analytiques provenant des forages adjacents et 2) de la limite du site (10 m de part et d'autre de la rue du Quai).
- L'extension verticale des sols affectés a été fixée par la mi-distance entre un échantillon de sol affecté et un échantillon de sol non

affecté (< C) sus-jacent ou sous-jacent. Les indices organoleptiques de la présence d'hydrocarbures et les mesures des composés organiques volatils sur un photoionisateur ont également aidé à définir cette extension verticale.

### ➤ Hydrocarbures pétroliers C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> et HAP

Des sols contenant des hydrocarbures pétroliers C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> en concentrations supérieures au critère C du MENV ont été retrouvés à l'intérieur de trois enclaves dans le secteur des lots B5-2 et 1-1-1 (figure 6-3). Les sols affectés par les C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> s'étendent sur une superficie totale estimée à environ 1 400 m<sup>2</sup>, une épaisseur de 0,5 à 2,0 m, pour un volume total estimé à environ 1 300 m<sup>3</sup>. Le tableau suivant présente un sommaire de l'étendue et le volume des sols affectés par les C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> alors que le tableau 6-7 présente les volumes en détail.

#### Étendue et volume des sols affectés par les C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> et les HAP (> C)

Enclave	Lot	Superficie	Épaisseur	Volume
		m <sup>2</sup>	m	m <sup>3</sup>
1 (C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> )	B5-2	190	2,0	380
2 (C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> )	1-1-1	268	0,5	134
3 (C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> )	B5-2 1-1-1	776	1,0	776
Total (C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> )		1234	-	1290
4 (HAP)	1-4	200*	1,0	200
<b>Total (C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> + HAP)</b>		<b>1434</b>	-	<b>1490</b>

\* Superficie approximative

Les sols affectés par les C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> au delà du critère D s'étendent sur une superficie d'environ 400 m<sup>2</sup>, pour un volume approximatif de 400 m<sup>3</sup>.

Les sols affectés par les HAP (1,3-diméthylnaphtalène) forment une petite enclave limitée au secteur de la tranchée TP99 (lot 1-4), entre 1,0 et 2,0 m de profondeur. L'étendue de l'enclave de contamination des sols en HAP est estimée à environ 200 m<sup>2</sup> pour un volume approximatif de 200 m<sup>3</sup>. L'étendue des sols affectés au critère C et D est illustrée à la figure 6-3.

### ➤ Métaux

Les sols affectés par les métaux (cuivre surtout) dans la plage de critères C-D du MENV forment 11 enclaves réparties tout au long de la rue du Quai (figure 6-1). Ils s'étendent sur une superficie totale de 9 000 m<sup>2</sup>, une épaisseur variant de 0,7 à 2,0 m, pour un volume total estimé à près de 10 000 m<sup>3</sup>. Le tableau suivant résume l'étendue et le volume des sols



affectés (C-D) par les métaux tandis que le tableau 6-7 fournit plus de précisions.

### Étendue et volume des sols affectés par les métaux (C-D)

Enclave	Lot	Superficie	Épaisseur	Volume
		m <sup>2</sup>	m	m <sup>3</sup>
1	17	320	0,7	224
2	17	300	1,5	450
3	C1-3	950	1	950
4	C2-2	350	1,2	420
5	C2-2, B6-2	440	1	440
6	B6-2	410	1	410
7	B6-2 B5-2, 1-4	3575	1,1	3932,5
8	1-1-1	275	2	550
9	1-4	425	1	425
10	1-4	750	1	750
11	1-4	1090	1	1090
<b>Total</b>		<b>8885</b>		<b>9641,5</b>

Les sol affectés par les métaux au delà du critère D s'étendent sur une superficie d'environ 3 400 m<sup>2</sup>, pour un volume estimé à environ 4 000 m<sup>3</sup>. La distribution et l'étendue des sols affectés par les métaux (> D) est illustrée à la figure 6-4.

## **7.0 QUALITÉ DES EAUX SOUTERRAINES ET DE SURFACE**

### **7.1 Critères d'évaluation**

Les résultats d'analyses d'eaux souterraines sont habituellement évalués, dans la *Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés* (MENV, 1998), en relation avec deux critères génériques d'usage. Il s'agit 1) de l'eau pour fin de consommation (eau de consommation) et 2) de l'eau pouvant faire résurgence dans les eaux de surface ou s'infiltrer dans les égouts (eau de surface et égouts).

Le secteur de la rue de Gaspé s'approvisionne en eau potable à partir du réseau de distribution de la Ville de Gaspé. Toutefois, l'annuaire des puisatiers indique que quelques puits d'approvisionnement en eau (6) sont présents dans un rayon de deux kilomètres autour du site. Les données disponibles indiquent que ces puits sont implantés dans le roc, à une profondeur variant de 19 à 78 m (moyenne de 39 m).

En raison de l'utilisation industrielle et commerciale du site de la rue du Quai, la qualité des eaux souterraines dans ce rapport est évaluée relativement aux critères du MENV établis pour l'eau de surface et égouts.

Dans sa nouvelle politique, le MENV a introduit la notion de seuil d'alerte. Ceux-ci réfèrent à une limite préventive ou une concentration à partir de laquelle il y a lieu d'appréhender une perte d'usage de la ressource. En outre, le MENV impose un seuil d'alerte de 50% de la valeur des critères de qualité lorsqu'un cours d'eau se situe à moins de 1 km du site investigué. Cette situation est directement applicable au présent cas puisque le Havre de Gaspé est moins de 1 Km en aval de la rue du Quai.

### **7.2 Qualité des eaux souterraines**

Les résultats analytiques pour les échantillons d'eau souterraine prélevés dans les nouveaux puits d'observation sont présentés aux tableaux 7-1 à 7-3 et à l'annexe G-2.

#### **7.2.1 Hydrocarbures pétroliers C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub>**

Les résultats analytiques pour les hydrocarbures pétroliers C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> sur les 35 échantillons d'eau souterraine (incluant les duplicata et les blancs) sont présentés au tableau 7-1. La sélection des échantillons à soumettre

pour l'analyse des C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> a favorisé le secteur où avait été détectée une contamination des sols et de l'eau par les hydrocarbures pétroliers, c'est-à-dire celui des lots B5-2, B5-1-1, 1-1-1, et 1-4.

Les hydrocarbures pétroliers C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> ont varié de concentrations inférieures à la limite de détection (100 µg/L) à 29 000 µg/L. Les C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> excèdent le seuil d'alerte de 1 750 µg/L (correspondant à 50% de la valeur du critère d'eau de surface et égouts) dans six puits avec des concentrations de 2 400 à 29 000 µg/L. Les concentrations en C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> excèdent même le critère d'eau de surface et égouts dans les puits PO03-65, PZ79 et PZ113 avec des concentrations respectives de 8 200, 28 000 et 29 000 µg/L, respectivement. Les concentrations élevées en C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> dans l'eau de ces puits correspondent à des concentrations élevées en C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> dans les sols échantillonnés aux mêmes endroits (tableau 6-1).

Le chromatogramme de l'échantillon PZ79 montre un profil comparable à celui du diesel numéro 2 (annexe G-3). Bien que le chromatogramme de l'échantillon de sol PZ79-3 ait été comparé au profil du diesel numéro 1, il n'est pas certain que la contamination de l'eau souterraine ait une origine différente de celle des sols.

Les hydrocarbures pétroliers C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> sont demeurés sous la limite de détection dans l'échantillon d'eau souterraine récolté durant la purge des puits d'observation (tableau 7-1).

### **7.2.2 Composés organiques volatils**

Les résultats analytiques pour les composés organiques volatils (COV) dans les huit (8) échantillons d'eau souterraine, sont présentés au tableau 7-2. Trois de ces échantillons ont fait l'objet d'une analyse des composés de triméthylbenzène seulement, utilisés comme traceur de différents processus de dégradation chimiques et physiques. Comme pour l'analyse des C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub>, le secteur des lots B5-1-1, 1-1-1 et 1-4 a été favorisé dans la sélection des échantillons devant faire l'objet d'une analyse pour les composés organiques volatiles (et les HAP).

Les COV étaient généralement sous les limites de détection. Seules de faibles concentrations en éthylbenzène (0,2 µg/L) et en toluène (0,3 µg/L) ont été mesurées dans l'échantillon PO03-81. Ces concentrations sont à peine supérieures à la limite de détection (0,1 µg/L). Les composés de triméthylbenzène n'ont pas été détectés.

### 7.2.3 Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)

Les résultats analytiques pour les HAP dans (4) quatre échantillons d'eau souterraine sont présentés au tableau 7-2. Les concentrations en HAP totaux varient de 0,1 à 23,7 µg/L. Un seul composé, le fluoranthène, dépasse le seuil d'alerte de 1,15 µg/L dans l'eau du puits PO03-81 (lot 1-4), avec une concentration de 1,6 µg/L.

### 7.2.4 Autres paramètres

Le carbone organique total (COT) a été mesuré dans trois échantillons d'eau provenant des puits PO-17, PO03-62 et PO03-65. Les valeurs mesurées varient de 5 100 à 12 000 µg/L.

Les bactéries hydrocarbonoclastes ont été dénombrées dans deux échantillons d'eau souterraine provenant des puits PO03-62 (lot B5-1-1) et PO03-65 (lot B5-2). Les concentrations mesurées dans ces deux échantillons sont respectivement de  $1,5 \times 10^6$  et de  $9,3 \times 10^5$  NPP.

### 7.2.5 Métaux et autres paramètres inorganiques

Les résultats analytiques pour les métaux (13 à 18 éléments) et les autres paramètres inorganiques (dureté, alcalinité, demande biologique et chimique en oxygène, fer ferreux, orthophosphate, anions et composés azotés) pour les 40 échantillons d'eau souterraine (incluant trois duplicata, un blanc de terrain et un blanc de transport) sont présentés au tableau 7-3.

#### ➤ Dureté et métaux

La dureté a été mesurée dans les puits PO-1, PO03-78 et PO-27 localisés dans les lots 17, C2-2 et 1-4, respectivement. La valeur de la dureté a varié de 320 à 720 mg/L (calcium et magnésium sous forme de  $\text{CaCO}_3$ ) pour une moyenne de 467 mg/L. Cette valeur de la dureté a permis d'ajuster la valeur des critères d'eau de surface et égouts (et par conséquent les seuils d'alerte correspondant à 50% de la valeur de ces critères) pour certains métaux (Ag, Ba, Cd, Cu, Ni, Pb, Zn) qui varie en fonction de la dureté réelle de l'eau. Les valeurs corrigées sont indiquées au tableau 7-3.

La plupart des métaux ont été mesurés en concentrations inférieures aux seuils d'alerte dans les échantillons analysés. Toutefois, le cuivre dépasse le seuil d'alerte (30 µg/L) dans l'eau de 15 puits situés dans les lots 17, B6-2, B5-2, 1-1-1 et 1-4, avec des concentrations variant de 34 à

300 µg/L. Ces concentrations élevées se retrouvent parfois, mais pas toujours, dans des puits où des concentrations élevées en cuivre ont été mesurées dans les sols (PZ70, PZ75, PZ84 et PO03-80; tableau 6-5). Il est vraisemblable que les concentrations élevées en cuivre dans l'eau souterraine soient liées à la problématique en cuivre identifiée dans les sols (section 6.2.7).

D'autres métaux ont également été mesurés en concentrations excédant les seuils d'alerte. Il s'agit du chrome (40 µg/L) dans les échantillons PO-1 et PO-72 (duplicata de PO-27), du sélénium (11 µg/L) dans l'échantillon PO-72 et du zinc dans les échantillons PZ92 et PO03-73, avec des concentrations respectives de 290 et de 410 µg/L. Il faut noter que la limite de détection pour le chrome est de 30 µg/L, une valeur supérieure au seuil d'alerte de 8 µg/L. La concentration de 40 µg/L représente donc une valeur qui n'est que faiblement supérieure à la limite de détection analytique, et donc sujette à une erreur importante.

Lors des travaux environnementaux effectués en 1998 par Enviroconseil, une contamination en cuivre avait été signalée dans le puits PO-1. Il faut toutefois noter que la concentration obtenue (12 µg/L) était supérieure à la valeur du critère d'eau de surface et égouts correspondant à une dureté de 50 mg/L. Cette dureté est beaucoup plus faible que la dureté réelle mesurée sur le site (valeur moyenne de 467 mg/L). La concentration de 12 µg/L en cuivre aurait donc respecté le critère d'eau de surface et égouts (60 µg/L, ainsi que le seuil d'alerte de 30 µg/L), corrigé pour la dureté réelle de l'eau. De même, la concentration élevée en zinc (100 µg/L) mesurée en 1998 dans le puits PO-24, respecte le critère d'eau de surface et égouts corrigé pour la dureté réelle de l'eau (442 µg/L). Par contre, le sélénium ne fait pas partie des métaux dont le critère peut être corrigé avec la dureté, de sorte que la concentration mesurée antérieurement dans le puits PO-24 (40 µg/L) est toujours supérieure au critère applicable (20 µg/L). Toutefois, le sélénium est demeuré sous la limite de détection (< 1 µg/L) dans l'échantillon prélevé dans ce puits en août 2003. Le tableau suivant présente les résultats analytiques pour les métaux qui ont montré des dépassements des critères d'eau de surface et égouts en 1998 ou en 2003 dans trois (3) puits d'observation.

### Concentrations en métaux mesurées dans trois puits en 1998 et en 2003

	Critère d'eau de surface et égouts		PO-1		PO-17		PO-24	
			1998*	2003	1998*	2003	1998*	2003
Dureté (mg/L)	50	467						
Cu (µg/L)	9,2	60	12	45	3	130	9	230
Zn (µg/L)	65	442	10	14	<10	34	100	21
Se (µg/L)	20		1	<1	<1	<1	40	<1

\* Enviroconseil, 1998b

Les concentrations en sodium dissous varient de 220 à 310 mg/L alors que les concentrations en potassium varient de 6 à 20 mg/L dans trois échantillons d'eau prélevés en août 2003. Il faut noter qu'aucun critère d'eau de surface et égouts n'a été fixé pour évaluer les concentrations en sodium et en potassium. Les concentrations en sodium obtenues en 1998 variaient de 3,5 à 3 000 mg/L (Enviroconseil, 1998b), la valeur la plus élevée ayant été mesurée dans le puits PO-24.

Les métaux sont généralement demeurés sous les limites de détection ou sous le critère d'eau de surface et égouts dans l'échantillon d'eau récolté lors de la purge des puits d'observation et qui avait été traité au charbon activé avant l'échantillonnage. L'eau de purge a donc été rejetée à l'égout suite à la réception des résultats d'analyses.

#### ➤ Autres paramètres inorganiques

Plusieurs paramètres inorganiques ont été analysés pour mieux caractériser l'eau souterraine et faciliter l'évaluation de l'atténuation naturelle des contaminants organiques sur le site.

L'alcalinité totale mesurée dans l'eau des puits PO03-65 et PO03-62 a varié de 180 à 190 mg/L. La demande biologique en oxygène (DBO<sub>5</sub>) n'a pas été détectée dans les puits PO-17 (lot B5-2) et PO03-62 (lot B5-1-1), mais a atteint 2 200 µg/L dans l'eau du puits PO03-65 (lot B5-2). La demande chimique en oxygène (DCO) a varié de 40 à 62 mg/L dans ces trois même puits, la valeur la plus élevée correspondant à celle de la DBO<sub>5</sub> (puits PO03-65).

Les concentrations en azote ammoniacal ont varié de 150 à 320 µg/L dans les puits PO03-62 et PO03-65 respectivement, alors que l'orthophosphate n'a pas été détecté (< 100 µg/L) dans ces deux puits.

Les sulfures n'ont pas été détectés ( $< 20 \mu\text{g/L}$ ) dans les six échantillons d'eau analysés. Les concentrations en chlorures ont varié entre 430 et 640 mg/L dans les trois puits échantillonnés (PO-17, PO03-62 et PO03-65). Ces concentrations sont toutes supérieures au seuil d'alerte de 430 mg/L. Les concentrations en chlorures sont proportionnelles aux concentrations en sodium. Les sulfates ont été mesurées en concentrations à peu près égales (41 à 46 mg/L) dans l'eau des même trois puits.

Les nitrites n'ont pas été détectés dans les puits PO-17, PO03-62 et PO03-65 alors que les nitrates ont varié de 100 à 400  $\mu\text{g/L}$  dans l'eau de ces puits. Ces concentrations sont largement inférieures au seuil d'alerte (100 000  $\mu\text{g/L}$ ).

### **7.2.6 Sommaire de la qualité des eaux souterraines**

Les résultats analytiques pour l'eau souterraine sur l'ensemble du site de la rue du Quai sont présentés à la figure 7-1 et sont résumés au tableau 7-5, en fonction des seuils d'alerte correspondant à 50% de la valeur des critères d'eau de surface et égouts du MENV.

Les hydrocarbures pétroliers C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> dépassaient le seuil d'alerte (1 750  $\mu\text{g/L}$ ) dans six puits (PO03-65, PO03-66, PZ75, PZ76, PZ79 et PZ113) avec des concentrations de 2 400 à 29 000  $\mu\text{g/L}$ . Ces puits sont situés dans les lots B5-2 1-1-1 et 1-4. Il s'agit de la zone où une contamination en hydrocarbures pétroliers avait été identifiée dans les sols et l'eau souterraine, et où des travaux de restauration environnementale ont été réalisés en 2001 (section 2-2).

Le fluoranthène dépasse le seuil d'alerte (1,15  $\mu\text{g/L}$ ) dans l'eau du puits PO03-81 (lot 1-4) avec une concentration de 1,6  $\mu\text{g/L}$ .

Les concentrations en métaux dépassent les critères applicables dans 15 puits d'observation. Le principal paramètre problématique est le cuivre dont les concentrations supérieures au seuil d'alerte (30  $\mu\text{g/L}$ ) varient de 34 à 300  $\mu\text{g/L}$ . Des concentrations supérieures aux seuils d'alerte ont également été mesurées pour le chrome (40  $\mu\text{g/L}$ ), le sélénium (11  $\mu\text{g/L}$ ) ou en zinc (290 à 410  $\mu\text{g/L}$ ) dans quatre puits.

Finalement, les chlorures atteignent ou dépassent le seuil d'alerte (430 mg/L) dans trois puits situés dans les lots B5-2 (PO-17 et PO03-65) et B5-1-1 (PO03-62) avec des concentration de 430 à 640 mg/L.



### 7.2.7 Étendue des enclaves de contamination des eaux souterraines

L'étendue de la contamination de l'eau souterraine par les hydrocarbures pétroliers C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> et les métaux (cuivre surtout) est illustrée sur la figure 7-2. L'étendue des enclaves de contamination est limitée par les résultats d'analyses sur des puits adjacents ou arbitrairement, par la limite du site à l'étude, équivalant à 10 m de part et d'autre de la rue du Quai.

L'eau souterraine contenant des hydrocarbures pétroliers C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> en concentrations excédant le seuil d'alerte forme trois petites enclaves d'une superficie totale d'environ 1 600 m<sup>2</sup>, autour de la zone où avait été identifiée une contamination des sols et de l'eau souterraine en hydrocarbures pétroliers.

L'enclave de contamination des eaux en HAP (fluoranthène) s'étend sur une superficie estimée à environ 500 m<sup>2</sup> autour du puits PO03-81.

L'eau souterraine contenant des métaux (cuivre, chrome, sélénium et/ou zinc) en concentrations supérieures aux seuils d'alerte forme six zones d'une superficie totale d'environ 13 000 m<sup>2</sup>. Il est à noter que l'enclave de contamination en HAP (PO03-81) et une partie d'une des enclaves de contamination en C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> chevauchent l'enclave de contamination en métaux présente sur le lot 1-4 (figure 7-2). Le tableau suivant présente un sommaire des enclaves de contamination des eaux souterraines.

#### Sommaire des enclaves de contamination des eaux souterraines

Enclave	Lot	Puits montrant un paramètre dépassant le seuil d'alerte	Contamination (µg/L)	Superficie (m <sup>2</sup> )
1	17	PO-1	Cr: 40, Cu : 45-48, Zn : 290	1650
2	B6-2	PZ-70	Cu : 34-77 Zn : 410	2700
3	B5-2	PZ-84	Cu : 120	550
4	B5-2	PO-17, PZ-75	Cu : 95-130	750
5	1-1-1	PZ-81	Cu : 73	550
6	1-4	PO03-60, PO03-61, PO03-64, PO03-80, PO03-81, PO-24, PZ79	Cu : 48-300 Cr: 40, Se : 11	6800
Total des enclaves contaminées en métaux :				13000
7	B5-1-1	PZ75	C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> : 2700	200
8	1-1-1, 1-4	PO03-66	C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> : 2400	200
9	I-4, B5-2 (B4-6)	PO03-65, PZ79, PZ113 (PO-49)	C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> : 2400-29000	1200
Total des enclaves contaminées en C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> :				1600
10	I-4	PO03-81	Fluoranthène : 1,6	500

### 7.3 Paramètres physico-chimiques de l'eau souterraine

Les résultats de la mesure des paramètres physico-chimiques (température, pH, conductivité électrique, oxygène dissous et potentiel redox) dans 44 puits d'observation (incluant six puits existants) répartis sur l'ensemble du site à l'étude, sont présentés au tableau 7-4. Par mesure de précaution pour l'appareil de mesure, la température et l'oxygène dissous n'ont pas été mesurés dans les puits (11) qui montraient des irisations à la surface de l'eau. Par expérience, les valeurs d'oxygène dissous dans l'eau souterraines à l'intérieur d'une enclave de contamination par les hydrocarbures pétroliers sont inférieures à 1 mg/L.

Le 12 août 2003, la température de l'eau souterraine variait entre 9,3°C (PZ-92) à 18,7°C (PO03-63) pour une moyenne arithmétique de 12°C (N = 33).

La concentration en oxygène dissous variait de 0,3 mg/L (PZ-84) à 7,8 mg/L (PO-24) pour une moyenne arithmétique de 2,0 mg/L (N = 33).

Le pH de l'eau souterraine est généralement neutre, variant entre 6,4 (PO03-78) et 7,5 (PO03-72) pour une moyenne de 7,1 (N = 44).

La conductivité électrique variait de 700 mS (PZ-92) à 17 500 mS (PZ110), pour une moyenne arithmétique de 4 900 mS (N = 44). Elle était sensiblement plus élevée dans l'eau des puits PO03-60, PZ110, PO-24, PO03-80 et PO03-61, tous situés dans le lot 1-4, avec des valeurs supérieures à 11 000 mS (tableau 7-4).

Le potentiel d'oxydo-réduction de l'eau souterraine variait de valeurs inférieures à -100 mV (PO03-74 et PO03-76) à 320 mV (PO03-63) pour une moyenne arithmétique de 231 mV.

### 7.4 Comportement et migration des enclaves de contamination en hydrocarbures

#### 7.4.1 Hydrocarbures pétroliers C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub>

La contamination reliée au site est constituée de carburant diesel. Ces hydrocarbures pétroliers sont constitués de plus de 1 000 composés chimiques ayant chacun leurs propres caractéristiques physico-chimiques. Plusieurs de ces composés adhèrent au sol et se concentrent dans la frange capillaire étant donné, pour la majorité, leur densité inférieure à celle de l'eau. Ces huiles sont peu solubles dans l'eau ayant

une solubilité maximale autour de 300 mg/L (Jamison et al., 1975; Perry, 1984).

Le comportement et la migration d'une enclave de contamination sont également tributaires des caractéristiques intrinsèques au site en plus des propriétés des contaminants. Parmi ces caractéristiques, il faut noter, la profondeur de la nappe d'eau, le gradient hydraulique, la direction d'écoulement ainsi que le type de sol. En résumé, les processus de contamination des eaux souterraines par des hydrocarbures pétroliers, de migration des enclaves de contamination et d'atténuation physique et biologique des contaminants sont les suivants :

1. Au contact des particules de sol toujours porteuses d'une charge d'hydrocarbures en phase résiduelle, l'eau d'infiltration et les eaux souterraines agissent en tant que solvant et se trouvent affectées par la présence d'hydrocarbures qui se dissolvent en proportions différentes selon le potentiel de dissolution de chacun des paramètres chimiques composant le diesel.
2. L'enclave de contamination migre en direction de l'écoulement des eaux souterraines par transport advectif et dispersif en accumulant cependant un certain retard engendré par les processus d'adsorption dus à la présence de carbone organique dans la matrice solide de la nappe d'eau de surface.
3. Parallèlement à leur transport dans la nappe d'eau de surface, les contaminants en phase dissoute se diluent lentement sous l'effet de l'infiltration de l'eau de précipitation ainsi que du processus de dispersion qui favorise l'augmentation des dimensions de l'enclave tant longitudinalement que latéralement.
4. Après un certain temps, la flore microbienne maintenant adaptée aux modifications géochimiques apparues suite à la contamination des eaux souterraines permet une stabilisation de l'enclave puis sa régression sous l'effet d'une biodégradation aérobie en bordure de l'enclave et d'une biodégradation en condition anaérobie en son cœur.

#### **7.4.2 Les métaux lourds**

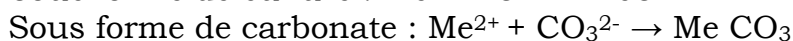
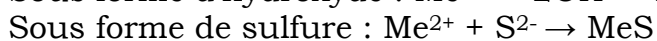
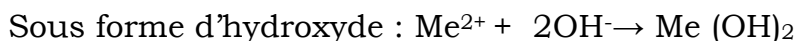
La présence de métaux lourds dans l'eau est grandement influencée par les réactions acides-bases (variation du pH, présence d'acide carbonique, etc.), les processus d'oxydo-réduction (variation du taux d'oxygène) et le processus géochimique de complexation avec des liants inorganiques (chlorures, hydroxyde) ou organiques qui modifient leur mobilité dans l'eau souterraine et les rends moins disponibles pour le processus

d'adsorption. La solubilité des métaux est aussi contrôlée par les anions dominants dans l'eau : hydroxyde, bicarbonate, carbonates, phosphate, sulfate chlorure, nitrate et sulfure.

De manière générale, les métaux sont relativement peu solubles dans l'eau et sous l'effet de l'adsorption sur les particules de sol, des transformations abiotiques et des réactions acides-bases, la propagation d'une enclave de contamination en phase dissoute en métaux est généralement limitée près de la source de libération.

En effet, les métaux ne sont pas éliminés à travers les processus de biodégradation. Ainsi, en ignorant le processus de dilution, l'atténuation naturelle des métaux peut s'effectuer par l'adsorption des métaux dissous sur des phases solides (particules de sol, calcite, etc.) ou la formation de complexes très stables dans lesquels les métaux sont immobilisés que l'on nomme le processus de précipitation. La précipitation constitue une agglomération moléculaire tridimensionnelle de la phase solide alors que l'adsorption représente une accumulation de matières solides sur une surface bidimensionnelle.

Dans le processus de la précipitation des métaux, deux mécanismes sont impliqués : la transformation et l'immobilisation. Ces deux mécanismes regroupés permettent alors une réduction de la mobilité et de la toxicité des métaux lourds retrouvés en phase dissoute dans les eaux souterraines. En phase dissoute, les métaux lourds peuvent précipiter de la solution aqueuse en fonction des réactions suivantes où l'élément Me représente un ion métallique divalent :



Habituellement, la précipitation sous forme de sulfure s'avère le mécanisme dominant limitant la solubilité de la majorité des métaux lourds en autant qu'il puisse se retrouver en concentration suffisante dans les eaux souterraines de par sa nature chalcophilique (caractère B). La mesure du pH et la détermination des éléments sulfures et carbonate sont donc essentielles à la compréhension du comportement des métaux. Ces transformations chimiques sont considérées irréversibles dans l'environnement de sorte que les métaux lourds, s'ils représentent une menace à la santé humaine et/ou l'environnement (récepteurs potentiels, écosystème), sont stabilisés de façon permanente à moins d'une modification (altération) des conditions géochimiques naturelles du milieu.

Les paramètres biogéochimiques gouvernant la partition d'un métal incluent : La concentration des métaux considérés en phase dissoute, le potentiel d'oxydo-réduction, le pH, la concentration des espèces ioniques majeurs, la concentrations des liants inorganiques et les réactions biologiques.

## **7.5 Potentiel de migration hors-site et récepteurs potentiels**

Les concentrations en C10-C50 dépassent le seuil d'alerte dans le puits PO03-66 situé à moins de 20 m du rivage. Il pourrait donc exister un risque de migration de la contamination. Les données piézométriques indiquent en effet un écoulement de l'eau vers le Havre de Gaspé.

Les enclaves de contamination en métaux (cuivre surtout) représentent également un risque potentiel de migration hors site, dans la baie de Gaspé.

Seule une évaluation par modélisation mathématique permet de statuer sur la migration potentielle d'une phase dissoute dans la baie de Gaspé. En effet, aucune estimation fiable de la propagation du front de l'apex de contamination ne peut être faite sans un outil mathématique puissant compte tenu de la complexité de la géochimie et de l'hydrogéologie du site.

## **7.6 Caractérisation géochimiques et évaluation préliminaire de l'atténuation naturelle des contaminants organiques**

### **7.6.1 Concepts théoriques**

En l'absence de toute activité humaine, une enclave de contamination évoluera jusqu'à l'atteinte d'un état quasi-stationnaire. À ce moment, l'enclave a atteint ses dimensions maximales et il n'est pas rare de voir celle-ci se résorber au fil du temps. L'évolution d'une enclave de contamination apparaît donc contrôlée par une variété de processus physiques et biologiques qui souvent permettront d'atténuer, sur une période de temps plus ou moins longue, les concentrations des paramètres chimiques problématiques.

### ➤ **Processus physiques**

Les principaux processus physiques affectant l'évolution et la distribution des paramètres chimiques dans l'eau souterraine sont :

- l'advection;
- la dispersion;
- l'adsorption;
- la volatilisation; et
- la dissolution.

L'advection est le terme désignant le déplacement avec l'eau souterraine elle-même de la masse des composantes chimiques qu'elle contient (comme des hydrocarbures). À partir d'une source, le transport d'un ou plusieurs contaminants s'effectue à la même vitesse que l'eau souterraine.

La dispersion a pour effet d'étendre la masse de contaminants au-delà de la zone qu'elle occuperait si elle n'était transportée que par simple advection. Le phénomène de dispersion crée donc une zone de mélange qui provoque une diminution des concentrations sans toutefois résulter en une réduction du bilan de masse.

Pour sa part, l'adsorption décrit la tendance que possède un composé chimique à s'adsorber à la surface des particules solides composant la matrice de la formation géologique. En plus d'avoir comme conséquence une réduction des concentrations, l'adsorption d'un contaminant a pour effet de retarder sa vitesse de transport puisqu'il passe de l'eau en mouvement aux solides immobiles.

La volatilisation réfère à la distribution d'un contaminant entre le milieu saturé (phase aqueuse) et la zone vadose (phase gazeuse). Ce processus n'est que dans de très rares cas un mécanisme d'atténuation à considérer.

Finalement, la dissolution s'avère le processus physique le plus significatif dans l'évolution d'une enclave de contamination. Résultant des phénomènes d'advection et de dispersion ainsi que des apports d'eau sous forme d'infiltration provenant de la surface, ce facteur joue un rôle significatif dans l'atténuation naturelle d'un composé chimique dans les eaux souterraines.

### ➤ **Processus abiotiques et biologiques**

La concentration d'une espèce de contaminant à l'intérieur d'un aquifère peut également être modifiée par des processus chimiques et biologiques.

Les transformations abiotiques (processus chimiques) telles l'hydrolyse, la complexation et les réactions acides-bases peuvent réduire les concentrations et la masse de contaminants, mais elles représentent un élément significatif seulement pour certains paramètres comme les métaux et les solvants chlorés.

Quant aux processus de biodégradation intrinsèque, ils impliquent le recours aux micro-organismes indigènes pour modifier l'intégrité moléculaire des contaminants organiques. La biodégradation peut survenir tant en milieu aérobie (en présence d'oxygène) qu'en condition anaérobie si d'autres accepteurs d'électrons sont présents : fer ferrique ( $\text{Fe}^{3+}$ ), nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ), sulfate ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) et manganèse ( $\text{Mn}^{2+}$ ). Ce processus sert donc à convertir les composés chimiques en biomasse et en composés résiduels de l'activité bactérienne comme du bioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ), du méthane ( $\text{CH}_4$ ) et de l'eau ( $\text{H}_2\text{O}$ ).

### ➤ **Procédures d'évaluation**

Quatre (4) méthodes générales peuvent être employées pour démontrer l'évidence d'une atténuation naturelle et d'une biodégradation intrinsèque :

1. Bilan de masse documenté à l'échelle du site.
2. Analyse géochimique.
3. Étude en laboratoire et/ou sur le site sur des microcosmes.
4. Vérification de la présence de sous-produits de biodégradation à l'échelle du site.

La méthode du bilan de masse nécessite l'existence de données historiques quant à l'évolution et la stabilisation de l'enclave de contamination. Elle permet de quantifier, de manière approximative, l'importance de la biodégradation intrinsèque en comparaison avec les processus d'atténuation physique. Pour ce faire, des composés ayant les mêmes caractéristiques physiques mais ayant une récalcitrance à être biodégradés sont utilisés (exemples : les triméthylbenzènes pour les HAM et un phénanthrène méthylé pour les HAP).

La seconde méthode, l'analyse géochimique, peut être employée afin d'établir l'importance relative de chacun des processus de biodégradation en présence sur le site. La détermination des concentrations en oxygène dissous ( $O_2$ ), en fer ferreux ( $Fe^{2+}$ ), en sulfate ( $SO_4$ ), en nitrate ( $NO_3$ ), en méthane ( $CH_4$ ) et en bioxyde de carbone ( $CO_2$ ) dans l'eau souterraine s'avère essentielle pour cette phase de l'évaluation.

La troisième méthode d'évaluation comporte la réalisation de microcosmes en laboratoire, et/ou *in situ*. Ces essais permettent d'obtenir une estimation de la vitesse de dégradation des composés chimiques (taux de dégradation) en fonction de conditions précises.

La dernière méthode cherche à déterminer l'existence de sous-produits de dégradation tel que le cis-benzène d'hydrodiol et le cathécol dans le cas de la dégradation aérobie du benzène et l'acide 1-hydroxy 2-naphtoïc pour la dégradation anaérobie du phénanthrène.

### **7.6.2 Capacité d'atténuation naturelle physique et biologique des hydrocarbures pétroliers $C_{10} - C_{50}$**

#### **7.6.2.1 Atténuation physique**

Dans la présente étude, l'adsorption des composés chimiques sur les particules de sol jouerait un rôle considérable sur la diminution des concentrations dans l'eau souterraine à la lumière des teneurs en carbone organique total mesurées dans les sols de 0,21 % à 0,34 % (tableau 6-5). En effet, les concentrations en carbone organique total sont utilisées afin d'estimer la quantité de matière organique adsorbée à la surface des particules ou emprisonnées dans les interstices de la matrice de sol. En outre, la teneur en carbone organique dans la zone saturée s'avère un important paramètre utilisé pour tenter de quantifier la masse de contaminant susceptible d'être adsorbée à la surface des particules de sol. Rappelons que les effets reliés à ce processus physique résultent en une migration plus lente de l'enclave de contamination en comparaison avec la vitesse linéaire d'écoulement des eaux souterraines par advection.

En l'absence d'une infiltration d'eau de précipitation, les processus d'advection et de dispersion/diffusion des contaminants représentent les autres phénomènes physiques contribuant significativement à la réduction des contaminants dans l'eau souterraine.



### 7.6.2.2 Atténuation biologique

Pour être en mesure de statuer sur la présence d'une activité biologique, plusieurs facteurs doivent être pris en compte individuellement d'abord et en groupe pour une évaluation finale. Ces facteurs touchent la disponibilité des nutriments, la population microbienne, la toxicité aux métaux lourds, la géochimie des eaux souterraines et la présence de donneurs d'électron.

#### ➤ Disponibilité des nutriments

Pour subsister et croître, les micro-organismes doivent obtenir les éléments nutritifs nécessaires à leur croissance dans le milieu où ils vivent. Ils requièrent une quantité suffisante de carbone et l'ingestion de onze (11) nutriments minéraux différents. Parmi ces nutriments essentiels, l'azote et le phosphore s'avèrent les plus importants. En réalité, la présence de carbone (C), d'azote (N) et de phosphore (P) est requise dans un rapport spécifique pour obtenir un environnement favorable pour la biodégradation tant en condition aérobie qu'anaérobie. En général, on reconnaît qu'une distribution C : N : P de 100 : 10 : 1 est requise pour la biodégradation des hydrocarbures pétroliers (Fontaine, 1992; USEPA, 1993).

L'azote sous forme d'azote ammoniacal n'a pas été détecté dans les sols (tableau 6-5). En assumant une concentration maximale en hydrocarbures pétroliers C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> de 10 000 mg/kg, il appert à première vue que le milieu est déficient en azote. Les faibles teneurs en azote ammoniacal détectées dans l'eau souterraine, de 150 à 320 µg/L (tableau 7-3) posent une certaine limitation à la croissance des bactéries en fonction des concentrations relativement élevées en hydrocarbures pétroliers (tableau 7-1).

Les analyses faites indiquent une carence évidente en phosphore assimilable, tant dans les sols que dans l'eau souterraine. En effet, les orthophosphates n'ont pas été détectés dans les sols et dans l'eau souterraine. Dans les sols, des teneurs minimales en phosphore assimilable, de l'ordre de 50 à 100 mg/kg, sont jugées nécessaires au développement des micro-organismes de type hydrocarbonoclaste en fonction de la condition environnementale du site de la rue du Quai.

Ainsi, la croissance de la population bactérienne est limitée par une insuffisance d'azote et de phosphore dans l'eau et dans les zones saturée

et non saturée. Cette situation n'empêche pas la dégradation biologique des contaminants mais en diminue le taux dans le temps.

### ➤ **Population microbienne**

Le dénombrement des bactéries représente un paramètre additionnel indiquant si une dégradation biologique peut exister et/ou survenir. Des populations typiques dans les sols et les eaux souterraines varient de  $10^3$  organismes par gramme de sol ou millilitre d'eau. Des valeurs élevées sont indicatrices d'une population en santé pouvant dégrader des composés organiques comme les hydrocarbures. Des populations sous  $10^3$  à  $10^7$  organismes/g ou ml dans une zone contaminée peut être révélateur de conditions toxiques pour le développement de la flore microbienne.

Le dénombrement des bactéries hétérotrophes représente l'ensemble des micro-organismes présents dans le milieu souterrain sans égard à leurs caractéristiques et à leurs fonctions. Parmi la population microbienne hétérotrophe, il peut exister une fraction significative de bactéries hydrocarbonoclastes qui ont la capacité d'utiliser les hydrocarbures pétroliers comme unique source de carbone et d'énergie (CNRC-IRB, 1992).

Le dénombrement des bactéries spécifiques hydrocarbonoclastes dans les sols indique des valeurs de  $7,5 \times 10^5$  à  $1,5 \times 10^6$  NPP/g (nombre le plus probable par gramme d'échantillon ; tableau 6-5).

Dans l'eau souterraine, le dénombrement des bactéries hydrocarbonoclastes se situe entre  $9,5 \times 10^5$  et  $1,5 \times 10^6$  NPP/ml (nombre le plus probable par ml de solution) pour une moyenne géométrique de  $1,2 \times 10^5$  NPP/ml (tableau 7-2). Il est intéressant de constater que l'activité bactérienne est présente dans le secteur où les hydrocarbures pétroliers affectent les sols et l'eau souterraine, même en présence de concentrations relativement élevées en métaux (cuivre).

Ainsi, la stabilité et la santé de la population microbienne spécifique de type hydrocarbonoclaste constituent de bons indicateurs de la capacité de l'habitat naturel à supporter une dégradation biologique des hydrocarbures (Riser-Roberts, 1992). Les déficiences en azote et en phosphore dans les sols et les eaux souterraines observées lors de cette étude ne semblent pas outre mesure causer un impact significatif à la survie des micro-organismes. Néanmoins, l'optimisation des conditions de développement par l'ajout de ces éléments nutritifs serait bénéfique pour les populations microbiennes.

### ➤ **Toxicité aux métaux lourds**

De façon générale, la présence de métaux en faibles concentrations ne constitue pas un frein au développement de la flore microbienne. Parmi les éléments métalliques analysés, le cuivre fait partie des nutriments essentiels à la survie des micro-organismes (Dragun, 1988). Le niveau de toxicité théorique des métaux lourds pour les micro-organismes est approximativement de cinq (5) fois les concentrations définies pour les critères « C » du MENV dans les sols et pour les valeurs fixées pour les eaux de surface et égouts. Les concentrations en cuivre sont généralement inférieures à ces valeurs mais peuvent les dépasser localement. Toutefois, les concentrations les plus élevées dans les sols (> 3 000 mg/kg) se retrouvent à l'extérieur de la zone où une contamination en hydrocarbures a été identifiée. Les sols et les eaux souterraines sont affectées par les hydrocarbures pétroliers.

### ➤ **Géochimie des eaux souterraines**

Les paramètres indicateurs de contamination tel que la demande biochimique en oxygène (DBO<sub>5</sub>), la demande chimique en oxygène (DCO) et le carbone organique total (COT) s'atténuent rapidement en bordure ou en dehors du cœur de l'enclave de contamination en hydrocarbures pétroliers en phase dissoute. Les concentrations en DBO<sub>5</sub>, DCO et COT mesurées dans les puits PO-17, PO03-62 et PO03-65 sont colligées aux tableaux 7-2 et 7-3. Les corrélations observées entre la DBO<sub>5</sub>, la DCO, le COT et les concentrations en hydrocarbures pétroliers C<sub>10</sub> – C<sub>50</sub> suggèrent que les conditions du milieu sont propices à la biodégradation des hydrocarbures dissous dans les eaux souterraines (tableaux 7-1 à 7-3 où les plus faibles concentrations de chacun de ces paramètres sont mesurées aux puits PO-17 et PO03-62 situés en bordure de l'enclave de contamination). En effet, si l'eau souterraine montre la présence de la DCO, mais non de la DBO<sub>5</sub>, la réduction des concentrations en hydrocarbures pétroliers ne saurait être associée aux processus de biodégradation naturelle.

L'alcalinité est une mesure de la facilité avec laquelle les eaux souterraines peuvent stabiliser les modifications du pH causées par l'addition de substances acides générées lors des processus de biodégradation. L'alcalinité totale (CaCO<sub>3</sub>) sur le site portuaire, mesurée à deux emplacements, varie de 180 à 190 mg/L. Ces valeurs pourraient être suffisantes pour stabiliser (tampon) les réactions d'oxydation biologique des hydrocarbures en phase dissoute, lesquelles modifient la valeur du pH.

Le pH d'un milieu aqueux représente le logarithme négatif de la concentration en ion hydrogène [H<sup>+</sup>]. Le pH de l'eau souterraine est généralement neutre, variant entre 6,4 (PO03-78) et 7,5 (PO03-72) pour une moyenne de 7,1. Ces valeurs sont considérées optimales pour la croissance et le développement des bactéries spécifiques de type hydrocarbonoclaste.

La température va affecter les taux de croissance des bactéries dans le milieu souterrain. La variété des espèces de micro-organisme et leur croissance seront d'autant plus développées si la température est élevée. Le 12 août 2003, la température de l'eau souterraine variait entre 9,3°C à 18,7°C pour une moyenne arithmétique de 12°C (N = 33). Il est cependant à prévoir que la température de l'eau souterraine en période hivernale (novembre à avril) soit en moyenne de l'ordre de 7 à 10°C se traduisant par une diminution considérable de l'activité métabolique des microbes lors de cette période. C'est également lorsque les températures sont les plus froides que la solubilité de l'oxygène est la plus élevée.

#### ➤ **Présence d'accepteurs d'électron**

Une fois qu'il est démontré que les conditions semblent réunies pour l'existence d'une atténuation biologique naturelle sur un site, les données géochimiques peuvent être utilisées pour déterminer quels mécanismes de biodégradation sont présents et quelle est l'importance relative de chacun d'eux. Deux (2) indications qu'une biodégradation s'est développée au fil du temps sont la disponibilité d'accepteurs d'électron et la présence de produits de dégradation. En effet, la réduction des teneurs en oxygène dissous, en nitrate et en sulfate à l'intérieur du panache de contamination en comparaison avec celles mesurées à l'extérieur de celui-ci, est considérée comme une évidence significative de la présence d'une biodégradation naturelle. Au même titre, l'accumulation de fer dissous (Fe<sup>2+</sup>) et la production de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) et de méthane (CH<sub>4</sub>) sont des indicateurs additionnels d'une biodégradation naturelle.

Dans le présent rapport, nous nous limiterons à la vérification de la présence d'accepteurs d'électron et de produits de dégradation. Dans le cas de la vérification de produits de dégradation, seul le fer ferreux (Fe<sup>2+</sup>) a été analysé. Les valeurs utilisées lors de l'analyse préliminaire qui suivra sont tirées des tableaux 7-3 et 7-4.

L'étude très partielle des différents mécanismes suggère que la minéralisation des hydrocarbures dissous se produit par les processus

de la respiration aérobie, de la dénitrification, et de la réduction du fer puisque :

1. la comparaison entre les valeurs de nitrate et les concentrations en hydrocarbures pétroliers  $C_{10} - C_{50}$  suggère que les concentrations élevées en contaminants organiques semblent correspondre aux plus faibles valeurs en nitrate (nitrite sous la limite de détection), témoignant d'une possible activité de dégradation anaérobie par le processus de dénitrification. En effet, la concentration en  $C_{10}-C_{50}$  de 8 200  $\mu\text{g/L}$  correspond à la valeur la plus faible en nitrate (100  $\mu\text{g/L}$  dans l'eau du puits PO03-65);
2. la corrélation entre les valeurs en oxygène dissous et en hydrocarbures pétroliers ne peut être établie de façon satisfaisante parce que la présence d'un film d'hydrocarbures à la surface de l'eau de plusieurs puits situés dans la zone de plus forte contamination a limité la mesure de l'oxygène dissous ;
3. c'est à l'intérieur des enclaves de contamination en hydrocarbures dissous que l'on retrouve une concentration élevée en fer ferreux ( $\text{Fe}^{2+}$ ) tendant ainsi à indiquer que l'ion ferrique ( $\text{Fe}^{3+}$ ) est réduit à l'état ferreux lors de la biodégradation des composés organiques. En effet, une valeur de 270  $\mu\text{g/L}$  a été détectée dans le puits PO03-65 ( $C_{10}-C_{50} = 8\,200\ \mu\text{g/L}$ ) alors qu'elle n'était que de 50  $\mu\text{g/L}$  dans le puits PO03-62 ( $C_{10}-C_{50}$  non détectés) et  $< 50\ \mu\text{g/L}$  dans le puits PO-17 ( $C_{10}-C_{50} = 120\ \mu\text{g/L}$ ).

Par ailleurs, le potentiel d'oxydation/réduction est une mesure de la tendance relative que possède un milieu aqueux à accepter un transfert d'électrons. La valeur du potentiel redox d'un milieu hydrogéologique est fonction de l'identité de l'accepteur d'électron privilégié réduit par les micro-organismes lors du processus d'oxydation. Sur le site à l'étude, le potentiel redox, tel que mesuré, en juin 1999, varie de valeurs inférieures à -100 millivolts (mV) à +320 mV. Ces valeurs suggèrent que plus d'un processus de biodégradation naturelle existeraient.

### ➤ **Sommaire sur l'atténuation biologique des contaminants**

En résumé, la distribution régulière et la population élevée des bactéries spécifiques de type hydrocarbonoclastes témoignent d'un potentiel de l'habitat naturel à supporter une dégradation biologique des hydrocarbures pétroliers. Les carences en azote et en phosphore dans les sols et les eaux souterraines ne semblent pas causer un impact significatif à la survie des micro-organismes. La présence de métaux (Cu) en teneurs relativement élevées ne semble pas avoir d'impact négatif sur

les populations bactériennes. Les corrélations notées entre les concentrations pour la DBO<sub>5</sub>, la DCO, le COT et en hydrocarbures pétroliers suggèrent une condition propice du milieu à la biodégradation des hydrocarbures. Cette constatation est appuyée par des concentrations élevées en alcalinité totale et des valeurs de pH autour de 7,1. Il y a des indices à l'effet que la minéralisation des hydrocarbures dissous se produit par les processus de la dénitrification, de la réduction du fer et possiblement de la respiration aérobie en périphérie de l'enclave de contamination en hydrocarbures pétroliers C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub>.

## 7.7 Classification du site

Le Conseil canadien des ministres de l'Environnement (CCME) a établi un système de classification des lieux contaminés afin de fournir aux utilisateurs canadiens un outil d'évaluation du risque sur la santé humaine et sur l'environnement relié aux sites contaminés. Tel que discuté à la section 3.9, le Système national de classification facilite l'évaluation et la classification d'un site contaminé, par l'attribution d'une note aux différentes caractéristiques du lieu selon trois catégories générales de niveau de préoccupation et de priorité. Ces catégories touchent les caractéristiques des contaminants, les voies d'exposition et les récepteurs réels ou potentiels.

Les informations obtenues au cours de l'investigation environnementale ont été utilisées dans le but de classer le site de la rue du Quai selon le Système national de classification des lieux contaminés du CCME. L'annexe J présente en détail la pondération établie à l'intérieur de chacune de ces catégories. Basé sur les informations disponibles, l'application des critères du Système national de classification accorde 33 points aux caractéristiques des contaminants, 25 points aux voies d'exposition et 13 points aux récepteurs, pour un total de 71 points. Sur la base de ce résultat, le site à l'étude, appartient à la classe 1, indique un source de préoccupation quant aux impacts environnementaux. Ces sites nécessitent une intervention par restauration environnementale ou contrôle des contaminants puisque des effets mesurés ou observés sont identifiées.

## 8.0 RÉSULTATS DU CONTRÔLE DE QUALITÉ

---

Un programme de contrôle de la qualité a été réalisé dans le cadre de ce mandat afin de vérifier la fiabilité des résultats et des procédures reliées aux analyses chimiques. Le programme externe de contrôle incluait l'analyse de trois duplicata de terrain pour les sols ainsi que de deux duplicata et un blanc de transport pour l'eau souterraine.

De son côté, le laboratoire a procédé à un programme interne d'assurance qualité analysant des blancs de laboratoire, des étalons de référence certifiés, des échantillons fortifiés et des duplicata internes. Les certificats d'analyses sont présentés à l'annexe F.

### 8.1 Résultats du contrôle de qualité externe

#### 8.1.1 Sols

Afin d'évaluer la variation entre l'échantillon régulier (E) et son duplicata (D), leur différence relative (DR), en pourcentage, a été calculée à l'aide de la formule suivante :

$$DR = 100 \times (E-D)/((E+D)/2)$$

La différence relative pour les analyses de sols est généralement considérée acceptable si elle est inférieure à 40 %. En contrepartie, lorsque une différence supérieure à 40 % est notée, les résultats sont considérés uniquement comme des estimations de la concentration réelle. Cependant, lorsque les résultats montrent des valeurs relativement faibles, c'est-à-dire égales ou inférieures à cinq fois la limite de détection, la différence ne peut être analysée de façon significative. Une interprétation peut tout de même être faite sur la base des critères du MENV, à savoir si les résultats de l'échantillon régulier et de l'échantillon duplicata tombent tous deux à l'intérieur des limites d'un même critère.

Trois duplicata de terrain ont été soumis pour l'analyse des C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> et 12 pour celle des métaux. Les résultats du contrôle de qualité externe sur les sols sont présentés au tableau 8-1.

Les différences relatives pour l'analyse des C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> ont varié de 26 à 81% pour une moyenne de 54% (N = 3). La valeur relativement élevée des différences relative est possiblement attribuable à des hétérogénéités

dans les sous-échantillons prélevés et analysés par le laboratoire.

La moyenne des différences relatives pour les métaux a varié de 4 à 43%, alors que la valeur des différences relatives individuelles a varié de 0 à 177% dans les 12 échantillons analysés en duplicata. Les valeurs élevées sont attribuables à des concentrations trop proches des limites de détection ou à des hétérogénéités dans les sous-échantillons prélevés et analysés par le laboratoire.

### **8.1.2 Eau souterraine**

Trois duplicata ont été soumis pour l'analyse des C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> et des métaux. Les résultats du contrôle de qualité externe sur les eaux souterraines sont présentés au tableau 8-2.

La différence relative pour l'analyse des C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> a varié de 15 à 48% pour une moyenne de 32% (N = 2). Les résultats de l'échantillon PZ-115 et PZ-511 sont considérés comme non applicables puisqu'un des deux résultats est sous la limite de détection.

La moyenne des différences relatives pour les métaux dans les trois échantillons analysés en duplicata a varié de 4 à 34%, alors que les différences relatives individuelles variaient de 0 à 133%. Les valeurs les plus élevées sont généralement attribuables à des concentrations faibles, près des limites de détection.

Ni les hydrocarbures pétroliers C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub>, ni les métaux n'ont été détectés dans le blanc de terrain et le blanc de transport (tableaux 7-1 et 7-3; annexe G-2).

## **8.2 Résultats du contrôle de qualité interne du laboratoire**

D'abord, les instruments sont calibrés quotidiennement par le laboratoire à l'aide d'étalons de référence variés. L'analyse des blancs de laboratoire a pour objectif de détecter les interférences ou les impuretés introduites par les équipements de laboratoire, les réactifs ou les solvants. L'analyse d'échantillons duplicata choisis est effectuée dans le but d'évaluer la reproductibilité des méthodes analytiques. La technique de l'ajout dosé de substituts chimiques ou de matériaux de référence est un procédé qui permet d'évaluer la fiabilité d'une méthode analytique. Ce procédé consiste à ajouter une quantité prédéterminée d'un substitut possédant des propriétés chimiques analogues aux éléments qui sont réellement recherchés. Enfin, la récupération des ajouts dosés constitue un procédé de laboratoire qui consiste à ajouter à l'échantillon une concentration connue du même paramètre que celui recherché puis d'en mesurer la



récupération. Ceci permet d'évaluer les effets de la matrice de l'échantillon sur la méthode analytique.

Pour déterminer si une analyse est acceptable, le laboratoire a vérifié l'ensemble des données obtenues des échantillons de contrôle analysés avec chaque série d'échantillons. Par exemple, la récupération des étalons analogues et des ajouts dosés ajoutés à chaque échantillon analysé par GC/MS furent comparés aux limites de contrôle établies par le laboratoire. Pour les échantillons duplicata du laboratoire, l'objectif de variation de moins de 30 % a été atteint entre les résultats obtenus. Les certificats d'analyses chimiques sur les échantillons de sols et d'eau souterraine et de surface sont présentés à l'annexe G.

Le tableau suivant dénombre les échantillons faisant l'objet du programme de contrôle interne du laboratoire lors de l'analyse des sols, de l'eau souterraine et de l'eau de surface.

#### Nombre d'échantillons du contrôle de qualité interne du laboratoire

PARAMÈTRES	SOL		EAU	
	Duplicata	Blancs	Duplicata	Blancs
C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub>	4	4	0	2
HAM	0	3	0	2
HAP	0	2	0	1
Phénols	0	1	0	0
Métaux	6	5	5	7
Autres	0	3	0	13
<b>Total</b>	<b>10</b>	<b>18</b>	<b>5</b>	<b>25</b>

#### 8.2.1 Sols

Au cours de l'analyse des échantillons de sols, les paramètres de contrôle ont respectés les limites fixées par le laboratoire (annexe G-1).

Les différences relatives pour les résultats analytiques des C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> dans les quatre duplicata préparés et analysés par le laboratoire ont varié entre 0 et 19% pour une moyenne arithmétique de 5% (N = 4). Les C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> n'ont pas été détectés dans les quatre blancs de laboratoire.

Les HAM n'ont pas été détectés dans trois blancs de laboratoire, à l'exception des xylènes totaux qui ont été mesurés en concentrations de

0,2 à 0,4 mg/kg dans deux blancs. Ces concentrations sont égales ou légèrement supérieures à la limite de détection (0,2 mg/kg) et ne sont pas jugées significatives.

Aucun des composés des HAP (25 composés dans deux blancs) ou des phénols (27 composés dans un blanc) n'ont pas été détectés dans les blancs de laboratoire. Le carbone organique total, l'orthophosphate, l'azote ammoniacal et le soufre total n'ont pas non plus été détectés dans les blancs préparés et analysés par le laboratoire.

Les différences relatives pour les métaux dans les sols ont varié de 0 à 29% dans les six échantillons analysés en duplicata par le laboratoire. Les métaux sont demeurés sous les limites de détection dans les cinq blancs de laboratoire.

### **8.2.2 Eau souterraine**

Au cours de l'analyse des échantillons d'eau souterraine, les paramètres de contrôle ont respectés les limites fixées par le laboratoire (annexe G-2).

Les hydrocarbures pétroliers C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> n'ont pas été détectés dans les deux blancs de laboratoire.

Les HAM étaient sous les limites de détection dans le blanc préparé et analysé par le laboratoire à l'exception de l'éthylbenzène (0,8 µg/L), du styrène (0,9 µg/L) et des xylènes totaux 4,3 µg/L. Ces concentrations, significativement plus élevées que les limites de détection pour ces trois composés (respectivement 0,1, 0,1 et 0,4 µg/L) sont attribuables aux procédures de laboratoire. Les composés de triméthylbenzène étaient sous les limites de détection (0,5 µg/L) dans le blanc de laboratoire.

Les HAP étaient sous les limites de détection dans le blanc de laboratoire à l'exception du naphthalène pour lequel une concentration de 0,04 µg/L a été mesurée. Cette valeur est à peine supérieure à la limite de détection (0,3 µg/L) et n'est pas jugée significative.

Les différences relatives pour les métaux dans cinq échantillons analysés en duplicata par le laboratoire ont varié de 0 à 33%. Aucun des métaux analysés n'a été détecté dans les huit blancs de laboratoire, à l'exception

du potassium pour lequel une concentration de 0,1 µg/L a été détectée. Cette valeur égale à la limite de détection et n'est pas jugée significative.

Les autres paramètres organiques et inorganiques (alcalinité, DBO<sub>5</sub>, DCO, fer, azote ammoniacal, orthophosphate, sulfures, chlorures, sulfates, nitrites et nitrates n'ont pas non plus été détectés dans les blancs de laboratoire. Le carbone organique total a été mesuré en concentrations de 0,5 à 0,8 mg/L dans deux blancs de laboratoire. Ces faibles valeurs égalant ou dépassant légèrement la limite de détection de 0,5 mg/L ne sont pas jugées significatives.

### **8.3 Interprétation**

Les résultats du contrôle, de qualité, tant externe qu'interne, n'ont indiqué que certaines anomalies telles que la valeur élevée des différences relatives dans l'analyse des hydrocarbures pétroliers C<sub>10</sub>-C<sup>50</sup> ou des métaux. Ces écarts sont attribués à des hétérogénéités présentes dans les sous-échantillons ou à des résultats proches des limites de détection et donc sujets à des erreurs plus importantes. La détection de certains composés volatils dans les blancs de laboratoire est attribuée aux procédures du laboratoire. Ces quelques anomalies ne modifient toutefois pas l'interprétation des données analytiques faite aux chapitres 6 et 7, et les résultats d'analyses sur les sols et les eaux souterraines sont jugés acceptables et représentatifs des conditions du site.

## **9.0 MODÉLISATION TRIDIMENSIONNELLE DE L'ÉCOULEMENT DES EAUX SOUTERRAINES ET DU TRANSPORT DE MASSE**

---

### **9.1 Généralités**

Les problèmes et les questions qui surviennent lors de l'étude d'un système aquifère sont souvent complexes et nécessitent l'utilisation d'outils de plus en plus sophistiqués pour les solutionner. La modélisation mathématique de l'écoulement de l'eau souterraine est de plus en plus utilisée comme outil de compréhension des phénomènes hydrogéologiques. Dans les années 60, les premiers simulateurs numériques ont été développés mais c'est depuis les années 80, avec l'avènement des ordinateurs plus puissants, que la technique est utilisée plus fréquemment pour résoudre des problèmes hydrogéologiques. Une des applications de cette méthode consiste à reproduire la présence de contamination dans l'eau souterraine et de prédire leur migration.

### **9.2 Objectifs et portée des travaux de modélisation mathématique**

Certaines problématiques environnementales ont été identifiées dans le secteur de la rue du Quai à Gaspé au cours des campagnes de caractérisation environnementale des dernières années (Technisol, 1997 ; 2001b; Enviroconseil, 1998a et b; 1999 ;2000a et b, Bodycote, 2001a et b, 2002). De façon très générale, des métaux (particulièrement le cuivre) et des hydrocarbures pétroliers (C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub>) sont retrouvés dans les sols et les eaux souterraines. Certains travaux de restauration environnementale ont été complétés (Biogénie, 2001 ; 2002, Technisol, 2001a; 2002) afin de diminuer la masse d'hydrocarbures présents dans les sols et les eaux souterraines. Malgré ces efforts, certains secteurs demeurent contaminés. Afin de déterminer l'impact environnemental de ces sources de contamination de l'eau souterraine, la modélisation mathématique s'avère un outil de prédiction et de compréhension avantageux. Les simulations de la migration des métaux dissous et de la migration des hydrocarbures pétroliers dissous ont été réalisées indépendamment les unes des autres.

La modélisation numérique a pour objectifs principaux de :

- Représenter les conditions d'écoulement de l'eau souterraine dans le secteur de la rue du Quai à Gaspé;

- Représenter la contamination des eaux souterraines dans le secteur de la rue du Quai avec un modèle de transport de masse ; et,
- Simuler la migration des panaches d'eau contaminée (métaux et C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub>) en fonction des connaissances actuelles de la géochimie des eaux souterraines, des paramètres de transport et des données documentant l'atténuation naturelle.

Une fois les objectifs réalisés, les résultats de la modélisation serviront à la prise de décision lors de la gestion environnementale du site.

### **9.3 Principes de la modélisation mathématique**

La modélisation numérique de l'écoulement de l'eau souterraine et du transport de contaminant nécessite une bonne compréhension du système aquifère à l'étude. Le principe de base est de reproduire le milieu naturel d'un système aquifère par un ensemble d'équations qui représentent l'écoulement à partir des conditions imposées au modèle selon la compréhension du site à l'étude. Plusieurs étapes doivent être suivies pour compléter des travaux de modélisation (Anderson et Woessner, 1992; ASTM, 1996). Ces étapes sont les suivantes :

- Définir les objectifs de la modélisation ;
- Développer un modèle conceptuel du système aquifère (unités hydrostratigraphiques, paramètres hydrauliques des matériaux, etc) ;
- Sélectionner un simulateur numérique ;
- Construire le modèle (maillage, conditions limites et initiales, sélection des paramètres hydrauliques de départ) ;
- Calibrer le modèle numérique avec des données de terrain pour s'assurer que le modèle puisse reproduire celles-ci ;
- Étudier la sensibilité du modèle pour quantifier l'incertitude liée aux paramètres d'entrée ;
- Vérifier le modèle avec un autre ensemble de données de terrain;
- Faire des prédictions à l'aide du modèle ;
- Étudier la sensibilité sur les prédictions du modèle ; et
- Présenter le modèle et les résultats.

Les différentes étapes permettent de bien répondre aux objectifs de départ de la modélisation. Toutes les étapes présentées sont importantes mais le développement du modèle conceptuel et la construction du modèle demandent de bien réfléchir à la dynamique de l'écoulement de l'eau souterraine et de s'assurer que le modèle conceptuel développé sera

en mesure de représenter le système à l'étude. En effet, les choix faits à cette étape influenceront grandement toutes les étapes subséquentes du processus.

#### **9.4 Sélection et description des codes numériques sélectionnés**

Le choix d'un code numérique représentant l'écoulement de l'eau souterraine doit être fait en s'assurant que le code sélectionné permettra de répondre aux objectifs de l'étude. Il existe différents modèles mathématiques qui peuvent simuler des conditions saturées, à saturations variables, en 1, 2 ou 3 dimensions. De la même façon plusieurs codes numériques permettent de simuler le transport de masse selon en incluant différents phénomènes tels que advection, dispersion, sorption, dégradation (constante de dégradation du premier ordre), transport réactifs. De plus, le code numérique doit être valide et permettre la représentation des phénomènes à simuler. Ainsi, le choix d'un modèle utilisé communément dans la communauté scientifique renforce l'assurance de la validité des solutions numériques générées.

Les sous-sections suivantes décrivent brièvement les codes numériques MODFLOW, MT3D ainsi que l'interface visuel GMS.

##### **9.4.1 Caractéristiques du modèle MODFLOW**

MODFLOW est un modèle tridimensionnel pouvant simuler un écoulement en régime stationnaire ou transitoire au sein d'un milieu poreux saturé, hétérogène et anisotrope. Le milieu poreux peut être reproduit par un aquifère confiné, semi-confiné ou à nappe libre. Une couche confinante (aquitard) séparant deux aquifères peut être représentée par MODFLOW, soit indirectement par l'assignation d'une conductance verticale entre les deux aquifères ou soit directement en la représentant avec une ou des couches de cellules. De plus, ce modèle permet de simuler l'effet de puits de pompage, de puits d'injection, de rivières, de la recharge et de la perte par évapotranspiration. Une description complète de ce modèle est présentée par McDonald et Harbaugh (1988).

L'équation fondamentale de l'écoulement de l'eau souterraine en trois dimensions dans un milieu poreux saturé que cherche à solutionner le modèle MODFLOW est basée sur le principe de conservation de la masse et sur la loi de Darcy. Cette loi stipule que la vitesse d'écoulement est proportionnelle au gradient hydraulique. Ainsi, l'équation du bilan de masse par unité de volume dans un milieu poreux saturé, hétérogène et

anisotrope pour un fluide s'écoulant en régime stationnaire est donnée par :

$$\frac{\partial}{\partial x} \left( K_{xx} b \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( K_{yy} b \frac{\partial h}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( K_{zz} b \frac{\partial h}{\partial z} \right) \pm q_s = 0$$

où :

- x,y,z : coordonnées du système cartésien;
- $K_{xx}, K_{yy}, K_{zz}$  : composantes du tenseur des conductivités hydrauliques dans un aquifère selon les coordonnées cartésiennes (L/T);
- b : épaisseur saturée d'un aquifère à nappe libre, ou épaisseur d'un aquifère confiné (L);
- h : charge hydraulique (L);
- $q_s$  : sollicitations extérieures (sources et pertes) (L/T).

Dans MODFLOW, une méthode par différences finies est utilisée pour résoudre l'équation de l'écoulement. Un maillage rectangulaire est tout d'abord créé pour couvrir le domaine à modéliser. Le maillage est composé de cellules suffisamment petites en comparaison de l'étendue réelle à modéliser. Les différentielles partielles sont ensuite données approximativement par des séries de Taylor évaluées au centre de chacune des cellules du maillage. Ainsi, l'équation de l'écoulement se traduit sous la forme d'un bilan de masse de fluide contenu dans un volume fini d'une portion de l'aquifère, qui correspond à chaque cellule du maillage.

À l'intérieur de chaque cellule existe un nœud où une valeur de charge hydraulique est calculée. MODFLOW utilise une formulation de point centré. Les propriétés de l'aquifère (conductivité hydraulique, porosité, épaisseur de l'aquifère, élévation de la base de l'aquifère, conductance, etc.) sont définies pour chaque cellule et peuvent varier d'une cellule à l'autre.

Les principaux avantages du modèle MODFLOW incluent : la grande variété de conditions frontières disponibles afin de tenir compte des irrégularités, la possibilité d'exprimer la variabilité de l'épaisseur de la couche confinante (aquitard), sa disponibilité et son acceptation par la communauté scientifique.

#### 9.4.2 Caractéristiques du modèle MT3D

MT3D est un code numérique de différences finies tridimensionnel conçu pour la simulation du transport réactif en milieu saturé. Une description complète de ce modèle et des concepts théoriques associés sont présentés dans un manuel technique préparé par S.S. Papadopoulos & Associates, Inc. (Zheng, 1992).

Le modèle de transport MT3D peut être utilisé pour simuler les changements de concentration d'une substance dissoute dans l'eau souterraine en considérant l'advection, la dispersion et certaines réactions chimiques simples avec différents types de conditions frontières et des sources et fuites. Les réactions chimiques incluses dans MT3D sont l'adsorption linéaire et non linéaire ainsi que la dégradation ou biodégradation irréversible du premier ordre.

Le modèle MT3D utilise une approche mixte Eulerienne-Lagrangienne pour la résolution de l'équation du transport (advection-dispersion-réaction chimique) et est basée sur la méthode des caractéristiques et de la méthode des caractéristiques modifiées. Cette approche combine la force de la méthode des caractéristiques pour l'élimination de la dispersivité numérique et la vitesse de résolution de la méthode des caractéristiques modifiées.

Les équations générales décrivant le transport de substances en phase dissoute dans un milieu poreux saturé que cherche à résoudre MT3D sont les suivantes :

$$\frac{\partial C}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x_i} \left( D_{ij} \frac{\partial C}{\partial x_j} \right) - \frac{\partial}{\partial x_i} (v_i C) + \frac{q_s}{\theta} C_s + \sum_{k=1}^N R_k$$

$$\sum_{k=1}^N R_k = \frac{\rho_b}{\theta} \frac{\partial C}{\partial t} - \lambda \left( C + \frac{\ell b}{\theta} \bar{C} \right)$$

où :

- $k$  : 1, 2, ..., N;
- $N$  : nombre de réactions chimiques;
- $C$  : concentration de la substance chimique en phase dissoute (M/L<sup>3</sup>);
- $D_{ij}$  : coefficient de dispersion hydrodynamique (L<sup>2</sup>/T);
- $v_i$  : vitesse d'écoulement (L/T);
- $q_s$  : sollicitations extérieures (sources et pertes) (1/T);



- $C_s$  : concentrations associées aux sollicitations extérieures (M/L<sup>3</sup>);  
 $t$  : temps (T);  
 $x$  : distance le long de l'axe de la coordonnée Cartésienne respective (L);  
 $\theta$  : porosité (sans dimension);  
 $\sum_{k=1}^N R_k$  : termes de la réaction chimique (M/L<sup>3</sup>T);  
 $\rho_b$  : densité apparente (M/L<sup>3</sup>);  
 $\bar{C}$  : concentration de la substance chimique adsorbée au milieu poreux (M/L<sup>3</sup>);  
 $\lambda$  : taux constant de la réaction du premier ordre (1/T).

Comme dans chaque modèle, l'utilisation de MT3D comporte certaines limitations. Les hypothèses admises lors de l'introduction des paramètres d'entrée incluent :

1. La loi de Darcy est valide et les gradients hydrauliques sont les seuls mécanismes directeurs de l'écoulement;
2. La porosité et la conductivité hydraulique de l'aquifère sont constantes dans le temps;
3. Les gradients de la densité du fluide, de la viscosité et de la température n'affectent pas la vitesse de distribution;
4. Aucune réaction chimique produite n'affecte les propriétés des fluides ou de l'aquifère;
5. La diffusion ionique et moléculaire sont négligeables à l'intérieur du flux total de dispersion; et,
6. L'aquifère est homogène et isotrope par rapport aux coefficients de dispersivité longitudinale et transversale.

Finalement, la souplesse de MT3D offre la possibilité de recourir à un maillage irrégulier et tridimensionnel en permettant ainsi l'utilisation d'un seul maillage qui satisfait à la fois les exigences de la modélisation de l'écoulement et du transport de contaminants.

La modélisation de l'écoulement demande que la définition du maillage soit habituellement étendue au-delà du panache de contamination afin d'avoir une bonne représentation des conditions aux limites du système tandis qu'une définition précise du panache de contamination requiert l'utilisation d'un maillage serré. Ainsi, l'écoulement de l'eau souterraine et le transport de contaminants peuvent être modélisés en se servant

d'un maillage étendu englobant les conditions frontières pour simuler l'écoulement et raffiner à l'endroit de la contamination pour la simulation du comportement du soluté.

Il est également à noter que la performance et les résultats du code MT3D ont été comparés à une variété de modèles analytiques à d'autres solutions analytiques (Zheng, 1992).

#### **9.4.3 Caractéristiques du logiciel GMS**

Les modèles numériques MODFLOW et MT3D ne possèdent pas d'interface graphique facilitant l'entrée des paramètres nécessaires à leur fonctionnement. De ce fait, plusieurs compagnies ont élaboré des logiciels servant aux traitements et à la préparation des données d'entrée ainsi qu'à la visualisation des résultats des modèles numériques tels que MODFLOW et MT3D. Le logiciel GMS (Groundwater Modeling System) est un exemple de ce type de logiciel. GMS permet une visualisation variée des résultats rendant ainsi l'interprétation et l'analyse beaucoup plus adéquate. Le logiciel GMS a donc été retenu pour les besoins d'analyse de la présente étude.

### **9.5 Élaboration du modèle conceptuel de l'écoulement de l'eau souterraine et formulation des hypothèses de base**

#### **9.5.1 Élaboration du modèle conceptuel**

L'étape la plus importante dans une étude de modélisation numérique est l'élaboration d'un modèle conceptuel représentatif des conditions d'écoulement de l'eau souterraine. Les conditions aux limites qui définissent le transport de contaminant doivent être définies. Pour ce faire, une étude approfondie des différentes informations disponibles utiles à la compréhension de la dynamique de l'aquifère et à la distribution de la contamination est requise.

Toutes les informations de nature hydrogéologique disponibles ont été rassemblées afin de bâtir le modèle conceptuel de l'écoulement de l'eau souterraine dans le système aquifère de la rue du Quai. À cet effet, les résultats de la campagne de terrain de 2003 réalisée par TechnoRem ont procuré une source d'information actualisée pour l'élaboration de ce modèle (TechnoRem 2003) L'étude de rapports de caractérisation environnementale antérieurs a aussi permis de préciser le contexte hydrogéologiques et la distributions des contaminants dans les sols et l'eau souterraine (Technisol, 1997 ; 2001a; Enviroconseil, 1998a et b; 1999 ;2000a et b, Bodycote, 2001a et b, 2002).

Toutes les simulations ont été réalisées en régime permanent. Les simulations de l'écoulement de l'eau souterraine visaient à représenter les charges hydrauliques mesurées au mois d'août 2003 par TechnoRem (TechnoRem, 2003). La simulation initiale du transport de masse visait tant qu'à elle à représenter les concentrations en  $C_{10}$ - $C_{50}$  mesurées dans l'eau souterraine aussi en août 2003 (TechnoRem, 2003). Peu de données précisant l'historique de l'évolution de la contamination en  $C_{10}$ - $C_{50}$  sont disponibles, les simulations prédictives n'ont donc pas été calibrées avec des valeurs mesurées de  $C_{10}$ - $C_{50}$  dans l'eau souterraine.

### 9.5.2 Discrétisation de l'aquifère

Un maillage en différences finies a été généré afin de représenter le système aquifère de la rue du Quai à Gaspé. L'élévation de la première couche du maillage a été déterminée à l'aide de l'interpolation des données d'arpentage disponibles.

Le maillage 2D est composé de 74 lignes et 109 colonnes. La discrétisation verticale divise le système aquifère en 3 couches distinctes. Ce nombre de couches est nécessaire pour une représentation précise de la distribution des matériaux géologique. Le maillage 3D est constitué de 24 198 cellules. Certaines cellules du maillage sont inactives et ne sont pas considérées lors des simulations d'écoulement de l'eau souterraine et de transport de masse ce qui permet, par exemple, de définir plus précisément les conditions aux limites du modèle. Un total de 13 912 cellules sont actives lors des simulations.

La superficie totale du maillage est d'environ 22 300 m<sup>2</sup>. Le maillage inclut (en tout ou en partie) les lots B-5-2, B-5-1-1, B-5-1-2-1, 1-1-1, B-4-6 et 1-4 ainsi qu'une portion des terrains environnants.

La discrétisation en plan du maillage est plus fine à proximité des zones sources de  $C_{10}$ - $C_{50}$  (cellules de 1,5 m de côté) pour permettre la convergence des équations représentant le transport de contaminants et pour respecter les critères qui favorisent une solution stable. Pour les mêmes raisons, les sections du maillage dans lesquelles survient la migration des contaminants sont discrétisées plus finement.

### 9.5.3 Paramètres d'entrée et conditions limites

Pour résoudre les équations d'écoulement de l'eau souterraine le modèle demande que des conditions initiales, des conditions aux limites et des paramètres d'entrée soient spécifiés avant les simulations.

Des charges hydrauliques initiales estimées ont été assignées au modèle avant les simulations. Celles-ci ont été estimées à partir de l'élévation du sol.

Deux types de conditions aux limites sont spécifiées dans le modèle d'écoulement. Des conditions de Dirichlet de charges hydrauliques imposées constantes aux limites est et ouest du modèle représentent une courbe isopièze d'élévation 1,8 m à l'est et d'élévation 0 m à l'ouest (niveau moyen de la mer).

Des conditions de Neumann de flux imposés constants sont utilisées pour assigner les différentes valeurs de recharge. Des conditions de flux nuls sont spécifiées en périphérie du maillage puisque ces limites correspondent à des lignes d'écoulement perpendiculaires aux courbes isopièzes. Des conditions de flux nuls ont aussi été imposées à la base du modèle, la base inférieure de l'aquifère étant considérée comme une base imperméable dans le modèle conceptuel (interface approximatif avec le roc). Le tableau 9-1 indique plus spécifiquement les conditions aux limites spécifiées dans le modèle tandis que la figure 9-1 présente la discrétisation en plan du maillage 2D ainsi que la position des différentes conditions aux limites. La figure 9-1 présente aussi le maillage en trois dimensions. Cette figure précise la discrétisation verticale en 3 couches de cellules.

Pour mieux définir le contexte hydrostratigraphique et pour bien représenter l'écoulement complexe et l'hétérogénéité dans le secteur, des zones de conductivité hydraulique ont été définies. Les différents matériaux ont été divisés en fonction des descriptions stratigraphiques et des paramètres hydrauliques estimés par essais hydrauliques. Au total, neuf (9) zones de conductivités hydrauliques sont présentes dans le modèle.

Les précipitations moyennes annuelles entre 1971 et 2000 à la station météorologique de Gaspé (no. 7052605) sont de 1117,1 mm/an dont 752,3 mm/an de pluie et 380,1 cm/an de neige (Environnement Canada, 2004).

Plusieurs approches différentes existent pour évaluer la recharge des systèmes aquifères. La méthode SCS modifiée propose une approche intéressante qui tient compte de l'utilisation et du type de sol, de la topographie et des conditions hydrologiques pour évaluer le coefficient de ruissellement. Cette méthode est bien adaptée au contexte québécois (Monfet, 1979) et a été retenue dans le cadre de ce projet pour évaluer les

coefficients de ruissellement sur le territoire. Une fois les coefficients de ruissellement évalués, la méthode de Baier et Robertson (1965) a été retenue pour évaluer l'évapotranspiration potentielle. Enfin, le bilan hydrologique a été établi à partir du coefficient de ruissellement et des valeurs d'évapotranspiration déterminées. L'utilisation combinée de ces méthodes permet d'obtenir des valeurs de recharge distribuées sur le territoire à l'étude en fonction de ces caractéristiques. Les valeurs estimées de recharge varient entre 260 mm/an et 165 mm/an en suivant la méthodologie présentée précédemment. Les valeurs de recharge ont été assignées aux faces supérieures du maillage.

Les propriétés hydrauliques des matériaux constituent aussi un paramètre d'entrée d'un modèle d'écoulement de l'eau souterraine. Les valeurs de conductivité hydraulique obtenues par les essais hydrauliques réalisés par TechnoRem à l'été 2003 ont servi comme valeur de départ de la conductivité hydraulique de l'aquifère de sable lors des simulations.

#### **9.5.4 Calibration du modèle d'écoulement**

L'étape de la calibration du modèle d'écoulement sert à vérifier si le modèle peut reproduire, à partir des paramètres d'entrée et des conditions aux limites, des observations de charges hydrauliques mesurées sur le terrain. Pour la présente étude, les charges hydrauliques mesurées aux différents puits d'observation par TechnoRem à l'été 2003 ont servi lors de la calibration (TechnoRem, 2003).

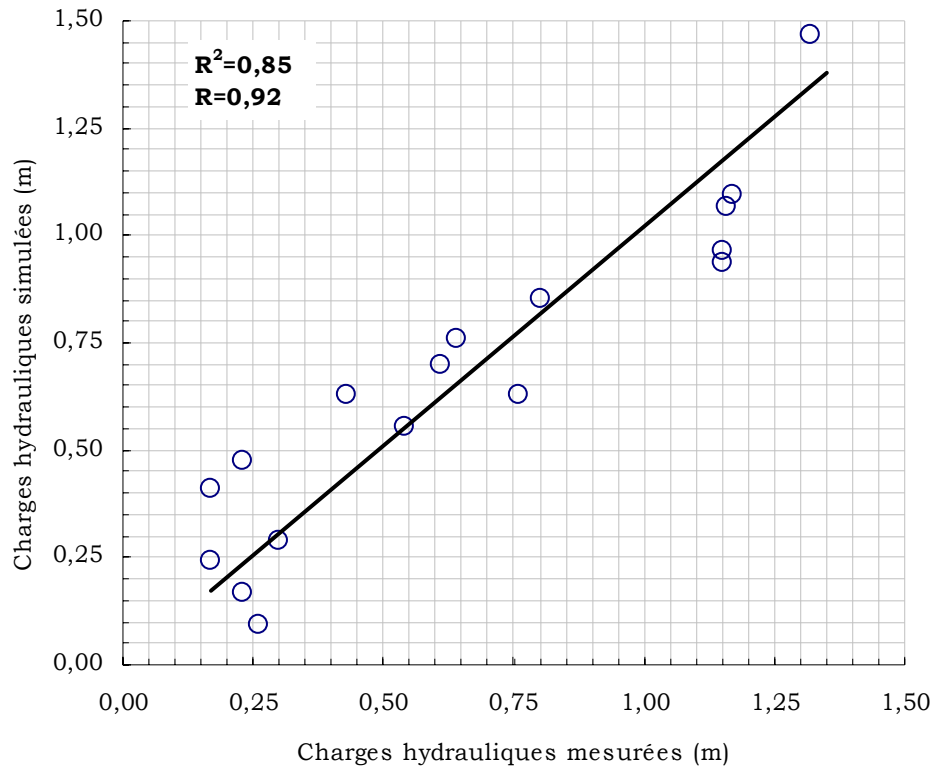
Les paramètres d'entrée qui ont été utilisés et modifiés lors de la calibration sont les conductivités hydrauliques et la recharge du système aquifère. La calibration du modèle a été réalisée par essais et erreurs. Cette approche consiste à partir de paramètres d'entrée de départ et de les modifier pour reproduire le plus fidèlement possible les charges hydrauliques observées sur le terrain. Les valeurs de conductivité hydraulique des différentes unités hydrostratigraphiques ainsi que les valeurs de recharge déterminées initialement ont été modifiées tout au long de la calibration pour mieux reproduire les conditions de terrain et ultimement minimiser l'erreur entre les charges hydrauliques simulées et les charges hydrauliques mesurées. Le tableau 9-1 indique les conductivités hydrauliques et valeurs de recharge obtenues suite à la calibration. Les conductivités hydrauliques dans le sable varient entre  $2,0 \times 10^{-6}$  m/s et  $9,0 \times 10^{-5}$  m/s. Les valeurs de recharge calibrées varient entre 185 et 275 mm/an. Des valeurs de recharge nulle ont été assignées lorsque le terrain est pavé ou qu'un bâtiment est présent.

Pour mesurer la capacité du modèle à reproduire efficacement les observations de terrain, les charges hydrauliques mesurées et simulées sont mises en relation et différents calculs d'erreur permettent de quantifier la précision du modèle. Un critère de calibration, c'est-à-dire, une erreur cible est fixée avant le début du processus de calibration. Pour le présent modèle ce critère a été fixé à l'atteinte d'une erreur RMS inférieure à 5 % de la plage des charges hydrauliques simulées pour considérer le modèle mathématique calibré (Anderson et Woessner, 1992).

Plus spécifiquement pour les valeurs de charges hydrauliques mesurées dans le secteur, la plage de valeurs est comprise entre 1,8 m et 0 m pour une différence de 1,8 m. Une valeur de 0,09 m d'erreur RMS a été retenue comme critère de calibration. Le modèle calibré comporte une erreur RMS de 0,17 m sur les charges hydrauliques, avec un coefficient de corrélation linéaire R de 92 %. Le modèle est considéré calibré et représentatif des conditions de terrain avec les paramètres d'entrée sélectionnés puisqu'il représente fidèlement les conditions de l'écoulement de l'eau souterraine observées sur le terrain et ce même si l'erreur RMS est légèrement supérieure au critère de calibration.

Le tableau 9-2 montre les charges hydrauliques mesurées et simulées avec le modèle calibré ainsi que les calculs de l'erreur pour chacun des points d'observation. La figure suivante montre le graphique des charges hydrauliques simulées en fonction des charges hydrauliques mesurées avec le modèle calibré.

**Charges hydrauliques simulées en fonction des  
charges hydrauliques mesurées avec le modèle calibré**



## 9.6 Résultats de la modélisation de l'écoulement de l'eau souterraine dans le secteur de la rue du Quai à Gaspé

Le modèle numérique d'écoulement de l'eau souterraine permet d'étudier les caractéristiques de l'écoulement de l'eau souterraine dans le secteur de la rue du Quai. La figure 9-2 montre une carte de la piézométrie simulée avec le modèle calibré.

Généralement dans l'ensemble du domaine modélisé, l'écoulement de l'eau souterraine s'effectue de l'ouest vers l'est. À proximité de la baie de Gaspé, l'écoulement de l'eau souterraine se fait perpendiculairement aux berges, la direction d'écoulement de l'eau souterraine est donc variable à proximité de cette limite. Puisque les charges hydrauliques imposées à l'est du modèle qui représentent la baie de Gaspé sont constantes, l'effet transitoire de la marée est négligée. Les variations journalières du niveau de la baie de Gaspé suite aux phénomènes de marée provoque une variation des niveaux d'eau dans l'aquifère. Théoriquement, l'effet de la

variation du niveau d'eau dans la nappe est plus accentué près des berges qu'à distance des berges (Todd, 1981).

Le gradient hydraulique horizontal moyen simulé par le modèle dans les dépôts à l'ouest est de l'ordre 0,015 m/m tandis que le gradient simulé vers l'est est de 0,007 m/m. Le gradient hydraulique est plus prononcé à l'ouest du domaine modélisé. Ces conditions simulées de l'écoulement de l'eau souterraine sont valides par rapport aux conditions mesurées de l'écoulement de l'eau souterraine.

## **9.7 Élaboration du modèle conceptuel de transport de masse et formulation des hypothèses de base**

### **9.7.1 Modèle conceptuel développé pour le transport des hydrocarbures pétroliers**

Afin de définir le modèle conceptuel du transport de masse, l'étude attentive des données de caractérisation environnementale des sols et de l'eau souterraine disponibles permet de mieux comprendre les différents mécanismes qui contrôlent l'émission de contaminants dans l'eau souterraine. Des zones sources de contamination de l'eau souterraine en C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> ont été assignées dans les secteurs où des concentrations en C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> dans les sols ont été mesurées au-dessus du critère C. Des zones contaminées sont identifiées de part et d'autre de la rue du Quai. Du côté nord, à l'ouest, le secteur du puits PZ-81 dépasse le critère C. Au centre, toujours au nord de la rue, à la limite sud-est de l'excavation réalisée par Biogénie en 2002, des concentrations supérieures au critère C en C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> ont été mesurées (Biogénie, 2002). Plus à l'ouest, quelques mètres au sud du puits PZ-113, une contamination importante des sols a été identifiée par Technisol lors d'une campagne de caractérisation supplémentaire (Technisol, 2001b). Une valeur de 54 000 mg/kg en C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub>, supérieure au critère D a été mesurée.

Du côté sud de la rue du Quai, vers l'ouest, un dépassement du critère C est observés dans le secteur du puits PZ-75. Au centre du site, toujours du côté sud de la rue, deux sondages ou forages révèlent des dépassements du critère C en C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> dans les sols, dans le secteur du puits PO03-65 et PZ-79. De fortes concentrations en C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> dissoutes dans l'eau souterraine, concentration dépassant le critère du C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> dans l'eau souterraine sont associées aux secteurs pour lesquels une contamination des sols en C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> est identifiée.

Afin de représenter les zones sources, des puits d'injection ont été assignés au modèle. Le nombre de puits d'injection par zone source



dépend de l'étendue observée des panaches d'eau souterraine contaminée par les C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub>. Un débit d'injection faible, qui n'interfère pas avec le réseau d'écoulement et une concentration fixe qui permet de représenter les valeurs observées sur le terrain permettent de simuler l'apport en C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> dissous par les différentes sources.

Le tableau suivant détaille les zones sources assignées au modèle numérique de transport de masse. La figure 9-3 présente les différentes zones sources A à F.

**Zones sources affectées par une contamination en C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub>  
dans les sols et dans l'eau souterraine.**

<b>Zone source</b>	<b>Secteur</b>		<b>Contamination des sols en C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub></b>	<b>Contamination eau souterraine</b>	<b>Nb. de puits d'injection dans le modèle</b>
A	Nord rue du Quai	Ouest du secteur, près des berges de la baie	TP81 > critère C	PZ81	2
B		Sud-ouest de l'excavation Biogénie (2002)	PA 13, 14 et 18 > critère C (Biogénie, 2002)	-	6
C		Sud du puits PZ-113	PU-16 > critère D (Technisol, 2001b)	PZ-113	6
D	Sud rue du Quai	Ouest du secteur	TP75 > critère C	PZ-75, PO03-69 et PO03-68	4
E		Centre du secteur	Forage PO03-65 > critère C	PO03-65, PO-49 et PZ-76	5
F		Centre est du secteur	TP79 > critère C	PZ-79, PO03-61 et PO03-60	16

**9.7.2 Modèle conceptuel développé pour le transport des métaux dissous (cuivre)**

La présence de métaux dans les sols et dans l'eau souterraine à des concentrations supérieures aux normes en vigueur a été démontrée lors des travaux de caractérisation (TechnoRem, 2003). Puisque la distribution des sources est complexe et que plusieurs secteurs sont contaminés à des niveaux variables, il est difficile d'établir avec précision le flux de métaux sous forme dissoute dans les zones contaminées sur le site de la rue du Quai. Il est ardu dans ce contexte de développer un modèle numérique de transport de contaminant sans poser de nombreuses hypothèses simplificatrices. Il doit être clair que les prédictions faites avec un tel modèle doivent être interprétées avec prudence et discernement.

Le modèle de transport du cuivre dissous a été développé pour établir l'impact de la contamination en métaux de l'eau souterraine sur la baie de Gaspé avant et après d'éventuels travaux d'excavation des sols contaminés en métaux. Plusieurs zones sources ont été incluses dans le modèle. En fait, la nature de la contamination implique que les sources sont distribuées sur de grandes superficies à plusieurs endroits sur le site. Il ne s'agit pas de sources ponctuelles plus communément et facilement conceptualisées dans un modèle numérique de transport de masse. L'approche générale adoptée pour la modélisation du transport du cuivre a été de reproduire dans un premier temps la distribution observée du cuivre dissous dans l'eau souterraine. Les premières simulations de transport gardant les sources actives ont permis d'étudier la distribution des enclaves de cuivre dissous après 10 et 20 ans d'émission à partir des conditions de l'été 2003. Ensuite, les sources ont été mises inactives et la migration des panaches d'eau contaminée en cuivre dissous dans l'aquifère (après excavation) a été représentée.

Les résultats de la caractérisation environnementale de l'été 2003 ainsi que des caractérisations environnementales précédentes ont été utilisés pour préciser les secteurs affectés par une contamination des sols et des eaux souterraines par les métaux. La contamination des sols et de l'eau est présente dans plusieurs secteurs du site de la rue du Quai. Les figures 6-4 et 7-2 présentent la distribution de la contamination en métaux, respectivement dans les sols et dans l'eau souterraine. Selon les résultats analytiques obtenus, le cuivre est le métal le plus fréquemment identifié sur le site.

Afin de représenter la distribution des métaux dans l'eau souterraine, plusieurs sources de contamination ont été assignées dans le modèle. Ces zones sources sont assignées aux endroits où des concentrations en métaux dans les sols ont été identifiées lors des travaux de caractérisation. Deux de ces sources ont été assignées sous la rue du Quai dans le secteur est afin de représenter les importantes concentrations en cuivre dissous dans 2 puits situés à une bonne distance en aval des autres zones sources. La figure 9-3 positionne les différentes zones sources utilisées dans le modèle pour simuler la migration du cuivre.

### **9.7.3 Discrétisation de l'aquifère**

Le maillage utilisé pour les simulations de l'écoulement de l'eau souterraine a servi aux simulations de transport de masse. La configuration de MT3D au sein du système GMS permet d'utiliser sans

modifications le maillage utilisé pour les simulations de l'écoulement de l'eau souterraine. Les résultats des simulations de l'écoulement avec MODFLOW sont directement utilisés par MT3D pour résoudre les équations représentant le transport de masse. Tel que discuté, une discrétisation fine (1,5 m) a été assignée dans le secteur des zones sources et dans les secteurs dans lesquels la contamination est susceptible de migrer. Cette discrétisation plus fine permet de faciliter la convergence des équations et limite aussi les phénomènes d'oscillation numérique qui sont directement liés à la taille des cellules (Zheng et Bennett, 2002).

#### **9.7.4 Paramètres d'entrée et conditions limites**

Les conditions aux limites du modèle de transport sont composées de concentrations imposées et de flux imposés. De plus, les différents paramètres de transport ont été assignés au modèle et sont traités dans les prochaines sections.

Une condition frontière de type Dirichlet (concentration imposée) a été assignée à la limite ouest à charges imposées à l'entrée du modèle. Des concentrations nulles ont été assignées à cette limite. Des concentrations nulles ont aussi été assignées au flux de recharge à la surface du maillage.

##### **➤ Hydrocarbures pétroliers**

Afin de représenter les sources, des puits d'injection à flux positifs constants ont été assignés au modèle. Des concentrations constantes, pour le premier scénario et variables pour le second, ont été spécifiées aux différents puits d'injection. Les sections suivantes décrivent plus en détail les autres paramètres d'entrée pour le modèle de transport.

##### **➤ Métaux**

Des conditions aux limites de concentrations constantes imposées ont été utilisées pour représenter les sources de contamination de l'eau souterraine par les métaux. Ces zones ont été positionnées à l'aide des résultats des caractérisations environnementales ainsi que par essais et erreurs quant à leur superficie. Au total, 11 zones sources de cuivre dissous ont été assignées au modèle. L'objectif principal est de représenter la distribution initiale des concentrations en cuivre dissous dans l'eau souterraine et d'ensuite vérifier l'impact de l'enlèvement des sources sur la distribution des enclaves d'eau souterraine contaminée en métaux.

### 9.7.5 Adsorption et coefficient de retard

#### ➤ Hydrocarbures pétroliers

Afin de déterminer les coefficients de retard des C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub>, le coefficient de distribution (K<sub>d</sub>) est calculé à partir du coefficient de partition K<sub>oc</sub> et de la fraction de carbone organique dans le sol f<sub>oc</sub> (Fetter, 1999) :

$$K_d = K_{oc} f_{oc}$$

Les valeurs de f<sub>oc</sub> mesurées dans les sols à l'été 2003 varient entre 0, 21 et 0,34 % (0,0021 et 0,0034). Les valeurs obtenues lors des analyses chimiques des C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> sont en fait la sommation de l'ensemble des composés organiques dans un intervalle fixe de nombre de carbone ; les propriétés de transport sont différentes pour chacun des composés. Dans le cas de la rue du Quai, l'étude des chromatogrammes indique que la signature des hydrocarbures pétroliers s'apparente à un diesel. Chacun des composés organiques constituant le diesel a un coefficient de partition sur la matière organique K<sub>oc</sub> qui varie de plusieurs ordres de grandeur en fonction du nombre de carbone dans le composé.

L'étude de la composition du diesel par rapport au pourcentage massique de chacun de ses composants permet d'évaluer différents facteurs de retard pour chacun des composés du diesel. Afin de réaliser des simulations conservatrices du transport de masse, les propriétés de transport des composés les plus mobiles présents dans le diesel ont été utilisés. Une compilation de paramètres de transport et de la composition du diesel a été consultée (Gustafson et al., 1997)

Les coefficients de retard des différents composés du diesel dans l'eau souterraine ont été évalués à l'aide de la relation suivante (Wiedemeier, 1995):

$$R = 1 + \frac{\rho_b K_d}{n}$$

Le tableau suivant montre les valeurs de % massique des hydrocarbures pétroliers, les K<sub>oc</sub> et f<sub>oc</sub> provenant d'une compilation des paramètres de transport (Gustafson et al. 1997). Les valeurs calculés du K<sub>d</sub> et de R ainsi que la densité brute ρ<sub>b</sub> sont aussi présentées. Les différentes valeurs représentent les cas du K<sub>oc</sub> minimal (naphtalène), maximal (n-eicosane) et moyen (n-hexadécane) en retenant uniquement les composés qui peuvent représenter 0,5 % de la masse du diesel selon la compilation

consulté. Les propriétés du benzène sont aussi présentées à titre indicatif.

Contaminant	% massique (Gustafson et al. 1997)	$K_{oc}$ (Gustafson et al., 1997)	$f_{oc}$	$k_d$ ( $m^3/kg$ )	$\rho_b$ ( $kg/m^3$ )	R
Naphtalène	0,01-0,8	844	0,021	1,77	1,6	10,5
n-Hexadécane	1,05-3,30	$8,47 \times 10^6$	0,021	$1,78 \times 10^4$	1,6	$9,45 \times 10^4$
n-Eicosane	0,18-0,6	$2,54 \times 10^9$	0,021	$5,33 \times 10^6$	1,6	$2,84 \times 10^7$
<i>Benzène*</i>	<i>0,003-0,1</i>	<i>81,2</i>	<i>0,021</i>	<i>0,171</i>	<i>1,6</i>	<i>1,9</i>

\*propriétés du Benzène à titre indicatif

Les différentes analyses de l'eau souterraine réalisées à l'été 2003 n'ont pas révélé la présence de benzène, toluène, éthylbenzène et xylènes. Le diesel contient une proportion de ces composés qui est très faible par rapport à la masse totale. Une contamination des sols par du diesel n'est pas normalement associée à de fortes concentrations en BTEX dans l'eau souterraine. De plus, puisque les BTEX sont plus mobiles, et plus facilement dégradables biologiquement, ceux-ci peuvent être indétectables près des sources. Un site pour lequel le diesel est présent dans les sols depuis un certain nombre d'années peut être exempt de contamination en BTEX dans les sols et dans l'eau souterraine. Ceci pourrait être le cas pour la rue du Quai à Gaspé.

Tout de même à titre indicatif, les paramètres contrôlant le coefficient de retard du benzène sont présentés au tableau précédent pour illustrer les propriétés de transport bien différentes entre chacun des composés susceptibles d'être présent dans l'eau souterraine au contact d'un sol contaminé par du diesel. De façon générale, les composés ayant un plus petit nombre de carbone sont plus mobile en phase dissoute, et moins susceptible d'être retardé.

Afin de simuler de façon conservatrice la migration des hydrocarbures en phase dissoute, les propriétés de transport du naphtalène, un des composés des plus mobiles présent dans le diesel selon la compilation de Gustafson (mis à part les BTEX) ont été utilisées lors de la calibration du transport de masse. Il s'agit ici d'adopter l'approche du « pire cas » pour évaluer le risque selon une approche conservatrice

## ➤ Métaux

Des valeurs de coefficients de distribution ( $K_d$ ) mesurées pour des matériaux similaires à ceux retrouvés sur la rue du Quai à Gaspé ont été utilisées pour définir le retard dans le modèle de transport du cuivre (Sheppard et al.). De façon générale, les métaux ont une forte tendance à s'adsorber par conséquent le facteur de retard est plutôt élevé par rapport à un transport advectif pur.

Les valeurs utilisées ont été mesurées à l'aide d'essais en vrac (batch test) effectués sur deux sables de composition différente. Quatre valeurs de  $K_d$  [ $M_{sol}/M_{solution}$ ] ont été mesurées dans le cadre de cette étude. Les valeurs mesurées varient entre 3,0 et 4,3 [ $M_{sol}/M_{solution}$ ]. La moyenne arithmétique des valeurs (3,88) a été utilisée pour calculer le facteur de retard du cuivre sur le site de la rue du Quai à Gaspé. Le facteur de retard résultant est de 25,8.

### 9.7.6 Dispersivités

Les coefficients de dispersivité longitudinal ( $\alpha_l$ ), transversal ( $\alpha_t$ ) et vertical ( $\alpha_v$ ) sont assignés au modèle de transport MT3D pour traiter la dispersion hydrodynamique. Il existe quelques méthodes pour évaluer la dispersivité longitudinale à partir de compilations (Gelhar et al., 1992) ou de relation mathématique (Xu et Eckstein, 1995). Une relation mathématique a été retenue pour le site de Gaspé afin d'évaluer la valeur de dispersivité longitudinale. Cette relation est comme suit :

$$\alpha_l = 0,83 \cdot [\log_{10}(scale)]^{2,414}$$

L'équation exprime l'augmentation de la dispersivité avec l'augmentation de l'échelle (distance entre la source et le milieu récepteur). En estimant une distance de 45 m entre la source principale et le milieu récepteur (baie de Gaspé), la résolution de l'équation donne une valeur de 2,83 m pour la dispersivité longitudinale. Dans le modèle, une valeur de 3 m a été assignée initialement pour la dispersivité longitudinale.

La dispersivité transversale est généralement d'au moins un ordre de grandeur inférieure à la dispersivité longitudinale (Domenico et Schwartz, 1998). Une valeur de 0,3 m a été assignée dans le modèle. La dispersivité verticale est estimée comme étant égale à  $0,01\alpha_l$ , une valeur de 0,03 m a été assignée. Ces valeurs ont été modifiées à quelques occasions lors de la calibration du modèle de transport. Cependant, elles sont demeurées les valeurs les plus adéquates pour représenter la

distribution des C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> en phase dissoute sur le terrain avec le modèle calibré.

Lors des simulations du transport des métaux (cuivre), les mêmes coefficients de dispersivité ( $\sigma_x$ ,  $\sigma_y$  et  $\sigma_z$ ) ont été utilisés.

### 9.7.7 Taux de dégradation

Pour les besoins de la modélisation mathématique une méthode développée par Buschek et Alcantar (1995) a été utilisée pour l'évaluation des taux de dégradation du premier ordre des C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> dissous dans l'eau souterraine. Cette méthode évalue les constantes de dégradation à partir des observations de terrain et d'une relation empirique basée sur une solution analytique du transport en une dimension. Pour un panache de contamination à l'état d'équilibre, le taux de dégradation du premier ordre est donné par l'équation suivante (Buschek et Alcantar, 1995) :

$$\lambda = \frac{v_c}{4\alpha_\lambda} \left( \left[ 1 + 2\alpha_\lambda \left( \frac{k}{v_\lambda} \right) \right]^2 - 1 \right)$$

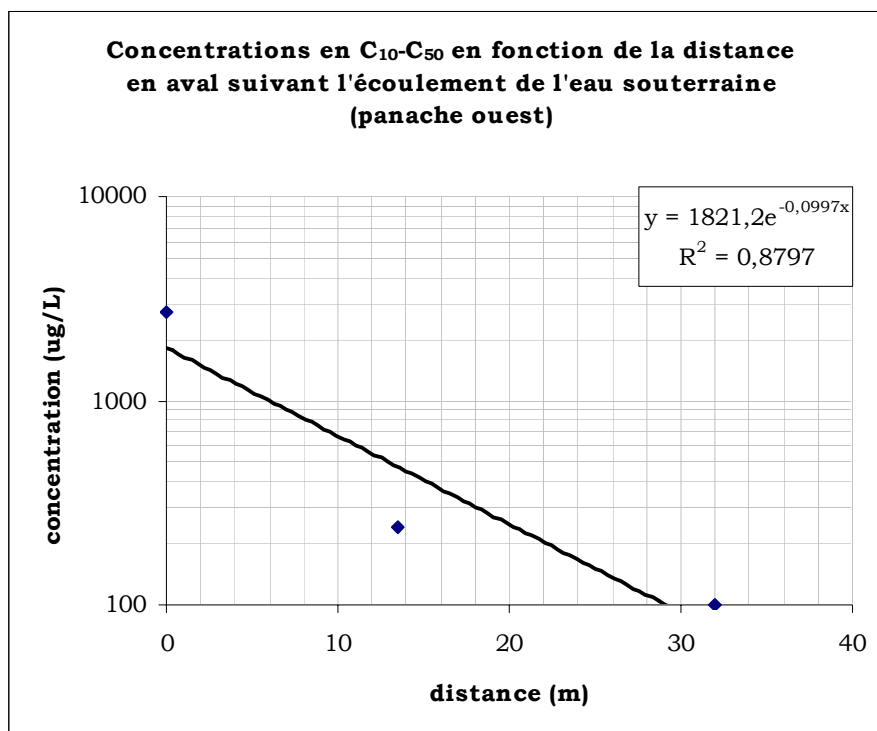
où :

- $\lambda$  = Constante de dégradation du premier ordre
- $v_c$  = Vitesse du contaminant,  $V_c = v_\lambda/R$
- $v_\lambda$  = Vitesse d'écoulement de l'eau souterraine
- $R$  = Coefficient de retard
- $\alpha_\lambda$  = Coefficient de dispersivité longitudinale
- $k/v_\lambda$  =Pente de la droite formée sur un graphique semi-logarithmique de la concentration du contaminant en fonction de la distance le long du sens de l'écoulement du panache de contamination.

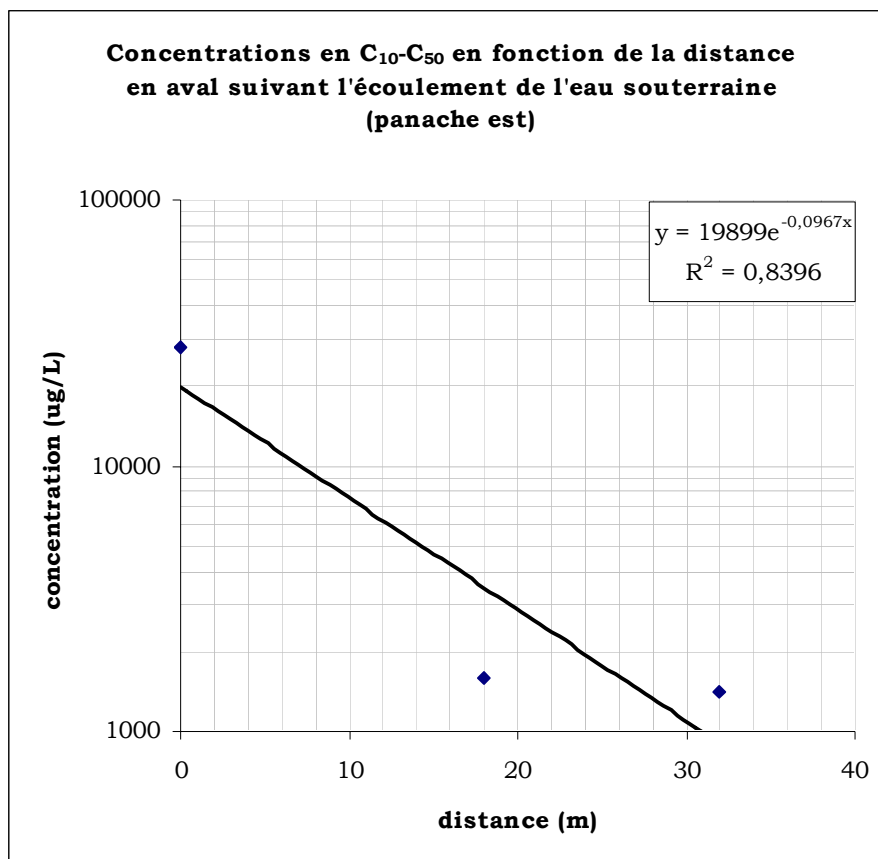
Le tableau 9-3 présente les concentrations des différents composés en fonction de la distance de la zone source. Deux séries de puits, donc deux zones sources différentes ont servi à établir le taux de dégradation du premier ordre au sein des secteurs contaminés. Les données de ce tableau ont servi à la détermination du facteur  $k/v_\lambda$  qui correspond à la pente formée par la régression linéaire des points sur un graphique semi-logarithmique de la concentration du contaminant en fonction de la distance le long du sens de l'écoulement du panache de contamination. Ces graphiques sont présentés à la page suivante. La vitesse de l'écoulement a été estimée à 6,6 m/an tandis que le coefficient de retard

utilisé est celui du naphtalène soit un retard évalué de 10,5. Un coefficient de dispersivité longitudinale de 3 m a été retenu pour les calculs. Le tableau 9-4 collige les paramètres utilisés pour le calcul des taux de biodégradation des C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> par la méthode de Buscheck et Alcantar (1995).

La méthode de Buscheck et Alcantar (1995) est applicable lorsque le panache de contamination est en état d'équilibre. Actuellement, très peu de données historiques permettent de conclure que les différents panaches de C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> dissous ont réellement atteint un état d'équilibre. De plus, les récentes activités de restauration par l'excavation de sols contaminés ont entraîné le pompage d'eau souterraine ce qui a pu perturber le milieu aquifère. Toutefois, l'étude de l'évolution de la concentration avec la distance amène de l'information importante à la compréhension du site. Les taux de dégradation du premier ordre calculés avec la méthode de Buscheck et Alcantar (1995) sont respectivement de  $2,59 \times 10^{-9} \text{ s}^{-1}$  (panache ouest) et  $2,49 \times 10^{-9} \text{ s}^{-1}$  (panache est) pour les C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> dissous.







Pour les simulations de transport du cuivre, un taux de dégradation nul a été supposé. Les phénomènes de retard ainsi que de dispersion et de dilution étant les processus dominants qui contrôlent la migration du contaminant dans l'aquifère il n'a pas été jugé nécessaire d'assigner un taux de dégradation lors des simulations du transport du cuivre.

**9.7.8 Calibration du modèle de transport**

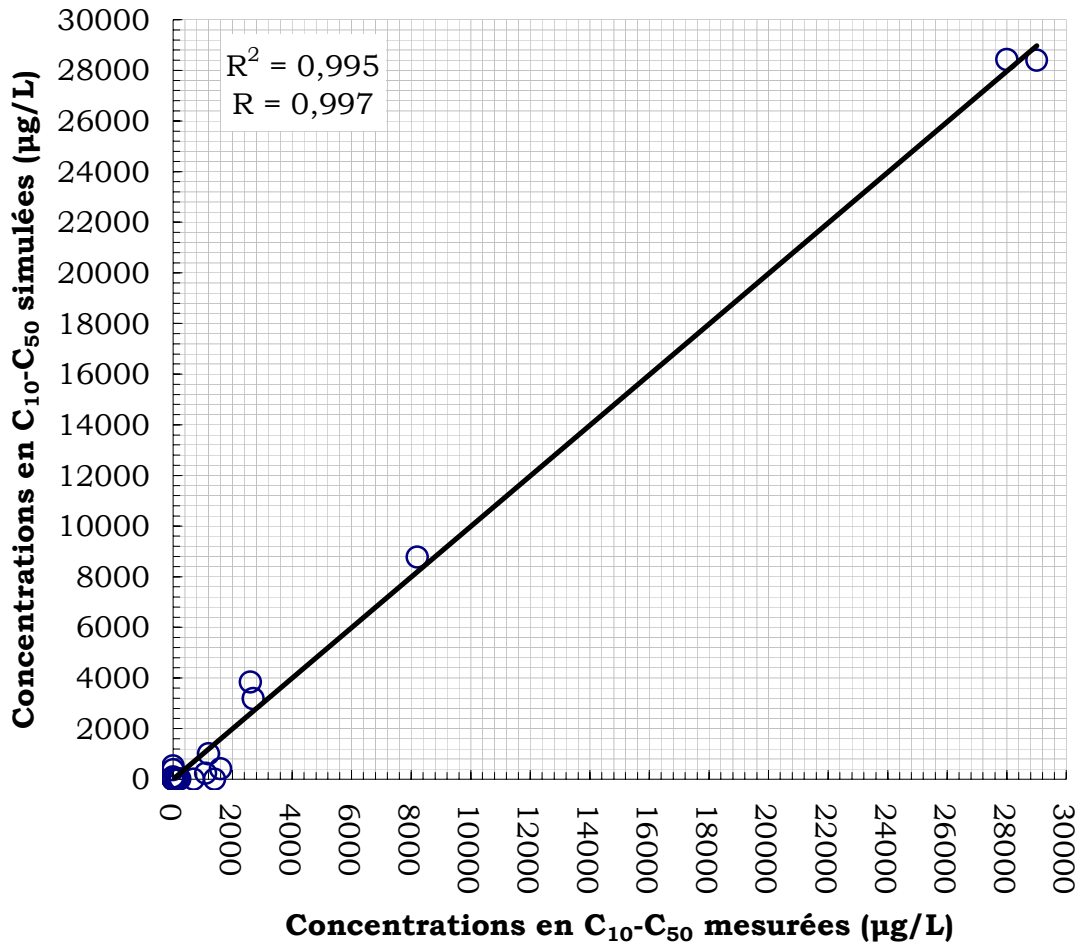
La stratégie générale de la calibration du modèle de transport a été de représenter en premier lieu les conditions observées à l'été 2003 de la contamination de l'eau souterraine. La représentation de la distribution des concentrations tel que mesurées en août 2003 s'est faite selon une

approche par essais et erreurs. Les coefficients de dispersivité longitudinal, transversal et vertical, le retard ainsi que le taux de dégradation ont été modifiés lors de la calibration. De plus, les taux d'injection et les concentrations aux sources (puits d'injection) ont été modifiés lors de la calibration pour les C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub>. Les valeurs des concentrations constantes imposées aux zones sources ont été modifiées lors des simulations de la migration du cuivre en phase dissoute.

### ➤ Hydrocarbures pétroliers

La figure suivante montre le graphique de la relation entre les concentrations mesurées à l'été 2003 et les concentrations simulées avec le modèle calibré. Le coefficient de corrélation R est de 99,7 % tandis que l'erreur RMS est de 583,5 µg/L, i.e. une erreur d'environ 2 % par rapport à la plage de valeurs des concentrations en C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> dissous observées sur le terrain (0 à 29 000 µg/L). Le modèle de transport est considéré calibré et peut donc être utilisé pour réaliser des simulations prédictives du transport des C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> dissous dans l'eau souterraine. Le tableau 9-5 présente les données de concentrations en C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> dissous mesurées et simulées avec le modèle calibré. De façon générale, le modèle représente avec précision les concentrations en C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> mesurées à l'été 2003. Toutefois, pour certains puits, des différences plus notables peuvent être observées. L'étude des erreurs moyenne, absolue et RMS indique tout de même une bonne précision de la solution numérique. La figure 9-4 montre le panache en C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> dissous dans l'eau souterraine avec le modèle calibré. On peut y observer la distribution des différentes enclaves d'eau souterraine contaminée. Cette figure montre que le baie de Gaspé n'est pas touchée initialement par des concentrations en C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> dissous supérieures au critère d'eau de surface et égout (3500 µg/L).

**Concentrations en C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> simulées en fonction des concentrations mesurées avec le modèle calibré**

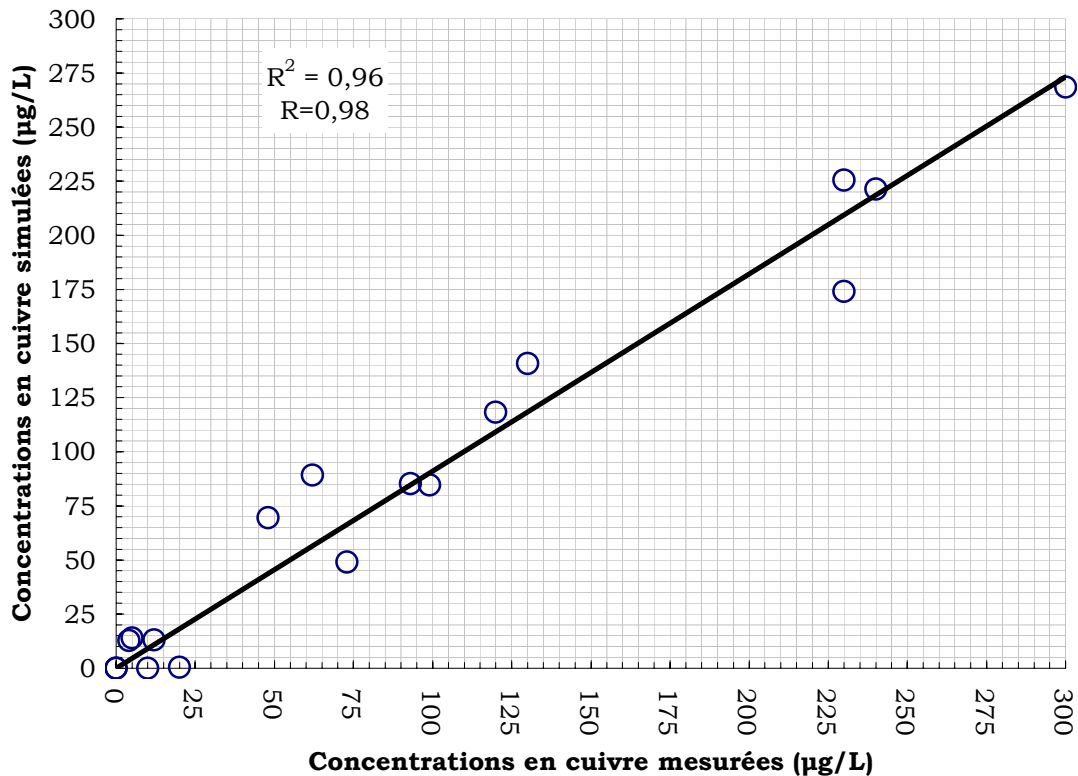


➤ **Métaux**

La figure suivante montre le graphique de la relation entre les concentrations mesurées à l'été 2003 et les concentrations simulées avec le modèle calibré. Le coefficient de corrélation R est de 98 % tandis que l'erreur RMS est de 20,1 µg/L, i.e. une erreur d'environ 5,7 % par rapport à la plage de valeurs des concentrations en cuivre dissous assignées dans le modèle (0 à 350 µg/L). Le modèle de transport est considéré calibré et peut donc être utilisé pour réaliser des simulations prédictives du transport du cuivre dissous dans l'eau souterraine. Le tableau 9-6 présente les données de concentrations en cuivre dissous

mesurées et simulées avec le modèle calibré. De façon générale, le modèle représente avec précision les concentrations en cuivre mesurées à l'été 2003. Toutefois, pour certains puits, des différences plus notables peuvent être observées. L'étude des erreurs moyenne, absolue et RMS indique tout de même une bonne précision de la solution numérique.

**Concentrations en cuivre simulées en fonction des concentrations mesurées avec le modèle calibré**



## 9.8 Résultats de la modélisation du transport des hydrocarbures pétroliers et des métaux (cuivre)

Afin de prédire la migration des C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> retrouvés en phase dissoute au site de la rue du Quai, deux scénarios différents ont été simulés. La première simulation fut conduite en assumant aucune réduction du flux de masse aux sources en gardant les concentrations constantes. Une seconde simulation reproduit une réduction annuelle de 10% du flux de masse introduit dans le modèle aux zones sources. La valeur de 10% représente un taux réaliste de décroissance des sources de

contamination. Pour les deux cas, les simulations prédictives du transport de masse ne sont pas calibrées avec un second ensemble de données, ce qui aurait amélioré le niveau de confiance dans les résultats des simulations. Toutefois, les résultats obtenus avec les simulations prédictives sont très utiles pour quantifier le risque et demeurent très conservatrices dans le choix des paramètres de transport.

Des simulations de transport du cuivre dissous ont aussi été réalisées en représentant d'abord la distribution des concentrations en cuivre dans l'eau souterraine mesurées à l'été 2003. La migration des enclaves en conditions de sources actives après 10 ans et 20 ans a d'abord été étudiée. L'effet de l'enlèvement des sources a aussi été simulé en inactivant les sources dans le modèle et en simulant le transport de la masse déjà dans l'aquifère. Les résultats de ces simulations après 10 ans et 20 ans sont présentés.

### **9.8.1 Simulation du transport des hydrocarbures pétroliers**

#### **➤ Aucune réduction des sources**

La première simulation mathématique vise à représenter la migration des enclaves de C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> dissous et la distribution des concentrations en l'absence d'une réduction ou de l'enlèvement des sources de contamination toujours présentes dans les sols. Cette simulation représente la situation pour laquelle aucune action supplémentaire n'est mise en œuvre afin de réduire la contamination des sols et des eaux souterraines et que la réduction des taux d'émission des sources par les processus d'atténuation naturelle est négligeable. En d'autres termes, les flux de masse sont maintenus constants tout au long de la simulation. Cette dernière a été réalisée sur une période de temps de 20 ans avec comme condition initiale la distribution des concentrations calibrées avec les concentrations mesurées à l'été 2003.

La figure 9-5 présente l'étendue de l'enclave de contamination telle qu'elle apparaît après une durée de simulation de 10 ans. Il peut être noté que la baie de Gaspé, principal milieu récepteur, est alors atteinte par une contamination en C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> supérieure à 5000 µg/L (au-dessus du critère eau de surface et égouts) dans la partie est du site. À l'ouest un panache de C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> dissous atteint la baie mais les concentrations dans cette enclave sont plus faibles (< 500 µg/L).

La figure 9-6 montre l'étendue des enclaves de contamination en C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> dissous après 20 ans de simulation du transport de masse. Cette figure indique que le front de contamination à l'est a progressé jusqu'à l'atteinte

de la baie de Gaspé par de l'eau souterraine contaminée à des concentrations supérieures à 10 000 µg/L, ce qui dépasse largement le critère d'eau de surface et égouts (3500 µg/L). L'étendue des zones contaminées est aussi plus importante. Les phénomènes de retard ainsi que le taux de dégradation du premier ordre spécifiés comme paramètre d'entrée ne permettent pas d'observer une stabilisation des panaches même après 20 ans de simulation.

#### ➤ **Réduction annuelle de 10% des sources**

Le second exercice de prédiction du transport des enclaves vise à représenter la migration et la biodégradation des C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> en assumant une réduction annuelle de 10% des sources de contamination résultant des processus d'altération biologiques. Cette simulation est identique à la première à l'exception de cette diminution annuelle de 10% des sources tout au long de la simulation. Les figures 9-7 et 9-8 illustrent la configuration des enclaves telle que prédit par le modèle après des durées respectives de simulation de 10 ans et de 20 ans.

La figure 9-7 montre que les concentrations en C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> après dix ans dépassent la valeur de 3500 µg/L (critère d'eau de surface et égout) à l'interface entre le système aquifère et la baie de Gaspé au nord-est du secteur. Cependant, les concentrations en C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> sont moins élevées aux différentes zones sources lorsque comparées avec les simulations sans réduction de l'émission annuelle de C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> dissous aux sources (figure 9-5).

La figure 9-8 montre les enclaves d'eau souterraine contaminée après 20 ans de simulation avec réduction annuelle de 10% du taux d'émission aux différentes zones sources. Après 20 ans de simulation, le modèle montre une étendue plus grande des zones contaminée au-delà de 250 µg/L. Par contre, près des zones sources, des diminutions notables des concentrations peuvent être observées. Partout dans l'aquifère les concentrations sont inférieures à 20 000 µg/L. Malgré la réduction annuelle de 10% du taux d'émission à toute les années, des concentrations supérieures à 3500 µg/L sont toujours observées à l'interface entre l'aquifère et la baie de Gaspé après 20 ans de simulation.

#### **9.8.2 Simulation du transport des métaux dissous (cuivre)**

Puisque peu d'informations sont disponibles quant à l'historique de l'évolution des concentrations en cuivre dans les eaux souterraines sur le site de la rue du Quai, les simulations prédictives doivent être interprétées avec prudence. De plus, de nombreuses sources de

contamination de l'eau souterraine par les métaux sont présentes sur le site, il est d'autant plus ardu de représenter les particularités de chacune de celles-ci au niveau de l'émission de cuivre dissous dans l'eau souterraine. Des hypothèses simplificatrices ont du être posées pour localiser ces sources ainsi que pour quantifier les émissions en cuivre dissous.

La figure 9-9 présente les panaches d'eau souterraine contaminée en cuivre dissous représentés avec le modèle calibré. On peut y observer la distribution des différentes enclaves d'eau souterraine contaminée. Cette figure montre que la baie de Gaspé est actuellement affectée par des concentrations en cuivre dissous dans l'eau souterraine au nord du lot 1-4 et au sud-est du lot 1-1-1. La figure 9-10 présente une vue tridimensionnelle des enclaves de contamination en cuivre dissous simulées avec le modèle calibré.

Deux simulations ont été complétées pour étudier la distribution des enclaves de contamination en cuivre dissous lorsque les sources demeurent actives à partir de la distribution calibrée des concentrations en cuivre dissous (situation de l'été 2003). La figure 9-11 présente la distribution du cuivre dissous après un temps de simulation de 10 ans. Il peut être observé que les superficies des différentes enclaves sont plus importantes pour toutes les enclaves par rapport à la situation initiale. La figure 9-12 présente la distribution des enclaves après 20 ans de simulation du transport du cuivre. Encore une fois les enclaves sont plus étendues longitudinalement et latéralement en comparaison avec les conditions initiales. Ceci indique que si le site est maintenu dans l'état actuel et que les sources de cuivre dissous demeurent actives les enclaves de contamination migrent et le volume d'eau contaminée est croissant.

La figure 9-13 présente les résultats de la simulation après enlèvement des sources par l'excavation des sols contaminés. Cette simulation a été réalisée à partir de la distribution calibrée des concentrations en cuivre dissous et en simulant le transport de masse sans aucune source active assignée au modèle. La figure présente les enclaves de contamination en cuivre après un temps de simulation de 10 ans.

La figure montre que la baie de Gaspé demeure en contact avec des eaux souterraines contaminées en cuivre dissous. Les concentrations sont toutefois inférieures surtout au sud-est du lot 1-1-1. Il demeure que le milieu récepteur est toujours affecté par la contamination des eaux souterraines en cuivre dissous et ce, dix ans après l'enlèvement complet des sources.

La figure 9-14 présente la distribution des enclaves d'eau souterraine contaminée en cuivre 20 ans après l'enlèvement des sources par excavation. Le niveau de contamination des eaux souterraines par le cuivre est passablement diminué par les processus de dilution et de dispersion. Toutefois, la baie de Gaspé est toujours affectée par des concentrations en cuivre dissous principalement dans le secteur sud-est du lot 1-1-1.

Les enclaves d'eau souterraine contaminée en cuivre dissous associées aux sources situées à une plus grande distance de la baie de Gaspé (secteur des puits PZ-84 et PO-17 par exemple) ne migrent pas sur d'assez grande distance après l'excavation des sources (figure 9-13 et 9-14) pour affecter la baie de Gaspé. On note aussi sur les figures une stabilisation des superficies des panaches associés à ces sources. Logiquement, il en est de même pour les sources situées en amont hydraulique de la rue du Quai.

Il est utile de préciser que les concentrations en cuivre calculées par le modèle de transport et se jetant dans les eaux de la baie de Gaspé au sud-est du lot 1-1-1 représentent une condition approximative puisque aucun puits d'observation n'a été installé à l'emplacement de l'ancienne aire d'entreposage de sols ayant contenu des métaux ainsi que du quai des pêcheurs. Toutefois, sur la base de la condition environnementale des sols dans ce secteur où la présence de teneurs en excès du critère C ont été mesurées dans les tranchées PE-54, PE-55 et TP-109, il est logique de croire qu'il existe une contamination significative des eaux souterraines en cuivre et que les résultats du modèle mathématique en donnent une représentation réaliste.

## **9.9 Discussion**

### **9.9.1 Migration des hydrocarbures pétroliers**

Les résultats de deux différents scénarios simulés à l'aide du modèle MT3D tendent à indiquer qu'en tenant compte de la condition environnementale des sols et des eaux souterraines au site de la rue du Quai, certaines enclaves de contamination en C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> sous forme dissoute migreraient jusqu'à atteindre la baie de Gaspé. Le premier scénario assume qu'il n'y a aucune réduction dans le temps du flux de masse émis aux sources de contamination. Le deuxième scénario implique une réduction annuelle de l'émission aux différentes sources de contamination de 10% représentée par une altération biologique naturelle.



Les résultats de modélisation des différents scénarios de prédiction et de réduction des sources, doivent être interprétés sous toute réserve puisque l'absence de données précisant l'historique de l'évolution des concentrations ne permet pas de vérifier à différents moments le degré de précision des prédictions.

Par ailleurs, il faut rappeler que toutes les simulations réalisées sont conservatrices pour les raisons suivantes :

- 1) Le coefficient de retard utilisé pour les simulations représente un des plus faibles coefficients de retard pour les différents composés organiques présents dans le diesel (mis à part les BTEX qui sont absents au site selon les analyses chimiques réalisées à l'été 2003)
- 2) Le taux de dégradation de premier ordre estimé à partir de la méthode de Buscheck et Alcantar (1995) représente une estimation ponctuelle de la dégradation. Dans les faits ce taux de dégradation peut être plus important ce qui favoriserait une dégradation plus rapide des C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub>.

Une réduction des concentrations en C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> dans les sols aux zones sources toujours actives ou le recours à l'emploi d'une technologie de traitement in situ de concert avec l'atténuation naturelle aurait un impact significatif sur la réduction des concentrations en C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> dans les eaux souterraines particulièrement à proximité des zones où des concentrations importantes en hydrocarbures pétroliers dans les sols sont identifiées.

Les simulations du transport de masse ont été réalisées avec un facteur de retard de 10,5. Tel que discuté préalablement, certains composés présents dans le diesel possèdent des facteurs de retard beaucoup plus importants. Ces composés sont moins susceptibles de migrer à de grandes distances des zones sources. Les résultats des simulations présentés demeurent donc conservateurs. Dans les faits, certains composés pétroliers présents dans les C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> auront tendance à demeurer à de faibles distances des secteurs contaminés.

Les processus d'atténuation naturelle sont pris en compte dans les simulations par l'assignation d'un taux de dégradation du premier ordre. Notons cependant que ce taux de dégradation est unique et ne varie pas lors des simulations. Dans les faits, les réactions de dégradation biologique sont contrôlées par une cinétique plus complexe qui tient compte des différents stades de dégradation et de la présence des

différents accepteurs et donneurs d'électrons dans le milieu aquifère. Dans le cas de la rue du Quai, l'utilisation d'un taux de dégradation linéaire regroupe dans un taux de dégradation unique les différents phénomènes de dégradation biologique qui peuvent être en actifs sur le site.

### **9.9.2 Migration des métaux dissous (cuivre)**

Les simulations du transport des métaux dans l'eau souterraine indiquent clairement que le milieu récepteur qu'est la baie de Gaspé est touchée par l'émission d'eau souterraine contaminée en métaux (principalement cuivre) en provenance des terrains de la rue du Quai. Principalement les secteurs sud-est du site (lot 1-1-1) et nord (lot 1-4) émettent de l'eau souterraine contaminée en métaux dans la baie de Gaspé.

Les simulations prédictives réalisées en conservant les sources actives dans le modèle démontrent qu'après 10 ans et 20 ans de simulation les enclaves d'eau souterraine contaminée migrent sur de plus grandes distances. L'impact environnemental est donc plus important si aucunes actions de restauration ou de contrôle ne sont prises. De même, les volumes d'eau contaminée deviennent plus importants lorsque les sources restent actives et qu'aucune action correctrice n'est apportée.

Des simulations prédictives dont l'objectif principal est d'étudier l'effet de l'excavation des sources sur la distribution des eaux souterraines contaminées en métaux (cuivre) ont aussi été réalisées. Les résultats des simulations après 10 ans et 20 ans suivant l'enlèvement des sources indiquent que les concentrations en métaux persistent longtemps dans le système aquifère et affectent la baie de Gaspé (figures 9-13 et 9-14). Ces résultats doivent être considérés avec prudence en raison des d'hypothèses simplificatrices posées lors des simulations.

Après l'excavation des sols contaminés en métaux (zones sources) le milieu récepteur (baie de Gaspé) est toujours affecté plus de 20 ans après l'enlèvement des sources de contamination des eaux souterraines en métaux. Les phénomènes naturels qui tendent à diminuer les concentrations en cuivre dissous dans l'eau souterraine tel que la dilution et la dispersion ne sont donc pas assez efficaces pendant cette période de temps pour diminuer les concentrations en cuivre dissous avant l'atteinte du milieu récepteur, pour les sources situées à proximité de la baie de Gaspé.

Toutefois, les enclaves d'eau souterraine contaminée en cuivre dissous associées aux sources situées à une plus grande distance de la baie de Gaspé (secteur des puits PZ-84 et PO-17 par exemple) ne migrent pas sur d'assez grande distance après l'excavation des sources (figure 9-13 et 9-14) pour affecter la baie de Gaspé. Il en est de même pour les sources situées en amont hydraulique de la rue du Quai.

## **9.10 Évaluation du risque et gestion environnementale du site**

### **9.10.1 Voies préférentielles de migration et récepteur potentiels**

Une évaluation de risque permet d'identifier les récepteurs potentiels tant du point de vue humain qu'écologique qui pourraient potentiellement venir en contact avec l'une ou l'autre des formes de contamination possibles (LLPNA en phases liquides, dissoutes ou gazeuses) par des voies préférentielles de migration. Pour avoir un risque potentiel d'exposition aux contaminants, il faut une source de contamination, des mécanismes de libération des contaminants (volatilité, dissolution dans l'eau, etc.), des voies de migration vers un point d'exposition, un point d'exposition ainsi qu'un récepteur. Si l'un de ces facteurs est absent, le risque d'exposition n'existe pas et les récepteurs ne peuvent venir en contact avec la contamination reliée au site. L'évaluation de l'efficacité à long terme d'une technologie ou d'une alternative quelconque doit faire partie intégrante de cette démarche dans le but d'assurer que l'approche retenue sera adéquate et suffisante pour minimiser la migration de l'enclave de contamination de telle sorte qu'il n'y ait aucun risque d'exposition.

### **9.10.2 Hydrocarbures pétroliers (C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub>) en phase dissoute**

D'abord, l'importante superficie pavée sus-jacente à l'enclave de contamination minimise les voies préférentielles de migration des vapeurs d'hydrocarbures directement vers la surface et leur inhalation par les travailleurs et utilisateurs de site. Il subsiste toutefois des secteurs non pavés dans les zones contaminées.

Actuellement, aucun utilisateur de l'eau souterraine comme source d'eau potable n'est identifié dans le secteur. La distance parcourue par l'eau souterraine pour atteindre la baie de Gaspé est variable selon les sources mais est tout de même limitée (< 100 mètres). Le risque de contact entre les hydrocarbures pétroliers et les humains est donc jugé faible.

Sous toute réserve des hypothèses posées lors de la modélisation mathématique du transport des C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> en phase dissoute, les travaux

démontrent que la baie de Gaspé est ou sera sous peu atteinte par la migration des enclaves d'eau souterraine contaminée. La baie de Gaspé constitue un récepteur sensible du point de vue écologique, et les mesures nécessaires devraient être prises pour réduire ou cesser l'émission d'hydrocarbures pétroliers dans l'eau souterraine à partir des zones sources.

### **9.10.3 Métaux en phase dissoute**

Le milieu récepteur qu'est la baie de Gaspé est déjà touché par une contamination en métaux dissous dans l'eau souterraine. En effet, d'importantes enclaves d'eau souterraine contaminée en métaux dissous au-delà du seuil d'alerte (50% du critère d'eau de surface et égouts) ont été délimitées lors des travaux de caractérisation environnementale de l'été 2003.

Deux de ces étendues, dont celle ayant la plus grande superficie, sont limitées par la baie de Gaspé (lot 1-1-1 et lot 1-4). Le milieu récepteur est donc actuellement affecté par une contamination de l'eau souterraine en métaux dissous. L'étude de la contamination des sols a aussi montrée que de grande superficie contaminée par des métaux au-delà du critère C dans les sols sont présentes à quelques mètres de la baie de Gaspé.

Tout comme les hydrocarbures pétroliers, le risque de contact entre l'eau souterraine contaminée par des travailleurs ou utilisateurs du site est faible.

L'étude des données de caractérisation environnementale et les résultats des simulations numériques du transport de masse démontrent que la baie de Gaspé est affectée par l'émission d'eau souterraine contaminée par des métaux (principalement du cuivre) en phase dissoute. Sous toute réserve des hypothèses simplificatrices posées lors des simulations de transport de masse, il semble que la présence de métaux en phase dissoute dans l'eau souterraine persistera plusieurs années après l'excavation des sols contaminés (plus de 20 ans). Dans ce contexte, des actions devraient être prises dans les plus brefs délais pour assurer le contrôle et la réhabilitation des eaux souterraines avant qu'elles n'atteignent la faune et la flore écologique de la Baie de Gaspé.

### **9.10.4 Interprétation**

Les résultats des travaux de caractérisation présentés aux chapitres 4 à 7 ainsi que les résultats des travaux de modélisation concordent à dire qu'il existe un potentiel élevé pour les C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> et une certitude pour les

métaux lourds dissous dans les eaux souterraines d'atteindre les eaux de surface de la baie de Gaspé. Le risque d'exposition pour les récepteurs écologiques vivant dans la baie est donc bien réel. Le chapitre 10, en réponse à cette évaluation des risques et les travaux prévus d'agrandissement et de réfection de la rue du Quai, présente les techniques de contrôle et de réhabilitation et décrit les approches de gestion/réhabilitation les plus susceptibles de satisfaire aux besoins du projet.

## 10.0 PRÉSENTATION, ÉLABORATION ET ANALYSE DES ALTERNATIVES DE GESTION ET/OU DE DÉCONTAMINATION ENVIRONNEMENTALE

---

### 10.1 Approche générale

Les travaux de gestion et/ou de décontamination qui pourraient être entrepris sur les lots de la rue du Quai à Gaspé ont pour objectif principal la protection de la santé publique et de l'environnement.

La problématique environnementale associée au site à l'étude englobe donc la présence de sols et d'eau souterraine affectés principalement par les hydrocarbures pétroliers C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub>, les HAP et les métaux lourds (en particulier le cuivre). L'identification et la persistance de ces contaminants dans l'environnement ont été notées depuis au moins 1997. Le tableau suivant résume la problématique environnementale dont les instances décisionnelles de TC sont confrontées :

#### Résumé de la problématique environnementale

Paramètres	Sols affectés			Eaux souterraines (m <sup>2</sup> )
	Superficie (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	Volume avec 15 % de foisonnement (m <sup>3</sup> )	
HP C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> (>C)	1 200	1 300	1 500	1 600
HP C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> (>D)	400	400	460	
HAP (>C)	200	200	230	500
HAP (>D)	0	0	0	
Métaux (>C)	12 000	14 000	16 100	13 000
Métaux (>D)	3 400	4 000	4 600	

Face à une telle problématique environnementale, plusieurs avenues sont possibles. Celles-ci devraient être en tout temps conformes à l'approche environnementale développée à l'intérieur de la « Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés » du MENV. Cette politique stipule entre autres que la gestion d'un site contaminé par des hydrocarbures pétroliers au moyen d'une analyse de risques toxicologiques et écotoxicologiques n'est pas acceptable pour le ministère de l'Environnement. C'est donc en tenant compte de ces faits que sont présentées et discutées les alternatives potentielles de gestion et/ou de décontamination environnementale à l'intérieur de ce chapitre.

La recherche et l'évaluation des alternatives de gestion et/ou de décontamination sont sujettes à certains facteurs qui influenceront le développement des scénarios potentiels de restauration. Ces facteurs se classent en quatre catégories : 1) les contraintes physiques de surface et souterraines, 2) les propriétés de contaminants (hydrocarbures pétroliers C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub>, BTEX, HAP, métaux lourds), 3) l'évaluation des récepteurs potentiels en termes de risques à la santé humaine et à l'environnement écologique et, 4) les objectifs de réhabilitation.

De manière à faciliter la lecture et la compréhension du texte, les lignes suivantes définissent certains termes qui seront fréquemment utilisés dans le chapitre 10. Ces termes sont les suivants :

1. Alternatives de gestion

Toute technique ou technologie permettant d'effectuer la gestion d'un site contaminé sans faire intervenir directement une action sur les matériaux contaminés sous la surface du terrain. La surveillance environnementale, l'analyse de risques toxicologiques et écotoxicologiques et le recours à l'atténuation naturelle des contaminants représentent des exemples d'alternatives de gestion.

2. Alternative de décontamination

Toute technique ou technologie permettant d'effectuer la décontamination partielle ou complète des médias contaminés de façon à rencontrer les réglementations en vigueur ou les objectifs recherchés (par exemple : traitement de l'eau, lavage des sols, enfouissement sécuritaire, disposition hors-site des huiles récupérées).

3. Mode d'intervention

Toute technique ou technologie permettant d'intervenir sur le média mais sans connaître l'alternative de décontamination (par exemple : abaissement de la nappe phréatique, pompage de la phase flottante, excavation, entreposage temporaire, etc.).

## **10.2 But des alternatives de gestion et de décontamination environnementale**

Le but des alternatives de gestion et de décontamination environnementale au site de la rue du Quai à Gaspé visera à démontrer à long terme l'absence d'impacts négatifs sur la santé humaine et

l'environnement écologique ou qui chercheront à restreindre et diminuer les risques associés à la contamination des sols et des eaux souterraines.

### **10.3 Facteurs influençant le développement des alternatives de gestion et de décontamination**

#### **10.3.1 Contraintes physiques**

Toute solution à l'étude devra tenir compte de l'impact de la réalisation des travaux correcteurs sur les infrastructures de surface et/ou souterraines en place.

Il existe plusieurs conduites souterraines sous la rue du Quai, longeant ou encore traversant celle-ci. Il s'agit de trois (3) oléoducs appartenant aux pétroliers Irving et Ultramar, d'une ancienne conduite d'acide sulfurique (Fonderie Gaspé), d'un émissaire de la station d'épuration des eaux usées de la Ville de Gaspé ainsi que des conduites d'aqueduc et d'égout. En temps ordinaire, la route asphaltée et les infrastructures souterraines présentes poseraient des contraintes certaines pouvant limiter les modalités d'intervention. En fait, la présente étude de caractérisation a été réalisée dans le but de procurer, aux instances décisionnelles, des données et un outil de travail pour la gestion des sols et des eaux souterraines dans le cadre de la réfection de la rue du Quai qui demandera l'excavation des matériaux de remblai sur une profondeur anticipée de l'ordre de 2,0 mètres pour l'élargissement de la route. En conséquence, les sols excavés et l'eau pompée des excavations, s'il y a lieu, devront être gérés adéquatement en fonction de la législation existante au Québec. Par ces travaux de construction prévus, les contraintes reliées à ces infrastructures souterraines, la route existante ainsi que la voie ferrée sont moins présentes pour les sols puisque leur gestion et/ou décontamination en seront facilitées. Il en est par contre autrement pour les eaux souterraines et l'analyse des alternatives de gestion/réhabilitation devra tenir compte du réaménagement de la route ainsi que de la présence de la baie de Gaspé.

#### **10.3.2 Propriétés des contaminants**

##### **➤ Les hydrocarbures pétroliers C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub>**

Les hydrocarbures pétroliers, telle l'huile à chauffage, le diesel et l'essence, sont constitués de plusieurs centaines de composés chimiques ayant chacun leurs propres caractéristiques physico-chimiques. Ils sont classés parmi les LLPNA avec une densité liquide approximative variant de 0,80 à 0,85 g/ml à 20 °C. Plusieurs composés parmi ces mélanges



pétroliers adhèrent au sol et se concentrent dans la frange capillaire étant donné leur densité inférieure à celle de l'eau. Les hydrocarbures pétroliers sont généralement légèrement solubles dans l'eau et constituent un substrat primaire (source de carbone) pour la dégradation biologique. Les hydrocarbures aliphatiques sont en premier biodégradés suivis par les hydrocarbures aromatiques et acycliques (Jamison et Al., 1975; Perry, 1984).

➤ **Les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)**

La famille des hydrocarbures pétroliers compte plus de 150 composés chimiques, d'une structure moléculaire simple à deux (2) anneaux comme le naphthalène à des structures moléculaires beaucoup plus complexes. Les espèces ayant quatre (4) anneaux et plus sont caractérisés par un poids moléculaires élevés (Lee et al., 1981).

Le ministère de l'Environnement du Québec a fixé des critères pour 23 composés de la famille des HAP qu'il juge comme contaminants prioritaires. Ces 23 composés incluent autant des espèces à faibles poids moléculaires (naphthalène, fluorène, phénanthrène, etc.) que des espèces à poids moléculaires élevés (chrysène, benzo (a) pyrène, indeno (1, 2, 3, c, d) pyrène, etc.). Sept (7) d'entre eux sont reconnus cancérigènes pour l'être humain, tous des composés à poids moléculaires élevés.

Les HAP sont en général particulièrement hydrophobes demeurant peu solubles dans l'eau. Le naphthalène constitue le composé ayant la plus grande solubilité dans l'eau avec une valeur de l'ordre de 30 mg/L (Aitken et al., 1998).

La situation devient différente avec une augmentation du poids moléculaire alors que le chrysène (structure à quatre (4) anneaux) et le benzo (a) pyrène (structure à cinq (5) anneaux) ne sont solubles dans l'eau qu'en faible fraction de µg/L (ppb). En comparaison, le benzène possède une solubilité de près de 1 800 mg/L tel que mentionné ci-haut.

En dépit de leurs faibles capacités à se dissoudre dans l'eau, il est bien connu que les micro-organismes peuvent dégrader la majorité des composés de la famille des HAP. Pour cette raison, les sols et les eaux souterraines contaminés par les HAP sont généralement considérés comme pouvant être sujets à un traitement par biodégradation. Les éléments chimiques plus lourds ne sont toutefois pas enlevés totalement si seul un traitement par biodégradation est appliqué. L'origine de cette récalcitrance des constituants plus lourds à être biodégradés n'est pas connue avec précision; deux (2) hypothèses sont fréquemment

soulevées : 1) une complexité accrue à être métabolisés par les micro-organismes ou 2) un manque de substrat (carbone) causé par une faible capacité à être dissous dans l'eau. De plus, peu d'efforts ont été consacrés sur le cheminement de la dégradation biologique des HAP pour connaître les sous-produits de transformation et déterminer si les composés subissent une minéralisation complète (bioxyde de carbone et eau) comme produits de dégradation finale.

➤ **Les métaux lourds**

Les métaux lourds comme le cadmium, le chrome, le cuivre, le nickel, le plomb et le zinc, utilisés dans l'industrie comme catalyseurs ou retrouvés comme résidus dans le traitement des minerais ou dans la composition des fluides énergétiques, sont des contaminants toxiques. Ils sont généralement peu solubles et leur concentration est contrôlée surtout par les conditions d'oxydo-réduction et de pH qui prévalent dans le milieu souterrain. Ils ont une propension à former des complexes avec la matière organique et d'autres ions organiques.

De manière générale, les sols et les eaux souterraines contaminés par les métaux lourds ne sont pas considérés comme pouvant être sujets à un traitement par biodégradation. Il faut alors davantage à des technologiques de nature physique ou chimique pour leur stabilisation ou leur enlèvement.

### **10.3.3 Évaluation des récepteurs potentiels en terme de risques à la santé humaine et à l'environnement**

Il a été démontré au chapitre précédent que le risque d'exposition aux métaux lourds et aux hydrocarbures pétroliers pour les récepteurs écologiques vivant dans la baie de Gaspé est bien réel. En effet, les résultats des travaux de caractérisation et de modélisation mathématique indiquent que les eaux de surface de la baie sont ou seront en contact sous peu avec ces contaminants.

Somme toute, il existe des sources de contamination, des mécanismes de libération des contaminants, des voies de migration vers des points d'exposition et des récepteurs potentiels ainsi que des points connus d'exposition dans l'état actuel de la contamination du site de sorte que les récepteurs écologiques peuvent venir en contact avec la contamination reliée au site.

#### 10.3.4 Objectifs de réhabilitation

En conformité avec la « Loi sur la qualité de l'environnement » et au « Règlement sur la protection et la réhabilitation des terrains », le responsable d'un déversement accidentel ou d'un évènement de contamination doit récupérer les contaminants et restaurer le milieu. En d'autres mots, si les sols et/ou les eaux sont contaminés à la suite d'un déversement, à un bris d'équipement ou pour toute autre raison, l'entreprise responsable doit intervenir de façon à redonner au terrain la qualité qu'il avait avant l'évènement.

Pour ce faire, la « Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés » dresse les grandes lignes d'une stratégie d'intervention et présente une démarche par étapes pour différentes situations pour l'établissement d'objectifs de décontamination (MEF, 1998). En ce sens, les critères génériques pour les sols et les eaux souterraines sont utilisés pour évaluer les impacts ou le risque que constitue un terrain et pour établir les objectifs de décontamination à atteindre pour un usage donné. Toutefois, l'évaluation du risque spécifique à l'aide d'une procédure standardisés et le recours à diverses mesures de gestion du risque, incluant le confinement sur place des contaminants et la démonstration de l'atténuation naturelle des contaminants, représente une option possible pour le propriétaire d'un terrain contaminé, dans la mesure où le suivi et la permanence des mesures proposées sont assurés et que la sécurité des usagers présents et futurs de même que la protection de l'environnement sont garantis.

Déoulant des résultats de l'évaluation environnementale Phase III et de l'évaluation des risques à la santé et à l'environnement conduite à la section précédente, la contamination présente à l'intérieur des limites du secteur caractérisé constitue à l'heure actuelle la cause d'impacts réels en fonction de la définition de ces termes dans la politique. La procédure d'intervention décrite dans la politique pour la situation qui nous occupe est la suivante (p 102) :

*« S'il y a un impact réel ou appréhendé sur l'eau souterraine, il sera nécessaire d'intervenir sur le terrain de façon à enrayer ou réduire l'apport actif de contaminants pour permettre la récupération des usages perdus. Pour ce faire, les interventions consisteront à récupérer les phases flottantes et, en fonction de la situation, à récupérer, décontaminer ou procéder au confinement des composantes qui constituent des sources actives de contamination (sols contaminés et déchets). Dans certaines situations, il pourra également être nécessaire de procéder à une*

*décontamination ou un confinement des eaux souterraines touchées et d'assurer l'approvisionnement en eau potable aux usagers. »*

Ainsi, la détermination des objectifs de décontamination doit être guidée en fonction de l'utilisation du site, du type de contamination de même que de l'existence d'impacts réels ou appréhendés, le tout en respect de la « Loi sur la qualité de l'environnement », le « Règlement sur la protection et la réhabilitation des terrains contaminés ». Le site de la rue du Quai est à usage industriel et il est prévu qu'il le demeure pour le futur. La contamination présente est d'origine tant organique reliée à des produits pétroliers qu'inorganique associée à la présence de métaux. Pour le site à l'étude, l'objectif de décontamination à atteindre est le suivant :

- Mettre en place des mesures correctives et des modes d'intervention pour la réduction des risques environnementaux en fonction des critères génériques « C » et/ou recourir à des alternatives de gestion environnementale (surveillance environnementale, atténuation naturelle, confinement et suivi) permettant d'assurer la sécurité des usagers du site et la protection de l'environnement.

Les prochaines sections présentent, discutent et évaluent différentes technologies de gestion et/ou de décontamination des sols et des eaux souterraines contaminés.

## **10.4 Alternatives de gestion et/ou de décontamination environnementale**

### **10.4.1 Présentation, analyse et sélection préliminaire**

Plusieurs technologies de traitement *in situ* et *ex situ* ont été identifiées et analysées pour une application sur le site de la rue du Quai, en vue de restaurer les sols et les eaux souterraines contaminées et réduire les impacts de cette contamination sur l'environnement. Les pages qui suivent présentent sous forme de tableaux descriptifs près de 60 technologies qui ont été considérées en soulignant l'applicabilité et les limitations de chacune d'elles et celles retenues pour une analyse plus détaillée. Cette évaluation a été conduite systématiquement en considérant les contraintes physiques de surface et souterraines, l'utilisation future du site, et les travaux prévus de construction de la route, les propriétés des contaminants (hydrocarbures pétroliers C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub>, HAP et métaux), l'évaluation des récepteurs potentiels en terme de risque à la santé humaine et à l'environnement de même que les objectifs de

décontamination définis. Chacun de ces facteurs influencera l'efficacité technique, la mise en œuvre et les coûts associés des technologies de traitement.

Deux facteurs principaux doivent orienter la sélection des alternatives de gestion et /ou de décontamination. D'abord, l'important volume de sol contaminé (> C) qui sera excavé pour la réfection et l'agrandissement de la rue du Quai dicte l'approche d'une gestion et/ou décontamination ex situ pour les sols affectés. Deuxièmement, la problématique des eaux souterraines contaminées se déversant dans la baie de Gaspé demande à ce qu'une action directe de contrôle et de mitigation soit mise en œuvre pour les enclaves de contamination en hydrocarbures pétroliers et en métaux situées près ou en contact direct avec les eaux de surface.

REVUE DES TECHNOLOGIES DE TRAITEMENT DISPONIBLES POUR LES SOLS ET LES EAUX SOUTERRAINES

Technologie	Description	Degré de développement	Applicabilité	Limitations	Efficacité						Retenus
					COV non halogénés <sup>(1)</sup>	COV halogénés <sup>(2)</sup>	COSV non halogénés <sup>(3)</sup>	COSV halogénés <sup>(4)</sup>	Hydrocarbures pétroliers <sup>(5)</sup>	Inorganiques <sup>(6)</sup>	
<b>Sols</b>											
<b>Traitement biologique <i>in situ</i></b>											
Bioventilation	Libération d'oxygène dans la zone vadose contaminée en provoquant une circulation d'air (extraction ou injection) pour augmenter les concentrations en oxygène et stimuler la biodégradation.	Conventionnel	Les techniques de bioventilation ont été utilisées avec succès pour réhabiliter les sols contaminés par les hydrocarbures pétroliers, les solvants non-chlorés, des pesticides, des agents de préservation de bois et autres composés organiques.	L'élévation de la nappe phréatique, des lentilles de sol saturé et des sols de faibles perméabilité réduisent l'efficacité de la bioventilation. Des vapeurs peuvent se former sous des édifices. Cet obstacle peut être surmonté en installant des puits d'extraction d'air. Les faibles taux d'humidité peuvent limiter l'efficacité de la biodégradation. Puits de surveillance des gaz peuvent être nécessaires.	■	◆	◆	◆	■	●	non
Bioventilation par cométabolisation	Contrairement à la bioventilation classique, cette technique cherche à biodégrader les sols contaminés par des solvants chlorés. Pour ce faire, un substrat primaire, comme les hydrocarbures pétroliers doit être présent sur le site sinon ajouté. Il est nécessaire d'avoir ce substrat primaire pour la biodégradation des solvants chlorés.	Émergente	La bioventilation par cométabolisation s'applique aux contaminants tels le trichloroéthylène, le trichloroéthane, dibromure d'éthylène, dichloroéthylène.	Les mêmes limitations que l'application de la bioventilation classique s'appliquent. La biodégradation aérobique ne sera pas efficace à moins qu'il n'y ait un cométabolite présent.	■	◆	◆	◆	■	●	non
Biodégradation rehaussée et biotraitement par cométabolisation	L'activité naturelle des micro-organismes est stimulée par la circulation d'une eau enrichie pour augmenter les processus de dégradation <i>in situ</i> des contaminants organiques. Des nutriments, oxygène ou autres amendements sont utilisés. Le biotraitement par cométabolisation demande à ce qu'il y ait la présence d'un substrat primaire pour promouvoir la dégradation des solvants chlorés.	Émergente et innovatrice	Les techniques de biodégradation rehaussée ont été utilisées avec succès pour réhabiliter les sols et les eaux souterraines contaminés par des hydrocarbures pétroliers, des solvants, des pesticides, des agents de préservation de bois, et autres composés organiques tels les nitrotoluènes. Ces techniques sont surtout utilisées pour éliminer les concentrations résiduelles.	Des concentrations en H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> supérieures à 200 ppm seront inhibitrices à la croissance des micro-organismes. La circulation de la solution enrichie à travers les sols peut augmenter la mobilité des contaminants et nécessiter le traitement des eaux souterraines plus profondes. La colonisation préférentielle de microbes peut survenir et causer un encrassement des équipements d'injection. Des chemins préférentiels peuvent sévèrement réduire le contact entre les fluides injectés et les contaminants. Ces techniques ne devraient pas être utilisées dans un environnement géologique caractérisé par une argile, des sols fins, une grande hétérogénéité puisqu'il y aura limitation lors du transfert d'oxygène. Des teneurs élevées en métaux et les sels inorganiques peuvent être toxiques aux micro-organismes.	■	■	◆	◆	◆	◆	non
Compostage <i>in situ</i>	Les sols contaminés sont périodiquement retournés dans le sol pour permettre une aération.	Conventionnelle	Cette technique est démontrée efficace pour le traitement des hydrocarbures pétroliers et autres contaminants biodégradables moins volatils. Cette technique est habituellement utilisée pour les hydrocarbures pétroliers plus lourds. Plus le poids moléculaire du composé est élevé, plus le taux de dégradation est lent. Les composés les plus récalcitrants à être biodégradés sont ceux à base de chlore et de nitrate. Les diesels n° 2 et n° 6, JP-5, les huiles lourdes, les agents de préservation de bois et certains pesticides ont été traités efficacement par cette technique.	Une grande surface de terrain est nécessaire. Les facteurs pouvant affectés la biodégradation des contaminants (T°, pluie) sont incontrôlables, se traduisant par une augmentation du temps de décontamination. Les contaminants inorganiques ne sont pas traités. Les contaminants volatils doivent subir un prétraitement afin d'éviter une pollution de l'air. La présence de métaux peut être toxique pour les micro-organismes. Des infrastructures de collecte des eaux de ruissellement doivent être construites et un suivi implanté. La profondeur de traitement est limitée à environ 0,5 m.	■	■	◆	◆	■	●	non
Atténuation naturelle	Les processus naturels tels que la dilution, la volatilisation, l'adsorption, la biodégradation, l'advection, la dispersion et les réactions chimiques (hydrolyse, complexation, acide base) entrent en jeu pour réduire naturellement les concentrations des contaminants sous les normes réglementaires.	Innovatrice	Les contaminants ciblés par l'application de l'atténuation naturelle sont les composés volatils et semi-volatils et les hydrocarbures pétroliers. Les BTEX et les solvants chlorés (TCE, TCA, DCA) sont les contaminants les plus communément évalués pour l'atténuation naturelle. Quelques pesticides peuvent également être sujet à l'évaluation de l'atténuation naturelle.	Dans certains cas, les efforts intensifs de caractérisation, les travaux de modélisation mathématique et le suivi à long terme peuvent devenir plus dispendieux qu'une remédiation active. La toxicité des produits de dégradation et/ou de transformation peut excéder celle du contaminant. L'utilisation des sols et des eaux souterraines sera limitée pour une longue période de temps. La récupération des phases flottantes est nécessaire pour que soit appliqué le concept d'atténuation naturelle sur une période de temps envisageable.	■	◆	◆	◆	■	◆	non

## REVUE DES TECHNOLOGIES DE TRAITEMENT DISPONIBLES POUR LES SOLS ET LES EAUX SOUTERRAINES

Technologie	Description	Degré de développement	Applicabilité	Limitations	Efficacité						Retenus
					COV non halogénés <sup>(1)</sup>	COV halogénés <sup>(2)</sup>	COSV non halogénés <sup>(3)</sup>	COSV halogénés <sup>(4)</sup>	Hydrocarbures pétroliers <sup>(5)</sup>	Inorganiques <sup>(6)</sup>	
<b>Sols</b>											
Phytoremédiation	La phytoremédiation est un ensemble de processus qui utilise les plantes pour éliminer la contamination des sols, de l'eau souterraine, des eaux de surface et/ou de l'air.	Émergente	La phytoremédiation peut être appliquée pour la remédiation des sols contaminés par les métaux, les pesticides, les explosifs, les solvants, les huiles lourdes, les HAP et les lixiviats de sites d'enfouissement. Des recherches sont actuellement en cours pour déterminer l'habileté des plantes et des arbres pour enlever des contaminants organiques des eaux souterraines, reloger et transpirer et possiblement métaboliser ceux-ci soient en CO <sub>2</sub> ou en tissus des plantes.	La profondeur d'action est déterminée par le type de plantes choisies. Dans la majorité des cas, les interventions sont limitées aux sols peu profonds (<1 m). Des concentrations élevées peuvent être toxiques aux plantes. En fonction de la localisation, ce type de traitement peut être saisonnier. La phytoremédiation n'est pas efficace pour les contaminants ayant une forte capacité d'adsorption (BPC) ou une faible capacité d'adsorption. La toxicité et la biodisponibilité des produits de dégradation ne sont pas toujours connues. Ce type de traitement n'est pas familier avec les instances gouvernementales.	○	○	○	○	■	●	non
<b>Traitement chimique et physique <i>in situ</i></b>											
Électrocinétique	L'électrocinétique est un processus qui enlève les métaux et les composés organiques des sols de faibles perméabilités. L'électrocinétique utilise des procédés électrochimiques pour désorber et enlever les métaux et les organiques dit "polaire". Cette technologie <i>in situ</i> est avant tout une technique de séparation et d'enlèvement pour extraire les contaminants du sol.	Émergente	Les contaminants ciblés sont les métaux lourds, les anions et les contaminants organiques polaires. La plage de concentrations pouvant être traitées s'étend de quelques ppm à plusieurs dizaines de milliers de ppm. L'électrocinétique est davantage performante dans les sols de faibles perméabilité (argile, argile et silt) dû à la charge négative à la surface des particules.	L'efficacité de cette technologie diminue rapidement lorsque la teneur en eau du sol est inférieure à 10 %. L'efficacité est maximale lorsque la teneur en eau se situe de 14 à 18 %. La présence de pièces métalliques enfouies induira des variabilités dans le champs magnétique. Les réactions d'oxydation réduction peuvent former des produits indésirables (gaz).	○	○	○	○	●	■	non
Inondation des sols	De l'eau ou de l'eau contenant un additif pour augmenter la solubilité des contaminants est injectée dans le sol afin d'élever la nappe phréatique dans la zone de sol contaminé. Les contaminants sont alors dissous dans l'eau d'où ils sont récupérés par pompage et traités.	Innovatrice	Les contaminants ciblés par cette technologie sont les inorganiques incluant les contaminants radioactifs. Bien que réalisable pour traiter les COV et les semi-volatils, les hydrocarbures et les pesticides, elle peut s'avérer dispendieuse. L'addition de surfactants peut être réalisée pour augmenter la solubilité des contaminants organiques. Cette technologie offre le potentiel d'une récupération des métaux et peut mobiliser une grande variété de contaminants organiques et inorganiques des sols granulaires.	Les sols de faible perméabilité et/ou hétérogènes sont difficiles à traiter. Les surfactants auront tendance à réduire la porosité effective des sols. Des réactions entre le sol et l'eau contenant des additifs peuvent réduire la mobilité des contaminants. Une action d'inondation peut provoquer une migration incontrôlée des contaminants. Dans ce cas, cette technologie ne devrait être appliquée que lorsque les effets de l'injection d'eau et/ou de surfactants peuvent être contrôlés.	■	■	○	○	○	■	non
Extraction des vapeurs sous vacuum	Un vacuum est appliqué par l'entremise de puits d'extraction pour créer un gradient de pression/concentration qui facilitera la diffusion des gaz à travers les sols et leur captage par les puits d'extraction. Ce processus nécessite la mise en place d'un système de traitement de l'air. Cette technologie est aussi connu sous le nom de ventilation <i>in situ</i> , volatilisation <i>in situ</i> ou extraction sous vacuum.	Conventionnelle	Cette technologie est utilisée pour le traitement des composés volatils uniquement avec une constante d'Henri supérieure à 0,01 ou une pression de vapeur supérieure à 0,5 mm Hg. D'autres facteurs comme la teneur en eau, la teneur en carbone organique et la perméabilité à l'air des sols limiteront l'efficacité de cette technologie. Elle n'aura aucun effet sur les huiles lourdes, les métaux, les BPC ou les lourdes, les métaux, les BPC ou les dioxines. Elle promouvra cependant la dégradation biologique <i>in situ</i> .	Les sols qui ont un pourcentage élevé de particules fines ou une saturation élevée en eau requerront des vacuums plus élevés et/ou endommageront le système d'extraction. Les sols secs ayant des teneurs élevées en carbone organique possèdent des capacités d'adsorption élevées, ce qui se traduit par une diminution des taux d'extraction. Il y a nécessité de traiter les effluents gazeux. En outre, le charbon utilisé demandera une réactivation ou à être éliminé vers un site d'élimination autorisé. Cette technologie est limitée à la zone non saturée des sols. Cependant, la nappe phréatique peut être rabattue pour permettre une augmentation de la zone non-saturée (dispendieux).	■	■	○	○	■	●	non

REVUE DES TECHNOLOGIES DE TRAITEMENT DISPONIBLES POUR LES SOLS ET LES EAUX SOUTERRAINES

Technologie	Description	Degré de développement	Applicabilité	Limitations	Efficacité						Retenus
					COV non halogénés <sup>(1)</sup>	COV halogénés <sup>(2)</sup>	COSV non halogénés <sup>(3)</sup>	COSV halogénés <sup>(4)</sup>	Hydrocarbures pétroliers <sup>(5)</sup>	Inorganiques <sup>(6)</sup>	
<b>Sols</b>											
Oxydation chimique-biochimique <i>in situ</i>	Les principes de base du recours à l'oxydation chimique résident dans la libération d'oxydants chimiques à l'intérieur du milieu contaminé afin de détruire les contaminants en les convertissant en composés inoffensifs retrouvés dans la nature. Les oxydants sont typiquement le peroxyde d'hydrogène (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ), le permanganate de potassium (KMnO <sub>4</sub> ) et l'ozone. Les volumes requis et la composition chimique du traitement sont fonction du type de contaminants, des concentrations mesurées, du volume de sol/d'eau affecté, des caractéristiques du milieu et des résultats obtenus d'essais en laboratoire. Une solution nutritive (phosphore, azote, etc) peut être injectée parallèlement à l'oxydant pour stimuler la biodégradation. On parle alors d'oxydation biochimique.	Innovatrice	L'oxydation chimique peut être appliquée à une grande variété de composition de sol et de granulométrie (gravier, sable, silt, argile). Elle est employée pour traiter les milieux contaminés par les composés organiques volatils incluant le dichloroéthène (DCE), le trichloroéthène (TCE), le tétrachloroéthène (PCE) et les BTEX, les composés semi-volatils tels les pesticides, les HAP et le BPC. Ce procédé a également été employé pour réduire les concentrations en arsenic.	Le peroxyde d'hydrogène et l'ozone, généralement plus dispendieux d'application, requièrent des mesures de sécurité pour la protection de la santé de par leurs volatilités élevées. Une oxydation incomplète ou la formation de contaminants intermédiaires peuvent survenir en fonction des contaminants et de l'oxydant utilisé. Ce procédé peut ne pas être économiquement viable pour des concentrations élevées qui demandent de grandes quantités d'oxydants.	◆	◆	◆	◆	■	○	non
Stabilisation chimique des métaux par ajout de phosphate (PIMS)	Le principe repose sur la stabilisation des métaux par addition d'un minéral riche en phosphate, "l'apatite II". La structure cristalline de ce minéral permet de stabiliser jusqu'à 20 % de son poids en métaux et ce, pendant des millions d'années. Cette technologie n'est affectée ni par la température, ni par le pH, ni par l'humidité, ni par la matière organique.	Innovatrice	Cette technologie économique est applicable à tout type de sol et d'eau. Les paramètres traités incluent le plomb, l'uranium, le cadmium et le zinc. Les propriétés de ce minéral de calcium et de phosphate lui confère une efficacité supérieure comparativement aux autres formes de phosphate. Les principales méthodes d'application sont le mélange d'apatite II dans les sols ou la mise en place d'une barrière réactive perméable.	Pour les sites où les barrières réactives ou le mixage des sols sont inappropriés, l'application de cette technologie est difficile. L'injection d'une solution directement dans les sols est à l'état d'expérimentation. Les particules d'apatite sont d'une taille telle qu'elles limitent le rayon d'influence à quelques dizaines de centimètres, nécessitant la réalisation d'un très grand nombre de forage d'injection.	●	●	●	●	●	■	non
Stabilisation chimique des métaux par précipitation en milieu anaérobique	L'objectif est d'amener la condition aérobie d'un site à une condition anaérobique. Pour ce faire, on injecte une substance nutritive, comme de la mélasse, directement dans les sols et l'eau souterraine. Les bactéries aérobiques vont ainsi proliférer et utiliser tout l'oxygène disponible, laissant place aux conditions anaérobiques. L'ajout continu de mélasse assure la prolifération des bactéries anaérobies, libérant les sulfures nécessaires à la précipitation des métaux insolubles.	Innovatrice	Les contaminants ciblés sont les métaux lourds et les solvants chlorés. La technologie s'applique tant aux sols qu'aux eaux souterraines. Cette technologie a démontré son efficacité sur plusieurs sites depuis quelques années. La disponibilité de la matière et la facilité d'application font de cette technologie une méthode économique de traitement <i>in situ</i> nécessitant peu d'interventions.	Les conditions géologiques et climatiques sont des facteurs nuisant à l'efficacité à court terme. Une bonne caractérisation géochimique de base est nécessaire. La conception du dosage d'injection est un paramètre majeur dont un manque de contrôle peut limiter l'atteinte des conditions anaérobiques ou entraîner le colmatage des puits par la prolifération excessive de bactéries.	○	○	○	○	○	■	non
Solidification/Stabilisation/Vitrification	Les contaminants sont physiquement liés ou encapsulés à l'intérieur d'une masse stabilisée (solidification) ou, par ailleurs, des réactions chimiques surviennent entre l'agent stabilisateur et les contaminants pour réduire leur mobilité (stabilisation).	Conventionnelle	Les contaminants visés par la solidification/stabilisation sont généralement inorganiques (incluant les isotopes radioactifs). La vitrification <i>in situ</i> peut détruire ou enlever les organiques et immobiliser la plupart des inorganiques dans les sols. Ce procédé a été essayé sur une gamme étendue de composés organiques volatils et semi-volatils, d'autres organiques tels que les dioxines et les BPC de même que sur les métaux et les isotopes radioactifs.	La profondeur de la contamination peut limiter l'application de cette technologie. Les usages futurs du site peuvent affecter l'efficacité à maintenir l'immobilisation des contaminants. Certains procédés provoqueront une augmentation significative du volume traité (jusqu'à 2 fois le volume initial). La libération des agents réactifs et leur mélange sont plus difficile lorsque cette technique est appliquée <i>in situ</i> . Le matériel solidifié peut limiter l'utilisation future du site. La contamination présente sous l'eau demandera un assèchement.	■	■	■	■	●	■	non
<b>Traitement thermique <i>in situ</i></b>											
Extraction des vapeurs sous vacuum rehaussée par chauffage	L'injection d'air chaud, de vapeur chaude ou de chaleur par ondes-radio, fibres optiques/électromagnétiques ou câbles chauffants est utilisée pour accroître la mobilité des composés volatils et en faciliter leur extraction. Ce système nécessite un traitement des effluents gazeux.	Innovatrice	Une teneur en eau élevée est une limitation importante de l'extraction sous vacuum. Le chauffage du sol peut améliorer la circulation de l'air en évaporant l'eau. Ce système est conçu pour traiter les composés organiques volatils et semi-volatils mais peut être aussi efficace pour le traitement des pesticides et des hydrocarbures plus lourds en fonction de la température atteinte dans les sols. Suite à cette application, les conditions du sous-sol sont favorables pour la biodégradation des contaminants résiduels.	Le chauffage demandera plus d'énergie dans une situation où les sols sont compacts, ont une teneur en humidité élevée et possède une perméabilité à l'air réduite. L'hétérogénéité des sols résultera en une libération inégale et incontrôlée des vapeurs chaudes dans la zone contaminée. Les sols ayant des teneurs élevées en carbone organique possèdent des capacités d'adsorption élevées, ce qui se traduit par une diminution des taux d'extraction. Il y a nécessité de traiter les effluents gazeux. En outre, le charbon utilisé demandera une réactivation ou à être éliminé vers un site autorisé. Cette technologie est limitée à la zone non saturée des sols.	○	○	■	■	■	●	non



REVUE DES TECHNOLOGIES DE TRAITEMENT DISPONIBLES POUR LES SOLS ET LES EAUX SOUTERRAINES

Technologie	Description	Degré de développement	Applicabilité	Limitations	Efficacité						Retenus
					COV non halogénés <sup>(1)</sup>	COV halogénés <sup>(2)</sup>	COSV non halogénés <sup>(3)</sup>	COSV halogénés <sup>(4)</sup>	Hydrocarbures pétroliers <sup>(5)</sup>	Inorganiques <sup>(6)</sup>	
<b>Sols</b>											
<b>Traitement biologique ex situ</b>											
Biopiles	Les sols excavés sont mélangés avec des amendements (nutriments) et mis en pile. Les processus inclut la préparation de la surface imperméable avec système d'interception pour la collecte des eaux de lixiviation, la mise en place des conduites de circulation d'air et du système d'irrigation, nécessite le traitement des effluents gazeux.	Conventionnelle	Le traitement en biopile a été appliqué pour traiter les composés organiques volatils non halogénés et les hydrocarbures pétroliers. Les composés halogénés, les composés semi-volatils et les pesticides peuvent également être traités mais l'efficacité du processus variera et sera applicable pour seulement quelques composés à l'intérieur de ces groupes.	L'excavation des sols est requise. Des essais pilotes devraient être réalisés pour déterminer la biodégradabilité des contaminants et définir les paramètres de conceptions : quantité d'oxygène, de nutriments. L'efficacité est réduite dans le cas de composés halogénés et de contaminants explosifs. Si le sol n'est pas périodiquement brassé, il en résultera un traitement non uniforme des sols.	■	■	◆	◆	■	◆	oui
Compostage	Les sols contaminés sont mis en place à la surface du terrain et périodiquement retournés pour permettre une aération efficace.	Conventionnelle	Le compostage <i>ex situ</i> s'avère efficace pour le traitement des hydrocarbures pétroliers et autres contaminants biodégradables moins volatils. Cette technique est habituellement utilisée pour les hydrocarbures pétroliers plus lourds moins volatils. Plus le poids moléculaire du composé est élevé, plus le taux de dégradation est lent. Les composés les plus récalcitrants à être biodégradés sont ceux à base de chlore.	Une grande surface de terrain est nécessaire. Les facteurs pouvant affectés la biodégradation des contaminants (To, pluie) sont incontrôlables, se traduisant par une augmentation du temps de décontamination. Les contaminants organiques ne sont pas traités. Les contaminants volatils doivent subir un prétraitement afin d'éviter une pollution de l'air. La présence de métaux peut-être toxique pour les micro-organismes. Des infrastructures de collecte des eaux de ruissellement doivent être construites et un suivi implanté.	■	■	◆	◆	■	◆	non
Traitement biologique par boues activées avec/sans cométabolites et micro-organismes adaptés	Une boue est créée en combinant des sols, de l'eau et autres additifs. La boue est mélangée de manière à garder les solides en suspension et les micro-organismes en contact avec les sols contaminés (boues activées, lits fluidisés, bioréacteurs en série). À la fin du processus, la boue est asséchée et les sols traités sont disposés.	Innovatrice	Les techniques de bioremédiation par boues activées ont été utilisées avec succès pour traiter les sols et les sédiments contaminés par les explosifs, des hydrocarbures pétroliers, des solvants, des pesticides, des agents de préservation du bois et autres composés organiques. Les bioréacteurs sont favorisés en regard des différentes contraintes rencontrées pour le traitement biologique <i>in situ</i> : les sols hétérogènes, les sols de faibles perméabilités, sols contaminés, trappés sous la nappe d'eau.	L'excavation des sols est requise. Les sols non homogènes et les argiles peuvent créer de sérieux problèmes de manipulation lorsque transférés dans le bioréacteur (dispensieux). Il y a nécessité de récupérer toute phase flottante de produits pétroliers avant d'entrevoir l'étape d'excavation. L'assèchement des sols fins après traitement peut devenir dispensieux. Une méthode acceptable de disposition des eaux usées doit être envisagée. Des concentrations trop élevées en contaminants sont toxiques aux micro-organismes. Un système de contrôle de la pollution de l'air peut être requis. Les basses températures ambiantes réduiront significativement les taux de dégradation se traduisant par une augmentation de la durée de traitement et des coûts d'opération.	■	■	◆	◆	■	◆	non
<b>Traitement physique/chimique ex situ</b>											
Décomposition catalytique	Les sols contaminés sont tamisés, transférés vers un concasseur si nécessaire puis vers un malaxeur où ils sont mélangés avec du bicarbonate de sodium. Le mélange est chauffé jusqu'à l'atteinte d'une température de 350 °C dans un réacteur rotatif pour volatiliser et décomposer les contaminants. Les effluents gazeux doivent être traités.	Innovatrice	Les contaminants ciblés par cette technologie sont les composés semi-volatils halogénés, les pesticides et les BPC. Elle peut également être efficace pour le traitement des composés halogénés volatils mais s'avérera plus dispenseuse que des technologies conventionnelles.	Des teneurs élevées en eau et un contenu élevé en argile augmenteront les coûts de traitement. Il y a nécessité de capter les effluents gazeux et liquide et de les traiter.	■	■	■	■	■	●	non
Extraction chimique	Les sols contaminés et les agents d'extraction sont mélangés dans un extracteur pour dissoudre les contaminants. La solution d'extraction est ensuite placée dans un séparateur où les contaminants et les agents d'extraction sont séparés pour traitement et utilisation future.	Innovatrice	L'extraction aux solvants est démontrée efficace pour le traitement des sols contaminés par les BPC, les composés volatils, les solvants halogénés et les hydrocarbures pétroliers lourds. Le processus est applicable pour la séparation d'organiques dans les peintures usées, les déchets à base de goudron, les boues de forage, les agents de préservation de bois, les pesticides et les insecticides et les produits de raffinage.	Certains types de sol (argile) et des teneurs élevées en eau vont diminuer la performance du système. La présence de détergents et/ou d'émulsifiants limitera également la performance du procédé. Des traces de solvants peuvent demeurer en concentration résiduelles après le traitement. La toxicité de ces solvants est un facteur important à considérer. L'extraction des solvants est moins dispenseuse pour les substances hydrophobe et à poids moléculaire élevé. Suite à l'extraction des acides, les acides résiduels dans les sols doivent être neutralisés. Les coûts en capitaux sont relativement élevés.	○	○	■	■	○	■	non

## REVUE DES TECHNOLOGIES DE TRAITEMENT DISPONIBLES POUR LES SOLS ET LES EAUX SOUTERRAINES

Technologie	Description	Degré de développement	Applicabilité	Limitations	Efficacité						Retenus
					COV non halogénés <sup>(1)</sup>	COV halogénés <sup>(2)</sup>	COSV non halogénés <sup>(3)</sup>	COSV halogénés <sup>(4)</sup>	Hydrocarbures pétroliers <sup>(5)</sup>	Inorganiques <sup>(6)</sup>	
<b>Sols</b>											
Lessivage chimique	Le lessivage chimique transfère les métaux d'un sol vers une solution de lessivage. Un procédé est ensuite utilisé pour régénérer l'agent de lessivage et récupérer les métaux et/ou sels. Ce processus est connu sous le nom de procédé hydrométallurgique.	Innovatrice	Les contaminants visés par le procédé hydrométallurgique sont les métaux : chrome, nickel, cuivre, zinc, plomb, cadmium, tin, cobalt, vanadium, titanium, molybdène, or, argent, palladium, platine et le mercure.	De grandes quantités de solution de lessivage ou de grands temps de contact sont nécessaires pour des sols argileux. Ces types de sols laisseront également des particules fines difficile à extraire lors de la régénération de l'agent de lessivage. Il y a nécessité d'enlever les agrégats métalliques par séparation physique au préalable.	●	●	●	●	●	●	non
Oxydation/réduction chimique	L'oxydation/réduction chimique convertit les contaminants dangereux et composés moins toxiques, plus stables et moins mobiles. Les agents oxydants les plus utilisés sont l'ozone, le peroxyde d'hydrogène, les hypochlorites et le chlore.	Conventionnelle	Les contaminants visés par cette technologie sont les inorganiques. Elle peut être utilisée mais sera moins efficace pour les composés volatils et semi-volatils non-halogénés, les hydrocarbures pétroliers et les pesticides.	Une oxydation incomplète ou la formation de contaminants intermédiaires peuvent survenir en fonction des contaminants présents et des oxydants utilisés. Ce procédé n'est économiquement pas viable pour des concentrations élevées qui demandent de grandes quantités d'agents oxydants. Le contenu en huiles et graisses devrait être minimal dans les sols pour obtenir une efficacité supérieure.	○	○	○	○	○	■	non
Déhalogénéisation	Des réactifs sont ajoutés aux sols contaminés par des composés organiques halogénés. Le procédé de déhalogénéisation est réalisé soit par le remplacement des molécules halogènes ou la décomposition et la volatilisation partielle des contaminants.	Innovatrice	Les classes de contaminants ciblées pour l'utilisation de la déhalogénéisation sont les composés halogénés semi-volatils et les pesticides glycolate/glycole à base de polyéthylène alcalin. Ce procédé est l'un des rares à s'être avéré efficace pour le traitement des BPC.	Des teneurs élevées en eau et un contenu élevé en argile augmenteront les coûts d'application de cette technologie. Elle n'est pas avantageuse économiquement pour de grands volumes de sols contaminés. Des concentrations en composés organo-chlorés supérieures à 5 % nécessiteront de grandes quantités de réactifs.	○	○	○	○	●	●	non
Lavage chimique des sols	Les contaminants adsorbés à la surface des particules fines de sol sont séparés des sols dans une solution aqueuse en fonction de la granulométrie des sols. Des agents de lessivage, des solutions de dosage du pH, des surfactants et des agents de chélation peuvent être ajoutés à l'eau de lavage pour favoriser l'extraction des organiques et des métaux lourds.	Innovatrice	Les classes de contaminants visées par ce procédé sont les composés semi-volatils, les hydrocarbures pétroliers et les métaux lourds et pour quelques pesticides. Cette technologie offre le potentiel de récupérer les métaux et d'éliminer une large gamme de contaminants organiques et inorganiques dans les matériaux granulaires.	La présence de contaminants multiples dans les sols rendra complexe l'application de cette technologie. Un contenu en acide humique élevé dans les sols peut exiger un prétraitement. Des étapes additionnelles de traitement peuvent être nécessaires pour éliminer les concentrations résiduelles en solvant dans les eaux de lavage. Il peut être également fastidieux d'enlever les contaminants organiques absorbés sur des particules d'argile.	○	○	■	■	■	■	non
Extraction des vapeurs	Un vacuum est appliqué par l'intermédiaire d'un réseau de conduites de surface pour favoriser la volatilisation des contaminants organiques des sols excavés. Ce système nécessite le traitement des effluents gazeux.	Conventionnelle	Les contaminants ciblés pour l'application de cette technologie sont les composés organiques volatils.	Des émanations de gaz se produisent lors de la manipulation des sols. Une teneur élevée en humidité, en acide humique ou la présence de sol compact réduiront significativement l'efficacité de cette technologie. Une grande surface de terrain est nécessaire. Le traitement des effluents gazeux peut devenir dispendieux de même que pour les effluents liquides qui doivent être également traités.	■	■	○	○	○	●	non
Détoxification solaire	La détoxification solaire est un processus utilisant l'énergie des rayons ultraviolets du soleil pour détruire les contaminants.	Émergente	Les classes de contaminants visées par l'application de la détoxification solaire sont les composés organiques volatils et semi-volatils, les solvants chlorés et les pesticides. Ce procédé est également efficace pour enlever les métaux lourds de l'eau.	Cette technologie peut être appliquée seulement qu'en plein jour avec une intensité normale de soleil (8 heures d'ensoleillement), donc tributaire des conditions météorologiques. La colmatation par des bactéries, du fer précipité et des solides en suspension limiteront l'efficacité de cette technique.	■	■	■	■	■	●	non

## REVUE DES TECHNOLOGIES DE TRAITEMENT DISPONIBLES POUR LES SOLS ET LES EAUX SOUTERRAINES

Technologie	Description	Degré de développement	Applicabilité	Limitations	Efficacité						Retenus
					COV non halogénés <sup>(1)</sup>	COV halogénés <sup>(2)</sup>	COSV non halogénés <sup>(3)</sup>	COSV halogénés <sup>(4)</sup>	Hydrocarbures pétroliers <sup>(5)</sup>	Inorganiques <sup>(6)</sup>	
<b>Soils</b>											
Solidification/Stabilisation <i>ex situ</i>	Les contaminants sont physiquement liés ou encapsulés à l'intérieur d'une masse stabilisée (solidification) ou, par ailleurs, des réactions chimiques surviennent entre l'agent stabilisateur et les contaminants pour réduire leur mobilité (stabilisation). Les matériaux solidifiés/stabilisés requièrent d'être disposés sécuritairement.	Conventionnelle	Les contaminants visés par la solidification/stabilisation sont généralement inorganiques incluant les isotopes radioactifs.	Les conditions environnementales peuvent affecter l'immobilisation à long terme des contaminants. Certains procédés provoqueront une augmentation significative du volume traité (jusqu'à 2 fois le volume initial). Certains contaminants sont incompatibles avec certains procédés. Des études de traitabilité sont requises. Les contaminants organiques ne sont pas stabilisés. L'efficacité à long terme n'est pas démontré pour certains contaminants et certains procédés.	●	●	○	○	●	■	non
Stabilisation chimique des métaux par ajout de phosphate (PIMS)	Le principe repose sur la stabilisation des métaux par addition d'un minéral riche en phosphate, "l'apatite II". La structure cristalline de ce minéral permet de stabiliser jusqu'à 20 % de son poids en métaux et ce, pendant des millions d'années. Cette technologie n'est affectée ni par la température ni par le pH, ni par l'humidité, ni par la méthode organique.	Innovatrice	Cette technologie économique est applicable à tout type de sol et d'eau. Les paramètres traités incluent le plomb, l'uranium, le cadmium et le zinc. Les propriétés de ce minéral de calcium et de phosphate lui confère une efficacité supérieure comparativement aux autres formes de phosphate. Les principales méthodes d'application sont le mélange d'apatite I dans les sols ou la mise en place d'une barrière réactive perméable.	Pour les sites où les barrières réactives ou le mixage des sols sont inappropriés, l'application de cette technologie est difficile.	●	●	●	●	●	■	oui
Vitrification <i>ex situ</i>	La vitrification <i>ex situ</i> utilise une torche au plasma, un courant électrique intense ou une autre source de chaleur intense pour faire fondre les sols contaminés à hautes températures (1 600 à 2 030°C) afin d'immobiliser la plupart des composés inorganiques et détruire les contaminants organiques par pyrolyse. Elle est conçue de manière à encapsuler les contaminants inorganiques.	Innovatrice	La vitrification <i>ex situ</i> est applicable à un large éventail de contaminants (COV, SCOV, pesticides, etc.) mais les contaminants généralement visés sont les inorganiques incluant les isotopes radioactifs.	Les effluents gazeux des contaminants organiques volatils nécessitent d'être contrôlés lors de la manipulation des sols. Certains métaux lourds (mercure) et contaminants radioactifs volatils nécessiteront la mise en place d'un système de traitement des gaz. Les matériaux vitrifiés devront être réutilisés et/ou disposés dans un lieu autorisé.	■	■	■	■	■	■	non
<b>Traitement thermique <i>ex situ</i></b>											
Décontamination à l'aide de gaz chauds	Le procédé implique une augmentation de la température du matériel contaminé pour une période de temps prédéterminée. Les effluents gazeux sont ensuite brûlés pour détruire l'ensemble des contaminants volatils.	Émergente	Cette méthode est applicable pour des équipements de procédé nécessitant une décontamination avant leur réutilisation. Elle est aussi utilisée pour du matériel à base d'explosifs.	Les coûts de cette technologie sont supérieurs à ceux de l'incinération. Il y a toujours danger d'explosion de la part de certaines pièces d'équipements. Ce procédé de décontamination est généralement très lent.	●	●	●	●	●	●	non
Incinération	Des températures élevées, de 871 à 1 204°C sont utilisées pour détruire par combustion (en présence d'oxygène) des composés organiques dans des matériaux dangereux.	Conventionnelle	L'incinération est utilisée pour réhabiliter des sols contaminés par des explosifs et des substances dangereuses, particulièrement des hydrocarbures chlorés, BPC et des dioxines.	Seulement un type d'incinérateur mobile extérieur est approuvé pour brûler les BPC et les dioxines. Il existe des règlements spécifiques pour la manipulation des matériaux qui limiteront l'applicabilité de cette technologie ou en augmenteront les coûts d'utilisation. Les métaux lourds peuvent produire des cendres qui devront être stabilisées. Des métaux lourds reconnus volatils (mercure, arsenic, plomb, cadmium) nécessiteront l'installation d'équipement pour éliminer les effluents gazeux.	■	■	■	■	■	●	non

## REVUE DES TECHNOLOGIES DE TRAITEMENT DISPONIBLES POUR LES SOLS ET LES EAUX SOUTERRAINES

Technologie	Description	Degré de développement	Applicabilité	Limitations	Efficacité						Retenus
					COV non halogénés <sup>(1)</sup>	COV halogénés <sup>(2)</sup>	COSV non halogénés <sup>(3)</sup>	COSV halogénés <sup>(4)</sup>	Hydrocarbures pétroliers <sup>(5)</sup>	Inorganiques <sup>(6)</sup>	
<b>Sols</b>											
Pyrolyse	La décomposition chimique est induite dans les matériaux organiques par chauffage en l'absence d'oxygène. Les contaminants organiques sont transformés en composés gazeux et un résidu solide (coke) contenant du charbon et des cendres.	Conventionnelle	Les groupes de contaminants visés par la pyrolyse sont les composés organiques semi-volatils et les pesticides. Ce procédé est applicable pour l'enlèvement des organiques provenant des résidus pétroliers, des résidus goudronnés, des résidus de traitement de bois, des sols contaminés au créosote et/ou aux hydrocarbures pétroliers, aux déchets radioactifs et de peinture.	Il existe des règlements spécifiques sur la dimension/granulométrie des matériaux et pour la manipulation des matériaux qui peuvent limiter l'application de cette technologie ou en augmenteront les coûts d'utilisation. Cette technologie exige un assèchement des sols à un taux d'humidité inférieur à 1 %. Des matériaux très abrasifs peuvent endommager les pièces d'équipement du procédé. Des taux élevés d'humidité augmenteront les coûts de traitement. Les sols contaminés contenant des métaux lourds devront être stabilisés avant réutilisation et/ou disposition dans un lieu autorisé. Nécessite l'excavation des sols et/ou matériaux contaminés.	○	○	■	■	○	●	<b>non</b>
Désorption thermique	Les résidus contaminés sont chauffés afin de volatiliser l'eau et les contaminants organiques. Un système transporte sous vacuum les vapeurs d'eau et de contaminants organiques vers le système de traitement des effluents gazeux.	Innovatrice	La désorption thermique démontre différents degrés d'efficacité envers l'ensemble des contaminants organiques. Les contaminants ciblés pour la désorption thermique à basse température sont les hydrocarbures pétroliers et les composés volatils non halogénés. Les composés semi-volatils, les HAP, les BPC, les pesticides et les métaux volatils (Hg, As, pb, Cd) peuvent être enlevés par désorption thermique à haute température.	Il existe des règlements spécifiques sur la dimension/granulométrie des matériaux et pour la manipulation des matériaux qui peuvent limiter l'application de cette technologie ou en augmenteront les coûts d'utilisation. L'assèchement des sols peut être nécessaire pour atteindre des taux d'humidité acceptable. Des matériaux très abrasifs peuvent endommager les pièces d'équipement du procédé. Les sols contaminés contenant des métaux lourds devront être stabilisés avant leur réutilisation et/ou leur disposition. Les sols silteux et/ou argileux et les sols ayant un contenu humique élevé augmenteront les temps de réaction.	■	■	■	■	■	●	<b>non</b>
<b>Confinement</b>											
Recouvrement physique	Un recouvrement physique par l'intermédiaire de matériaux imperméables (asphalte, membrane, ciment, argile) est mis à la surface pour contrôler la source de contamination et empêcher une infiltration des eaux de pluie.	Conventionnelle	Un recouvrement physique peut être une solution finale ou temporaire. Les recouvrements temporaires sont installés afin de minimiser la production de lixiviat avant qu'un scénario de décontamination plus approprié soit sélectionné. Un recouvrement physique peut aussi être appliqué à des masses de déchets ou de sols contaminés tellement grandes que d'autres types d'intervention de décontamination sont jugés économiquement non viable.	Un recouvrement physique ne diminue pas la toxicité, la mobilité ou la masse d'un contaminant mais constitue une mesure de mitigation. Un recouvrement par lui-même n'évite aucunement l'écoulement horizontal des eaux souterraines au travers des déchets et/ou des sols contaminés. Dans de nombreux scénarios de confinement, un recouvrement physique de surface est mis en place simultanément à des parois verticales étanches (palplanches, sols, bentonite, etc.) pour minimiser la migration horizontale.	○	○	○	○	○	○	<b>oui</b>
<b>Autre technologie de traitement</b>											
Excavation, transport et disposition	Les sols contaminés sont excavés et transportés vers un site de traitement autorisé et/ou vers un lieu d'entreposage autorisé. Un prétraitement peut s'avérer nécessaire.	Conventionnelle	L'excavation/disposition peut s'appliquer à l'ensemble des contaminants sans distinction aucune.	La production d'émissions gazeuses lors des travaux d'excavation peut devenir un problème qui doit être envisagé. La distance du site contaminé envers le site d'enfouissement ou de traitement autorisé le plus près peut engendrer des coûts astronomiques. La profondeur d'excavation et la nature des matériaux à excaver doivent être envisagées. Il y aura toujours un potentiel de migration de contaminants à l'intérieur d'un site d'enfouissement : émissions gazeuses, eaux de percolation à travers les sols contaminés, migrations verticales et horizontales d'eau contaminée.	○	○	○	○	○	○	<b>oui</b>

REVUE DES TECHNOLOGIES DE TRAITEMENT DISPONIBLES POUR LES SOLS ET LES EAUX SOUTERRAINES

Technologie	Description	Degré de développement	Applicabilité	Limitations	Efficacité						
					COV non halogénés <sup>(1)</sup>	COV halogénés <sup>(2)</sup>	COSY non halogénés <sup>(3)</sup>	COSY halogénés <sup>(4)</sup>	Hydrocarbures pétroliers <sup>(5)</sup>	Inorganiques <sup>(6)</sup>	Retenus
<b>Eaux souterraines et eaux de surface</b>											
<b>Traitement biologique <i>in situ</i></b>											
Traitement par cométabolisation	Injection d'un solution diluée de liquides et/ou de gaz (toluène, méthane, ou oxygène) à l'intérieur de l'enclave de contamination pour augmenter le taux de biodégradation méthanotrophique des contaminants organiques.	Émergente	Les groupes de contaminants visés par cette technologie sont les solvants chlorés (TCE, TCA, DCA). Des travaux sont en cours pour étendre l'application de ce procédé pour le traitement des BPC et des pesticides.	Cette technologie est en développement. Des difficultés de circulation de la solution à base de méthane sont à entrevoir dans les sols hétérogènes pour atteindre l'ensemble de la zone contaminée. Les zones de perméabilités élevées seront traitées plus rapidement. Des précautions doivent être prises lors de la manipulation du méthane. Un système de traitement des eaux peut être nécessaire à la surface pour traiter les eaux souterraines avant leur réinjection ou leur disposition. Des concentrations élevées en cuivre affecteront la biodégradation méthanotrophique.	■	◆	■	◆	◆	●	non
Biodégradation rehaussée	Le taux de biodégradation naturelle des composés organiques est rehaussée par une augmentation des concentrations en accepteurs d'électrons dans l'eau souterraine. L'oxygène est le principal accepteur d'électron dans le cas d'une biodégradation en condition aérobie. Le nitrate et le sulfate peuvent servir comme accepteurs d'électron pour une biodégradation en condition anaérobie.	Innovatrice	Les contaminants visés par l'application de cette technique de rehaussement des processus naturels de biodégradation sont les composés non halogénés volatils et semi-volatils et les hydrocarbures pétroliers. L'augmentation par les nitrates est surtout utilisée pour le traitement des BTEX.	Des difficultés d'injection et de circulation des accepteurs d'électron (nitrate soluble, peroxyde d'hydrogène) sont à entrevoir dans les sols hétérogènes. Les zones de perméabilités élevées seront traitées plus rapidement. Des concentrations en peroxyde d'hydrogène supérieures à 200 ppm dans l'eau seront inhibitrices aux développements des micro-organismes. Les enzymes microbiens et des teneurs élevées en fer peuvent rapidement réduire les concentrations en oxygène dissous et réduire les zones d'influence. Si des systèmes d'injection d'air sont utilisés, il y a des possibilités de créer des émissions gazeuses en surface qui devront être captées puis traitées. L'injection de nitrate dans l'eau n'est pas permise partout en fonction des règlements en vigueur.	■	◆	■	◆	■	●	non
L'atténuation naturelle	Les processus naturels tels que la dilution, la volatilisation, l'adsorption, la biodégradation, l'advection, la dispersion et les réactions chimiques (hydrolyse, complexation chimique, réactions acide base) entrent en jeu pour réduire naturellement les concentrations des contaminants sous les normes réglementaires.	Innovatrice	Les contaminants ciblés par l'application de l'atténuation naturelle sont les composés volatils et semi-volatils et les hydrocarbures pétroliers. Les BTEX et les solvants chlorés (TCE, TCA, DCA) sont les contaminants les plus communément évalués pour la démonstration d'une atténuation naturelle. Quelques pesticides peuvent également être sujet à l'évaluation de l'atténuation naturelle. De plus, l'atténuation naturelle peut être appropriée pour quelques métaux lorsqu'il est démontré qu'un changement de valence du métal résultera en son immobilisation (chromium par exemple).	Dans certaines situations, les efforts intensifs de caractérisation, les travaux de modélisation et le suivi à long terme peuvent devenir plus dispendieux qu'une remédiation active. La toxicité des produits de dégradation et/ou de décomposition peut excéder celle des contaminants de base. L'utilisation des sols et des eaux souterraines sera réduite pour une période de temps significative. La récupération des phases flottantes esent nécessaire pour que soit appliqué le concept d'atténuation naturelle sur une période de temps envisageable. Des efforts supplémentaires doivent être faits pour sensibiliser les instances décisionnelles pour l'acceptation de l'application de ce mode de gestion environnementale.	■	◆	◆	◆	■	◆	oui
Mélange des sols en profondeur	Le mélange des sols en profondeur est une technologie basée sur la réalisation de forage pouvant atteindre plus de 30 m de profondeur et l'injection simultanée d'un fluide contenant des agents de biotraitement (nutriments, oxygène, micro-organismes). Les forages ont un diamètre de l'ordre de 1,6 m. Les sols et le fluide sont homogénéisés lors du forage. Les lentilles de sol et les poches de contamination généralement inatteignables sont alors traités. Elles augmentent la qualité et l'accélération de la biodégradation en profondeur sans la réalisation d'excavation des sols.	Émergente	Les classes de contaminants ciblées par cette nouvelle technologie sont les composés volatils et semi-volatils halogénés et non halogénés, les pesticides et les herbicides organiques, les solvants et les BTEX. D'autres contaminants comme les dioxines/furannes, les BPC, les HAP et les pesticides organo-métalliques peuvent potentiellement être traités par cette technologie.	Des structures enfouies de grands diamètres où la présence de blocs erratiques en profondeur limiteront l'efficacité de cette technologie, nécessite une habileté lors du commun à contrôler le débit du fluide d'injection et la dispersion potentiel du/des contaminants en surface.	■	■	■	■	■	●	non

REVUE DES TECHNOLOGIES DE TRAITEMENT DISPONIBLES POUR LES SOLS ET LES EAUX SOUTERRAINES

Technologie	Description	Degré de développement	Applicabilité	Limitations	Efficacité						Retenus
					COV non halogénés <sup>(1)</sup>	COV halogénés <sup>(2)</sup>	COSV non halogénés <sup>(3)</sup>	COSV halogénés <sup>(4)</sup>	Hydrocarbures pétroliers <sup>(5)</sup>	Inorganiques <sup>(6)</sup>	
<b>Eaux souterraines et eaux de surface</b>											
Phytoremédiation des organiques	La phytoremédiation est un ensemble de processus qui utilise les plantes pour éliminer la contamination, particulièrement les substances organiques dans les eaux souterraines et les eaux de surface.	Émergente	La phytoremédiation peut être utilisée pour éliminer les contaminants organiques des eaux de surface et des eaux souterraines. Les plantes produisent également des enzymes telle la bêtahalogénase et l'oxygénase qui augmentent les vitesses de dégradation en les catalysants.	Cette technologie est limitée aux eaux souterraines peu profondes. Des concentrations élevées peuvent être toxiques aux plantes. Les conditions climatiques et saisonnières interféreront sur la croissance des plantes, augmenteront les efforts de décontamination et prolongeront le temps de traitement. La phytoremédiation n'est pas efficace pour les contaminants ayant une forte capacité d'adsorption (BPC) ou une faible capacité d'adsorption. La toxicité et la biodisponibilité des produits de dégradation ne sont pas toutes connues. Les produits peuvent être bioaccumulés dans les animaux.	○	○	○	○	○	■	non
Fracturation hydraulique	L'injection à haute pression d'eau par l'intermédiaire de puits augmentera la densité de fractures dans les sols peu perméable. Les fissures augmenteront la porosité des sols et favoriseront la biodégradation des contaminants ou amélioreront l'efficacité du taux de pompage.	Émergente	La fracturation hydraulique s'applique à une grande variété de contaminants sans aucune distinction particulière.	Cette technologie ne devrait pas être employée dans les régions susceptibles d'être l'objet de secousses sismiques. Une investigation détaillée des services publics souterrains et/ou des zones de produits trappés est requise. Il existe un potentiel de créer des voies préférentielles de migration non souhaitées (DNAPL). Des zones de faibles perméabilités peuvent demeurer suite à l'application de cette technologie. Il est pratiquement impossible de contrôler la localisation, la distribution et la dimension des fractures créées.	○	○	○	○	○	○	non
Aération forcée à l'intérieur de puits	Dans ce type de système, de l'air est injecté à l'intérieur d'un puits à double crépines. Sous l'effet de l'injection l'eau dans le puits s'élève et s'évacue vers la crépine du haut. Au même moment, de l'eau contaminée s'infiltré dans le puits par la crépine inférieure. Une fois dans le puits, les composés volatils dans l'eau souterraine subissent un transfert de phase vers l'atmosphère. Les vapeurs produites sont extraites du puits et traitées en surface.	Émergente	Les groupes de contaminants ciblés sont les composés halogénés volatils et semi-volatils et les hydrocarbures pétroliers. Des variations à cette technologie peuvent permettre le traitement efficace de quelques composés non halogénés semi-volatils et volatils, pesticides et inorganiques. Cette technologie est plus avantageuse économiquement dans le cas où la nappe d'eau est profonde parce qu'il n'est pas nécessaire d'amener l'eau en surface. Il est préférable de recourir à ce procédé lorsque les conductivités horizontales sont supérieures à 10 <sup>-3</sup> cm/sec et que le ratio perméabilité horizontale/perméabilité verticale se situe entre 3 et 10.	En général, cette technologie est plus efficace lorsque les contaminants possèdent des concentrations élevées avec des constantes d'Henry élevées. Le colmatage des puits peut survenir en présence de fer et de manganèse dans l'eau. Une installation efficace et adéquate requiert une connaissance approfondie de l'étendue de l'enclave afin d'éviter une propagation additionnelle. Ce système ne devrait pas être utilisé où une phase flottante d'hydrocarbures est détectée pour éviter la création du zone de mélange (narnage). Cette technologie est limitée au site démontrant des conductivités horizontales supérieures à 10 <sup>-5</sup> cm/sec.	■	■	○	○	■	I	non
Barrières réactives	Ces barrières permettent le passage de l'eau souterraine en entravant le mouvement et la migration des contaminants par l'utilisation d'agents de chélation (liants choisis pour un métal prédéterminé), d'absorbant, de microbes et autres.	Innovatrice	Cette technologie peut être employée lorsque les contaminants en présence sont des composés volatils et semi-volatils et des inorganiques. Son efficacité pour les hydrocarbures pétroliers est moindre.	Les barrières réactives peuvent perdre leur capacité de traitement exigeant du même coup le remplacement du média réactif. La perméabilité à l'intérieur des barrières peut diminuer sous l'effet de la précipitation de métaux et/ou de sels. La profondeur d'installation des barrières est limitée (<10 m). Des coûts élevés sont à prévoir pour le média de traitement. L'activité biologique peut aussi limiter la perméabilité de la barrière.	■	■	■	■	○	■	oui
<b>Traitement physique/chimique <i>in situ</i></b>											
Extraction des vapeurs sous vacuum rehaussée par chauffage	L'injection d'air chaud, de vapeur chaude ou de chaleur par ondes-radio, fibres optiques/électromagnétiques ou câbles chauffants est utilisée pour accroître la mobilité des composés semi-volatils et en faciliter leur extraction. Ce système nécessite un traitement des effluents gazeux. Les puits d'extraction doivent être résistants à la chaleur.	Innovatrice	Ce procédé est conçu pour traiter les composés organiques semi-volatils. Il peut être aussi efficace pour le traitement des pesticides et des hydrocarbures plus lourds en fonction de la température atteinte dans les sols et l'eau souterraine. Suite à cette application, les conditions, du milieu souterrain sont favorables pour la biodégradation des contaminants résiduels.	La performance d'extraction de certains contaminants dépendra de la température maximale atteinte. La présence d'objet enfouis nuira à l'implantation de cette technologie. Le chauffage demandera plus d'énergie dans une situation où les sols sont compacts, ont une teneur en eau élevée et possède une perméabilité à l'air réduite. L'hétérogénéité des sols résultera en une libération inégale et incontrôlée des vapeurs chaudes dans la zone contaminée. Les sols ayant des concentrations élevées en carbone organique possèdent des capacités d'adsorption élevées, ce qui se traduit par une diminution des taux d'extraction. Il y a nécessité de traiter les effluents gazeux. En outre, le charbon utilisé demandera une régénération ou à être éliminé dans un site autorisé.	■	■	■	■	■	●	non

REVUE DES TECHNOLOGIES DE TRAITEMENT DISPONIBLES POUR LES SOLS ET LES EAUX SOUTERRAINES

Technologie	Description	Degré de développement	Applicabilité	Limitations	Efficacité						Retenus
					COV non halogénés <sup>(1)</sup>	COV halogénés <sup>(2)</sup>	COSV non halogénés <sup>(3)</sup>	COSV halogénés <sup>(4)</sup>	Hydrocarbures pétroliers <sup>(5)</sup>	Inorganiques <sup>(6)</sup>	
<b>Eaux souterraines et eaux de surface</b>											
Oxydation chimique-biochimique <i>in situ</i>	Les principes de base du recours à l'oxydation chimique résident dans la libération d'oxydants chimiques à l'intérieur du milieu contaminé afin de détruire les contaminants en les convertissant en composés inoffensifs retrouvés dans la nature. Les oxydants sont typiquement le peroxyde d'hydrogène (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ), le permanganate de potassium (KMNO <sub>4</sub> ) et l'ozone. Les volumes requis et la composition chimique du traitement sont fonction du type de contaminants, des concentrations mesurées, du volume de sol/d'eau affecté, des caractéristiques du milieu et des résultats obtenus d'essais en laboratoire. Une solution nutritive (phosphore, azote, etc) peut être injectée parallèlement à l'oxydant pour stimuler la biodégradation. On parle alors d'oxydation	Innovatrice	L'oxydation chimique peut être appliquée à une grande variété de composition de sol et de granulométrie (gravier, sable, silt, argile). Elle est employée pour traiter les milieux contaminés par les composés organiques volatils incluant le dichloroéthène (DCE), le trichloroéthène (TCE), le tétrachloroéthène (PCE) et les BTEX, les composés semi-volatils tels les pesticides, les HAP et le BPC. Ce procédé a également été employé pour réduire les concentrations en arsenic.	Le peroxyde d'hydrogène et l'ozone, généralement plus dispendieux d'application, requièrent des mesures de sécurité pour la protection de la santé de par leurs volatilités élevées. Une oxydation incomplète ou la formation de contaminants intermédiaires peuvent survenir et fonction des contaminants et de l'oxydant utilisé. Ce procédé peut ne pas être économiquement viable pour des concentrations élevées qui demandent de grandes quantités d'oxydants.	◆	◆	◆	◆	■	○	oui
Stabilisation chimique des métaux par ajout de phosphate (PIMS)	Le principe repose sur la stabilisation des métaux par addition d'un minéral riche en phosphate, "l'apatite II". La structure cristalline de ce minéral permet de stabiliser jusqu'à 20 % de son poids en métaux et ce, pendant des millions d'années. Cette technologie n'est affectée ni par la température, ni par le pH, ni par l'humidité, ni par la matière organique.	Innovatrice	Cette technologie économique est applicable à tout type de sol et d'eau. Les paramètres traités incluent le plomb, l'uranium, le cadmium et le zinc. Les propriétés de ce minéral de calcium et de phosphate lui confère une efficacité supérieure comparativement aux autres formes de phosphate. Les principales méthodes d'application sont le mélange d'apatite II dans les sols ou la mise en place d'une barrière réactive perméable.	Pour les sites où les barrières réactives ou le mixage des sols sont inappropriés, l'application de cette technologie est difficile. L'injection d'une solution directement dans les sols est à l'état d'expérimentation. Les particules d'apatite sont d'une taille telle qu'elles limitent le rayon d'influence à quelques dizaines de centimètres, nécessitant la réalisation d'un très grand nombre de forage d'injection.	●	●	●	●	●	■	non
Stabilisation chimique des métaux par précipitation en milieu anaérobie	L'objectif est d'améliorer la condition anaérobie d'un site à une condition anaérobie. Pour ce faire, on injecte une substance nutritive, comme de la mélasse, directement dans les sols et l'eau souterraine. Les bactéries aérobies vont ainsi proliférer et utiliser tout l'oxygène disponible, laissant place aux conditions anaérobies. L'ajout continu de mélasse assure la prolifération des bactéries anaérobies, libérant les sulfures nécessaires à la précipitation des métaux.	Innovatrice	Les contaminants ciblés sont les métaux lourds et les solvants chlorés. La technologie s'applique tant aux sols qu'aux eaux souterraines. Cette technologie a démontré son efficacité sur plusieurs sites depuis quelques années. La disponibilité de la matière et la facilité d'application font de cette technologie une méthode économique de traitement <i>in situ</i> nécessitant peu d'interventions.	Les conditions géologiques et climatiques sont des facteurs nuisant à l'efficacité à court terme. Une bonne caractérisation géochimique de base est nécessaire. La conception du dosage d'injection est un paramètre majeur dont un manque de contrôle peut limiter l'atteinte des conditions anaérobies ou entraîner le colmatage des puits par la prolifération excessive de bactéries.	○	○	○	○	○	■	non
Extraction sous vacuum assistée par injection de vapeurs/eau chaude	Des vapeurs/eau chaude sont injectées dans l'aquifère à l'aide de puits d'injection pour forcer la vaporisation des composés volatils et semi-volatils. Les composants vaporisés sont captés dans la zone vadose par extraction sous vacuum puis traités en surface. Les liquides organiques sont chauffés et, par une augmentation de leur mobilité, dirigés vers les puits d'extraction. Les conditions du milieu sont ensuite favorables à une biodégradation des composés résiduels dans	Innovatrice	Les classes de contaminants ciblées par cette technologie sont les composés organiques semi-volatils et les hydrocarbures pétroliers. Cette technologie peut être appliquée sur des sites de raffinage, de préservation de bois, de dépôts pétroliers et autres sites ayant des problématiques de liquides denses tels du goudron, des pentachlorophénols, de la créosote, etc.	Le type de sol, la géologie et l'hydrogéologie du site influenceront significativement l'efficacité du procédé. Des problèmes reliés au concept de gravité peuvent nuire à la propagation de la vapeur /eau chaude à l'intérieur de la zone contenant des DNAPL. L'injection de vapeurs chaudes peut favoriser la migration de contaminants en profondeur ou hors-site. Les vapeurs et l'eau contaminée doivent être récupérées et traitées en surface.	■	■	■	■	■	●	non
<b>Traitement biologiques ex situ assumant une extraction par pompage</b>											
Bioréacteurs avec cométabolites	Les contaminants dans l'eau souterraine sont mis en contact avec des micro-organismes attachés ou suspendus aux réacteurs biologiques. Dans les systèmes suspendus, comme les boues activées, les eaux contaminées circulent dans un bassin d'aération. Dans les systèmes fixes, tel que les réacteurs rotatifs et les filtres, les micro-organismes sont fixés sur des supports inertes.	Innovatrice	Les bioréacteurs sont d'abord utilisés pour traiter les composés organiques semi-volatils, les hydrocarbures pétroliers et les composés organiques biodégradables. Des essais pilotes ont été réussis avec succès pour le traitement des BPC et des isomères chlorobenzène et dichlorobenzène. Les bioréacteurs avec cométabolites sont employés pour le traitement des BPC, des composés halogénés volatils et semi-volatils.	La nature unique des contaminants dissous dans les eaux souterraines ne peut pas continuellement supportée une population microbienne, spécialement pour les systèmes de croissances dits suspendus. Des concentrations élevées peuvent être toxiques pour les micro-organismes demandant alors une conception adaptée. Une température ambiante basse diminuera significativement les taux de biodégradation résultant en une durée de traitement plus longue. Le développement et la croissance de micro-organismes indésirables réduisent l'efficacité du procédé.	■	■	■	◆	■	●	non

REVUE DES TECHNOLOGIES DE TRAITEMENT DISPONIBLES POUR LES SOLS ET LES EAUX SOUTERRAINES

Technologie	Description	Degré de développement	Applicabilité	Limitations	Efficacité						
					COV non halogénés <sup>(1)</sup>	COV halogénés <sup>(2)</sup>	COSV non halogénés <sup>(3)</sup>	COSV halogénés <sup>(4)</sup>	Hydrocarbures pétroliers <sup>(5)</sup>	Inorganiques <sup>(6)</sup>	Retenus
<b>Eaux souterraines et eaux de surface</b>											
Étangs/marécages artificiels	L'aménagement d'étangs/marécages de traitement utilise les propriétés géochimiques et les processus biologiques naturels d'un écosystème pour accumuler et enlever les métaux et autres contaminants des eaux.	Innovatrice	Les étangs/marécages artificiels ont communément été utilisés pour le traitement des eaux usées dans le cadre du contrôle du taux de matières organiques : nutriments (phosphore, azote) et les sédiments en suspension. Ils sont aussi retenus pour le contrôle des métaux et d'autres matériaux toxiques. De plus, cette technologie est populaire pour le traitement des drainages acides miniers générés par l'exploitation de la mine de métaux. Les résidus miniers sont généralement fortement acides et contiennent de nombreux métaux lourds.	L'efficacité à long terme de ce procédé n'est pas connue adéquatement. L'âge d'un marécage artificiel peut devenir un problème qui peut se traduire par une diminution des taux d'extraction des contaminants. Les coûts d'aménagement d'un étang/marécage artificiel varient considérablement d'un projet à l'autre et peuvent ne pas être viables pour plusieurs sites.	○	○	○	◆	○	■	non
<b>Traitement physique/chimique ex situ assumant une extraction par pompage</b>											
Aération forcée	Les contaminants organiques volatils sont libérés de l'eau souterraine en augmentant la surface de contact de l'eau contaminée exposée à l'air. Les méthodes d'aération incluent les tours d'aération munies généralement de balles ("pack") trouées en plastique, des bassins d'aération munis de diffuseurs, des bassins d'aération à étages multiples perforés.	Conventionnelle	L'aération forcée est retenue pour le traitement des composés organiques volatils. Elle est inefficace pour les contaminants inorganiques. La constante de la loi d'Henri est utilisée pour déterminer l'efficacité de l'aération forcée envers un contaminant choisi. Généralement, les constituants organiques avec une constante supérieure à 0,01 atmosphère·m <sup>3</sup> /mol sont favorisés (BTEX, chloroéthane, TCE, DCE, PCE).	Il existe un fort potentiel de colmatation des équipements par les métaux (fer en concentration de plus de 5 ppm, dureté supérieure à 800 ppm, manganèse supérieur à 1 ppm) et la flore microbienne exigent un nettoyage périodique et/ou un prétraitement. Efficace pour des composés ayant une constante d'Henri supérieure à 0,01. Nécessite un traitement pour les effluents gazeux. Demande généralement beaucoup d'énergie se traduisant par des coûts d'opération élevés.	■	■	○	○	○	●	non
Adsorption sur charbon activé	L'eau souterraine est pompée à travers une série de barils ou colonnes contenant du charbon sur lequel les contaminants organiques s'adsorbent. Un changement périodique et/ou une réactivation du charbon est nécessaire.	Conventionnelle	L'utilisation du charbon activé est recommandée pour les hydrocarbures pétroliers, les composés semi-volatils et les explosifs. Les composés volatils halogénés et les pesticides seront traités mais avec une moins grande efficacité. Ce procédé est efficace pour de faibles concentrations (<10 ppm) pour des débits de pompage élevés. Il pourra aussi s'avérer d'une grande efficacité pour des concentrations élevées si les débits d'entrée n'excèdent pas 4 L/min. Ce procédé est surtout utilisé comme système d'appoint à une autre technologie à titre de polissage. Les désagréments et des contraintes économiques surviennent quand il faut transporter et/ou décontaminer le charbon utilisé.	La présence de plusieurs contaminants différents peut diminuer la performance du système. À ce titre, des essais devraient être envisagés sur des mélanges de contaminants avant de recourir à ce procédé à grande échelle. Un affluent contenant plus de 50 ppm de solides en suspension, 5 ppm en fer et 10 ppm en huiles et graisses totales exige un prétraitement afin d'éviter un colmatage du charbon. Les coûts peuvent devenir élevés si ce procédé est utilisé seul lorsque les concentrations sont élevées. Le type, la porosité, la dimension des particules et la qualité du charbon aussi bien que la température d'opération vont interférer sur la performance du procédé. Les composés très solubles dans l'eau et ayant une structure moléculaire légère ne s'adsorbent pas bien. Éventuellement, tout le charbon utilisé devra être disposé et/ou traité.	■	■	■	■	○	●	oui
Échange ionique	L'eau souterraine contaminée traverse une résine dans laquelle sont enlevés les anions et les cations problématiques et remplacés par un ion inoffensif comme le chlore. La résine est habituellement composée d'un polymère synthétique organique. Des polymères naturels ou inorganiques comme ont démontrés des propriétés intéressantes d'échange ionique. Une fois la capacité d'échange atteinte, la résine peut être régénérée.	Conventionnelle	L'échange ionique peut enlever les métaux dissous, les isotopes radioactifs, les minéraux naturels (nitrates, azote, azote ammoniacal et silicates).	Un affluent contenant plus de 10 ppm de solides en suspension, 1 ppm en fer et manganèse et 5 ppm en huiles et graisses peut colmater la résine. La valeur du pH aura une influence sur le choix de la résine. La présence d'oxydants dans l'eau endommagera la résine d'échange ionique. Des concentrations élevées en solides totaux dissous entraîneront une diminution des capacités d'échange de la résine.	●	●	●	●	●	■	oui
Pervaporation par membrane	La pervaporation par membrane implique la circulation préférentielle de l'eau souterraine à travers une membrane non poreuse pour l'enlèvement des composés volatils (un procédé de diffusion analogue au traitement des eaux salines passant au travers d'une membrane par osmose inverse).	Émergente	Les contaminants ciblés par cette technologie sont les composés organiques volatils, le tétrachlorure de carbone et le chloroforme.	Un affluent contenant des particules en suspension peut colmater facilement les membranes. Il existe un manque de souplesse pour manœuvrer avec les fluctuations des concentrations en composés volatils.	■	■	○	○	◆	●	non



REVUE DES TECHNOLOGIES DE TRAITEMENT DISPONIBLES POUR LES SOLS ET LES EAUX SOUTERRAINES

Technologie	Description	Degré de développement	Applicabilité	Limitations	Efficacité						Retenus
					COV non halogénés <sup>(1)</sup>	COV halogénés <sup>(2)</sup>	COSV non halogénés <sup>(3)</sup>	COSV halogénés <sup>(4)</sup>	Hydrocarbures pétroliers <sup>(5)</sup>	Inorganiques <sup>(6)</sup>	
<b>Eaux souterraines et eaux de surface</b>											
Précipitation/coagulation/ floculation	Ce procédé implique la transformation des contaminants dissous en un solide insoluble facilitant leur extraction subséquente par sédimentation et/ou filtration. Cette technologie requiert un ajustement du pH, l'addition d'agents de précipitation et des floculants.	Conventionnelle	Ce procédé est principalement employé pour convertir des espèces ioniques dissous en agrégats solides insolubles qui sont extraits par coagulation et filtration. L'application de cette technologie réside dans l'extraction des métaux lourds dissous et des isotopes radioactifs.	Comme la majorité de procédé de pompage et traitement, l'application de cette technologie peut être inadéquate si la source de contamination n'est pas en levée. Avec le renforcement des normes, un traitement additionnel pourrait être requis. Le chrome hexavalent dissous demande un traitement supplémentaire avant la coagulation et la filtration. L'efficacité de ce procédé réside dans les techniques de séparation (clarification, floculation, filtration et/ou sédimentaire). Les résidus peuvent être toxiques et demandés une disposition spéciale. Le procédé peut être dispendieux selon les agents réactifs utilisés, les systèmes de contrôle requis et l'implication des opérateurs. Des polymères doivent parfois être ajoutés pour faciliter la déposition. L'eau traitée demande un ajustement du pH avant d'être gérée.	●	●	●	●	●	■	non
Oxydation par les rayons ultraviolets	Les rayons ultraviolets, l'ozone et/ou le peroxyde d'hydrogène sont utilisés pour détruire les contaminants organiques présents dans l'eau. Une unité de destruction à l'ozone est employée pour le traitement des effluents gazeux.	Innovatrice	Pratiquement, tout contaminant organique qui réagit avec le radical hydroxyl peut potentiellement être traité. Une grande variété de composés organiques et de composés explosifs peuvent être détruits par oxydation aux rayons ultraviolets incluant les hydrocarbures pétroliers, les solvants et les nettoyeurs industriels, les TNT, RDX et HMX. Dans plusieurs cas, les hydrocarbures chlorés qui sont récalcitrants à la biodégradation peuvent être traités efficacement par les rayons ultraviolets. Typiquement, les composés organiques facilement oxydables comme ceux à double liens (TCE, PCE, chlorure de vinyle) ou les composés aromatiques détruits par UV.	Les eaux à traiter doivent être relativement exemptes de métaux lourds (<10 mg/L), d'huiles et graisses insolubles pour minimiser le colmatage des cylindres de quartz. Lorsque cette technique est utilisée pour certains organiques volatils comme le TCA, les contaminants peuvent être volatilisés au lieu d'être détruits. Ils doivent alors être enlevés de l'effluent gazeux au moyen de charbon activé ou oxydation catalytique. Les coûts de traitement peuvent être plus élevés que l'application de d'autres technologies, causés par une grande demande énergétique. La manipulation et l'entreposage des agents oxydants demandent des précautions spéciales pour la sécurité des travailleurs.	■	■	■	■	■	●	non
<b>Confinement physique</b>											
Injection en profondeur	L'injection en profondeur est une technologie de disposition de déchets liquides. Cette alternative demande la mise en place de puits profonds pour injecter un effluent liquide traité ou non traité dans des réservoirs naturels souterrains d'où ils ne poseront pas de danger pour l'environnement et la santé.	Conventionnelle	Les contaminants visés par cette technologie de disposition sont les composés organiques volatils et semi-volatils, les matières explosives et les pesticides. Cependant, les lieux de disposition en profondeur autorisés n'offrent la possibilité de recevoir qu'un nombre limité de contaminants. Il est improbable de voir la vocation de ces sites changée afin de recevoir une plus grande diversité de contaminants.	Cette technologie de disposition ne peut être employée dans les régions où il est reconnu l'existence d'une activité sismique. Des concentrations élevées en particules en suspension (>2 ppm) peuvent provoquer le colmatage des puits d'injection. Les conditions géochimiques du milieu peuvent faciliter la précipitation (changement de valence) de fer et occasionner des problèmes de colmatage des puits et/ou une diminution de la porosité et de la perméabilité des matériaux. Les hautes teneurs en carbone organiques faciliteront la croissance des bactéries indigènes pouvant se traduire par un colmatage des crépines et des pores. Les liquides montrant la présence de liquides légers ou denses en phase non aqueuse devront subir un prétraitement. Des travaux intensifs de caractérisation environnementale, géologique et hydrogéologique sont nécessaires avant de recevoir les permis et les autorisations requis par les instances décisionnelles.	○	○	○	○	○	○	non

**REVUE DES TECHNOLOGIES DE TRAITEMENT DISPONIBLES POUR LES SOLS ET LES EAUX SOUTERRAINES**

Description	Degré de développement	Applicabilité	Limitations	Efficacité						Retenus
				COV non halogénés <sup>(1)</sup>	COV halogénés <sup>(2)</sup>	COSV non halogénés <sup>(3)</sup>	COSV halogénés <sup>(4)</sup>	Hydrocarbures pétroliers <sup>(5)</sup>	Inorganiques <sup>(6)</sup>	
<b>x de surface</b>										
Le pompage des eaux souterraines est l'une des composantes principales des technologies de pompage et traitement. Cette technique de confinement consiste à capturer et à extraire les eaux souterraines contaminées au moyen de puits de pompage, de tranchées drainantes ou autres techniques et de les acheminer vers un système de traitement avant leur disposition.	Conventionnelle	La première étape pour déterminer si le pompage des eaux souterraines est une technologie viable est de réaliser une caractérisation exhaustive pour évaluer les paramètres hydrogéologiques, l'étendue de l'enclave de contamination, les propriétés des contaminants en terme de solubilité et de migration, l'historique de la contamination etc. L'identification des caractéristiques physiques et chimiques du site, la localisation en trois dimension de l'enclave et la détermination des propriétés hydrauliques sont nécessaires pour la conception et le développement d'une stratégie dépannage efficace.	Cette technologie utilisée seule requiert de longues périodes de temps pour atteindre les objectifs de restauration. La contamination résiduelle sur les particules de sol, causée par le processus d'adsorption, ne peut être enlevée par pompage. Les coûts d'opération et d'entretien d'un système de pompage et de traitement sont habituellement élevés. Des coûts supplémentaires doivent être envisagés pour la disposition des résidus de traitement. Des problèmes de colmatage causés par la présence de particules en suspension, de fer et/ou de bactéries surviennent régulièrement et affecteront la performance du système si aucun nettoyage n'est envisagé. L'injection de surfactants augmentant la solubilité des composés peut se traduire par une migration hors-site des contaminants.	○	○	○	○	○	○	<b>oui</b>
Ces barrières souterraines consistent en la réalisation d'une excavation verticale remplie d'un mélange de sol, de bentonite (<10 %) et d'eau qui diminuera la perméabilité des sols et retardera la migration de l'enclave de contamination des eaux souterraines.	Conventionnelle	Les murs étanches de sol/bentonite contiennent l'eau souterraine contaminée elle-même, ne visant donc aucun contaminant en particulier. Ils sont utilisés pour confiner les eaux souterraines contaminées, éviter la propagation d'eau contaminée vers un puits d'adduction ou une source d'eau potable, éviter un mélange/dilution avec de l'eau souterraine non contaminée et/ou agir à titre de barrière physique pour la capture, l'extraction et le traitement des eaux souterraines contaminées.	Cette technologie ne confine les contaminants qu'à l'intérieur d'une étendue spécifique. Elle n'empêche pas la migration verticale de l'eau contaminée. La présence d'acides et/ou de base puissants, de solutions salines et/ou de composés organiques particuliers endommageront l'intégrité physique des murs de boue. Le mélange de sol-bentonite-eau nécessite à ce moment l'ajout de constituants pour résister à l'attaque de ces composés chimiques spécifiques. L'utilisation de cette technologie de confinement ne garantie aucune qu'une intervention de décontamination soit exigée par les instances décisionnelles et entreprise. Il y a un potentiel de dégradation et/ou détérioration des propriétés des murs de sol/bentonite dans le temps.	○	○	○	○	○	○	<b>oui</b>

- : Bon
- : Moyen
- : Mauvais
- ◆: Contaminants spécifiques
- I: Inadéquate

## NOTES:

Conventionnelle: Les technologies sont utilisées régulièrement. Les informations reliées à la conception et aux coûts de mise en place et d'opération sont

Innovatrice: Les technologies sont éprouvées mais ne sont pas encore utilisées sur une base régulière; les informations reliées à la conception et aux

Émergente: Les technologies sont présentement en évaluation à l'échelle pilote ou à pleine échelle et démontrent un potentiel élevé pour être incluses dans la catégorie innovatrice. Les informations reliées à la conception et aux coûts de mise en place

- COV NON HALOGÉNÉS : 1-butanol, Cyclohexanone, Méthyl isobutyl kétone, 4-Méthyl-2-pentanone, Éthanol, Alcool n-butyl, Acétone, Éthyl acétate, Styrene, Acroléine, Éthyl ether, Tétrahydrofuranne, Acrylonitrile, Isobutanol, Acétane de vinyle, Aminobenzène, Méthanol, Bisulfure de carbone, Méthyl éthyl kétone (MEK) .
- COV HALOGÉNÉS : 1,1,1,2-Tétrachloroéthane, Bromoforme, Trichlorohydrine de glycérol, 1,1,1-Trichloroéthane, Bromométhane, Hexachlorobutadiène, 1,1,2,2-Tétrachloroéthane, Tétrachlorure de carbone, Héxachlorocyclopentadiène, 1,1,2-Trichloroéthane, Chlorodibromométhane, Hexachloroéthane, 1,1-Dichloroéthane, Chloroéthane, Chlorure de méthylène, 1,1-Dichloroéthylène, Chloroforme, Néoprène, 1,2,2-Trifluoroéthane (Fréon 113), Chlorométhane, Pentachloroéthane, 1,2-Dichloroéthane, Chloropropane, Perchloroéthylène, 1,2-Dichloropropane, Cis-1,2-dichloroéthylène, Bichlorure de propylène, 1,2-Trans-dichloroéthylène, Cis-1,3-dichloropropène, Trichlorotrifluoroéthane, 1,3-cis-dichloro-1-propène, Dibromochloropropane, Monochlorobenzène, 1,3-trans-dichloropropène, Dibromométhane, Tétrachloroéthylène (Perchloroéthylène) (PCE), 1-chloro-2-propène, Dichlorobromométhane, Trichloroéthylène (TCE), 2-butylène dichloride, Dichlorométhane, Chlorure de vinyle, bichlorure debutylène, Bibromure d'éthylène, Tétrachlorure de vinyle, Tétrachlorure d'acétylène, Fluorotrchlorométhane (Fréon 11, Chlorure de vinydèle
- COSV NON HALOGÉNÉS: 1,2-benzacénaphthène, Benzidine, Éthyl parathion, 1,2-Diphénylhydrazine, Benzo(a)anthracène, Fluorène, 1-aminonaphthalène, Benzo(a)pyrène, Indéno(1,2,3-cd)pyrène, 2,3-phénylèneépyrène, Benzo(b)fluoranthène, Isophorone, 2,4,-Dinitrophénol, Benzo(k)fluoranthène, Malathion, 2-aminonaphthalène, Acide benzoïque, Méthylparathion, 2-Méthyl-naphthalène, Alcool benzyle, Naphthalène, 2-Nitroaniline Bis(2-éthylhexyl)phthalate, n-Nitrosodiméthylamine, 2-Nitrophénol, Butyl benzyl phthalate, n-Nitrosodi-n-propylamine, 3-Nitroaniline Chrysène, n-Nitrosodiphénylamine, 4,6-Dinitro-2-méthylphénol, Dibenzofuranne, Parathion, 4-Nitroaniline, Diéthyl phthalate, Phénanthrène, 4-Nitrophénol, Diméthyl phthalate, Phényl naphthalène, Acénaphthène, Di-n-butyl phthalate, Pyrène, Acénaphthylène, Di-n-octyl phthalate, tétraphène, Allyldioxybenzène méthylène ether, Diphénylène-méthane, Anthracène, Éthion
- COSV HALOGÉNÉS: 1,2,4-Trichlorobenzène, 4-Chloroaniline, Hexachlorobenzène, 1,2-Bis(2-chloroéthoxy) ethane, 4-Chlorophenyl phényléther, Hexachlorobutadiène, 1,2-Dichlorobenzène, Bis(2-chloroéthoxy) ether, Hexachlorocyclopentadiène, 1,3-Dichlorobenzène, Bis(2-chloroéthoxy), méthane, o-dichlorobenzène, 1,4-Dichlorobenzène, Bis(2-chloroéthoxy) phthalate, p-Chloro-m-crésol, 2,4,5-Trichlorophénol, Bis(2-chloroéthyl) ether, p-dichlorobenzène, 2,4,6-Trichlorophénol, Bis(2-chloroisopropyl) ether, Pentachlorobenzène, 2,4-Dichlorophénol, Chlordane, Pentachlorophénol (PCP), 2-Chloronaphthalène, Chlorobenzène, Biphényles polychlorés (BPC), 2-Chlorophénol, Chlorobenzilate, Quintozène, 3,3-Dichlorobenzidine, Chlorphénothane, Tétrachlorophénol, 4-Bromophényl phényl ether, Hexachlorobenzène, Unsym-trichlorobenzène
- PESTICIDES: Aldrin, 4,4'-DDT, Éthyl parathion, BHC-alpha, Dieldrine, Heptachlor, BHC-beta, Endosulfane I, Heptachlor époxide, BHC-delta, Endosulfane II, Malathion, BHC-gamma, Endosulfane sulfate, Methylparathion, Chlordane, Endrine, Parathion, 4,4'-DDD, Endrine aldehyde, Toxaphène 4,4'-DDE, Éthion
- HYDROCARBURES 1,2,3,4-Tétraméthylbenzène, 2-Méthylheptane, Benzo(k)fluoranthène, 1,2,4,5-Tétraméthylbenzène, 2-Méthyl-naphthalène, Chrysène, 1,2,4-Triméthyl- 5-éthylbenzène, 2-Méthylpentane, Cis-2-butène, 1,2,4-Triméthylbenzène 2-Méthylphénol, PÉTROLIERS: Créosols, 1,3,5-Triméthylbenzène, 3,3,5-Triméthylheptane, Cyclohexane, 1-Pentène, 3,3-Diméthyl-1-butène, Cyclopentane, 2,2,4-Triméthylheptane, 3-Éthylpentane, Dibenzo(a,h)anthracène, 2,2,4-Triméthylpentane, 3-Méthyl-1,2-butadiène, Diméthylethylbenzène, 2,2-Diméthylheptane, 3-Méthyl-1-butène, Éthylbenzène, 2,2-Diméthylhexane, 3-Méthyl-1-pentène, Fluoranthène, 2,2-Diméthylpentane, 3-Méthylheptane, Fluorène, 2,3,4-Triméthylheptane, 3-Méthylhexane, Idéno(1,2,3-c,d)pyrène, 2,3,4-Triméthylhexane, 3-Méthylpentane, Isobutane, 2,3,4-Triméthylpentane 4-Méthylphénol, Isopentane, 2,3-Diméthylbutane, Acénaphthène, Méthylcyclohexane, 2,3-Diméthylpentane, Anthracène, Méthylcyclopentane, 2,4,4-Triméthylhexane, Benz(a)anthracène, Méthyl-naphthalène, 2,4-Diméthylphénol, Benzène, Méthylpropylbenzène, 2-Méthyl-1,3-butadiène, Benzo(a)pyrène, m-Xylène, 2-Méthyl-2-butène, Benzo(b)fluoranthène, Naphthalène, 2-Méthyl-butène, Benzo(g,h,i)érylène, n-Butane, n-Décane, n-Pentane, p-Xylène, n-Dodécane, n-Propylbenzène, Pyrène, n-Heptane n-Hexane, o-Xylène, Toluène, n-Hexylbenzène, Phénanthrène, Trans-2-butène, n-Nonane, Phénol, Trans-2-pentène, n-Octane, Propane, Vinylbenzène
- INORGANIQUES Alumina, Cobalt, Sélénium, Aluminium, Cuivre, Argent, Antimoine, Fer, Sodium, Arsenic, Plomb, Thallium, Barium, Magnésium, Tin, Beryllium, Manganèse, Titanium, Bismuth, Mercure, Vanadium, Bore, Cyanures métalliques, Zinc, Cadmium, Molybdène, Zirconium, Calcium, Nickel, Chromium, Potassium
- AUTRES INORGANIQUES Asbestos, Fluorine, Cyanure
- RADIO-ISOTOPES Américium-241, Iodine-129,-131, Ruthenium-103,106, Barium-140, Krypton-85, Argent-110m, Carbon-14, Molybdène-99, Strontium-89,-90, Cérium-144, Neptunium-237, Technetium-99, Césium-134, -137, Plutonium-238, -239,-241, Tellurium-132, Cobalt-60, Polonium-210, Thorium-228, -230, -232, Curium-242,-244, Radium-224, -226, Tritium, Europium-152, -154, -155, Radon-222, Uranium-234, -235, -238
- EXPLOSIFS TNT (2,4,6-Trinitrotoluène), Picrates Nitroglycerine, RDX (Cyclo-1,3,5-triméthylène-2,4,6-trinitramine), TNB (Trinitrobenzènes), Nitroaromatics, Tétryl (N-Méthyl-N,2,4,6-tétranitrobenzénamine), DNB (Dintrobenzènes), AP (Ammonium perchlorate), 2,4-DNT (2,4-Dinitrotoluène), Nitroglycérine, HMX (1,3,5,7-Tetranitro-1,3,5,7-tétraazocyclooctane), 2,6-DNT (2,6-Dinitrotoluène), Nitrocellulose

C'est ainsi que les technologies de gestion et /ou de décontamination environnementale suivantes pour les sols et les eaux souterraines ont été considérées dans le processus d'évaluation :

#### Sols

- le traitement biologique *ex situ* en biopiles pour les sols affectés par les hydrocarbures pétroliers C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> et les HAP mais non affectés par les métaux ;
- la stabilisation chimique par ajout d'un minéral ou d'un biosolide alcalin pour la stabilisation des métaux contenus dans les sols combinés avec un confinement imperméable à l'aide de membrane en HDPE ; et,
- l'excavation, le transport, le traitement hors-site et/ou la disposition des sols contaminés dans des sites autorisés.

#### Eaux souterraines

- la mise en place d'une barrière réactive en bordure de la baie de Gaspé ;
- la mise en place d'un mur étanche de boue (sol/bentonite) et un contrôle hydraulique par pompage et traitement par adsorption sur charbon activé (hydrocarbures pétroliers) et échange ionique (métaux) ;
- l'oxydation chimique pour le traitement des hydrocarbures pétroliers ; et,
- l'atténuation naturelle des métaux dissous pour les enclaves de contamination situées plus en amont hydraulique où les sols contaminés auront été préalablement excavés et gérés adéquatement.

### **10.4.2 Description détaillés des technologies sélectionnées**

#### **10.4.2.1 Sols**

Le lecteur est invité à consulter la liste de références consultées pour chacune des technologies décrites ci-dessous.

- Le traitement biologique *ex situ* en biopiles

Cette technologie est basée sur la biodégradation aérobie des composés contenus dans les sols par des microorganismes indigènes, principalement des bactéries. La bioventilation en pile consiste à faire

circuler de l'air dans la matrice du sol affecté. Cet apport d'oxygène sert à favoriser les développements de la flore microbienne qui transformeront les composés organiques en des sous-produits non polluants (CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O). Contrairement à la technique *in situ*, le contrôle et/ou la modification des paramètres d'optimisation pour le traitement (taux d'humidité, perméabilité, etc.) sont facilement réalisables techniquement.

Après avoir excaver les sols affectés, ceux-ci sont déposés sur une base imperméable aménagée au préalable. Lors de la mise en place et en cours de traitement, certains amendements peuvent être ajoutés afin d'ajuster les paramètres de traitement à l'intérieur d'un intervalle optimal pour la biodégradation des composés présents. Ces ajustements permettent de réduire la durée des travaux ainsi que d'abaisser le seuil de décontamination des sols.

Par la suite, un système type de bioventilation en pile est aménagé et comprend généralement un circuit quasi-fermé incluant des puits de ventilation et d'injection (eau, nutriments, air), un collecteur et un système de recirculation des eaux de percolation, une base imperméable ainsi qu'une toile de recouvrement afin de confiner les sols du milieu environnant. Si nécessaire, un dispositif de traitement pour les vapeurs extraites et l'eau recueillie au cours de l'opération est ajouté.

Le traitement de sols affectés par des hydrocarbures en biopiles est une des méthodes les plus utilisées par l'industrie pétrolière au Québec ainsi que partout dans le monde.

Les principaux facteurs limitatifs de l'utilisation de cette technologie sont au nombre de trois : le transfert des composés volatils à l'atmosphère et l'exposition des travailleurs et des résidents avec les contaminants lors de l'excavation et la manipulation des sols, la durée optimale de traitement (malgré qu'il soit possible de maintenir la biodégradation même l'hiver) et, finalement avoir un emplacement disponible pour l'installation de la cellule de traitement.

➤ Stabilisation chimique des métaux par ajout d'un minéral ou d'un biosolide alcalin sous confinement membranaire

Le principe de base de cette technologie repose sur la stabilisation chimique des métaux par l'ajout d'un média solide réactif. En fonction du type de métaux et des concentrations mesurées, les principaux agents de stabilisation sont l'apatite, les zéolites, les minéraux argileux, les oxydes de fer et les biosolides alcalins (biosolides riches en fer, béringite, résidus de balles d'acier, etc.).

L'amendement de ces minéraux et/ou de ces sous-produits industriels réduit significativement la mobilité des métaux dans les sols en augmentant leur rétention sur une phase solide immobile. La performance d'un média de stabilisation donné dépend de la distribution et sous quelle forme les métaux sont retrouvés, la composition granulométrique des sols affectés, la géochimie des sols ainsi que les concentrations détectées. De manière générale, les oxydes de fer montrent une efficacité accrue pour les sols contaminés par de l'arsenic. Les biosolides alcalins jouent un rôle important dans la stabilisation du nickel et du cuivre dans les sols. Par ailleurs, les minéraux enrichis d'apatite ou de zéolites apparaissent très efficaces pour la réduction de la mobilité du plomb, du cadmium, du zinc, du cuivre et du nickel. En outre, l'Apatite II, nom commercial d'un minéral riche en apatite, constitue l'un des minéraux les plus efficaces sur le marché en raison 1) de sa capacité d'échange ionique pour l'ion carbonate, 2) de l'absence d'éléments métalliques en trace dans sa structure, 3) de sa pauvre structure cristalline (voire même amorphe), et 4) de sa très grande porosité interne. Des essais réalisés avec ce nouveau minéral ont montré une efficacité supérieure aux oxydes de fer, à la zéolite et aux résidus de balles de fusil.

Outre son efficacité pour le traitement des métaux, l'avantage principal de cette technologie repose sur sa simplicité d'application. Le média peut en effet être directement mélangé aux sols contaminés selon un ratio prédéterminé ou encore, être aménagé intégralement en tant que barrière réactive ou filtre réactif pour le traitement de l'eau souterraine, de surface ou de procédé industriel. Il peut tout aussi bien être combiné à un autre média, dans un contexte de contamination mixte puisque la technologie a l'avantage de ne pas interférer avec les autres technologies de traitement conventionnelles.

Pour une problématique entourant un sol contaminé en métaux, l'utilisation de cette technologie doit être appuyée par une analyse de risque puisque le média agit sur le lixiviat, c'est-à-dire sur l'eau qui circule à travers le sol contaminé, dissolvant les métaux avec le temps. Par contre, son application sur une matière dangereuse est fort intéressante puisque le média permet de capter les ions métalliques problématiques, réduisant les concentrations du lixiviat sous les critères applicables. Ceci implique qu'une matière dangereuse peut se voir réduite à une matière résiduelle. La conception et le dosage du média s'établissent dans le respect des ratios adéquats, assurant une stabilité des matériaux pour des milliers d'années.

Après leur stabilisation chimique, les sols seront déposés sur une base imperméable aménagée à l'aide d'une géomembrane confectionnée de polyéthylène de basse densité (30/1 000") sur laquelle une couche de protection (sable) sera déposée et un système préventif de captage de lixiviat installé. À la fin de la mise en pile, les sols stabilisés seront recouverts d'une membrane imperméable (10/1 000") de surface sur laquelle sera étendue un horizon de terre organique d'une épaisseur de l'ordre de 0,6 à 0,9 mètre qui fera ensuite l'objet d'un ensemencement hydraulique.

La mise en place d'un puits d'observation en amont hydraulique ainsi que de cinq (5) autres en aval de cet amoncellement et l'échantillonnage des eaux souterraines sur une base semestrielle permettra le suivi efficace de la qualité des eaux et la détection d'une situation problématique qui ne devrait toutefois pas survenir.

➤ L'excavation, le transport, le traitement hors-site et la disposition des sols contaminés

Une fois excavés, cette stratégie consiste à transporter les sols affectés vers un site de traitement autorisé par le MENV et/ou vers un lieu d'élimination approuvé. L'excavation/traitement/disposition s'applique à l'ensemble des contaminants présents sur le site sans distinction. La distance séparant le site contaminé du site de traitement et du lieu d'élimination autorisé engendrera, de Gaspé, des coûts de traitement supplémentaires significatifs. Dans la présente situation, il est déjà prévu de recourir à des matériaux provenant de l'extérieur de l'emprise des travaux pour construire la fondation de la nouvelle route. Il y aura toutefois lieu d'importer des matériaux d'emprunt supplémentaires pour combler les excavations ouvertes par l'enlèvement des sols contaminés autre que celles de la rue du Quai.

#### **10.4.2.2 Eaux souterraines**

➤ Barrières réactives en bordure de la baie de Gaspé

Le lecteur est invité à consulter la liste de référence consultée pour chacune des technologies décrites ci-dessous.

D'abord, le terme utilisé de « barrières réactives » englobe également la notion des « barrières biologiques » ou « biobarrières ».

De manière générale, cette technologie consiste à permettre le passage de l'eau souterraine à travers la barrière réactive en entravant le

mouvement et la migration des contaminants par l'utilisation d'agents de chélation (liants choisis pour un métal prédéterminé), d'un minéral, d'adsorbants organiques, de microorganismes et autres. Dans sa forme la plus simplifiée, une barrière réactive consiste à mettre en place dans la formation hydrogéologique ciblée un matériel réactif en aval de la direction d'écoulement pour permettre l'enlèvement du ou des contaminants problématiques. La performance et la conception d'une barrière réactive dépendent de nombreux facteurs parmi lesquels les plus importants sont :

- le type de contaminants;
- les dimensions et la configuration des enclaves de contamination;
- la profondeur de l'aquifère ou de l'unité hydrostratigraphique;
- autres considérations géotechniques (bâtiment, plan d'eau, blocs, etc.);
- la vitesse d'écoulement des eaux souterraines;
- la sélection du média réactif : vitesse de réactivité, perméabilité, stabilité, toxicité des sous-produits, disponibilité, etc.;
- la localisation de la barrière réactive;
- la configuration de la barrière (en continu ou par section « funnel and gate »); et
- etc.

Les méthodes de mise en place sont variées et sont elles aussi dépendantes de certains éléments, en particulier la profondeur d'excavation et d'installation de la barrière réactive. Pour des profondeurs de moins de 9 mètres, l'utilisation de pelles hydrauliques pour l'excavation et la construction de murs de sol-bentonite ainsi que la construction de caisson (bois, acier) sont généralement les techniques de construction de barrières réactives les moins dispendieuses et les plus efficaces.

En fonction du type de contaminants à stabiliser, il existe différentes compositions de média réactif. Le fer en granules de valence 0 est le média le plus communément utilisé pour le traitement des solvants chlorés retrouvés en phase dissoute. En fait, la plupart des études de cas recensées (environ 50) concernent l'application de cette technologie pour le traitement des composés organochlorés volatils (TCE, TCA, DCE, DCA, chlorure de vinyle, etc.) Dans le cas particulier des métaux lourds et plus distinctement pour le cuivre et le plomb, les recherches effectuées depuis une dizaine d'années et les applications à grande échelle de la construction de barrières réactives ont utilisé une variété de médias employés seul ou en combinaison : les zéolites, l'apatite, les carbonates, du compost, de la mousse de tourbe, des copeaux de bois et de la chaux.



Certains médias comme l'apatite vont former différentes phases de phosphate pratiquement insolubles (pyromorphyte, autunite, etc.). D'autres vont agir comme media d'adsorption (zéolites, mousse de tourbe, compost). La combinaison de compost organique, de copeaux de bois avec une quantité calculée de chaux créera un milieu favorable à la réduction biologique du sulfate se traduisant par la formation de sulfures et de carbonates (cadmium, plomb, nickel, cuivre, fer, manganèse).

L'utilisation de tourbe comme média réactif est bien connu pour le traitement des hydrocarbures pétroliers de part leur propension à s'adsorber sur la matière organique. En fonction de la flore microbienne adaptée et de l'ajout d'une solution amendée de nutriments (azote, phosphore, potasse), la biodégradation s'active pour décomposer biologiquement les hydrocarbures en eau et en dioxyde de carbone.

Préalablement à la mise en place d'une barrière réactive à l'échelle du site, l'expérience des utilisateurs a guidé la rédaction de protocoles d'application, lesquels recommandent la réalisation d'essais en laboratoire avec différents médias réactifs ou combinaison de médias dans le but de déterminer 1) le ou les types de médias démontrant une efficacité accrue, 2) l'estimation de la demi-vie du contaminant, 3) une variation de la conductivité hydraulique du média en fonction du temps (colmatage, réduction des vitesses, d'écoulement, développement de souches bactériennes indésirables, etc.), et 4) l'estimation de la longévité de la barrière réactive. Ces paramètres sont ensuite traduits mathématiquement dans des modèles numériques d'écoulement des eaux souterraines et de transport des contaminants dans le but de :

- Évaluer et optimiser différentes configurations et dimensions de barrières réactives en fonction de différents paramètres de conception (tranchées en continu, concept de barrières et de portes, etc.). Sélectionner l'emplacement et l'orientation optimale de la barrière.
- Déterminer les caractéristiques géométriques de la cellule réactive et définir les facteurs de correction à apporter pour une application de terrain. L'épaisseur de la cellule est basée sur la demi-vie des contaminants estimée en laboratoire et la vitesse d'écoulement des eaux souterraines à travers cette cellule.
- Quantifier les réactions de précipitation et la longévité de la barrière réactive.

En dernier lieu, il n'existe probablement que très peu d'études de cas documentant l'application d'une barrière réactive pour une contamination mixte par les métaux et les hydrocarbures pétroliers.

L'Institut de recherche en biotechnologie de Montréal poursuit actuellement des travaux de recherche en ce sens par l'utilisation de la tourbe comme média.

➤ Mise en place d'un mur étanche de boue et contrôle hydraulique par pompage et traitement

De manière générale, on entend par « contrôle hydraulique ou confinement des eaux souterraines », toute action directe ou indirecte permettant le contrôle, la gestion ou la récupération des eaux souterraines affectées dans le but de prévenir toute migration hors-site. Les techniques de contrôle et/ou de récupération des eaux souterraines incluent les puits de pompage, les drains enfouis et les murs à faible perméabilité. Les puits de pompage et les drains enfouis sont généralement utilisés pour le contrôle et la récupération des eaux souterraines contaminées tandis que les murs à faible perméabilité (action passive) sont pour leur part destinés à empêcher l'écoulement par confinement et à réduire au maximum le volume d'eau à pomper. L'utilisation conjointe de ces deux types de barrières, l'une hydraulique, l'autre physique constitue la solution la plus sécuritaire pour empêcher toute migration des eaux contaminées dans la baie de Gaspé.

Trois approches principales avec plusieurs options chacune peuvent être utilisées comme système d'interception :

1. Barrière hydraulique par des puits ou pointe d'assèchement/barrière physique par une paroi de sol/bentonite ou palplanche en HDPE.
2. Barrières hydrauliques et physiques dans une excavation unique. Trois cas peuvent être considérés pour cette étude :
  - Excavation ouverte et non supportée avec ou sans assèchement au préalable.
  - Excavation partiellement supportée avec l'utilisation de caissons amovibles, avec ou sans assèchement au préalable.
  - Excavation totalement supportée par des palplanches en acier.

Une fois pompée, l'eau souterraine serait dirigée vers une unité de traitement dans le but d'en extraire les contaminants potentiels en fonction de la localisation de la structure d'interception : les métaux et les hydrocarbures pétroliers. Bien qu'il y ait une variété de technologies disponibles (charbon et/ou argile activé, traitement biologique, oxydation

par ultraviolet ou ozone, pervaporation, etc.), l'expérience de la mise en place de nombreux systèmes de traitement nous guide vers la chaîne de traitement potentielle suivante : filtration sur sable, adsorption sur charbon et/ou argile activé pour l'enlèvement des hydrocarbures pétroliers et échange ionique sur résine composée d'un polymère synthétique organique régénérable pour le traitement des métaux dissous.

➤ L'oxydation chimique pour le traitement des enclaves d'hydrocarbures pétroliers

Les principes de base du recours à l'oxydation chimique résident dans la libération d'oxydants chimiques à l'intérieur du milieu contaminé afin de détruire les contaminants en les convertissant en composés inoffensifs retrouvés dans la nature (CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, acides carboxyliques, fer ferrique). Les oxydants utilisés sont typiquement le peroxyde d'hydrogène (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), le permanganate de potassium (KMnO<sub>4</sub>), l'ozone (O<sub>3</sub>) et le persulfate (S<sub>2</sub>O<sub>8</sub>). Les quantités et les concentrations d'oxydant injectées, la durée et les coûts de restauration dépendent de nombreuses variables qui peuvent être :

**Variables pouvant influencer l'efficacité de l'oxydation chimique *in situ***

PARAMÈTRES	MILIEU	CONTAMINANTS	OXYDATION
<b>PHYSIQUES</b>	Granulométrie Stratigraphie Porosité / Perméabilité Gradient hydraulique Profondeur de la nappe Température / Humidité	Répartition horizontale, Répartition verticale	Injection : mode, durée, débit, pression, profondeur, etc.
<b>CHIMIQUES</b>	Minéralogie / Chimie pH / Dureté Matière organique	Composition Concentrations Degré de réactivité	Type d'oxydant Concentration Catalyseur / Acide

Le peroxyde d'hydrogène est l'oxydant le plus communément utilisé pour l'oxydation des hydrocarbures pétroliers. Mis en présence de l'ion fer ferreux qui permet de générer des radicaux hydroxyles (OH) beaucoup plus puissants que l'oxygène libre, la réaction exothermique permet une oxydation plus efficace. Qualifié de catalyseur, le fer est généralement utilisé sous la forme de sulfate ferreux hydraté (FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O) en concentrations de 10 à 100 mg/L. D'autres additifs (acide sulfurique,

acide phosphorique, phosphate de calcium) peuvent être ajoutés pour stabiliser le peroxyde, le catalyseur ou la réaction, ou pour réduire les conditions de pH du milieu. Le peroxyde d'hydrogène et les solutions catalytiques et acides sont généralement injectés sous pression (de 10 à 40 PSI) à partir de puits d'injection spécialement installés (débit variant de 1 à 20 L/min.), de pointes d'injection temporaires ou encore à partir de puits existants. Le système d'injection peut également inclure, lorsque les conditions s'y prêtent, des conduites horizontales. L'équipement servant à l'injection d'oxydant est habituellement transporté dans une unité mobile et la plupart des systèmes d'injection n'utilisent que des installations temporaires ou mobiles.

L'utilisation du peroxyde d'hydrogène comme oxydant requière des mesures de sécurité spéciales pour la protection de la santé de par sa volatilité élevée. Une oxydation incomplète ou la formation de contaminants intermédiaires peuvent survenir si cette technologie n'est pas bien appliquée.

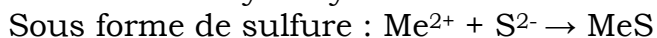
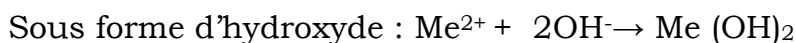
➤ Atténuation naturelle des métaux dissous pour les enclaves en amont

L'atténuation naturelle des métaux en phase dissoute est ici considérée uniquement pour les enclaves de contamination situées plus en amont hydraulique où les sols contaminés en métaux auront été préalablement excavés et gérés adéquatement. Les lignes qui suivent expliquent les justifications sous-tendant la possibilité du recours à l'atténuation naturelle pour cette situation bien précise.

De manière générale, les métaux sont relativement peu solubles dans l'eau et sous l'effet de l'adsorption sur les particules de sol, des transformations abiotiques et des réactions acides-bases, la propagation d'une enclave de contamination en phase dissoute en métaux est généralement limitée près de la source de libération.

En effet, les métaux ne sont pas éliminés à travers les processus de biodégradation. Ainsi, en ignorant le processus de dilution, l'atténuation naturelle des métaux peut s'effectuer par l'adsorption des métaux dissous sur des phases solides (particules de sol, calcite, etc.) ou la formation de complexes très stables dans lesquels les métaux sont immobilisés que l'on nomme le processus de précipitation. La précipitation constitue une agglomération moléculaire tridimensionnelle de la phase solide alors que l'adsorption représente une accumulation de matières solides sur une surface bidimensionnelle.

Dans le processus de la précipitation des métaux, deux mécanismes sont impliqués : la transformation et l'immobilisation. Ces deux mécanismes regroupés permettent alors une réduction de la mobilité et de la toxicité des métaux lourds retrouvés en phase dissoute dans les eaux souterraines. En phase dissoute, les métaux lourds peuvent précipiter de la solution aqueuse en fonction des réactions suivantes où l'élément Me représente un ion métallique divalent :



Habituellement, la précipitation sous forme de sulfure s'avère le mécanisme dominant limitant la solubilité de la majorité des métaux lourds en autant qu'il puisse se retrouver en concentration suffisante dans les eaux souterraines. De par sa nature chalcophilique (caractère B), le cuivre possède une facilité pour la complexation en sulfure. La mesure du pH et la détermination des éléments sulfures et carbonates sont donc essentielles à la compréhension du comportement du cuivre au Port de Gaspé. Ces transformations chimiques sont considérées irréversibles dans l'environnement de sorte que les métaux lourds, s'ils représentent une menace à la santé humaine et/ou l'environnement (récepteurs potentiels, écosystème), sont stabilisés de façon permanente à moins d'une modification (altération) des conditions géochimiques naturelles du milieu.

Les paramètres biogéochimiques gouvernant la partition d'un métal incluent : la concentration des métaux considérés en phase dissoute, le potentiel d'oxydo-réduction, le pH, la concentration des espèces ioniques majeurs, la concentration des liants inorganiques et les réactions biologiques.

#### **10.4.3 Élaboration des alternatives de gestion et/ou décontamination environnementale**

Dans la section précédente, des techniques et technologies de gestion et de décontamination environnementale ont été sélectionnées minutieusement en fonction des facteurs précis pouvant influencer le développement des alternatives de gestion et de décontamination (section 10.3), la littérature répertoriée sur des études de cas similaires et l'expérience des professionnels de l'équipe de projet. Préalablement à leur évaluation comparative, les alternatives de gestion et/ou décontamination des sols et des eaux souterraines doivent être élaborées.

Pour les sols, les trois alternatives suivantes permettent de répondre aux objectifs de réhabilitation :

- Alternative 1 : Traitement biologique ex situ en biopiles pour les sols affectés par le HPC<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> et les HAP combiné à la stabilisation chimique des métaux sous confinement membranaire.
- Alternative 2 : Stabilisation chimique des métaux sous confinement membranaire et excavation, transport et disposition hors-site des sols affectés par les HAP et les HPC<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> dans des sites autorisés.
- Alternative 3 : L'excavation, le transport, le traitement hors-site et/ou la disposition des sols contaminés dans des sites autorisés.

Dans le cas des eaux souterraines, le résultat de nos travaux nous guide à élaborer les trois alternatives suivantes :

- Alternative 1 : La mise en place d'une barrière réactive en bordure de la baie de Gaspé pour une contamination mixte métaux- HPC<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> et atténuation naturelle des métaux dissous.
- Alternative 2 : La mise en place d'une barrière réactive en bordure de la baie de Gaspé pour la contamination en métaux, le traitement par oxydation chimique des HPC<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> et atténuation naturelle des métaux dissous.
- Alternative 3 : La mise en place d'un mur étanche de boue avec un contrôle hydraulique par pompage et traitement et atténuation naturelle des métaux dissous.

#### **10.4.4 Évaluation comparative des alternatives de gestion/décontamination élaborées**

##### **10.4.4.1 Critères d'appréciation, contraintes et limitation**

L'évaluation et l'appréciation des alternatives de décontamination et de gestion environnementale doivent être basées sur des critères techniques, environnementaux et socio-économiques de même que sur les contraintes et les limitations imposées par les caractéristiques physiques du site.

Les contraintes et les limitations principales assujetties au site sont discutées à la section 10.3 au début de ce chapitre.

Les critères techniques et environnementaux appuyant les résultats de l'évaluation comparative sont définis de la manière suivante :

### **Critères techniques**

- Performance : efficacité de la mesure en fonction de sa capacité à résoudre les problèmes spécifiques au site.
- Fiabilité : historique d'application d'une technologie particulière.
- Degré de compatibilité : par rapport aux caractéristiques physiques du site (espace de travail disponible, stratigraphie locale, conditions hydrogéologiques).
- Facilité d'implantation, d'opération et d'entretien : facilité d'acquisition de la technologie, facilité d'opération du système en place, fréquence et durée des périodes d'arrêt pour fins d'entretien, tel que mesuré par les besoins en main-d'œuvre et la dépendance sur des services extérieurs.
- Temps : période (en termes relatifs) nécessaire à l'amélioration de la condition environnementale du site.

### **Critères environnementaux et nuisances pour l'opérateur du site**

- Risques pour la santé : pour les travailleurs et pour le public lors de la mise en œuvre des mesures de mitigation.
- Impacts sur le milieu ambiant : impacts sur l'air, l'eau souterraine et les sols lors de la mise en œuvre des mesures de mitigation.
- Nuisances : nuisances physiques encourues par l'opérateur du site lors de la mise en œuvre des mesures de mitigation.
- Gestions des déchets : difficultés liées à la quantité et au mode de gestion prévu des déchets qui seront générés par les actions de mitigation.
- Remise en état des lieux : contraintes liées à la remise en état des lieux au terme des travaux.

Aucune évaluation pondérée à l'aide de ces critères n'est faite en considérant que les alternatives de décontamination et les alternatives de gestion environnementale ne sont pas basées sur la même approche stratégique et que la conception finale de la mise en place de certaines technologies (stabilisation chimique, barrière réactive) est tributaire d'expériences qui sont actuellement menées à l'Institut de recherche en biotechnologie de Montréal, de résultats d'essais en laboratoire ainsi que de travaux de modélisation mathématique. Dans une telle situation, les coûts associés à chacun des alternatives envisageables constituent l'un des facteurs prépondérant lors du processus décisionnel. Toutefois, pour

certaines alternatives, seule une estimation préliminaire peut être donnée pour les besoins d'examen puisque la conception finale de certaines technologies (stabilisation chimique, barrière réactive) n'est pas connue.

#### **10.4.4.2 Discussion sur les alternatives de gestion/décontamination des sols**

Les lignes qui suivent discutent, sur une base générale et non sur une base individuelle dédiée à chacun des alternatives, de l'évaluation en terme d'efficacité, d'implantation et de coût. Au fil de la discussion, la sélection des alternatives les plus réalistes apparaîtra clairement.

##### ➤ Efficacité

Si implantée convenablement, chacune des technologies de traitement ou de gestion environnementale permettra l'atteinte des objectifs de réhabilitation formulés conformément à la « Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés ». Sans équivoque, l'alternative de l'excavation, du transport et du traitement/disposition hors-site dans des lieux approuvés par le MENV s'avère la technique la plus rapide pour la décontamination du site. Rappelons que l'excavation d'une fraction importante des sols contaminés s'effectuera obligatoirement lors des travaux de réfection/agrandissement de la rue du Quai. Le recours au traitement biologique ex situ en biopiles s'avère très efficace pour les sols contaminés aux hydrocarbures pétroliers et aux HAP. Toutefois, il est estimé qu'environ 50 % du volume total de 1 500 m<sup>3</sup> de sols affectés (HPC<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> et HAP) contient la présence de métaux lourds en teneurs supérieures aux critères C du MENV ; la problématique des métaux lourds demeurera donc entière suite à la biodégradation des hydrocarbures puisque ces sols (environ 700 m<sup>3</sup>) devront quand même être gérés pour les métaux. De plus, la présence de métaux lourds en concentrations élevées, généralement supérieures aux critères C, est toxique pour le développement et la survie des microorganismes. Toutefois, le traitement en biopile de l'ordre de 800 m<sup>3</sup> de sol contaminé demeure une possibilité. La stabilisation chimique des métaux est déjà reconnue comme sécuritaire et efficace. L'encapsulation sous membrane des sols stabilisés devient donc une option de gestion très sécuritaire et potentiellement attrayante si elle se confond au paysage naturel.

Le rendement est une mesure de la performance du procédé ou de la technologie en fonction des coûts et du temps d'intervention requis pour compléter le traitement. Bien qu'elle soit excessivement expéditive



comme approche et d'une efficacité certaine, l'excavation et le traitement/disposition hors-site perd un peu de ces avantages lorsque le coût de l'application unique de cette alternative est comparé en fonction des deux autres scénarios envisageables. C'est en effet l'éloignement des lieux autorisés du port de Gaspé qui contribue à augmenter les coûts de décontamination. Le traitement biologique des sols en pile pour les HPC<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> et les HAP devient plus dispendieux si le volume de sols à traiter est restreint et donc moins attrayant. De par sa rapidité d'exécution, la stabilisation des métaux et leur confinement sous membrane s'avère une alternative intéressante même si un suivi environnemental des eaux souterraines (environ 5 puits d'observation) pendant une période minimale de cinq (5) ans devra être fait.

➤ Implantation

Lorsqu'une analyse de l'implantation d'une alternative de gestion ou de décontamination environnementale est faite, les critères de facilité d'implantation, d'opération et d'entretien, les risques pour la santé, l'impact sur l'environnement ainsi que la production et la gestion des résidus de traitement doivent prioritairement être pris en considération pour assurer la protection du public et de l'environnement ainsi que l'opération du procédé de traitement.

Bien qu'indispensable, il est clair que l'action d'excaver les sols affectés par les HPC<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> et les HAP libérera dans l'atmosphère une masse non négligeable de contaminants volatils et causera de ce fait un impact négatif sur l'environnement. Des précautions spéciales devront être prises pour limiter le contact physique des contaminants par inhalation, ingestion ou contact cutané. Le traitement d'une fraction des sols en biopiles engendrera des résidus (matières résiduelles, déchets dangereux comme le charbon saturé d'hydrocarbures) dont il faudra assurer une gestion hors-site adéquate. Le traitement des sols en biopile sur le site nécessitera également l'installation, l'opération et la maintenance d'équipements spéciaux sur une période de temps prolongée.

La mise en œuvre d'un traitement par stabilisation chimique des métaux et leur confinement sous membranes offre certains avantages dont celui de procéder rapidement, et avec une simplicité d'application, au traitement des métaux. Il sera nécessaire cependant de procéder à certains essais en laboratoire au préalable de manière à choisir la nature du média réactif le plus adéquat (coût, performance à long terme), sa concentration optimale, sa compatibilité avec les sols en place, etc. La jeune historique et mise en application au Québec de ce mode de traitement pourrait également alimenter une certaine méfiance bien qu'il

existe suffisamment d'études de case documentées qui témoignent de la performance de ce procédé. Le confinement sous membrane avec système de récupération des eaux de lixiviation minimise, voire élimine, les risques à la santé humaine et l'impact sur l'environnement. Facile d'implantation, une attention spéciale devra être portée à la sécurité des travailleurs lors de la manipulation du média. Aucune autre action d'entretien, de maintenance ou d'opération n'est requise suite au confinement physique des sols stabilisés autre que le suivi environnemental des eaux souterraines.

D'autre part, il serait avantageux de procéder au tamisage des sols excavés de manière à réduire de l'ordre de 25% le volume de sols à gérer du point de vue environnemental tant pour leur disposition et/ou traitement hors-site que pour leur stabilisation chimique et confinement sur le lieu d'excavation. Les travaux de caractérisation environnementale ont en effet démontré la présence de blocs et de graviers grossiers dans les deux premiers mètres de remblai (Chapitre 4 et rapport de sondage à l'annexe D). Cette stratégie est tenue en compte dans l'estimation des coûts présentés dans les tableaux 10-1 à 10-3 et discutés ci-dessous.

➤ Coûts

Une comparaison des prix pour la mise en œuvre de chacune des alternatives pour la gestion et/ou décontamination environnementales des sols affectés par les hydrocarbures pétroliers, les HAP et les métaux est offerte dans les tableaux 10-1 à 10-3B. Les hypothèses suivantes ont été formulées pour l'élaboration des coûts :

- Les sols sont considérés totalement excavés dans le cadre des travaux de réfection/agrandissement de la rue du Quai.
- Les matériaux de remblai et réutilisés sur le site. Aucun coût n'a été inclus pour leur manipulation dans le cadre de la présente évaluation de coûts.
- Pour les besoins du calcul de l'estimation des coûts, le volume de média réactif pour la stabilisation chimique des sols a été estimé à 10 %.

Il importe de souligner que le prix estimé à l'article 3 des tableaux 10-1 et 10-2 n'est fourni qu'à titre informatif puisque le type de média et la concentration ajoutée au sol contaminé en métaux pour leur stabilisation chimique sont tributaires des essais en laboratoire. Ces essais viseront à déterminer le meilleur ratio qualité/prix tout en s'assurant de l'objectif de la protection du public et de l'environnement. Le tableau 10-3A

procure une estimation budgétaire davantage précise, laquelle est en partie basée sur les prix unitaires fournis par les propriétaires de lieux de traitement et de disposition de sols contaminés et des compagnies de transport.

En résumé, cet exercice d'estimation a permis l'évaluation des coûts suivants :

<b>Alternative</b>	<b>Description</b>	<b>Coût estimatif</b>
1.	Stabilisation chimique des métaux sous confinement membranaire et traitement biologique en pile pour les HP C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> et les HAP	2 338 000 \$
2.	Stabilisation chimique des métaux sous confinement membranaire et excavation, transport et disposition/traitement hors-site des sols affectés par les HAP et les HP C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> dans des sites autorisés	2 433 000 \$
3.	Excavation, transport, traitement hors-site et/ou disposition des sols contaminés dans des sites autorisés	3 450 000 \$

#### **10.4.4.3 Discussion sur les alternatives de gestion/décontamination des eaux souterraines**

Les lignes qui suivent discutent, sur une base générale et non sur une base/individuelle dédiée à chacune des alternatives de l'évaluation en terme d'efficacité, d'implantation et de coût.

##### ➤ Efficacité

D'abord, la littérature consultée sur la technologie des barrières réactives a démontré leur efficacité pour une contamination d'origine organique ou inorganique. Rares sont les situations ayant impliqué une contamination mixte en hydrocarbures pétroliers et en métaux lourds dans l'application de cette technologie. Bien que des résultats encourageants sont obtenus de travaux de recherche, dont ceux réalisés à l'Institut de recherche en biotechnologie de Montréal, il demeure difficile de statuer sur l'efficacité des barrières réactives pour une contamination d'origine mixte. L'utilisation conjointe d'une barrière physique (écran étanche de sol-bentonite) et d'un contrôle hydraulique par pompage constitue une solution efficace et sécuritaire pour empêcher toute migration d'eau souterraine contaminées dans la baie de Gaspé. D'une part, la barrière

hydraulique contrôle l'écoulement de l'eau souterraine et le niveau d'eau et d'autre part, la barrière physique crée un obstacle majeur à l'écoulement. Le recours à l'oxydation chimique in situ permettra une réduction efficace des concentrations sur une période de 1 à 2 mois suite à l'enlèvement des sols affectés en hydrocarbures pétroliers. La réduction des teneurs résiduelles en métaux dans les enclaves de contamination situées plus en amont hydraulique par les mécanismes d'atténuation naturelle s'effectuera graduellement sur une période d'au moins 20 ans.

Si l'on considère toujours que le rendement représente une mesure de la performance de la technologie en fonction des coûts et du temps, il est indéniable que l'alternative n° 3 composée de la mise en place d'un mur étanche avec un contrôle hydraulique par pompage et traitement apparaît la moins attrayante puisqu'elle implique l'opération et la maintenance d'équipements sur une longue période de temps à des coûts très élevés. En comparaison, bien que les coûts de mise en place d'une barrière réactive soit du même ordre de grandeur que ceux de l'alternative par contrôle physique et hydraulique des eaux souterraines, cette approche in situ ne requiert que peu d'entretien pour le rendement et l'efficacité qu'elle peut offrir. Pour les eaux souterraines contaminées par les hydrocarbures pétroliers, le traitement par oxydation chimique constitue aussi une alternative intéressante de par sa rapidité d'exécution. Pour les enclaves de métaux dissous dont les impacts au niveau écologique ont été jugés absents, l'atténuation naturelle comme alternative de gestion environnementale se veut une approche attrayant bien qu'elle nécessitera une période de temps plus longue.

#### ➤ Implantation

Il est certes très connu que la technologie de pompage et de traitement des eaux extraites exigera l'installation, l'opération et la maintenance d'équipements spécifiques sur une période de temps prolongée. Si ces travaux de maintenance ne sont pas exécutés régulièrement, le procédé deviendra rapidement inefficace. Le traitement des eaux souterraines engendrera aussi des résidus (charbon activé, résine, etc.) donc il faudra assurer la gestion sécuritaire. Ces éléments rendent moins attrayante l'application de l'alternative de la mise en place d'un mur étanche de boue (sol/bentonite) avec un contrôle hydraulique assuré par pompage et traitement.

Sans affirmer que la construction d'une barrière réactive s'effectue sans obstacle, les techniques d'excavation, les modes de construction et la faible profondeur de mise en place (de l'ordre de 5 à 6 mètres) en facilitent son implantation. Une attention spéciale devra être portée, lors

de l'installation, 1) à la proximité de la baie sur l'intégrité physique de l'excavation, 2) pour que la partie sommitale de la barrière excède d'au moins 0,5 mètre l'élévation la plus haute de la nappe observée au printemps et 3) pour que la base de la barrière soit suffisamment profonde pour converger les eaux souterraines vers les cellules réactives. Encore une fois, la jeune historique et mise en application au Québec de cette technologie de traitement pourrait alimenter une certaine méfiance de la part des instances gouvernementales. Cette méfiance sera d'autant plus grande si les données sont insuffisantes (essai en laboratoire seulement, en phase de recherche et de développement) pour en démontrer une efficacité certaine. Ça pourrait être le cas pour une barrière réactive à usage mixte (organique et inorganique). Peu importe le type de barrières réactives, le média réactif possède une durée de vie qui dépend de multiples facteurs mais de manière générale, de l'ordre de 10 à 20 ans. Ce média devra être remplacé dans l'éventualité où le traitement des eaux n'est pas complété.

La mise en oeuvre d'un traitement par oxydation chimique in situ offre les avantages d'éviter toute manipulation des eaux et de réduire les concentrations des polluants de manière efficace et rapide dans les eaux souterraines limitant les nuisances physiques pour le propriétaire des lieux et facilitant la remise en état du site au terme des travaux. Il est possible qu'un essai pilote soit réalisé au préalable afin de concevoir adéquatement l'approche à la décontamination pour les paramètres les plus critiques comme la distance séparant les points d'injection, la quantité requise d'oxydant en fonction de la composition naturelle des sols et des eaux souterraines, et la nature du catalyseur à injecter, etc. Facile d'implantation, une attention spéciale doit cependant être portée à la sécurité des travailleurs lors de la manipulation et l'injection des produits chimiques. En ce sens, des équipements de protection adaptée doivent être en tout temps portés par les travailleurs.

La méthodologie reliée à la démonstration exhaustive et la quantification des processus d'atténuation naturelle est bien connue pour les eaux souterraines. Cette technologie ne pose aucune difficulté majeure pour sa mise en oeuvre. Elle s'avère très écologique et applicable pour le site à l'étude aux enclaves de contamination de métaux en phase dissoute localisées à une distance respectable de la baie de Gaspé, c'est-à-dire ceux n'ayant aucun impact écologique appréhendé sur les eaux de surface. Elle évite toute intervention directe sur le site hormis les travaux d'échantillonnage pour vérifier la progression de la décontamination et s'assurer de la stabilité ou de la régression des enclaves de contamination.

➤ Coûts

Une comparaison des prix pour la mise en œuvre de chacune des alternatives pour la gestion et/ou décontamination environnementale des eaux souterraines affectées par les métaux lourds et les hydrocarbures pétroliers est offerte dans les tableaux 10-4 à 10-6.

L'estimation des coûts de l'article 3 des tableaux 10-4 et 10-5 n'a pu être réalisée avec précision puisque la construction de la barrière réactive dépend des résultats en colonne effectués en laboratoire, du type de médias réactifs sélectionnés, de la conception de la barrière (en continu ou en section de type « funnel and gate ») et des cellules réactives, etc. À titre de première estimation, il a été noté dans la littérature, qui recense de nombreuses applications, que les coûts de construction d'une barrière réactive sont généralement comparables à ceux de l'implantation d'une barrière physique avec contrôle hydraulique par pompage et traitement. Ainsi, le coût inscrit à l'article 3 des tableaux 10-4 et 10-5 représente la sommation des articles 2 à 4 du tableau 10-6.

Par ailleurs, il a été assumé que les barrières physique et hydraulique s'étendaient sur une distance de 150 mètres, que la profondeur d'installation du mu de sol/bentonite atteignait une profondeur de 6 mètres et que l'opération du système de pompage et de traitement s'échelonnait sur une période de 10 ans.

L'exercice d'estimation pour les eaux souterraines a permis l'évaluation préliminaire des coûts suivants :

<b>Alternative</b>	<b>Description</b>	<b>Prix estimatif</b>
1.	Mise en place d'une barrière réactive pour une contamination mixte en HP C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> et en métaux et atténuation naturelle des métaux dissous résiduels	960 000 \$
2.	Mise en place d'une barrière réactive pour la contamination en métaux, le traitement par oxydation chimique des Hp C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> et atténuation naturelle des métaux dissous résiduels	1 155 000 \$
3.	Mise en place d'un mur étanche de boue avec contrôle hydraulique par pompage et traitement et atténuation naturelle des métaux dissous résiduels	1 450 000 \$

**Tableau 10-1**  
**Estimation budgétaire**  
**Gestion / décontamination des sols contaminés**

**Alternative 1 : Stabilisation chimiques des métaux sous confinement membranaire et traitement biologique en pile pour les HP C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> et les HAP.**

Article	Catégorie de travail, outillage ou matériaux	Prix estimatif
1.	Travaux préparatoires : revue des études antérieures, essais en laboratoire, plan de santé et sécurité, plan et devis, aménagement du chantier.	53 000 \$
2.	Construction de l'aire de confinement des sols contaminés en métaux stabilisés, recouvrement, système de drainage, puits d'observation(s), ensemencement hydraulique et surveillance des travaux (main d'œuvre, déplacement, résidence et repas)	80 000 \$
3.	Stabilisation des métaux par ajout et mélange du média réactif sélectionné et mise en pile sur l'aire de confinement (14 000 m <sup>3</sup> X 15 % foisonnement ÷ 25 % tamisage) Surveillance des travaux (main d'œuvre, déplacement, résidence et repas)	2 000 000 \$
4.	Construction de la biopile incluant équipements, électricité, amendements, (mise en pile (800 m <sup>3</sup> X 15 % foisonnement ÷ 25 % tamisage). Surveillance des travaux (main d'œuvre, déplacement, résidence et repas)	55 000 \$
5.	Traitement et suivi environnemental : analyses chimiques, matériel d'échantillonnage, équipements de mesures, électricité, maintenance et entretien des équipements, main-d'œuvre sur le site, supervision, frais de déplacement et de repas. Suivi de la biopile : 2 ans; suivi du procédé stabilisation : 5 ans	90 000 \$
6.	Gestion des sols traités : retrait des sols traités et remblayage dans l'excavation ouverte	10 000 \$
7.	Démantèlement des installations, gestion des résidus et remise en état de lieux	20 000 \$
8.	Réunions, compte-rendus, rapports, communication, édition (sans)	30 000 \$
Somme des coûts (avant taxes)		2 338 000 \$

Note : •Les sols sont considérés totalement excavés dans le cadre des travaux de réfection / agrandissement de la route du Quai.

•Les matériaux issus du tamisage (25 %) ont été considérés comme matériaux de remblai et réutilisés sur le site. Aucun coût n'a été inclus pour manipulation dans le cadre du présent exercice.

•Pour les besoins du calcul de l'estimation des coûts, le volume de média réactif a été estimé à 10 %

**Tableau 10-2**  
**Estimation budgétaire**  
**Gestion / décontamination des sols contaminés**

**Alternative 2 : Stabilisation chimique des métaux sous confinement membranaire et excavation, transport et disposition hors-site des sols affectés par les HAP et les HP C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> dans des sites autorisés.**

<b>Article</b>	<b>Catégorie de travail, outillage ou matériaux</b>	<b>Prix estimatif</b>
1.	Travaux préparatoires : revue des études antérieures, essais en laboratoire, plan de santé et sécurité, plan et devis technique, organisation du chantier	43 000 \$
2.	Construction de l'aire de confinement des sols contaminés en métaux stabilisés, recouvrement, système de drainage, puits d'observation(s), ensemencement hydraulique et surveillance des travaux (main d'œuvre, déplacement, résidence et repas)	80 000 \$
3.	Stabilisation des métaux par ajout et mélange du média réactif sélectionné et mise en pile sur l'aire de confinement (14 000 m <sup>3</sup> X 15 % foisonnement ÷ 25 % tamisage). Surveillance des travaux (main d'œuvre, déplacement, résidence et repas)	2 000 000 \$
4.	Suivi environnemental : analyses chimiques, matériaux d'échantillonnage, équipements de mesures, main-d'œuvre sur le site, supervision, frais de déplacement et de repas. Suivi du procédé de stabilisation sur 5 ans.	30 000 \$
5.	Transport, traitement et/ou disposition hors-site dans des sites autorisés des sols contaminés aux HP C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> et les HAP (1500 m <sup>3</sup> X15 % foisonnement ÷ 25 % tamisage)	255 000 \$
6.	Réunions, compte-rendus, rapports, communication, édition (5 ans)	25 000 \$
Somme de coûts (avant taxes) :		2 433 000 \$

Note : •Les sols sont considérés totalement excavés dans le cadre des travaux de réfection / agrandissement de la route du Quai.

•Les matériaux issus du tamisage (25 %) ont été considérés comme matériaux de remblai et réutilisés sur le site. Aucun coût n'a été inclus pour leur manipulation dans le cadre du présent exercice.

•Le lecteur est prié de se référer au tableau 10-3B pour une comparaison de taux unitaires fournis par des exploitants de sites autorisés par le MENV et l'estimation des coûts de l'article 5



**Tableau 10-3A**  
**Estimation budgétaire**  
**Gestion / décontamination des sols contaminés**

**Alternative 3 : L'excavation, le transport, le traitement hors-site et/ou la disposition de sols contaminés dans des sites autorisés.**

<b>Article</b>	<b>Catégorie de travail, outillage ou matériaux</b>	<b>Prix estimatif</b>
1.	Travaux préparatoires : plan de santé et de sécurité, production des plans et devis technique	25 000 \$
2.	Préparation des aires d'entreposage temporaire et de tamisage (15 700 m <sup>3</sup> X 15 % de foisonnement)	60 000 \$
3.	Transport, traitement et/ou disposition sécuritaire hors-site dans des lieux autorisés des sols contaminés. • Métaux C-D (10 000 m <sup>3</sup> X 15 % foisonnement ÷ 25 % tamisage) :	1 700 000 \$
	Métaux > D (4000 m <sup>3</sup> X 15 % foisonnement ÷ 25 % tamisage) :	1 200 000 \$
	• HP C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> C-D (1 200 m <sup>3</sup> X 15 % foisonnement ÷ 25 % tamisage) :	180 000 \$
	• HP C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> > D et métaux C-D (500 m <sup>3</sup> X 15 % foisonnement ÷ 25 % tamisage) :	75 000 \$
4.	Suivi et surveillance des travaux : main d'œuvre, analyses chimiques, supervision, matériel d'échantillonnage, frais de déplacement et de repas.	140 000 \$
5.	Remise en état des lieux d'entreposage temporaire et détamissage des sols contaminés : analyses chimiques excavation des sols sous les aires d'entreposage; nivellement	50 000 \$
6.	Réunions, compte-rendus, rapports, communication, édition	20 000 \$
Somme de coûts (avant taxes) :		3 450 000 \$

Note : •Les sols sont considérés totalement excavés dans le cadre des travaux de réfection / agrandissement de la route du Quai.  
 •Le lecteur est prié de consulter le tableau 10-3B pour le détail des coûts associés à l'article 3.  
 •Les matériaux issus du tamisage (25 %) ont été considérés comme matériaux de remblai et réutilisés sur le site. Aucun coût n'a été inclus pour leur manipulation dans le cadre du présent exercice.

**Tableau 10-4**  
**Estimation budgétaire**  
**Gestion / décontamination des eaux souterraines contaminées**

**Alternative 1 : Mise en place d'une barrière réactive pour une contamination mixte en HP C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> et métaux et atténuation naturelle des métaux dissous résiduels.**

Article	Catégorie de travail, outillage ou matériaux	Prix estimatif
1.	<u>Travaux préparatoires</u> : Essais en colonnes pour la sélection du type de médias et la quantité nécessaire, analyses chimiques, plan de santé et sécurité, préparation du site	45 000 \$
2.	Évaluation des données, modélisation (eau souterraine et contaminant) conception, évaluation géochimique, plans et devis technique, certificat d'autorisation	50 000 \$
3.	Construction de la barrière réactive incluant les cellules réactives et les écrans de sol / bentonite, le ou les médias réactifs, les puits d'observation (15) et la surveillance des travaux (main d'œuvre, résidence et repas)	465 000 \$
4.	<u>Suivi environnemental</u> : échantillonnage de l'eau souterraine, analyses chimiques, matériel et équipement, main d'œuvre sur le site, supervision, frais de déplacement et repas. Suivi sur 10 ans, 2 fois/an	250 000 \$ (25 000 \$/an)
5.	Remise en état des lieux	10 000 \$
6.	Démonstration de l'atténuation naturelle : Caractérisation géochimique, évaluation, modélisation, développement d'une stratégie à long terme de gestion (réseau de surveillance, protocole analytique, etc.), mesure de contrôle institutionnelle. Suivi sur 10 ans	90 000 \$
7.	Réunion, comptes-rendus, rapports, communication, édition (10 ans)	50 000 \$
Somme des coûts (avant taxes) :		960 000 \$

Note : L'estimation des coûts de l'article 3 ne peut pas être réalisée avec précision puisque la construction de la barrière réactive dépend du résultat des essais en laboratoire, du type de médias sélectionnés, de la conception de la barrière (en continu ou en section de type « funnel and gate ») etc. À titre de première estimation il est noté dans la littérature que les coûts de construction d'une barrière réactive sont comparables à ceux de l'implantation d'une barrière physique avec contrôle hydraulique par pompage et traitement. Ainsi, la valeur de 465 000 \$ représente l'addition des articles 2 à 4 du tableau 10-6.

**Tableau 10-5**  
**Estimation budgétaire**  
**Gestion / décontamination des eaux souterraines contaminées**

**Alternative 2 : Mise en place d'une barrière réactive pour la contamination en métaux, le traitement par oxydation chimique des HP C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> et atténuation naturelle des métaux dissous résiduelle**

Article	Catégorie de travail, outillage ou matériaux	Prix estimatif
1.	<u>Travaux préparatoires</u> : Essais en colonnes pour la sélection du type de médias et la quantité nécessaire, analyses chimiques, plan de santé et sécurité, localisation des infrastructures enfouies, préparation du site	45 000 \$
2.	Évaluation des données, modélisation (eau souterraine, contaminant), conception, évaluation géochimique, plans et devis technique, certificat d'autorisation	50 000 \$
3.	Construction de la barrière réactive incluant les cellules réactives et les écrans de sol / bentonite, le ou les médias réactifs, les puits d'observation (15) et la surveillance des travaux (main d'œuvre, résidence et repas)	465 000 \$
4.	<u>Traitement par oxydation chimique</u> : mobilisation des équipements, fourniture de l'oxydant et du catalyseur, injection.	185 000 \$
5.	<u>Suivi environnemental</u> : échantillonnage de l'eau souterraine, analyses chimiques, matériel et équipement, main d'œuvre, supervision, frais de déplacement. Barrière réactive sur 10 ans.	250 000 \$ (25 000 \$/an)
6.	Démobilisation et remise en état des lieux	20 000 \$
7.	<u>Démonstration de l'atténuation naturelle</u> : caractérisation géochimique, évaluation modélisation, développement d'une stratégie à long terme de gestion (réseau de surveillance, protocole analytique), mesure de contrôle institutionnelle. Suivi de 10 ans	90 000 \$
8.	Réunion, comptes-rendus, rapports, communication, édition (10 ans)	50 000 \$
Somme des coûts (avant taxes) :		1 155 000 \$

Note : L'estimation des coûts de l'article 3 ne peut pas être réalisée avec précision puisque la construction de la barrière réactive dépend du résultat des essais en laboratoire, du type de médias sélectionnés, de la conception de la barrière (en continu ou en section de type « funnel and gate ») etc. À titre de première estimation il est noté dans la littérature que les coûts de construction d'une barrière réactive sont comparables à ceux de l'implantation d'une barrière physique avec contrôle hydraulique par pompage et traitement. Ainsi, la valeur de 465 000 \$ représente l'addition des articles 2 à 4 du tableau 10-6.

**Tableau 10-6**  
**Estimation budgétaire**  
**Gestion / décontamination des eaux souterraines contaminées**

**Alternative 3 : Mise en place d'un mur étanche de boue avec contrôle hydraulique par pompage et traitement et atténuation naturelle des métaux dissous.**

<b>Article</b>	<b>Catégorie de travail, outillage ou matériaux</b>	<b>Prix estimatif</b>
1.	Travaux préparatoires Plan de santé et sécurité, plans et devis technique, certificat d'autorisation, aménagement du chantier	60 000 \$
2.	Construction du mur étanche par l'emploi de sol-bentonite et installation en excavation ouverte soutenue par de la bentonite : 150 mètres de longueur.	225 000 \$
3.	Surveillance des travaux (main d'œuvre, déplacement, résidence, repas)	170 000 \$
4.	Construction de système de traitement, constitué d'un réservoir de stabilisation filtre au sable, filtre au charbon activé, unité d'absorption sur résine, système d'évacuation, électricité, plomberie et bâtiment. Mise en place de 10 puits de pompage et de 10 puits d'observation, station de pompage, conduite et accessoires, tranchées, pompes et accessoires	70 000 \$
5.	Traitement et suivi environnemental : analyses chimiques, matériel d'échantillonnage, équipements de traitement et de pompage, électricité, main d'œuvre sur le site, supervision, frais de déplacement et e repas. Suivi 10 ans	750 000 \$ 75 000 \$/an
6.	Démantèlement des installations, gestion des résidus et remise en état des lieux	25 000 \$
7.	Démonstration de l'atténuation naturelle : caractérisation géochimique, évaluation modélisation, développement d'une stratégie à long terme de gestion (réseau de surveillance, protocole analytique, etc.), mesure de contrôle institutionnelle. Suivi de 10 ans	90 000 \$
8.	Réunion, comptes-rendus, rapports, communication, édition (10 ans)	60 000 \$
Somme des coûts (avant taxes) :		1 450 000 \$

Note : Il a été assumé que les barrières hydraulique et physique s'étendaient sur une longueur de 150 mètres, que la profondeur de la paroi de sol/bentonite s'étendait jusqu'à une profondeur de 6 mètres et que l'opération du système de pompage et traitement s'échelonna sur une période de 10 ans.

## 11.0 CONCLUSIONS

---

Transports Canada a mandaté la firme TechnoRem Inc. pour effectuer une étude de caractérisation approfondie sur le site de la rue du Quai à Gaspé, incluant les lots 17, 50, C1-3, C2-2, B6-2, B5-2, B5-1-1, 1-1-1, B4-6 et 1-4. Les principaux objectifs du projet sont de :

- Procéder à une caractérisation environnementale approfondie des sols de la rue du Quai, soit sur les terrains appartenant à TC, sur les terrains avoisinants la rue et sur une portion des terrains du port de Gaspé.
- Établir le degré de contamination et effectuer une évaluation précise du volume de sols contaminés, par types de contaminants, en vue de planifier un projet de réhabilitation des terrains.
- Caractériser les eaux souterraines et rassembler les données nécessaires à la réalisation d'une modélisation mathématique de l'écoulement des eaux souterraines et du transport des contaminants en vue de déterminer le scénario de réhabilitation le plus avantageux.

Pour atteindre ces objectifs, les travaux réalisés en août 2003 incluaient:

- la revue de la documentation disponible fournie par Transports Canada;
- la préparation d'un plan de santé et sécurité au travail;
- la localisation des infrastructures souterraines, des anciens sondages et des sondages à réaliser;
- l'excavation de 60 tranchées d'exploration à une profondeur variant de 1,87 m à 4,59 m avec installation de piézomètre dans 18 des tranchées;
- la réalisation de 21 forages (incluant deux refus) et l'installation de 19 puits d'observation à une profondeur variant de 4,27 à 4,57 m;
- l'arpentage et le nivellement des travaux environnementaux;
- le prélèvement de 346 échantillons de sols (incluant les duplicata et un échantillon de remblai de forage) et l'analyse de 143 échantillons de sols;
- la réalisation de neuf (9) essais de perméabilité;
- la mesure des niveaux d'eau et des paramètres physico-chimiques dans les nouveaux puits d'observation ainsi que dans les anciens puits disponibles;

- le prélèvement et l'analyse de 49 échantillons d'eau souterraine, incluant les duplicata, le blanc de terrain et le blanc de transport;
- le traitement de l'eau de purge au charbon activé, le prélèvement et l'analyse d'un échantillon d'eau traitée;
- la compilation et l'interprétation des données et la rédaction d'un rapport.

La revue de la documentation disponible, les données de terrain et les résultats analytiques sur les sols et les eaux souterraines permettent de dégager les conclusions suivantes :

### **Géologie**

La géologie du site à l'étude est caractérisée par un remblai d'une épaisseur d'environ 2 m, mais pouvant atteindre 3,8 m, composé de silt sableux à graveleux ou de sable contenant diverses proportions de silt, de gravier ou de blocs rocheux. Les débris (traces) incluent des fragments de métal, de scories, de béton, d'asphalte, de bois, de charbon, de plastique ou de verre. Le remblai recouvre des unités naturelles de sable plus ou moins silteux ou graveleux.

La géologie est différente dans la partie centrale du site. Sous le remblai de silt sableux à graveleux, on retrouve une unité naturelle d'argile silteuse ou, plus au nord-est, le socle rocheux formé de shale friable.

### **Hydrogéologie**

L'eau souterraine a été rencontrée à une profondeur de 0,2 à 3,3 m en août 2003. Trois unités hydrostratigraphiques ont été identifiées, soient : 1) la partie saturée du remblai composé de silt sableux à graveleux et les unités naturelles sous-jacentes de sable contenant diverses proportions de silt ou de gravier (aquifère de surface), 2) l'unité naturelle d'argile silteuse (aquitard) et 3) le socle rocheux.

Les résultats des essais de perméabilité indiquent des conductivités hydrauliques variant de  $1,2 \times 10^{-7}$  à  $1,5 \times 10^{-5}$  m/s pour une moyenne géométrique de  $3,04 \times 10^{-6}$  m/s ( $N = 7$ ) excluant deux résultats qui n'ont pu être interprétés adéquatement en raison de la remontée trop rapide de l'eau durant l'essai (perméabilité supérieure à  $10^{-4}$  m/s).

Le relevé piézométrique indique que l'eau souterraine s'écoule vers le nord-est, soit en direction de la baie de Gaspé, en fonction d'un gradient hydraulique horizontal moyen de l'ordre de 0,022 m/m. La vitesse moyenne de migration des eaux souterraines a été estimée à 8 m/an, tandis que les vitesses maximales d'écoulement seraient de l'ordre de 130 m/an dans les zones de plus grandes pentes.

## Qualité des sols et volume des sols affectés

À partir des 346 échantillons de sols prélevés lors des travaux de terrain effectués en août 2003, 178 ont été sélectionnés pour l'analyse des hydrocarbures pétroliers C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub>, des HAM, des HAP, des phénols, des métaux et/ou d'autres paramètres organiques (carbone organique total et bactéries hydrocarbonoclastes) ou inorganiques (soufre, azote, phosphore). La qualité des sols est évaluée relativement aux critères C du MENV.

### ➤ Hydrocarbures pétroliers et HAP

Les résultats analytiques montrent des dépassement du critère C du MENV (3 500 mg/kg) pour les C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> dans six (6) échantillons provenant de quatre (4) forages (PO03-65, TP75, TP79 et TP81) réalisés dans les lots B5-2 et 1-1-1, avec des concentrations variant de 4 900 à 10 000 mg/kg. Les chromatogrammes indiquent un profil comparable à celui du carburant diesel. Les concentrations élevées en C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> ont été retrouvées en bordure du secteur où une contamination en hydrocarbures pétroliers avait auparavant été identifiée et où des travaux de restauration environnementale avaient été réalisés en 2001.

Une concentration en HAP (1,3-diméthylnaphtalène : 20 mg/kg) supérieure au critère C du MENV (10 mg/kg) a été mesurée dans l'échantillon prélevé entre 1,0 et 2,0 m de profondeur dans la tranchée TP99 (lot 1-4).

Les sols affectés par les hydrocarbures pétroliers (> C) s'étendent sur une superficie totale estimée à environ 1 400 m<sup>2</sup>, une épaisseur de 0,5 à 2,0 m, pour un volume total estimé à environ 1 500 m<sup>3</sup>, dont approximativement 400 m<sup>3</sup> montrant une concentration atteignant le critère D. Le volume approximatif de sols affectés par les HAP est de 200 m<sup>3</sup>.

### ➤ Métaux et autres paramètres inorganiques

Les résultats analytiques pour les métaux montrent que le cuivre a dépassé le critère C du MENV (500 mg/kg) dans 30 échantillons de remblai répartis sur l'ensemble du site (lots 17, C1-3, B6-2, B5-2, 1-1-1 et 1-4), avec des concentrations variant de 500 à 21 000 mg/kg. Des concentrations supérieures aux critères C ont également été mesurées pour l'arsenic (160 mg/kg dans le TP88, lot C1-3) et le plomb (1 300

mg/kg dans le TP76, lot B5-2, et 1 400 mg/kg dans le TP94, lot 17). La contamination en métaux est vraisemblablement liée au transbordement du minerai de cuivre qui a été effectué autrefois au port de Gaspé.

Le soufre a été mesuré en concentrations élevées (0,24 à 0,47 mg/kg) dans les tranchées TP84 (lot B5-2) et TP67 (lot C2-2). Ces valeurs dépassent le critère C de la Politique du MENV, mais le soufre ne fait pas partie des paramètres listés dans les annexes I et II du *Règlement sur la protection et la réhabilitation des terrains*.

Les sols contenant des métaux (cuivre ± arsenic et plomb) en concentrations supérieures aux critères C sont répartis dans 11 secteurs le long de la rue du Quai. La contamination en métaux se retrouve généralement dans la couche de remblai entre la surface et 1,0 m de profondeur mais peut localement atteindre 2,5 m de profondeur. Les sols contaminés s'étendent sur une superficie totale de près de 12 000 m<sup>2</sup> pour un volume total estimé à près de 14 000 m<sup>3</sup>. De ce volume, environ 4 000 m<sup>3</sup> présentent un niveau de contamination égal ou supérieur au critère D du MENV.

### **Qualité des eaux souterraines et étendue des eaux souterraines affectées**

Des échantillons d'eau ont été prélevés de 44 puits d'observation, incluant six puits existants, et soumis à l'analyse des hydrocarbures pétroliers C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub>, des HAM, des HAP, des métaux et/ou d'autres paramètres organiques (carbone organique total et bactéries hydrocarbonoclastes) ou inorganiques (dureté, alcalinité, fer ferreux, composés de soufre et composés azotés, phosphore et demandes chimique et biologique en oxygène) en plus de faire l'objet de la mesure *in situ* des paramètres physico-chimiques (température, pH, oxygène dissous, conductivité et potentiel d'oxydo-réduction). La qualité de l'eau souterraine est évaluée relativement aux seuils d'alerte correspondant à 50% de la valeur des critères d'eau de surface et égouts du MENV.

#### **➤ Hydrocarbures pétroliers et HAP**

Les hydrocarbures pétroliers C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> dépassent le seuil d'alerte (1 750 µg/L) dans six (6) puits (PO03-65, PO03-66, PZ75, PZ76, PZ-79 et PZ113) avec des concentrations de 2 400 à 29 000 µg/L. Ces puits sont situés dans les lots B5-2, 1-1-1 et 1-4, en bordure de la zone où une contamination en hydrocarbures pétroliers avait été identifiée dans les sols et l'eau souterraine, et où des travaux de restauration



environnementale ont été réalisés en 2001. L'eau affectée par les C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> s'étend sur une superficie estimée à 1 600 m<sup>2</sup>.

Le fluoranthène (HAP) dépasse légèrement le seuil d'alerte (1,15 µg/L) dans le puits PO03-81 (lot 1-4), avec une concentration de 1,6 µg/L. L'étendue de l'enclave de contamination en fluoranthène est estimée à environ 500 m<sup>2</sup>.

### ➤ Métaux et autres paramètres inorganiques

Les critères d'eau de surface et égouts pour certains métaux (Ag, Ba, Cd, Cu, Ni, Pb et Zn), et les seuils d'alerte correspondants, ont été corrigés en fonction de la dureté moyenne de l'eau (467 mg/L), mesurée à partir de trois (3) puits représentant l'ensemble du site.

Les concentrations en métaux dépassent les critères applicables dans 15 puits d'observation. Le principal paramètre problématique est le cuivre dont les concentrations supérieures au seuil d'alerte (30 µg/L) varient de 34 à 300 µg/L. Des concentrations supérieures aux seuils d'alerte ont également été mesurées pour le chrome (40 µg/L), le sélénium (11 µg/L) ou en zinc (290 à 410 µg/L) dans quatre puits.

La contamination de l'eau souterraine en métaux forme six (6) enclaves réparties dans cinq (5) lots (17, B6-2, B5-2, 1-1-1 et 1-4) le long de la rue du Quai. L'enclave la plus importante se retrouve dans le secteur du lot 1-4, en bordure immédiate de la baie de Gaspé. L'étendue totale de l'eau souterraine affectée par les métaux est estimée à environ 13 000 m<sup>2</sup>, incluant un puits (PZ79) également affecté par les hydrocarbures pétroliers C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> et un autre (PO03-81) également affecté par les HAP (fluoranthène).

Finalement, les chlorures atteignent ou dépassent le seuil d'alerte (430 mg/L) dans trois puits situés dans les lots B5-2 (PO-17 et PO03-65) et B5-1-1 (PO03-62) avec des concentration de 430 à 640 mg/L.

### **Atténuation naturelle et potentiel de migration hors du site**

Les données disponibles suggèrent que le site présente un potentiel pour l'atténuation naturelle des contaminants organiques, en dépit des faibles teneurs en nutriments mesurés dans les sols et l'eau souterraine.

La présence de la baie de Gaspé à moins de 20 m des enclaves de contamination fait en sorte qu'il existe un risque de migration des contaminants organiques et inorganiques dans les eaux de la baie.

### **Classifications du site (CCME)**

Les informations obtenues au cours de l'investigation environnementale ont été utilisées dans le but de classer le site de la rue du Quai selon le Système national de classification des lieux contaminés du CCME. Basé sur les informations disponibles, l'application des critères du Système national de classification amène un total de 71 points. Sur la base de ce résultat, le site à l'étude, appartient à la classe 1, indique un source de préoccupation quant aux impacts environnementaux. Ces sites nécessitent une intervention par restauration environnementale ou contrôle des contaminants puisque des effets mesurés ou observés sont identifiées.

### **Modélisation mathématique de l'écoulement et du transport de masse**

Les modèles mathématiques MODFLOW et MT3D furent utilisés conjointement avec les données géologiques, hydrogéologiques et analytiques du site dans le but de simuler la migration des composés pétroliers dissous dans les eaux souterraines (C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub>) et des métaux.

La portion est du site de la rue du Quai à Gaspé a fait l'objet de la modélisation mathématique puisque la contamination de l'eau souterraine par des hydrocarbures pétroliers et des métaux se retrouve dans ce secteur. Le milieu aquifère est caractérisé la présence de plusieurs types de remblais et matériaux géologiques passant de sable silteux à sable moyen à grossier. L'eau souterraine se retrouve à une profondeur entre 1,05 et 3,27 m dans le secteur modélisé. L'écoulement de l'eau souterraine se fait d'abord de l'ouest vers l'est, puis à proximité des berges de la baie de Gaspé, l'écoulement se fait perpendiculairement à celles-ci. La vitesse moyenne de l'écoulement de l'eau souterraine est d'environ 6 m/an.

À quelques endroits sur le site, une contamination des sols en hydrocarbures pétroliers a été identifiée lors des différentes caractérisations environnementales. Associées à ces fortes concentrations en C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> dans les sols, des concentrations en C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> dans l'eau souterraine sont aussi idenfiées dans certains secteurs. Des secteurs sont aussi caractérisés par une contamination des sols en métaux. Des enclaves d'eau souterraine contaminée en métaux dissous sont aussi délimitées dans le secteur.

Les données géologiques, hydrogéologiques et analytiques recueillies dans le cadre du présent programme de travail (TechnoRem, 2003) ont été complétées par l'information et les résultats obtenus des études antérieures (Technisol, 1997 ; 2001b; Enviroconseil, 1998a et 1998b;

1999 ; 2000a et 2000b, Bodycote, 2001a et 2001b, 2002). Ces données furent ensuite employées dans les modèles MODFLOW et MT3D afin de simuler l'écoulement des eaux souterraines et les effets produits par les processus d'advection, de dispersion, d'adsorption et de biodégradation sur le transport et l'atténuation des C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub>. Le transport des métaux en phase dissoute a été simulé toujours avec MT3D mais en tenant compte de l'advection, dispersion et de l'adsorption.

Lorsque les données n'étaient pas disponibles pour le site, des hypothèses raisonnables en fonction des conditions spécifiques au site ont été faites, basées sur des valeurs tirées de la littérature. Des valeurs conservatrices furent utilisées pour l'élaboration du modèle MT3D de sorte que les résultats discutés ci-après représentent des scénarios conservateurs. Puisque les C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> constituent un ensemble de composés, les propriétés de transport des composés les plus mobiles ont été retenus pour réaliser l'étude afin de demeurer conservateur quant aux conclusions. De même des facteurs de retard tirés de la littérature (pour le cuivre) ont été utilisés pour simuler le transport de métaux dissous.

#### ➤ **Migration des C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> dissous**

À partir du modèle calibré, les résultats de deux différents scénarios simulés à l'aide du modèle MT3D tendent à indiquer qu'en tenant compte de la condition environnementale des sols et des eaux souterraines au site de la rue du Quai, les enclaves de contamination en C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> sous forme dissoute migrerait jusqu'à l'atteinte de la baie de Gaspé, principal milieu récepteur identifié dans le secteur. Le premier scénario assume qu'il n'y avait aucune réduction dans le temps des sources de contamination. Le deuxième scénario implique une réduction des sources de contamination annuelle de 10% représentée par une altération biologique naturelle.

Tel que discuté précédemment, il est clair qu'avec les simulations sans réduction du flux de masse aux sources que la baie de Gaspé est atteinte par des concentrations en C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> dissous dépassant le critère eau de surface et égouts et ce après moins de dix ans de simulation de la migration des C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> par rapport à la situation de l'été 2003. Il faut toutefois noter que le choix des paramètres de transport représente les composés les plus mobiles présents dans les C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub>. Les composés les plus lourds, ayant le plus grand nombre de carbone (les moins mobiles et les moins solubles) auront plus tendance à demeurer à proximité de la source.

Les simulations de transport des C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> dissous dans l'eau souterraine avec réduction annuelle du flux de masse aux sources de 10% montre que le milieu récepteur est aussi atteint par un front de contamination

dépassant le critère des eaux de surface et égouts. Par contre, l'évolution de la migration de la contamination dans le temps est ralentie, et il est démontré par les simulations que le front de contamination tend même à régresser avec les années. Le milieu récepteur qu'est la baie de Gaspé reste toutefois atteint par la migration d'eau souterraine contaminée par des C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> dissous au-delà des critères en vigueur et ce, pendant plusieurs années lors des simulations.

#### ➤ **Migration des métaux dissous**

L'étude des résultats de la caractérisation environnementale de l'été 2003 quant à la présence de métaux dans les sols et dans l'eau souterraine indique assez clairement l'étendue importante de la problématique environnementale sur le site de la rue du Quai. Ainsi, la baie de Gaspé borde directement d'importantes enclaves d'eau souterraine contaminée au-delà du critère d'alerte en métaux.

Les simulations du transport des métaux présents en phase dissoute ont d'abord représentées les conditions observées de la distribution des concentrations à l'été 2003. Les simulations prédictives réalisées en conservant les sources actives dans le modèle démontrent qu'après 10 ans et 20 ans de simulation les enclaves d'eau contaminée migrent sur de plus grandes distances. Par conséquent, les volumes d'eau souterraine contaminée deviennent plus importants lorsque les sources demeurent actives et qu'aucune action correctrice n'est apportée. Ensuite, les sources ont été mises inactives et les simulations de transport ont démontré que des concentrations importantes en métaux sous forme dissoute demeurent pendant plus de 20 ans dans l'aquifère de la rue du Quai à Gaspé et ce malgré la dilution et la dispersion. Les milieux récepteurs actuellement affectés par les métaux en phase dissoute sont donc susceptibles de demeurer affectés pendant de nombreuses années après l'enlèvement des sources de contamination de l'eau souterraine par des métaux. Il est donc nécessaire de mettre en place une technologie de restauration ou de contrôle hydraulique pour cesser les émissions de métaux dissous vers les milieux récepteurs.

#### **Présentation, élaboration et analyse des alternatives de gestion et/ou de décontamination environnementale**

Sur la base des travaux de caractérisation environnementale et hydrogéologique, de l'analyse des données obtenues, des résultats des travaux de modélisation mathématique, de l'évaluation des risques à la santé et à l'environnement de certains facteurs reliés à des contraintes physiques et aux propriétés des contaminants ainsi que l'examen d'une soixantaine de technologies de traitement des sols et des eaux souterraines contaminés, des alternatives de gestion et/ou de

décontamination environnementale ont été élaborées pour satisfaire à l'objectif de réhabilitation suivant :

« Mettre en place des mesures correctives et des modes d'intervention pour la réduction des risques environnementaux en fonction des critères génériques « C » et/ou recourir à des alternatives de gestion environnementale (surveillance environnementale, atténuation naturelle, confinement et suivi) permettant d'assurer la sécurité des usagers du site et la protection de l'environnement. »

Les six alternatives retenues, trois (3) pour la gestion/décontamination des sols et trois (3) pour la problématique des eaux souterraines ont ensuite été confrontées à une analyse comparative et une appréciation en fonction de critères techniques, environnementaux et socio-économiques et discutées sous les thèmes de l'efficacité, de l'implantation et des coûts. En particulier, pour l'exercice d'estimation des coûts de nombreuses hypothèses ont du être formulées pour plusieurs alternatives en l'absence de données précises sur leur mise en œuvre associées à des essais en laboratoire et des travaux de modélisation mathématique ciblés permettant la sélection des matériaux et du matériel les plus performants ainsi qu'une conception optimale des ouvrages.

L'analyse des besoins a ainsi permis de sélectionner les six alternatives suivantes auxquelles se rattachent à chacune une évaluation préliminaire des coûts en n'oubliant pas les hypothèses limitatives qui y sont reliés.

### Gestion / décontamination des sols

Alternative	Description	Coût Estimatif
1.	Stabilisation chimique des métaux sous confinement membranaire et traitement biologique en pile pour les HP C10-C50 et les HAP	2 338 000 \$
2.	Stabilisation chimique de métaux sous confinement membranaire et excavation, transport et disposition/traitement hors-site des sols affectés par les HAP et les HP C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> dans des sites autorisés	2 433 000 \$
3.	Excavation, transport, traitement hors-site et/ou disposition des sols contaminés dans des sites autorisés	3 450 000 \$

**Gestion / décontamination des eaux souterraines**

<b>Alternative</b>	<b>Description</b>	<b>Coût Estimatif</b>
1.	Mise en place d'une barrière réactive pour une contamination mixte en Hp C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> et en métaux et atténuation naturelle des métaux dissous résiduels	960 000 \$
2.	Mise en place d'une barrière réactive pour la contamination en métaux, le traitement par oxydation chimique des HP C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> et atténuation naturelle des métaux dissous résiduels	1 155 000 \$
3.	Mise en place d'un mur étanche de boue avec contrôle hydraulique par pompage et traitement et atténuation naturelle des métaux dissous résiduels	1 450 000 \$

## 12.0 LIMITATIONS DE L'ÉTUDE

---

Le rapport sur la caractérisation approfondie effectuée en août 2003 sur le site de la rue du Quai à Gaspé est basé sur les informations disponibles et la connaissance actuelle de la problématique de la contamination en hydrocarbures et en métaux. Lors de l'exécution des services professionnels, TechnoRem a utilisé un niveau de qualité et de connaissances scientifiques généralement exercés en des circonstances similaires par d'autres membres de la pratique professionnelle. Les conditions du site peuvent varier de celles observées à l'emplacement des tranchées d'exploration ou des puits d'observation effectués par TechnoRem et l'interprétation des données est basée uniquement sur les informations disponibles au moment de la réalisation de l'étude. TechnoRem ne peut garantir que toute l'étendue et la nature de la contamination sur le site ont été identifiées et découvertes. TechnoRem ne se tient pas responsable de l'interprétation d'autrui relativement à l'information obtenue dans cette étude.

### TechnoRem Inc.



Pour Manon Wilson, M.Sc.  
Géologue



David Morin, Ph.D.  
Géologue



Annie Morin, ing., M.Sc.  
Hydrogéologue



Jean-Marc Lauzon, ing., M.Sc.  
Hydrogéologue

**RÉFÉRENCES CITÉES DANS LE TEXTE**

---

- ANDERSON M.P., WOESNNER W. W. 1992 *Applied groundwater modeling: simulation of flow and advective transport*. Academic Press, San Diego.
- AITKEN, M. d., SHU-HWA CHEN, CHIKOMA KAZUNGA et RENDAL B. MARX, 1999. Bacterial Biodegradation of High Molecular Weight polycyclic Aromatic Hydrocarbons. University of Carolina at Chapel Hill, USA, site Internet: <http://www.tu-harburg.de/aws/sfb/sfb-tp2e.html>.
- ASTM, 1996. *ASTM Standards On Analysis Of Hydrologic Parameters And Ground Water Modeling.*, 146 pages.
- BAIER, W., ROBERTSON, G.W. 1965. *Estimation of latent evaporation from simple weather observations*, Can. Journal. Pl. Sci. 44, p. 276-284.
- Biogénie, 2001. Décontamination du sol – Quai de Sandy Beach. Rapport final présenté à TPSGC, juin 2001, 114 p.
- Biogénie, 2002. Décontamination du sol – Phase II, lots B5-1-1 et 1-4, quai de Sandy Beach. Rapport présenté à TPSGC, mars 2002, 56 p.
- Bodycote, 2001a. Rapport d'analyses – Caractérisation des sols, Gaspé (Sandy Beach). Rapport présenté à TPSGC, avril 2001, 13 p.
- Bodycote, 2001b. Rapport d'analyses – Caractérisation des sols, port de Gaspé, aire d'entreposage. Rapport présenté à TPSGC, septembre 2001.
- Bodycote, 2002. Rapport d'analyses – Caractérisation des sols, site de Sandy Beach. Rapport présenté à TPSGC, juillet 2002, 23 p.
- BRIGHAM YOUNG UNIVERSITY. 1994. *Groundwater Modeling System* (version 3.1).
- Buschek, T.E. and C.M. Alcantar, 1995, Regression Techniques and Analytical Solutions to Demonstrate Intrinsic Bioremediation, in proceedings of the 1995 Battelle International Conference on In-Situ and On Site Bioreclamation, April 1995



- DOMENICO, P.A., SCHWARTZ, F.W., 1998. Physical and Chemical Hydrogeology, John Wiley and Sons, 506 p.
- Dragun, J. 1988. Microbial Degradation of Petroleum Products in Soil. In : Soils Contaminated by Petroleum, Wiley-Interscience, New York, p. 289-300.
- Droit Québécois de l'Environnement. Directive sur la procédure officielle de prélèvement d'échantillons – Directive préliminaire no. 39.
- Enviroconseil, 1998a. Caractérisation environnementale aux propriétés du gouvernement fédéral à Sandy-Beach (Gaspé). Rapport final 2 (1298) présenté à TPSGC, décembre 1998, 27 p.
- Enviroconseil, 1998b. Caractérisation environnementale complémentaire – Lot 1-1-1 près du quai de Sandy-Beach. Rapport final 1 (1199) présenté à Pêches et Océans Canada, novembre 1999, 32 p.
- Enviroconseil, 1999. Caractérisation environnementale aux propriétés du gouvernement fédéral à Sandy-Beach (Gaspé). Rapport final 2 (1298) présenté à TPSGC, décembre 1998, 27 p.
- Enviroconseil, 2000a. Caractérisation environnementale complémentaire, rue du Quai de Sandy Beach. Rapport final 1 (0300) présenté à Pêches et Océans Canada, mars 2000, 29 p.
- Enviroconseil, 2000b. Caractérisation environnementale complémentaire - Lots 1-1-1 et B5-1-1 près du quai de Sandy Beach. Rapport final 1 présenté à TPSGC, août 2000, 47 p.
- ENVIRONNEMENT Canada, 2004. Site internet des normales climatiques [http://www.climat.meteo.ec.gc.ca/climate\\_normals/stnselect\\_f.html](http://www.climat.meteo.ec.gc.ca/climate_normals/stnselect_f.html)
- FETTER, C.W., 1999. *Contaminant Hydrogeology*, Prentice-Hall, New Jersey, 500 p.
- GELHAR, L.W., WELTY, C., REHFELDT, K.W., 1992. A critical review of data on field-scale dispersion in aquifers, *Water Resour. Res.*, 28 (7), 1955-1974.
- Groupe conseil Genivar, 2003. Bilan environnemental de la rue du Quai et du lot 1-1-1, Gaspé (Sandy Beach). Rapport final présenté à Travaux publics et Services gouvernementaux Canada et à Transports Canada, avril 2003, 20 p.

- GUSTAFSON, J.B., GRIFFITH TELL, J., OREM, D. 1997. *Selection of representative TPH fractions based on fate and transport considerations*, Total petroleum hydrocarbon criteria working group series, 102 p.
- Jamison, V.W., Raymond, R.L, Hudson, J.O. 1975. *Biodegradation of high-octane gasoline in groundwater*. Development in Industrial Microbiology, vol. 16.
- LEE, L.M. NOVOTNY, M.V. et BARTLE, K.D., 1981. *Analytical Chemistry of Polycyclic Aromatic Compounds*. Academic Press, New York, USA
- MCDONALD, M.G. and HARBAUGH, A.W., 1988. *A Modular 3-Dimensional Finite Difference Groundwater Flow Model*. U.S. Geological Survey, Denver, CO, Survey Open-File Report 83-875, Book 6.
- Ministère de l'Environnement Québec, 1990. Guide des méthodes de conservation et d'analyses des échantillons d'eau et de sol, 93 pages.
- Ministère de l'Environnement du Québec, 1996. *Loi sur la qualité de l'environnement. L.R.Q., chapitre Q-2*.
- Ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec, 1994. Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales, cahier 3 - Échantillonnage des eaux souterraines, 1994, 72 pages.
- Ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec, 1995. Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales, cahier 5 - Échantillonnage des sols.
- Ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec, 1997. Règlement sur les matières dangereuses (D.1310-97, 129 G.O. 11,6681; c.Q-2,r.15.2).
- Ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec, 1998. Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés, juin 1998.
- Ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec, 2001. Critères de qualité de l'eau de surface au Québec.

- MONFET, J., 1979. *Évaluation du coefficient de ruissellement à l'aide de la méthode SCS modifiée*, Service de l'hydrométrie, Ministère des Richesses Naturelles du Québec, H.P.51, 35 p.
- PERRY, J.J., 1984. *Microbial Metabolism of Cyclic alkanes in R.M. Atlas (editor)*, Petroleum Microbiology, MacMillan Publishing Co., New York, New York.
- Riser-Roberts, E. 1992. *Bioremediation of Petroleum Contaminated Sites*. Boca Raton, Florida, C.K. Smoley, 264 p.
- SHEPPARD, D.S., BROWN, L.J., MC CABE, W.J., BURGESS, M., *Subsurface transport from contaminated sites, part 1 soils*, GeochemicalSolutions, 15 p.  
<http://contamsites.landcareresearch.co.nz/SubPart1.pdf>
- Technisol Environnement, 1997. *Caractérisation environnementale. Rapport présenté à la Société québécoise d'assainissement des eaux*, juillet 1997.
- Technisol Environnement, 2001a. *Surveillance environnementale – service d'expert-conseil. Quai de Sandy Beach, Gaspésie (Québec). Rapport présenté à TPSGC, juin 2001, 14 p.*
- Technisol Environnement, 2001b. *Caractérisation environnementale complémentaire - Quai de Sandy Beach, Gaspésie (Québec). Rapport présenté à TPSGC, juin 2001, 18 p.*
- Technisol Environnement, 2002. *Surveillance environnementale – service d'expert-conseil. Réhabilitation des terrains contaminés pour Gaspé (Sandy Beach). Rapport final présenté à TPSGC, mars 2002, 21 p.*
- TECHNOREM, 2003. *Caractérisation environnementale approfondie des sols et des eaux souterraines de la rue du Quai, ville de Gaspé, Québec, rapport préliminaire*
- TODD., D.K., 1980., *Groundwater Hydrology*, John Wiley and Sons, New York, 535 p.

WIEDEMEIER, T.H., WILSON, J.T., KAMPBELL, D.H., MILLER, R.N., HANSEN, J.E., 1995. *Technical Protocol for Implementing Intrinsic Remediation with Long-Term Monitoring for Natural Attenuation of Fuel Contamination Dissolved in Groundwater*, vol. 1 et 2.

XU, M., ECKSTEIN, Y., 1995, *Use of weighted least-squares method in evaluation of the relationship between dispersivity and scale*, *Groundwater*, 33(6), 905-908.

ZHENG, C. BENNETT, G.D., 2002. *Applied Contaminant Transport Modeling*, John Wiley and Sons., New York, 621 p.

ZHENG, C. 1992. *MT3D version 1.8 Documentation and User's Guide*. S.S. Papadopulos & Associates, Inc., Bethesda, MD.

**RÉFÉRENCES RELATIVES AUX TECHNOLOGIES DE RESTAURATION**

---

**➤ Traitements biologiques et atténuation naturelle**

Abdul, A.S., T.L. Gibson. et D.N., Rai, 1990. Selection of Surfactant for the Removal of Petroleum Product from Shallow Sandy Aquifers. J. Ground Water, No. 28, pp. 920-926.

ADS Groupe-Conseil Inc. 1994. Caractérisation hydrogéologique préliminaire à l'usine de Drummondville. Rapport no. 820, Projet 15-00-013-001, janvier 1994, 73 p. et annexes

Ahfeld, D., Dahmani, A., Hoag, G., Farrel, M. et Ji, W., 1993. Field Measurements of Air Sparging in a Connecticut Site: Results and Comments. In the Proceedings of 1994 Petroleum Hydrocarbons and Organic Chemicals in Ground Water: Prevention, Detection and Remediation, November 1994, U.S.A., pp. 175-190

Alvarez-Cohen, L., 1993 Engineering Challenges of Implementing In Situ Bioremediation. In the Manual: In Situ Bioremediation: When Does It Work?, National Academy Press, pp. 136-152

Brubaker, R.G., Westroy, M., Fantone, K. et Taylor, W. 1993 Petroleum Hydrocarbons and Organic Chemicals in Groundwater: Prevention, Detection and Restoration.

Brown, R.A., 1992. The Advantages and Disadvantages of Bioventing and Vapor Extraction Technology. In the Proceedings: Bioventing and Vapor Extraction Uses and Applications in Remediation Operation, April 15, 1992, pp. 75-103

Environnement Canada, 2000, Technologies d'assainissement des eaux souterraines polluées. <http://www.on.ec.gc.ca/pollution/ecnpd/tabs/tab24-f.html>.

Gandehari, M. H., Kelly, B.J., Holt, A.W., Hines, S.M. et doesburg, J.M., 1994. In Situ Remediation of Ground Water Using Horizontal Well Air Injection. In the Proceedings of 1994 Petroleum Hydrocarbons and Organics Chemicals In Ground Water: Prevention, Detection and Remediation, November 1994, U.S.A., pp. 221-235.

GROUDEV, S.N. 1997. Microbial Detoxification of Heavy Metals in Soil. In Situ and On-Site Bioremediation : Volume 3, papers from the

- Fourth International In Situ and On-Site Bioremediation Symposium. New Orleans, April-May 1997. Battelle Press. pp.409.
- Haley, J.L., Hanson, B. Enfield, C., and Glass, J., 1991. Evaluating the Effectiveness of Ground Water Extraction Systems. Ground Water Monitoring Review, Vol, 11, No. 1.
- Hinches, R.E. et Cookson, j.T., 1993. Bioventing, Principle, Applications and Case Studies. Short Course Sponsored by International Network for Environmental Training, Maryland, McGraw-Hill, N.Y., U.S.A.
- Hoffman, F., 1993. Groudwater Remediation Using Smart Pump and Treat. Groundwater. v. 31, no. 1, pp. 98-105.
- Hutzler, N., Murphy, B. et Gierke, J., 1989. State of Technology Review: Soil Vapor Extraction Systems. EPA/600/2-89/024, Cincinnati: EPA Risk Reduction Engineering Laboratory.
- Johnson, R.L., Johson, P.C., McWhorter, D.B., Hinchee, R.E. et Goodman, I., 1993. An Overview of In Situ Air Sparging. Ground Water Monitoring and Remediation, Vol.13, No.4, pp. 127-135.
- Marley, M.C., Hazelbrouck, D.J. at Walsh, M.T., 1992. The Application of In Situ Air Sparging as an Innovative Soils and Ground Water Remediation Technology, Ground Water Monitoring Review, Vol. 12, No. 12, pp. 137-144.
- Marquis, J., A.S. et Dineen, D., 1994. Comparison Between Pump and Treat, Bioremediation and Bioremediation/Pump and Treat Combined: Lesson from Computer Modeling. Ground Water Monitoring and Remediation, Vol. 14, No. 1, pp. 105-119.
- Miller, R.N. Vogel, C.C. et Hinchel, E., 1992. A Field-Scale Investigation of Petroleum Hydrocarbon Biodegradation in the Vadose Zone Enhanced by Soil Venting at Tyndall AFB, Florida. In the Proceeding: In the Proceeding: Bioventing and Vapor Extraction Uses and Application in Remediation Operation, April 15, 1992, pp.173-195.
- Naval Facilities Engineering Service Center (NFESC), 2003. Experimenting with Treatment of a Mixed Plume at Port Hueneme – Full Scale Biobarrier demonstration, 4 p.

- N.R.C. National Research Council, 1993. In Situ Bioremediation: When Does It Work? National Academy Press, Washington, D.C., U.S., 208 p.
- Nyer, K.E., 1993. Practical Techniques for Groundwater and Soil Remediation. Lewis Publishers, 213 p.
- Nyer, E.K. et Sulhersen, S.S., 1993. Air Sparging: Savior of Ground Water Remediations or Just Blowing Bubbles in the Bath Tub? Ground Water Monitoring and Remediation, Vol. 13, No. 4, pp. 87-91.
- Ralinda, A., Miller, P.G. 1996. Analysis of Information Contained in the Bioremediation in the Field Search System (BFSS). Groundwater Remediation Technologies Analysis Center (GWRAC), Information Report TI-96-01 (<http://www.gwrac.org>), 400 p.
- Rosen, M.J., 1989. Surfactants and Interfacial Phenomena. Second Ed., John Wiley.
- Stewart, L.D. et Udell, K.S., 1988. Mechanisms of Oil Displacement by Steam Injection. Soc. Pet. Eng., pp. 1233-1242.
- The Hazardous Waste Consultant, 1989. Determining the Feasibility of In Situ Bioreclamation: The Hazardous Waste Consultant. July/August 1989: 4-6.
- Udell, K.S. et Stewart, L.D., 1990. Combined Steam Injection and Vacuum Extraction for Aquifer Clean-Up. Proceedings, I.A.H. Conference on Subsurface Contamination by Immiscible Fluids, Calgary, Alberta. April 18-20.
- U.S. Environmental Protection Agency (EPA), 1996. A Citizen's Guide to Natural Attenuation. EPA 542-F-96-015, 4 p.
- U.S. Environmental Protection Agency (EPA), 1996. A Citizen's Guide to Bioremediation. EPA 542-F-96-007, 4 p.
- U.S. Environmental Protection Agency (EPA), 1996. A Citizen's Guide to Phytoremediation. EPA 542-F-96-014, 4 p.
- U.S. Environmental Protection Agency (EPA), 1996. A Citizen's Guide to Soil Vapor Extraction. EPA 542-F-96-008, 4 p.

- U.S. Environmental Protection Agency (EPA), 1998. Remediation Technologies Screening Matrix and Reference Guide, <http://www.frtr.gov/matrix2/section1/toc.html>, 350 p.
- U.S. Environmental Protection Agency (EPA), 1992. Guide for Conducting Treatability Studies Under CERCLA: Soil Vapor Extraction. In the Proceeding: Bioventil and Vapor Extraction Uses and Application in Remediation Operation, April 15, 1992, pp.207-277.
- U.S. Environmental Protection Agency, 1990b. Handbook on In Situ Treatment of Hazardous Waste - Contaminated Soils. EPA/540/2-90/001.
- U.S. Environmental Protection Agency (EPA), 1991. Soil Vapor Extraction Technology: Reference Handbook. EPA/540/2-91/003, Cincinnati, U.S.A., 315 p.
- U.S. Environmental Protection Agency (EPA), 1990a. "Basics of Pump and Treat Groundwater Remediation Technology". EPA/600/8-90/003.
- U.S. Environmental Protection Agency (EPA), 1991. "Site Characterization for Subsurface Remediation." EPA/625/4-91/026.
- U.S. Environmental Protection Agency (EPA), 1989a. "Seminar Publications: Corrective Action: Technologies and Applications. EPA/625/4-89/020.
- U.S. Environmental Protection Agency (EPA), 1989b. Evaluation of Ground Water Extraction Remedies, V.1, Summary Report. EPA/540/2-89/054, Office of Emergency and Remedial Response.
- U.S. Environmental Protection Agency (EPA), 1989c. Evaluation of Ground Water Extraction Remedies, V.2, Case Studies. EPA/540/2-89/054. Office of Emergency and Remedial Response.
- U.S. Environmental Protection Agency (EPA), 1989d. Evaluation of Ground Water Extraction Remedies, V.3, General Data Survey Reports. EPA/540/2-89/054.
- West, C.C. et Harwell, J.H., 1992. Surfactant and Subsurface Remediation. *Env. Sci., Tech.*, 26(12), pp. 2324-2330.



Wilson, J.T. et Ward, C.H., 1987. Opportunities for Bioreclamation of Aquifers Contaminated With Petroleum Hydrocarbons. *J. Ind. Microbid.*, 27:109.

➤ **Barrières réactives et stabilisation physique et chimique**

Center for Biofilm Engineering at Montana State University, 2000. Subsurface Biofilm Barriers for the Containment of Contaminated Groundwater. Abstract. <http://www.erc.montana.edu>.

Chapuis, R.P., Lavoie, J. et Girard, D., 1990. Conception, construction performance et réparation des tapis sol-bentonite de deux étangs. Proceedings de la Conférence canadienne de géotechnique: Prédiction et performance en géotechnique. Tome 1. Québec, pp. 349-358.

Conca, J., Strietelmeier, E., Lu, N., Ware, S.D., Taylor, T.P., Kaszuba, J., Wright, J. 2002 Treatability Study of Reactive Materials to Remediate Ground Water Contaminated with Radionuclides, Metals and Nitrates in a Four-Component Permeable Reactive Barrier. Dans: Groundwater Remediation of Trace Metals, Radionuclides, and Nutrients with Permeable Reactive Barriers, Chapitre 8, 24 p.

Conca, J.L. and all., 2000. *PIMS – Remediation of Metal Contaminated Water and Soils*. Reprinted from the Proceedings of the Second International Conference on Remediation of Chlorinated and Recalcitrant Compounds, 13 p.

Conca, J., 2000. Remedation of Uranium Contaminated Soils Using Containerized Vat Leaching with PIMS. Project Status Report, 11 p.

Conca, J., Wright, J. Apatite II to Remediate Soil or Groundwater Containing Uranium or Plutonium, 16 p.

Gavaskar, A., Gupta, N., Sass, B., Janosy, R., Hicks, J. 2000. Design Guidance for Application of Permeable Reactive Barriers for Groundwater Remediation. Strategic Environmental Research and Development Program (SERDP), 165 p. et annexes.

Naval Facilities Engineering Service Center (NFESC), 2003. Experimenting with Treatment of a Mixed Plume at Port Hueneme – Full Scale Biobarrier demonstration, 4 p.

Ralinda, A., Miller, P.G. 1996. Analysis of Information Contained in the Bioremediation in the Field Search System (BFSS). Groundwater

- Remediation Technologies Analysis Center (GWRTAC), Information Report TI-96-01 (<http://www.gwrtac.org>), 400 p.
- Remediation Technologies Development Forum (RTDF), 2001. Permeable Reactive Barriers Installation Profiles. <http://www.rtdf.org>.
- U.S. Department of Energy, 1998. Research and Application of Permeable Reactive Barriers. K0002000, 50 p.
- U.S. Environmental Protection Agency (EPA), 2004. Economic Analysis of the Implementation of Permeable Reactive Barriers for Remediation of Contaminated Groundwater. Ground Water and Ecosystems Restoration Research, EPA/600/R02/034.
- U.S. Environmental Protection Agency (EPA), 2004. GWERD Research on Permeable Reactive Barriers. <http://www.epa.gov/ada/topics/prb.html>.
- U.S. Department of Navy, 2002. Evaluation of Permeable Reactive Barrier Performance. Federal Remediation Technologies Roundtable, 40 p.
- U.S. Environmental Protection Agency (EPA), 2002. Field Applications of In Situ Remediation Technologies: Permeable Reactive Barriers, 30 p.
- U.S. Environmental Protection Agency (EPA), 2002. Economic Analysis of the Implementation of Permeable Reactive Barriers for Remediation of Contaminated Ground Water. EPA/600/R-02/034, juin 2002, 31 p.
- U.S. Environmental Protection Agency (EPA), 2000. Monticello Permeable Reactive Barrier Project. Ground Water Currents. EPA 542-N-00-004, 2 p.
- U.S. Environmental Protection Agency (EPA), 1999. Field Applications of In Situ Remediation Technologies: Permeable Reactive Barriers. EPA 542-R-99-002, 114 p.
- U.S. Environmental Protection Agency (EPA), 1997. Recent Developments for In Situ Treatment of Metal Contaminated Soils. EPA-542-R-97-004, 59 p.
- U.S. Environmental Protection Agency (EPA), 1996. A Citizen's Guide to Innovative Treatment Technologies. EPA 542-F-96-001, 4 p.

- U.S. Environmental Protection Agency (EPA), 1996. A Citizen's Guide to Treatment Walls. EPA 542-F-96-016, 4 p.
- U.S. Environmental Protection Agency (EPA), 1996. A Citizen's Guide to Thermal Desorption. EPA 542-F-96-005, 4 p.
- U.S. Environmental Protection Agency (EPA), 1996. A Citizen's Guide to Soil Washing. EPA 542-F-96-002, 4 p.
- U.S. Environmental Protection Agency (EPA), 1996. A Citizen's Guide to Solvent Extraction. EPA 542-F-96-003, 4 p.
- U.S. Environmental Protection Agency (EPA), 1996. A Citizen's Guide to Chemical Dehalogenation. EPA 542-F-96-004, 4 p.
- U.S. Environmental Protection Agency (EPA), 1998. Remediation Technologies Screening Matrix and Reference Guide, <http://www.frtr.gov/matrix2/section1/toc.html>, 350 p.
- Wright, J., Conca, J. 2000. Comparison of Reactive Phosphate Media for Remediation of Heavy Metals, 9 p.
- Wright, J., Hansen, B., Longmire, P., Conca, J. 1999. PIMS 1: An Apatite II Permeable Reactive Barrier to Remediate Groundwater Containing Zn, Pb and Cd – From Laboratory Studies to Full Field Implementation, 20 p.

➤ **Oxydation chimique**

- Basel, M.D., Nelson, C.H. 2000. Overview of In-Situ Chemical Oxidation: Status and Lessons Learned. Dans: Treating Dense Nonaqueous-Phase Liquids (DNAPLs), édité par G.B. Wickramanayake, A.R. Gavaskar et N. Gupta. Second International Conference on Remediation of Chlorinated and Recalcitrant Compounds, Monterey, Ca. Battelle Press, Columbus, p. 117-123.
- Bohan, D.G., Schlett, W.S. 1997. Enhanced natural bioremediation using a time-release oxygen compound. In situ and on-site bioremediation, Battelle Press, 5: 475-480.
- Brown, R.A., Nelson, C., Leahy, M. 1999. Combining oxidation and bioremediation for the treatment of recalcitrant organics. Dans: In Situ and On-Site Bioremediation, Vol. 4: 457-463.
- Brown, R., Skladany, G., Robinson, D., Fiacco, J., McTigue, J. 2001. Comparing permanganate and persulfate treatment effectiveness

- for various organic contaminants. First International Conférence on Oxidation and Reduction Technologies for In-Situ Treatment of Soil and Groundwater, Abstracts: 142-144.
- Bryant, J.D., Wilson, J.T. 1999. In-situ Fenton's reagent chemical oxidation of hydrocarbon contamination in soil and groundwater. Geo-Cleanse Internat., 12 p.
- Bryant, J.D., Wilson, J.T. 1999. Rapid delivery system completes oxidation picture. Remediation of chlorinated solvents at two government sites tests capabilities. Soil and groundwater cleanup: In situ techniques (<http://www.sgcleanup.com>).
- Chapman, S.W., Byerley, B.T., Smyth, D.J., Mackay, D.M. 1997. Enhanced in situ bioremediation of a petroleum hydrocarbon plume using a semi-passive oxygen releasing barrier and enhancing intrinsic biodegradation using arrays of wells – a semi-passive approach. Sixième symposium sur la restauration des eaux souterraines et des sols contaminés, Montréal. Sommaires exécutifs : 127-128.
- Cheda, P., Acharya, B. 2000. Ex-situ treatment of groundwater contaminated with unsaturated chlorinated ethenes using NaMnO<sub>4</sub>. Poster abstracts of the Second International Conference on Remediation of Chlorinated and Recalcitrant Compounds, Monterey, Ca.
- Choi, H., Lim, H.-N., Kim, J. 2000. Ozone-Enhanced Remediation of Petroleum Hydrocarbon-Contaminated Soil. Dans: Chemical Oxidation and Reactive Barriers, édité par G.B. Wickramanayake, A.R. Gavaskar et N. Gupta. Second International Conference on Remediation of Chlorinated Compounds, Monterey, Ca.
- Clayton, W.S., Marvin, B.K., Pac, T., Mott-Smith, E. 2000. A multisite field performance evaluation of in-situ chemical oxidation using permanganate. Dans: Platform abstracts of the Second International Conference on Remediation of Chlorinated and Recalcitrant Compounds, Monterey, Ca.
- Denham, M.E., Jerome, K.M., Looney, B.B., Noonkester, J.V. 2000. In situ destruction of DNAPL by Fenton's reagent: effects on aquifer chemistry. Platform abstracts of the Second International Conference on Remediation of Chlorinated and Recalcitrant Compounds, Monterey, Ca.

- Greenberg, R.S., Andrews, T., Kakarla, P.K.C., Watts, R.J. 1998. In-Situ Fenton-like oxidation of volatile organics: laboratory, pilot and full-scale demonstrations. Dans: Remediation, 8: 29-42.
- Greenberg, R.S., Andrews, T., Prasad, K.K. 2000. In-situ chlorinated-contaminated groundwater remediation using a circum-neutral pH Fenton-like process. Poster abstracts of the Second International Conference on Remediation of Chlorinated and Recalcitrant Compounds, Monterey, Ca.
- Hoag, G.E., Huang, K.-C., Chheba, P., Woody, B.A., Dobbs, G.M. 2000. Impact of H<sup>+</sup> and MnO<sub>2</sub> formation on soil properties during chemical oxidation of TCE using permanganate. Platform abstracts of the Second International Conference on Remediation of Chlorinated and Recalcitrant Compounds, Monterey, Ca.
- Hood, E., Thomson, N., Farquhar, G. 1997. In situ oxidation: an innovative treatment strategy to remediate trichloroethylene and perchloroethylene DNAPLs in porous media. Sixth Symposium and exhibition on groundwater and soil remediation, Montréal, May 18-21, 1997. Executive summaries : 43-46.
- Huang, K.-C., Hoag, G.E., Woody, B.A., Dobbs, G.M. 2000. Pilot-scale study of in-situ chemical oxidation of TCE with sodium permanganate. Dans: Platform abstracts of the Second International Conference on Remediation of Chlorinated and Recalcitrant Compounds, Monterey, Ca.
- Jerome, K.M., Wilson, J. 1997. Field demonstration of in situ Fenton's destruction of DNAPLs. WSRC-MS-97-0291.
- Kang, J.J., Harrison, P.B., Pisarik, M.F. 2000. Destruction of MTBE in groundwater using advanced oxidation technologies. Platform abstracts of the Second International Conference on Remediation of Chlorinated and Recalcitrant Compounds, Monterey, Ca.
- Interstate Technology and Regulatory Cooperation Work Group (ITRC), 2001. Technical and Regulatory Guidance for In Situ Chemical Oxidation of Contaminated Soil and Groundwater. Technical/Regulatory Guidelines, June 2001.
- LaChance, J.C., Reitsma, S., McKay, D., Baker, R. In situ oxidation of trichloroethene using potassium permanganate. Part 1: Theory and design.

- Lawrence, D., Zamojski, P.E., Stachowski, J.R., Carter, S.R. 1999. A case history of enhanced bioremediation utilizing pure oxygen injection. Dans *In Situ Bioremediation of Petroleum Hydrocarbon and Other Organic Compounds*, édité par B.C. Allman et A. Leeson. Fifth International In Situ and On-Site Bioremediation Symposium. Battelle Press, Ca., p. 65-69.
- Mahmoud, M., McCormick, M., Dickie, R.W., McClymont, G., Stokes-Rees, P. 2000. Hydrogen peroxide in cleanup of residual hydrocarbons adjacent to structures with restricted access. 53th Canadian Geotechnical Conference, Montreal.
- McKay, D., Hewitt, A., Reitsma, S., LaChance, J., Baker, R. 1998. In situ oxidation of trichloroethylene using potassium permanganate: Part 2: Pilot Study. Battelle, First International Conference on Remediation of Chlorinated and Recalcitrant Compounds, Monterey, California.
- Moes, M., Peabody, C., Siegrist, R., Urynowicz, M. 2000. Permanganate injection for source zone treatment of TCE DNAPL. Dans: Platform Abstracts of the Second International Conference on Remediation of Chlorinated and Recalcitrant Compounds, Monterey, Ca.
- Moore, T., Ferriter, D., Brown, R.A., Lute, J.R., Robinson, D.S., Skladany, G.J. 2000. Bench-scale oxidation of PCBs using ozonation. Platform abstracts of the Second International Conference on Remediation of Chlorinated and Recalcitrant Compounds, Monterey, Ca.
- Nauta, B., Lundy, B. 1999. Remediation of soils contaminated with Tetrachloroethene. Wisconsin Fabricare Institute, July-August 1999, p. 9-11.
- Nelson, M.D., Parker, B.L., Cherry, J.A. 1998. A drive-point tool for injection of potassium permanganate solution into a sandy aquifer for in-situ passive destruction of PCE DNAPL. AGWSE Technical Education Session, National Ground Water Association 50<sup>th</sup> convention and exposition, Las Vegas, 13-16 déc. 1998.
- Nelson, M.D., Parker, B.L., Cherry, J.A., Al, Tom. 2000. Passive destruction of PCE DNAPL by potassium permanganate in a sandy aquifer. Dans: Platform abstracts of the Second International Conference on Remediation of Chlorinated and Recalcitrant Compounds, Monterey, Ca.

Nyer, E.K., Vance, D. 1999. Hydrogen peroxide treatment : the good, the bad, the ugly. Groundwater monitoring and remediation, summer 1999: 54-56.

Oxidation and Reduction Technologies for In-Situ Treatment of Soil and Groundwater. 2001. First International Conference, Niagara Falls, juin 2001.

Parker, B.L. 1999. In situ destruction of source zones using chemical oxidation. Monitored natural attenuation and in situ remediation of groundwater. The Waterloo in situ course, Toronto, 21-24 juin 1999.

Parker, B.L., Chapman, S., Groenevelt, H., Bassett, D. 1998. Semi-passive in situ oxidation of PCE in the Borden aquitard using KMnO<sub>4</sub>: post trial characterization. AGWSE Technical Education Session, National Ground Water Association 50<sup>th</sup> convention and exposition, Las Vegas, 13-16 déc. 1998.

Schnarr, M., Truax, C., Farquhar, G., Hood, E., Gonullu, T., Stickney, B. 1998. Laboratory and controlled field experiments using potassium permanganate to remediate trichloroethylene and perchloroethylene DNAPLs in porous media. Journal of Contaminant Hydrology, 29: 205-224.

Schwartz, F., Yan, Y. 1999. The removal of trichloroethylene from contaminated groundwater using potassium permanganate: CECOS/BFI, 1995-1996, <http://www.geology.ohio-state.edu/~frank>.

Sperry, K.L., Stanley, C., Kelley, K., Hochreiter, J. 2001. Field trial of in situ iron catalyzed persulfate (ICP) oxidation of chlorinated volatile organic compounds (CVOCs). First International Conférence on Oxidation and Reduction Technologies for In-Situ Treatment of Soil and Groundwater, Abstracts: 137-141.

Stokley, K.E., Drake, E.N., Prince, R.C., Douglas, G.S. 1997. The role of Fenton's reagent in soil bioremediation. Dans *In situ and on-site bioremediation*, Battelle Press, vol. 4: 487-492.

Tarr, M.A., Lindsey, M.E., Lu, J., Xu, G. 2000. Fenton oxidation: bringing pollutants and hydroxyl radicals together. Dans: Platform abstracts of the Second International Conference on Remediation of Chlorinated and Recalcitrant Compounds, Monterey.

- TechnoRem Inc. 2000. Traitement des sols et des eaux souterraines contaminés par les hydrocarbures pétroliers par oxydation chimique et biochimique. Rapport confidentiel RD99-06.
- Tremblay, M. 2002. À Rouyn-Noranda, un programme de décontamination de site réussi. *Intrastructures*, 7: 32-33.
- Troy, P., Byanski, K.T., Nuttall, H.E., Lundy, W.L. 2000. In-situ chemical oxidation of chlorinated solvents using the Biox process. Poster abstracts of the Second International Conference on Remediation of Chlorinated and Recalcitrant Compounds, Monterey, Ca.
- United States Environmental Protection Agency. 1996. Completed North American innovative remediation technology demonstration projects. EPA 542-B-96-002 PB 96-153-127.
- United States Environmental Protection Agency. 1998. Field applications of in situ remediation technologies. EPA 542-R-98-008, (<http://www.epa.gov/swertio1>).
- United States Environmental Protection Agency. 2000. In Situ Chemical Oxidation for Remediation of Contaminated Soil and Ground Water. Field applications of in situ remediation technologies. EPA 542-N-00-006 no. 37.
- United States Department of Defense. 1999. Technology status review - In situ oxidation. Environmental Security Technology Certification Program, 42 p.
- Vella, P. 1998. Permanganate wastewater treatment. Dans: *Encyclopedia of Environmental Analysis and Remediation*. J. Wiley & Sons Inc., p. 3451-3452.
- Vella, P.A., Veronda, B. Oxidation of Trichloroethylene: a comparison of potassium permanganate and Fenton's reagent. Third International Symposium on Chemical Oxidation Technology for the Nineties, Vanderbilt University, Nashville, TN.
- Watts, R., Howsawkung, J., Teel, A.L. 2000. Importance of non-hydroxyl radical species in the Fenton-like treatment of sorbed biorefractory compounds. Platform abstracts of the Second International Conference on Remediation of Chlorinated and Recalcitrant Compounds, Monterey, Ca.



Waltz, M.D., Ricotta, A.C. 1997. In situ hydrocarbon remediation in clay using bioslurry injection and bioventing. Dans *In situ and on-site bioremediation*, Battelle Press, Vol. 5: 489-494.

Wilson, R.D., Mackay, D.M. 1995. A method for passive release of solutes from an unpumped well. *Ground Water*, 33: 936-945.

**TABLEAU 2-1**  
**COMPILATION DES RÉSULTATS ANALYTIQUES ANTÉRIEURS SUR LES SOLS ET LES EAUX SOUTERRAINES - 1998 à 2002**

Lot	Puits, forage, tranchée	Résultats des sols					Résultats des eaux souterraines					Remarques	Référence
		C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub>	Métaux	HAM	HAP	Phénols	C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub>	Métaux	HAM	HAP	Phénols		
17	PO-1	<A		<A			<ESE	>ESE (Cu)	<ESE	<ESE	<ESE		EC 1998
	TE-2	<A											EC 1998
	F-3	<A		<A	<A								EC 1998
	TE-4	<A											EC 1998
50	Aucun travaux environnementaux sur le lot 50												
C1-3	PO-5	<A					<ESE	<ESE	<ESE	<ESE	<ESE		EC 1998
	TE-6	<A											EC 1998
	PO-7	A-B			<A		<ESE	<ESE	<ESE	<ESE	<ESE		EC 1998
	F-8	<A											EC 1998
C2-2	PE-53		>C (Cu) BC (Mo)										EC 2000
	PE-9	B-C	>C (Cu)										EC 1998
B6-2	PO-10	<A			<A								EC 1998
	F-11	<A											EC 1998
	TE-12	<A	>C (Cu)										EC 1998
	F-13	<A	>C (Mn)		<A								EC 1998
	TE-14	<A	B-C (Cu)										EC 1998
	F-15	<A											EC 1999
	F-51		<A										EC 2000
B5-2	PE-52		>C (Cu)										EC 2000
	F-16	<A	C (soufre)	<A									EC 1998
	PO-17	<A					<ESE	<ESE	<ESE	<ESE	<ESE		EC 1998
	PO-18	B-C	BC (soufre)		<A		<ESE	<ESE	<ESE	<ESE	<ESE		EC 1998
B5-1-1	TE-19	<A		<A								Sols excavés	EC 1998
	TE-20	A-B		<A	<A	<A							EC 1998
	F-41	>C										Sols excavés	EC 2000, BG 2001
	PO-42	A-B					>ESE					Sols excavés	EC 2000, BG 2001
	F-43	<A										Sols excavés	EC 2000, BG 2001
	F-44	<A					<ESE					Sols excavés	EC 2000, BG 2001
	F-45	<A											EC 2000
	PO-46	<A					<ESE						EC 2000
1-1-1	TE-21	<A	Cu B-C	<A									EC 1998
	PO-22	>C	-	AB	AB	A	>ESE	<ESE	<ESE	<ESE	<ESE	Sols excavés	EC 2000, BG 2001
	PO-30	<A					<ESE					Sols excavés	EC 2000, BG 2001
	PO-31	>C					>ESE					Sols excavés	EC 2000, BG 2001
	PO-32	B-C					<ESE					Sols excavés	EC 2000, BG 2001
	PO-33	>C					>ESE					Sols excavés	EC 2000, BG 2001
	PO-34	>C					<ESE					Sols excavés	EC 2000, BG 2001
	F-35	<A										Sols excavés	EC 2000, BG 2001
	PO-36	B-C					>ESE					Sols excavés	EC 2000, BG 2001
1-4	TE-23	B-C	A-B	<A	<A	<A							EC 1998
	PO-24	B-C		A-B	<A		<ESE	>ESE (Zn, Se)	<ESE	<ESE	<ESE		EC 1998
	TE-25	B-C			A-B								EC 1998
	TE-26	B-C	B-C (Cu)	<A	<A								EC 1998
	TE-27	<A	B-C (Cu)										EC 1998
	PO-28	<A	B-C (Cu)	<A	<A	<A	<ESE	<ESE	<ESE	<ESE	<ESE		EC 1998
	PO-29	B-C					<ESE					Sols excavés	EC 2000, BG 2001
	PO-37	B-C					<ESE					Sols excavés	EC 2000, BG 2001
	F-38	B-C										Sols excavés	EC 2000, BG 2001
	PO-39	A-B					>ESE					Sols excavés	EC 2000, BG 2001
	F-40	<A										Sols excavés	EC 2000, BG 2002
	F-41	B-C										Sols excavés	EC 2000, BG 2002
	B4-6	PE-54		>C (Cu)									
PE-55			>C (Cu) BC (Mo)										EC 2000
F-48		>C											EC 1998
PO-49		>C					>ESE						EC 2000
	F-50	<A											EC 2000

**Légende :**

ESE: Critère d'eau de surface et égouts du MENV; EC: Environnement / BG: Biogénie

**TABLEAU 3-1 (1 DE 2)**  
**LOCALISATION DES SONDAGES, INTERVALLES ÉCHANTILLONNÉS ET INTÉRÊTS ENVIRONNEMENTAUX DES TRAVAUX RÉALISÉS**

Tranchées, forages, puits d'observation	Intérêts environnementaux	n°	Intervalles (m)	Échantillons soumis pour analyses chimiques	Profondeur du sondage (m)	Intervalle crépiné (m)	Analyses d'eau souterraine						
<b>Secteur du lot 17</b>													
<b>PO03-74</b>	Vérification d'une contamination potentielle en métaux lourds dans les sols et les eaux souterraines. Activités intenses de Noranda.	1	0,0 - 0,76	Métaux	4,27	1,18 - 4,18	Métaux						
		2	0,76 - 1,52										
		3	1,52 - 2,29										
		4	2,29 - 3,05										
		5	3,05 - 3,81										
		6	3,81 - 4,57										
		7	Dup de 1a										
<b>TP91</b>		1	0,0 - 1,0	Métaux	3,00	NA							
		2	1,0 - 2,5										
		3	2,5 - 3,0										
<b>TP92 (PZ92)</b>		1	0,0 - 1,0	Métaux	4,59	0,59 - 4,59	Métaux						
		2	1,1 - 2,0										
		3	2,0 - 3,0										
		4	3,0 - 4,0										
<b>TP93</b>	1	0,0 - 1,0	Métaux Métaux	3,30	NA								
	2	1,1 - 2,0											
	3	2,0 - 3,0											
<b>TP94</b>	1	0,0 - 1,0	Métaux Métaux Métaux	3,00	NA								
	2	1,3 - 2,0											
	3	2,0 - 3,0											
<b>TP95</b>	1	0,0 - 1,0	Métaux Métaux Métaux	3,40	NA								
	2	1,0 - 2,0											
	3	2,0 - 3,0											
<b>TP96 (PZ96)</b>	1	0,0 - 1,0	Métaux Métaux	4,00	0,9 - 3,9	Métaux							
	2	1,0 - 1,7											
	3	2,0 - 2,9											
	4	2,9 - 3,9											
<b>TP97</b>	1	0,0 - 1,0	Métaux	3,10	NA								
	2	1,7 - 2,8											
	3	2,8 - 3,10											
<b>Secteur du lot 50</b>													
<b>PO03-63</b>	Aucun investigation environnementale réalisée. Documenter la présence potentielle des C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> et des métaux dans les sols et les eaux souterraines. Activités intenses de Noranda.	1	0,0 - 0,76		4,27	1,23 - 4,23	Métaux						
		2	0,76 - 1,52										
		3	1,52 - 2,29										
		4	2,29 - 3,05										
		5	3,05 - 3,81										
		6	3,81 - 4,57										
<b>TP60</b>		1	0,0 - 0,9	Métaux	3,00	NA							
		2	0,9 - 1,1										
		3	1,1 - 1,9										
		4	1,9 - 2,1										
		5	2,1 - 3,0										
<b>TP61</b>		1	0,0 - 0,9	Métaux	3,00	NA							
		2	0,9 - 1,1										
		3	1,1 - 2,0										
	4	2,0 - 3,0											
<b>TP62</b>	1	0,0 - 1,0	Métaux	3,00	NA								
	2	1,7 - 2,0											
	3	2,0 - 3,0											
<b>Secteur du lot C1-3</b>													
<b>PO03-75</b>	Vérification d'une contamination potentielle en métaux lourds dans les sols et les eaux souterraines. Aucune analyse en métaux faite jusqu'à présent.	1	0,0 - 0,76	C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> / Métaux HAM	4,27	1,06 - 4,06	Métaux						
		2	0,76 - 1,52										
		3	1,52 - 2,29										
		4	2,29 - 3,05										
		5	3,05 - 3,81										
		6	3,81 - 4,57										
		7	Dup de										
<b>PO03-76</b>		1	0,0 - 0,76		4,27	0,98 - 3,98	Métaux						
		2	0,76 - 1,52										
		3	1,52 - 2,29										
		4	2,29 - 3,05										
<b>PO03-77</b>		1	0,0 - 0,76		4,27	1,01 - 4,01	Métaux						
		2	0,76 - 1,52										
		3	1,52 - 2,29										
		4	2,29 - 3,05										
		5	3,05 - 3,81										
		6	3,81 - 4,57										
<b>PO03-79</b>		1	0,0 - 0,76	Métaux Métaux	4,57	1,49 - 4,49	Métaux						
		2	0,76 - 1,52										
		3	1,52 - 2,29										
		4	2,29 - 3,05										
		5	3,05 - 3,81										
<b>TP63</b>		1	0,0 - 1,0	Métaux Soufre / Métaux	3,00	NA							
		2	1,0 - 2,0										
		3	2,0 - 2,6										
		4	2,6 - 3,0										
<b>TP64</b>		1	0,0 - 1,0	Métaux Métaux	3,00	NA							
		2	1,2 - 2,0										
	3	2,0 - 3,0											
<b>TP65</b>	1	0,0 - 1,0	Métaux Métaux	3,00	NA								
	2	1,0 - 1,9											
	3	2,1 - 3,0											
<b>TP66</b>	1	0,0 - 0,8	Métaux Métaux	3,00	NA								
	2	0,8 - 2,0											
	3	2,0 - 3,0											
<b>TP87</b>	1	0,0 - 1,0	Métaux Métaux	3,90	NA								
	2	1,1 - 2,0											
	3	3,0 - 3,9											
<b>TP88</b>	1	0,0 - 1,0	Métaux Métaux	3,00	NA								
	2	1,3 - 2,0											
	3	2,0 - 3,0											
<b>TP89</b>	1	0,0 - 1,0	Métaux	3,00	NA								
	2	1,0 - 2,0											
	3	2,0 - 3,0											
<b>TP90</b>	1	0,0 - 1,0	Métaux Métaux	3,00	NA								
	2	1,0 - 2,0											
	3	2,0 - 3,0											
<b>Secteur du lot C2-2</b>													
<b>PO03-78</b>	Délimiter l'étendue verticale et latérale de la contamination en cuivre retrouvée au TE-9. Déterminer la présence de métaux lourds dans l'eau souterraine.	1	0,0 - 0,76	Métaux	4,57	1,57 - 4,57	Métaux, Dureté, C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub>						
		2	0,76 - 1,52										
		3	1,52 - 2,29										
		4	2,29 - 3,05										
		5	3,05 - 3,81										
		6	Dup de 1										
<b>TP67 (PZ67)</b>		1	0,0 - 1,2	Métaux, soufre	4,00	0,98 - 3,98							
		2	1,2 - 2,0										
		3	2,5 - 3,0										
		4	3,0 - 4,0										
		<b>Secteur du lot B6-2</b>											
		<b>PO03-72</b>	Délimiter l'entendue verticale et latérale de la contamination en métaux lourds (Cu, Mn) à l'emplacement des sondages TE-12 et F-13. Vérifier la présence de métaux lourds dans l'eau souterraine.					1	0,0 - 0,76	Métaux	4,57	1,31 - 4,31	Métaux
								2	0,76 - 1,52				
		<b>PO03-73</b>						1	0,0 - 0,76	Métaux	4,57	1,55 - 4,55	Métaux
2	0,76 - 1,52												
3	1,52 - 2,29												
<b>TP68</b>	1	0,0 - 1,2		Métaux Métaux	3,00	NA							
	2	1,2 - 2,0											
	3	2,0 - 3,0											
<b>TP69</b>	1	0,0 - 1,0		Métaux	3,00	NA							
	2	1,0 - 2,0											
	3	2,6 - 3,0											
<b>TP70 (PZ70)</b>	1	0,0 - 1,0		Métaux	3,00	0,5 - 3,0	Métaux						
	2	1,0 - 2,0											
	3	2,0 - 3,0											
<b>TP72</b>	1	0,0 - 1,0		Métaux Métaux	2,00	NA							
	2	1,0 - 2,0											
<b>TP73</b>	1	0,0 - 1,0		C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> / Métaux	1,80	NA							
	2	1,0 - 1,8											
	3	1,8											
<b>TP85</b>	1	0,0 - 1,0		Métaux	3,60	NA							
	2	1,0 - 2,0											
	3	2,0 - 3,0											
<b>TP86</b>	1	0,0 - 1,0		Métaux	2,60	NA							
	2	1,0 - 2,0											
<b>TP98</b>	1	0,0 - 1,0		Métaux	3,00	NA							
	2	1,0 - 1,6											
	3	2,0 - 3,0											

Légende : TP: tranchée d'exploration; PZ: piézomètre, PO: puit d'observation; NA : Non applicable

**TABLEAU 3-1 (2 DE 2)**  
**LOCALISATION DES SONDAGES, INTERVALLES ÉCHANTILLONNÉS ET INTÉRÊTS ENVIRONNEMENTAUX DES TRAVAUX RÉALISÉS**

Tranchées, forages, puits d'observation	Intérêts environnementaux	n°	Intervalles (m)	Échantillons soumis pour analyses chimiques	Profondeur du sondage (m)	Intervalle crépiné (m)	Analyses d'eau souterraine			
<b>Secteur du lot B5-2</b>										
PO03-65	Vérification d'une migration potentielle des C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> provenant des lots limitrophes B5-1-1, 1-1-1 et 1-4. Mieux documenter la présence potentielle de métaux lourds dans les sols et l'eau souterraine.	1	0,0 - 0,76	C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> , HAM C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub>	4,27	0,97 - 3,97	Na, K, NO <sub>2</sub> , NO <sub>3</sub> , SO <sub>4</sub> , CL, C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> , HAP, métaux, PO <sub>4</sub> , NH <sub>3</sub> , DBO <sub>5</sub> , DCO, triméthylbenzène, fer ferreux, ALK, COT, B, Hydrocarboneoclastes			
2		0,76 - 1,52								
3		1,52 - 2,29								
4		2,29 - 3,05								
5		3,05 - 3,81								
PO03-68		1	0,0 - 0,76	Ph Métaux C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub>	4,27	1,19 - 4,19	Métaux, C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> , SH <sub>2</sub>			
2		0,76 - 1,52								
3		1,52 - 2,29								
4		2,29 - 3,05								
5		3,05 - 3,81								
PO03-69		1	0,0 - 0,76	Métaux C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub>	4,27	1,19 - 4,19	C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub>			
2		0,76 - 1,52								
3		1,52 - 2,29								
4		2,29 - 3,05								
5		3,05 - 3,81								
PO03-70	1	0,0 - 0,76	Métaux C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub>	4,27	1,14 - 4,14	Métaux, SH <sub>2</sub>				
2	0,76 - 1,52									
3	1,52 - 2,29									
4	2,29 - 3,05									
5	3,05 - 3,81									
PO03-71	1	0,0-0,76	Métaux	NA	1,52					
2	Dup de 1									
TP71	1	0,0 - 1,0	Métaux C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> Métaux	3,00	NA					
2	1,0 - 2,0									
3	2,0 - 2,5									
4	Dup de 1									
TP74	1	0,0 - 1,0	Métaux	3,00	NA					
2	1,0 - 2,0									
3	2,0 - 3,0									
TP75 (PZ75)	1	0,0 - 0,5	C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> / Métaux HAM C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> / Métaux Métaux / pH / soufre C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> / Métaux	4,00	NA	C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> , métaux, SH <sub>2</sub>				
2	0,5 - 0,7									
3	1,0 - 2,0									
4	2,0									
5	2,0 - 3,0									
6	3,0 - 3,7									
7	4,0									
10	Dup de 1									
TP76 (PZ76)	1	0,0 - 1,0					Métaux sur échantillon 2a (mélange de 1 et 2) C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> / PO <sub>4</sub> / NH <sub>3</sub> / COT /	3,86	0,86 - 3,86	C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> , HAP, HAM
2	1,0 - 2,0									
3	2,0 - 3,0									
4	3,0 - 3,8									
5	Dup 2a									
TP77	1	0,0 - 1,0	Métaux	2,80	NA					
2	1,8 - 2,8									
TP78 (PZ78)	1	0,0 - 1,0	Métaux Métaux C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub>	3,50	1,0 - 2,6	C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub>				
2	1,0 - 2,0									
3	2,5 - 3,0									
4	3,0 - 3,5									
5	3,5									
TP80	1	0,0 - 1,0	Métaux	3,80	NA					
2	1,0 - 2,0									
3	2,0 - 3,0									
4	3,0									
5	3,5 - 3,8									
TP84 (PZ84)	1	0,0 - 1,0	Métaux Métaux pH / soufre	4,50	0,99 - 3,99	Métaux, SH <sub>2</sub>				
2	1,0 - 2,0									
3	2,0 - 3,0									
4	3,3 - 3,5									
<b>Secteur des lots B5-1-1 et lot 1-1-1</b>										
PO03-62	Ces deux lots ont fait l'objet de travaux majeurs de décontamination en 2001. Remplacer certains puits d'observation qui auraient tous été détruits. Confirmer l'absence d'une contamination résiduelle en hydrocarbures pétroliers C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> dans les sols et l'eau souterraine.	1	0,0 - 0,76	Métaux C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> , HAP, Phénols C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub>	4,27	0,91 - 3,91	Métaux, Na, K, NO <sub>2</sub> , NO <sub>3</sub> , SO <sub>4</sub> , CL, C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> , HAM, HAP, DBO <sub>5</sub> , DCO, PO <sub>4</sub> , NH <sub>3</sub> , fer ferreux, ALK, COT, B, Hydrocarboneoclastes			
2		0,76 - 1,52								
3		1,52 - 2,29								
4		Dup de 3								
5		2,29 - 3,05								
6		3,05 - 3,81								
7		Dup de 6								
8		3,81 - 4,57								
TP117 (PZ117)		1	0,0 - 1,0	C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub>	4,00	0,79 - 3,79	C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub>			
2		1,0 - 2,5								
3		2,8 - 3,5								
4		3,5 - 4,0								
PO03-66		1	0,0 - 0,76	Métaux C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub>	4,27	0,80 - 3,80	Métaux, C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> , Triméthylbenzène			
2		0,76 - 1,52								
3		1,52 - 2,29								
4	3,05 - 3,81									
PO03-67	1	0,0 - 0,76	C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub>	4,27	0,88 - 3,88	Métaux, C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> , Triméthylbenzène				
2	0,76 - 1,52									
3	1,52 - 2,29									
4	2,29 - 3,05									
5	3,05 - 3,81									
6	3,81 - 4,57									
TP81 (PZ81)	1	0,0 - 1,0	Métaux C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> /PO <sub>4</sub> /NH <sub>3</sub> /pH/COT/Potassium C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub>	4,00	0,54 - 3,54	Métaux, C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> , HAM				
2	1,0 - 1,4									
20	Dup de 2									
3	1,4 - 2,0									
4	2,0 - 3,0									
TP82	1	0,0 - 1,0	Métaux Métaux C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> , Phénol / HAP C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub>	4,00	NA					
2	1,0 - 2,0									
3	2,0 - 3,0									
4	3,4 - 3,6									
5	3,6 - 4,0									
TP83 (PZ83)	1	0,0 - 1,0	Métaux	4,44	0,44 - 4,44	C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub>				
2	1,0 - 1,8									
3	2,2 - 3,0									
4	3,0 - 3,2									
5	3,2 - 4,0									
TP116	1	0,0 - 1,0	Métaux C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> HAM Métaux	4,00	NA					
2	1,0 - 2,2									
3	2,2 - 3,0									
4	3,0 - 3,5									
5	3,5 - 4,0									
6	Dup de 2									
<b>Secteur du lot 1-4</b>										
PO03-60	Suite à des travaux partielles de décontamination des sols, documenter la présence des hydrocarbures pétroliers en bordure du hangar de TC et à l'emplacement où des sédiments contaminés ont été entreposés en 2001. Définir l'étendue de la contamination	1	0,0 - 0,76	C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> / Métaux C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> / Métaux C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub>	4,57	1,36 - 4,36	Métaux, C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> Dup (métaux, C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> )			
2		0,76 - 1,52								
3		1,52 - 2,29								
4		2,29 - 3,05								
5		3,05 - 3,81								
6		Dup de 5								
7		3,81 - 4,57								
PO03-61		1	0,0 - 0,76	Métaux	4,27	1,15 - 4,15	C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> , SH <sub>2</sub>			
2		0,76 - 1,52								
3		1,52 - 2,29								
4		2,29 - 3,05								
5		3,05 - 3,81								
6		3,81 - 4,57								
7		Dup de 6								
PO03-64		1	0,0 - 0,76	Métaux	NA	2,29				
2		0,76 - 1,52								
PO03-80		1	0,0 - 0,76	Métaux	4,27	1,12 - 4,12	Métaux, C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub>			
2		0,76 - 1,52								
3		1,52 - 2,29								
4		2,29 - 3,05								
5		3,05 - 3,81								
6		3,81 - 4,57								
PO03-81		1	0,0 - 0,76	Métaux C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> , HAP C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> Métaux	4,57	0,87 - 3,87	Métaux, C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> , HAM, HAP			
2		0,76 - 1,52								
3		1,52 - 2,29								
4		2,29 - 3,05								
5		3,05 - 3,81								
6		3,81 - 4,57								
7		Dup de 2								
TP79 (PZ79)		1	0,0 - 1,0	Métaux pH C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> / Métaux	4,00	0,74 - 3,74	Métaux, C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> , SH <sub>2</sub>			
2	1,0 - 2,0									
3	2,0 - 3,0									
30	Dup de 3									
TP99	1	0,0 - 1,0	Métaux C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> / HAP	3,00	NA					
2	1,0 - 2,0									
3	2,0 - 3,0									
TP100 (PZ100)	1	0,0 - 1,0	C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> Métaux C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub>	4,00	0,36 - 3,36	C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> , Métaux				
2	1,0 - 2,0									
3	2,0 - 2,6									
TP101	1	0,0 - 1,0	Métaux	3,00	NA					
2	1,0 - 2,0									
3	2,0 - 3,0									
TP102	1	0,0 - 1,0	Métaux	3,20	NA					
2	1,0 - 2,0									
3	2,0 - 3,0									
4	3,0 - 3,2									
TP103	1	0,0 - 1,0	Métaux HAM Métaux	3,30	NA					
2	1,0 - 2,0									
3	2,8 - 3,0									
4	3,0 - 3,3									
TP104	1	0,0 - 1,0	Métaux C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub>	3,40	NA					
2	1,0 - 2,0									
2	2,0 - 2,6									
4	2,6 - 3,0									
5	3,0 - 3,4									
TP105	1	0,0 - 1,0	Métaux C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub>	3,30	NA					
2	1,0 - 1,8									
3	1,8 - 2,9									
4	2,9 - 3,3									
TP106	1	0,0 - 1,0	Métaux	3,20	NA					
2	1,0 - 2,4									
3	2,4 - 3,0									
TP107	1	0,0 - 1,0	Métaux	3,10	NA					
2	1,0 - 2,6									
3	2,6 - 3,1									
4	Dup de 1									
TP108	1	0,0 - 1,0	Métaux HAM C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub>	2,50	NA					
2	1,0 - 1,3									
3	1,3 - 2,5									
TP109	1	0,0 - 1,0	Métaux	3,00	NA					
2	1,0 - 2,1									
3	2,1 - 3,0									
4	Dup de 1									
TP110 (PZ110)	1	0,0 - 1,0	Métaux	4,00	0,87 - 3,87	C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub>				
2	1,0 - 2,0									
3	2,0 - 3,0									
4	3,0 - 4,0									
TP111 (PZ111)	1	0,0 - 1,0	Métaux	4,00	0,7 - 4,0	C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub>				
2	1,0 - 1,9									
3	1,9 - 3,0									
4	3,0 - 4,0									
TP112 (PZ112)	1	0,0 - 1,0	Métaux	4,00	0,67 - 3,67	C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub>				
2	1,0 - 2,1									
3	2,1 - 3,0									
4	3,0 - 4,0									
TP113 (PZ113)	1	0,0 - 1,0	Métaux	4,30	0,96 - 3,96	C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub>				
2	1,0 - 2,1									
3	2,1 - 3,0									
4	3,0 - 4,0									
TP114	1	0,0 - 1,0	Métaux	3,10	NA					
2	1,0 - 2,0									
3	2,0 - 2,8									
4	2,8 - 3,1									
TP115 (PZ115)	1	0,0 - 1,0	Métaux C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub>	4,14	0,14 - 4,14	Métaux, C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> Dup (métaux, C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> )				
2	1,0 - 2,0									
3	2,0 - 3,1									
4	3,1 - 4,0									

Légende : TP: tranchée d'exploration; PZ: piéromètre, PO: puit d'observation; NA : Non applicable

**TABLEAU 3-2  
PARAMÈTRES D'INSTALLATION DES PUIITS D'OBSERVATION**

Puits	Secteur	Coordonnées SCOPQ NAD 83		Élévation		Intervalle crépiné (m)	Diamètre interne de la crépine (m)	Profondeur du forage (m)	Diamètre du forage (m)
		Nord	Est	Sol (m)	Margelle (m)		Ouverture: 0,25 mm		
PO03-74	Lot 17	5409268,416	308549,005	19,686	19,629	1,18 - 4,18	0,508	4,27	0,203
PZ-96		5409297,52	308536,426	16,076	15,973	0,9 - 3,9	0,508	3,90	NA
PZ-92		5409336,077	308518,231	13,118	13,273	1,59 - 4,59	0,508	4,59	NA
PO03-63	Lot 50	5409378,829	308511,314	11,244	11,110	1,23 - 4,23	0,508	4,27	0,203
PO03-75	Lot C1-3	5409406,938	308533,545	10,718	10,623	1,06 - 4,06	0,508	4,27	0,203
PO03-76		5409423,177	308568,348	10,157	10,025	0,98 - 3,98	0,508	4,27	0,203
PO03-77		5409443,617	3085598,574	9,894	9,751	1,01 - 4,01	0,508	4,27	0,203
PO03-79		5409470,922	308636,998	9,784	9,641	1,49 - 4,49	0,508	4,57	0,203
PO03-78	Lot C2-2	5409520,021	308699,982	9,558	9,489	1,57 - 4,57	0,508	4,57	0,203
PZ-67		5409503,261	308697,51	8,942	8,871	0,98 - 3,98	0,508	3,98	NA
PO03-72	Lot B6-2	5409631,015	308845,581	9,185	9,049	1,31 - 4,31	0,508	4,57	0,203
PO03-73		5409594,134	308793,798	9,761	9,704	1,55 - 4,55	0,508	4,57	0,203
PZ-70		5409570,446	308783,42	8,055	7,984	0,5 - 3,0	0,508	3,00	NA
PO03-65	Lot B5-2	5409731,358	309034,344	3,161	3,042	0,97 - 3,97	0,508	4,27	0,203
PO03-68		5409730,073	309010,282	3,371	3,306	1,19 - 4,19	0,508	4,27	0,203
PO03-69		5409723,177	308992,353	3,313	3,224	1,19 - 4,19	0,508	4,27	0,203
PO03-70		5409699,233	308946,041	3,556	3,443	1,14 - 4,14	0,508	4,27	0,203
PZ-75		5409712,201	308983,253	3,309	3,232	0,95 - 3,95	0,508	3,95	NA
PZ-76		5409726,217	309034,092	2,786	2,622	0,86 - 3,86	0,508	3,86	NA
PZ-78		5409712,426	309006,794	3,070	2,960	1,0 - 2,60	0,508	2,60	NA
PZ-84		5409694,245	308921,83	3,634	3,547	0,99 - 3,99	0,508	3,99	NA
PO03-62	Lot B5-1-1	5409741,099	309001,359	2,840	2,587	0,91 - 3,91	0,508	4,27	0,203
PZ-117		5409743,609	309021,941	2,494	2,351	0,79 - 3,79	0,508	3,79	NA
PO03-66	Lot 1-1-1	5409761,233	309040,63	1,684	1,656	0,8 - 3,8	0,508	4,27	0,203
PO03-67		5409755,698	309032,696	2,127	2,111	0,88 - 3,88	0,508	4,27	0,203
PZ-81		5409760,713	308993,673	1,600	1,504	0,54 - 3,54	0,508	3,54	NA
PZ-83		5409763,648	309015,838	1,404	2,482	1,44 - 4,44	0,508	4,44	NA
PO03-60	Lot 1-4	5409752,118	309078,203	2,970	2,798	1,36 - 4,36	0,508	4,57	0,203
PO03-61		5409735,846	309073,079	2,976	2,894	1,15 - 4,15	0,508	4,27	0,203
PO03-80		5409730,644	309110,192	2,583	2,478	1,12 - 4,12	0,508	4,27	0,203
PO03-81		5409714,987	309083,822	2,839	2,692	0,87 - 3,87	0,508	4,57	0,203
PZ-79		5409731,807	309054,33	2,650	2,569	0,74 - 3,74	0,508	3,74	NA
PZ-100		5409705,669	309116,1	2,479	2,404	0,36 - 3,36	0,508	3,36	NA
PZ-110		5409761,212	309101,742	2,614	2,527	0,87 - 3,87	0,508	3,87	NA
PZ-111		5409761,828	309073,025	2,188	2,066	1,07 - 4,07	0,508	4,07	NA
PZ-112		5409761,362	309060,554	1,885	1,744	0,67 - 3,67	0,508	3,67	NA
PZ-113		5409755,221	309067,525	2,519	2,507	0,96 - 3,96	0,508	3,96	NA
PZ-115	5409747,528	309049,118	2,698	2,597	1,14 - 4,14	0,508	4,14	NA	
PZ00	Rue Quigley	5409665,707	308730,141	10,975	11,025	1,00 - 4,00	0,508	4,00	NA
PZ000	Rue du Chantier Maritime	5409552,555	308912,178	7,833	7,694	0,0 - 2,60	0,508	2,60	NA

**LÉGENDE:**

NA: Non applicable - piézomètres installés dans les TP

PZ: Piézomètre installé dans une tranchée d'exploration  
PO03: Puits d'observation réalisés par TechnoRem inc en 2003

TABLEAU 3-3 (1 de 2)

PROGRAMME ANALYTIQUE DE LA CARACTÉRISATION COMPLÉMENTAIRE

Caractérisation des sols					
Paramètres	Nombre d'échantillons prévus après réajustement	Nombre d'échantillons soumis au laboratoire <sup>(1)</sup>	Méthode d'analyse	Référence de la méthode	Interprétation
Hydrocarbures pétroliers C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub>	40	38	GC/FID	MEF 410-HYD:1.0	Les concentrations en hydrocarbures pétroliers C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> sont mesurées afin d'établir la conformité environnementale du site.
Hydrocarbures aromatiques monocycliques	4	4	GC/MS	SOP ORG1010.07	Les concentrations en hydrocarbures aromatiques monocycliques sont mesurées afin d'établir la conformité environnementale du site (certains de ces composés seulement sont soumis à des normes gouvernementales).
Hydrocarbures aromatiques polycycliques	4	5	GC/MS SIM	SOP ORG 1002.05	Les concentrations en hydrocarbures aromatiques polycycliques sont mesurées afin d'établir la conformité environnementale du site.
Composés phénoliques	3	3	GC/MC SIM	SOP ORG 1003.05	Les concentrations en composés phénoliques sont mesurées afin d'établir la conformité environnementale du site.
Métaux	90	111	Digestion/ICP	SOP I1004.08	L'analyse des métaux permet de vérifier la conformité environnementale du site.
Soufre total	5	5	Four Leco	ASTM Vol.05.05	Vérification de la conformité environnementale du site.
Bactéries hydrocarbonoclastes	2	2	Incubation dans un milieu liquide		Le décompte des bactéries hydrocarbonoclastes permet la détermination de la capacité du milieu à dégrader les hydrocarbures pétroliers
Carbone organique total	2	2	Four Leco	SOP: TE-03-008-93 REV.A.,	Le taux de migration des contaminants pétroliers dans l'eau souterraine dépend de la quantité de COT présente dans la matrice de l'aquifère (facteur de retard).
Azote ammoniacal	2	2	Colorimétrie	SOP I1013.03	L'azote ammoniacal constitue un des nutriments essentiels à la croissance des micro-organismes impliqués dans les réactions de biodégradation.
Phosphore libre	2	2	Colorimétrie	SOP I1034.03	Le phosphore, sous forme d'orthophosphate, constitue un des nutriments essentiels à la croissance des micro-organismes impliqués dans les réactions de biodégradation.
Potassium	2	2	Digestion/ICP	SOP I1004.08	Le potassium constitue un des nutriments essentiels à la croissance des micro-organismes impliqués dans les réactions de biodégradation.
pH	5	5	pH-mètre		Présence d'une ancienne conduite d'acide sulfurique. La mesure du pH dans le sol est nécessaire puisque ce dernier affecte les processus de biodégradation.

**LÉGENDE :**

<sup>(1)</sup> Nombre d'échantillons incluant les duplicata de terrain

**TABLEAU 3-3 (2 de 2)**

**PROGRAMME ANALYTIQUE DE LA CARACTÉRISATION COMPLÉMENTAIRE**

Caractérisation de l'eau souterraine					
Paramètres	Nombre d'échantillons prévus après réajustement	Nombre d'échantillons soumis au laboratoire <sup>(2)</sup>	Méthode d'analyse	Référence de la méthode	Interprétation
Hydrocarbures pétroliers (C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> )	25	35	GC/FID	MEF 410-HYD:1.0	Les concentrations en hydrocarbures pétroliers C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> sont mesurées afin d'établir la conformité environnementale du site.
HAM (COV)	4	5	GC/MS	SOP ORG1010.07	Les concentrations en hydrocarbures aromatiques monocycliques (HAM) sont mesurées afin d'établir la conformité environnementale du site (certains de ces composés seulement sont soumis à des normes gouvernementales).
HAP	4	4	GC/MS SIM	SOP ORG 1002.05	Les concentrations en hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) sont mesurées afin d'établir la conformité environnementale du site.
Métaux	35	39	Digestion/ICP	SOP I1004.08	L'analyse des métaux permet de vérifier la conformité environnementale du site.
Triméthylbenzène (isomères 1,2,3, 1,2,4 et 1,3,5)	3	3	GC/MS	SOP ORG1010.07	Les triméthylbenzènes étant récalcitrant à la biodégradation aérobie, ils sont utilisés comme traceurs afin de déterminer l'influence des autres processus physiques et chimiques responsables de la réduction des contaminants.
Dureté	3	3	Digestion/ICP	SOP I1004.08	Connaissance générale de la géochimie de l'eau souterraine. Les critères d'évaluation de plusieurs métaux (Ag, Ba, Cd, Cu, Ni, Pb, Zn) varient en fonction de la dureté de l'eau.
Bactéries hydrocarbonoclastes	2	2	Incubation dans un milieu liquide		Le décompte des bactéries hydrocarbonoclastes permet la détermination de la capacité du milieu à dégrader les hydrocarbures pétroliers
Demande biologique en oxygène	3	3	DBO <sub>5</sub>	SOPI. 1014.01	La demande biologique en oxygène, la demande chimique en oxygène et le carbone organique total dans l'eau souterraine sont tous des paramètres indicateurs de la présence d'une atténuation naturelle. Par exemple, une corrélation entre la présence de DBO <sub>5</sub> , DCO, COT et de BTEX (composés de la famille des HAM) indique que la majorité des composés volatils sont biodégradables.
Demande chimique en oxygène	3	3	DOC	SOPI. 1015.00	
Carbone organique total	3	3	TD MET. WASTEWATE	5310C	
Nitrate, nitrite	3	3	Chrom. Ionique	SOP I1024.00	En conditions anaérobies, le nitrate constitue un accepteur d'électron pour les micro-organismes. Le nitrite est un sous-produit de cette réaction.
Sulfates	3	3	Chrom. Ionique	SOPI1024.04	En condition anaérobie, les sulfates constituent un accepteur d'électrons pour les microorganismes.
Chlorures	3	3	Chrom. Ionique	SOP I1024.00	Les chlorures constituent un indicateur de la qualité générale de l'eau et permettent d'établir que les échantillons prélevés au site correspondent bien au même système d'eau souterraine. Ils sont également analysés en raison de l'utilisation et de l'entreposage de sels déglaçants.
Sulfures	6	6	Chrom. Ionique	SOP I1024.00	Les concentrations en sulfures sont mesurées afin d'établir la conformité environnementale du site. Les sulfures servent d'accepteur d'électrons dans la minéralisation des métaux.
Azote ammoniacal	2	2	Colorimétrie	SOP I1013.03	L'azote ammoniacal constitue un des nutriments essentiels pour les micro-organismes impliqués dans les réactions de biodégradation.
Phosphore libre	2	2	Colorimétrie	SOP I1034.03	Le phosphore, sous forme d'orthophosphate, constitue un des nutriments essentiels pour les micro-organismes impliqués dans les réactions de biodégradation.
Potassium	3	2	Digestion/ICP	SOP I1004.08	Le potassium constitue un des nutriments essentiels pour les micro-organismes impliqués dans les réactions de biodégradation.
Sodium	3	3	Digestion/ICP	SOP I1004.08	Le sodium est analysé en raison de l'utilisation et de l'entreposage de sels déglaçants.
Ion fer ferreux	3	3	Colorimétrie	SM 3500-Fe D	Les ions fer ferreux peuvent indiquer l'existence de processus de dégradation anaérobie causés par la diminution de l'oxygène, du nitrate et du manganèse.
Alcalinité	3	2	pH mètre	SOP I1012.01	L'alcalinité constitue un indicateur de la qualité générale de l'eau et permet d'établir que les échantillons prélevés au site correspondent bien au même système d'eau souterraine.
CO <sub>2</sub>	39	44	Calcul pH-alcalinité		En conditions aérobies, le gaz carbonique est un sous-produit de la biodégradation.
O <sub>2</sub> dissous	39	44	Mesuré sur le site		L'oxygène dissous constitue un accepteur d'électron lors des réactions de biodégradation.
Température, pH, conductivité	39	44	Mesuré sur le site		Les micro-organismes impliqués dans les réactions de biodégradation sont sensibles aux variations de pH et de température. De plus, une ancienne conduite d'acide sulfurique est présente sur le site. La conductivité constitue un indicateur de la qualité générale de l'eau et permet d'établir que les échantillons prélevés au site correspondent bien au même système d'eau souterraine.
Potentiel d'oxydo-réduction	39	44	Mesuré sur le site		Le potentiel d'oxydo-réduction de l'eau souterraine influence et est influencé par la nature des réactions de biodégradation des contaminants présents.

**LÉGENDE :**

<sup>(2)</sup> Nombre d'échantillons incluant les duplicata de terrain, un blanc de transport et un blanc de terrain

**TABLEAU 3-4  
PROGRAMME DE CARACTÉRISATION ENVIRONNEMENTALE ET HYDROGÉOLOGIQUE -  
SOMMAIRE ET COMPARAISON DES TRAVAUX PROPOSÉS ET RÉALISÉS**

Secteur	Localisation	Sondages				Puits d'observation et piézomètre		Nombres d'échantillons			
		Forages		Tranchées		Nombre proposé	Nombre réalisé	Sols		Eau souterraine <sup>(1)</sup>	
		Nombre proposé	Nombre réalisé	Nombre proposé	Nombre réalisé			Prévu	Prélevé	Prévu	Prélevé
Lot 17	À l'extrême ouest sur la rue du Quai, en bordure de la route 132	1	1	7	7	3	3	35	29	3	4
Lot 50	À l'ouest sur la rue de Quai, au coin de la rue Cotton	1	1	3	3	1	1	19	18	1	1
Lot C1-3	Au centre-ouest sur la rue du Quai au coin de la rue Cotton	2	4	8	8	2	4	46	46	5	4
Lot C2-2	Au centre-ouest sur la rue du Quai, au coin des rues Quigley et du chantier des Maritimes	1	1	4	1	2	2	23	9	2	1
Lot B6-2	Au centre sur la rue du Quai sur une longueur de 230 mètres	4	2	7	8	5	3	56	27	6	4
Lot B5-2	Au centre-est sur la rue du Quai	5	5	8	8	6	8	46	58	10	10
Lot B4-6	À l'est sur la rue du Quai	0	0	0	0	0	0	0		-	0
Lot B5-1-1 et 1-1-1	Deux lots contigus au nord de la rue du Quai en bordure du Havre de Gaspé	2	3	8	5	6	6	46	36	6	6
Lot 1-4	À l'extrême est sur la rue du Quai incluant le quai commercial et le quai des pêcheurs	3	5	16	18	8	11	85	92	7	13
Rue Quigley et rue du Chantier Maritime		0	0	2	2	2	2	0	0	1	1
Échantillon d'eau de purge après traitement au charbon activé								-	-	-	1
Échantillon des remblais de forage								-	1	-	-
Échantillons pris en duplicata pour contrôle de qualité								-	30	3	3
Blanc de transport pour contrôle de qualité interne								-	-	1	1
Blanc de terrain pour contrôle de qualité interne								-	-	1	1
<b>TOTAL :</b>		<b>19</b>	<b>22</b> (90 mètres de forage)	<b>63</b>	<b>60</b> (75 mètres d'excavation)	<b>35</b>	<b>40</b>	<b>356</b>	<b>346</b>	<b>46</b>	<b>50</b>

**Note:**

<sup>(1)</sup> : pour l'eau souterraine, le nombre d'échantillon comprend cinq (5) puits antérieurs toujours utilisables



**TABLEAU 5-1****PARAMÈTRES HYDRAULIQUES ESTIMÉS PAR ESSAIS DE PERMÉABILITÉ**

<b>Puits d'observation</b>	<b>Secteur</b>	<b>Unité géologique</b>	<b>Conductivité hydraulique (m/s)</b>	<b>Méthode d'interprétation</b>
<b>PO03-62</b>	Lot B-5-1-1	Remblai de silt sableux surmontant un sable moyen avec horizon de gravier, puis un sable graveleux	$1,52 \times 10^{-5}$	Bouwer-Rice
<b>PO03-67</b>	Lot 1-1-1	Sable silteux surmontant un sable fin à moyen	$5,95 \times 10^{-6}$	Bouwer-Rice
<b>PO03-73*</b>	Lot B-6-2	Silt sableux et roc	$3,44 \times 10^{-6}$	Bouwer-Rice
<b>PO03-76</b>	Lot C-1-3	Silt sableux surmontant sable moyen à grossier	$1,23 \times 10^{-7}$	Bouwer-Rice
<b>PO03-80</b>	Lot 1-4	Sable moyen avec un peu de gravier	$4,22 \times 10^{-6}$	Bouwer-Rice
<b>PO-1</b>	Lot 17	Information non disponible	$1,01 \times 10^{-6}$	Bouwer-Rice
<b>PO-27</b>	Lot 1-4	Information non disponible	$1,46 \times 10^{-5}$	Bouwer-Rice
<b>Moyenne géométrique (n = 7)</b>			<b><math>3,04 \times 10^{-6}</math></b>	

**Légende :**

\* : Valeur de conductivité hydraulique issue d'une moyenne entre les deux conductivités résultant de pentes différentes à l'intérieur d'un seul essai hydraulique.

**TABLEAU 5-2**  
**ÉLÉVATION DU NIVEAU DE L'EAU SOUTERRAINE -**  
**10 AOÛT 2003**

Identification du puits	Identification du lot	Élévation du sol (m)	Élévation de la margelle (m)	Profondeur de l'eau souterraine (m)	Élévation de l'eau souterraine (m)	
PO-1	17	14,57	14,57	1,57	13,00	
PZ-92		13,12	13,27	0,81	12,46	
PZ-96		16,08	15,97	0,99	14,98	
PO03-74		19,69	19,63	2,42	17,21	
PO03-63	50	11,24	11,11	0,46	10,65	
PO03-75	C1-3	10,72	10,62	1,12	9,50	
PO03-76		10,16	10,03	0,32	9,71	
PO03-77		9,89	9,75	0,23	9,52	
PO03-79		9,78	9,64	0,42	9,22	
PO03-78	C2-2	9,56	9,49	1,37	8,12	
PZ-67		8,94	8,87	en surface	8,87	
PZ-70		8,06	7,98	1,05	6,93	
PO03-72	B6-2	9,19	9,05	3,26	5,79	
PO03-73		9,76	9,70	3,33	6,37	
PO-10		9,62	9,53	1,05	8,48	
PO-17	B5-2	3,33	3,26	2,09	1,17	
PO-49		3,08	3,03	2,60	0,43	
PZ-75		3,31	3,23	2,07	1,16	
PZ-76		2,79	2,63	1,99	0,64	
PZ-78		3,07	2,96	1,81	1,15	
PZ-84		3,63	3,55	2,20	1,35	
PO03-65		3,16	3,04	2,43	0,61	
PO03-68		3,37	3,31	2,51	0,80	
PO03-69		3,31	3,22	2,08	1,15	
PO03-70		3,56	3,44	2,12	1,32	
PZ-81		1-1-1	1,60	1,50	1,05	0,45
PZ-83	1,40		2,48	2,22	0,26	
PO03-66	1,68		1,66	1,43	0,23	
PO03-67	2,13		2,11	1,81	0,30	
PO03-62	B5-1-1	2,84	2,59	1,83	0,76	
PZ-117		2,49	2,35	1,82	0,54	
PO03-60	1-4	2,97	2,80	2,87	-0,07	
PO03-61		2,98	2,89	3,27	-0,38	
PO03-80		2,58	2,48	2,80	-0,32	
PO03-81		2,84	2,69	2,47	0,23	
PO-24		2,69	2,50	2,56	-0,06	
PO-27		2,23	2,08	1,67	0,41	
PZ-79		2,65	2,57	2,46	0,11	
PZ-100		2,48	2,40	2,66	-0,26	
PZ-110		2,61	2,53	2,74	-0,21	
PZ-111		2,19	2,07	2,15	-0,08	
PZ-112		1,89	1,74	1,77	-0,03	
PZ-113		2,52	2,51	2,34	0,17	
PZ-115		2,70	2,60	2,43	0,17	
PZ00		Rue Quigley	10,98	11,03	1,29	9,74

**TABLEAU 5-3**

**DONNÉES MÉTÉOROLOGIQUES MOYENNES  
 COMPILÉES DE 1971 À 2000 -VILLE DE GASPÉ**

Mois	Température moyenne quotidienne	Chutes de pluie	Chutes de neige	Précipitations totales	Couverture de neige, fin de mois	Journées avec hauteur de précipitation mesurable
	(°C)	(mm)	(cm)	(mm)	(cm)	
Janvier	-11,9	21,0	76,8	89,8	42	13,9
Février	-10,8	8,4	56,1	59,0	47	11,2
Mars	-5,0	27,9	75,7	104,4	31	14,2
Avril	1,4	58,7	42,6	103,8	1	13,5
Mai	7,6	85,5	4,9	90,8	0	13,5
Juin	13,2	73,4	0,0	73,4	0	12,0
Juillet	16,6	107,7	0,0	107,7	0	15,0
Août	15,9	91,2	0,0	91,2	0	12,7
Septembre	11,1	70,0	0,0	70,0	0	11,4
Octobre	5,2	105,2	4,9	111,3	1	14,2
Novembre	-0,6	66,1	38,0	102,9	9	14,1
Décembre	-7,6	37,2	81,1	112,8	27	15,9
<b>Annuel</b>	<b>2,9</b>	<b>752,2</b>	<b>380,0</b>	<b>1117,1</b>	<b>13</b>	<b>161,5</b>

Source: Environnement Canada

**TABLEAU 6-1**  
**RÉSULTATS ANALYTIQUES SUR LES SOLS -**  
**HYDROCARBURES PÉTROLIERS C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub>**

SECTEUR	PROFONDEUR (m)	IDENTIFICATION DE L'ÉCHANTILLON	Hydrocarbures Pétroliers C10-C50 (mg/kg)
<b>Lot B5-2</b>	2,3 - 3,05	PO03-65-4	4 900
	3,05 - 3,81	PO03-65-5	ND
	3,05 - 3,81	PO03-65-6	ND
	3,05 - 3,81	PO03-68-5	140
	3,05 - 3,81	PO03-69-6	ND
	2,0 - 2,5	TP71-3	ND
	0,0 - 0,5	TP75=1	7 800
	Dup de TP75-1	TP75-10	4 500
	0,7 - 2,0	TP75-3	8 800
	2,0 - 3,0	TP76-3	590
	3,0 - 3,5	TP78-4	ND
<b>Lot B6-2</b>	3,5	TP78-5	ND
<b>Lot B6-2</b>	1,0 - 1,8	TP73-2	150
<b>Lot 1-1-1</b>	1,52 - 2,29	PO03-66-3	ND
	0,76 - 1,29	PO03-67-2	ND
	1,0 - 1,4	TP81-2	7 300
	Dup de TP81-2	TP81-20	3 100
	3,0 - 4,0	TP81-5	ND
	3,4 - 3,6	TP82-4	2 000
	3,6 - 4,0	TP82-5	1 800
	2,2 - 3,0	TP116-3	3 000
<b>Lot B5-1-1</b>	2,8 - 3,5	TP117-3	ND
<b>Lot B5-1-1</b>	2,29 - 3,05	PO03-62-5	ND
	3,05 - 3,81	PO03-62-6	ND
	Dup de PO03-62-6	PO03-62-7	ND
<b>Lot 1-4</b>	3,05 - 3,81	PO03-60-5	2 000
	Dup de PO03-60-5	PO03-60-6	2 600
	3,81 - 4,57	PO03-60-7	520
	2,0 - 3,0	TP79-3	10 000
	2,29 - 3,05	PO03-81-4	1 300
	3,81 - 4,57	PO03-81-6	ND
	1,0 - 2,0	TP99-2	150
	0,0 - 1,0	TP100-1	ND
	2,0 - 2,6	TP100-3	ND
	1,0 - 1,8	TP105-2	990
<b>Lot C1-3</b>	1,3 - 2,5	TP108-3	ND
<b>Lot C1-3</b>	0,0 - 0,76	PO03-75-1	3 300
Déblais de forage		F-BOUE	130
<b>LIMITE DE DÉTECTION (mg/kg)</b>			100
<b>CRITÈRES DU MENV (mg/kg)</b>		A	300
		B	700
		C	3 500
		D	10 000

**LÉGENDE :**

LD : Limite de détection

ND : Non détecté

MENV : Ministère de l'Environnement

PO03 : Puits d'observation réalisé en 2003 par TechnoRem

Dup : Duplicata

TP : Tranchée d'exploration

**TABLEAU 6-2**  
**RÉSULTATS ANALYTIQUES SUR LES SOLS -**  
**HYDROCARBURES AROMATIQUES MONOCYCLIQUES**

PARAMÈTRES (mg/kg)	CRITÈRES DU MENV (mg/kg)				LD	SECTEUR/ÉCHANTILLON			
	A	B	C	D		Lot 1-4	Lot 1-1-1	B5-2	
						TP108-2	TP-116-4	PO03-65-4	TP-75-2
<b>Profondeur (m)</b>						1,0 - 1,3	3,0 - 3,5	2,29 - 3,05	0,5 - 0,7
Benzène	0,1	<b>0,5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	0,1	ND	ND	ND	0,2
Chlorobenzène	0,2	<b>1</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	0,2	ND	ND	ND	ND
1,2-Dichlorobenzène	0,2	<b>1</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	0,2	ND	ND	ND	ND
1,3-Dichlorobenzène	0,2	<b>1</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	0,2	ND	ND	ND	ND
1,4-Dichlorobenzène	0,2	<b>1</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	0,2	ND	ND	ND	ND
Ethylbenzène	0,2	<b>5</b>	<b>50</b>	<b>50</b>	0,2	ND	ND	ND	0,5
Styrène	0,2	<b>5</b>	<b>50</b>	<b>50</b>	0,2	ND	ND	ND	ND
Toluène	0,2	<b>3</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	0,2	ND	ND	ND	0,7
Xylènes Totaux	0,2	<b>5</b>	<b>50</b>	<b>50</b>	0,2	ND	ND	ND	<b>11</b>

**LÉGENDE:**

ND: Non détecté

LD: Limite de détection (mg/kg)

TP: Tranchée d'exploration

PO03: Puits d'observation réalisé en 2003 par TechnoRem

MENV: Ministère de l'environnement

\*: Non déterminé par le MENV

**TABLEAU 6-3**  
**RÉSULTATS ANALYTIQUES SUR LES SOLS -**  
**HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES (HAP)**

PARAMÈTRES (mg/kg)	CRITÈRES DU MENV (mg/kg)				LD	SECTEUR / ÉCHANTILLON				
	A	B	C	D		Lot 1-1-1	Lot 1-4		Lot B5-1-1	Déblais de forage
						TP82-4	TP99-2	P003-81-4	P003-62-5	F-BOUE
<b>Profondeur (m)</b>						3,4 - 3,6	1,0 - 2,0	2,29 - 3,05	2,29 - 3,05	NA
Acénaphène	0,1	<b>10</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	0,1	0,2	0,5	ND	ND	ND
Acénaphylène	0,1	<b>10</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	0,1	ND	ND	ND	ND	ND
Anthracène	0,1	<b>10</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	0,1	ND	ND	ND	ND	0,2
Benzo(a)anthracène	0,1	<b>1</b>	<b>10</b>	<b>34</b>	0,1	ND	ND	ND	ND	ND
Benzo(a)pyrène	0,1	<b>1</b>	<b>10</b>	<b>34</b>	0,1	ND	ND	ND	ND	ND
Benzo(b+j+k)fluoranthène	0,1	<b>1</b>	<b>10</b>	<b>136</b>	0,1	ND	ND	ND	ND	0,1
Benzo(c)phénanthrène	0,1	<b>1</b>	<b>10</b>	<b>56</b>	0,1	ND	ND	ND	ND	ND
Benzo(ghi)pérylène	0,1	<b>1</b>	<b>10</b>	<b>18</b>	0,1	ND	ND	ND	ND	ND
Chrysène	0,1	<b>1</b>	<b>10</b>	<b>34</b>	0,1	ND	ND	ND	ND	0,1
Dibenz(a,h)anthracène	0,1	<b>1</b>	<b>10</b>	<b>82</b>	0,1	ND	ND	ND	ND	ND
Dibenzo(a,i)pyrène	0,1	<b>1</b>	<b>10</b>	<b>34</b>	0,1	ND	ND	ND	ND	ND
Dibenzo(a,h)pyrène	0,1	<b>1</b>	<b>10</b>	<b>34</b>	0,1	ND	ND	ND	ND	ND
Dibenzo(a,l)pyrène	0,1	<b>1</b>	<b>10</b>	<b>34</b>	0,1	ND	ND	ND	ND	ND
7,12-Diméthylbenzanthracène	0,1	<b>1</b>	<b>10</b>	<b>34</b>	0,1	ND	ND	ND	ND	ND
Fluoranthène	0,1	<b>10</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	0,1	ND	ND	ND	ND	0,6
Fluorène	0,1	<b>10</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	0,1	0,4	1,7	ND	ND	ND
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	0,1	<b>1</b>	<b>10</b>	<b>34</b>	0,1	ND	ND	ND	ND	ND
3-Méthylcholanthrène	0,1	<b>1</b>	<b>10</b>	<b>150</b>	0,1	ND	ND	ND	ND	ND
Naphtalène	0,1	<b>5</b>	<b>50</b>	<b>56</b>	0,1	0,2	0,9	ND	ND	ND
Phénanthrène	0,1	<b>5</b>	<b>50</b>	<b>56</b>	0,1	0,1	2,5	ND	ND	0,6
Pyrène	0,1	<b>10</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	0,1	ND	0,1	0,2	ND	0,4
2-Méthylnaphtalène	0,1	<b>1</b>	<b>10</b>	<b>56</b>	0,1	0,1	1,7	ND	ND	ND
1-Méthylnaphtalène	0,1	<b>1</b>	<b>10</b>	<b>56</b>	0,1	0,6	<b>7,8</b>	ND	ND	ND
1,3-Diméthylnaphtalène	0,1	<b>1</b>	<b>10</b>	<b>56</b>	0,1	<b>2,6</b>	<b>20</b>	ND	ND	ND
2,3,5-Triméthylnaphtalène	0,1	<b>1</b>	<b>10</b>	<b>56</b>	0,1	<b>1,4</b>	<b>7,8</b>	ND	ND	ND
<b>HAP Totaux</b>						5,6	43	0,2	ND	2,0

**LÉGENDE:**

ND: Non détecté

TP: Tranchée d'observation

LD: Limite de détection

PO03: Puits d'observation réalisé en 2003 par TechnoRem

**TABLEAU 6-4**  
**RÉSULTATS ANALYTIQUES SUR LES SOLS -**  
**COMPOSÉS PHÉNOLIQUES**

Paramètres	Critères du MENV (mg/kg)				LD	Secteur / Échantillon (mg/kg)			
	A	B	C	D		Lot B5-1-1	Lot 1-4	LD	Lot 1-1-1
						P003-62-5	P003-81-4		TP82-4
Profondeur (m)						2,29 - 3,05	2,29 - 3,05		3,4 - 3,6
o-Crésol	0,1	1	10	56	0,1	ND	ND	0,5	ND
m-Crésol	0,1	1	10	56	0,1	ND	ND	0,5	ND
p-Crésol	0,1	1	10	56	0,1	ND	ND	0,5	ND
2,4-Diméthylphénol	0,1	1	10	140	0,1	ND	ND	0,5	ND
2-Nitrophénol	0,5	1	10	130	0,1	ND	ND	0,5	ND
4-Nitrophénol	0,5	1	10	290	0,1	ND	ND	0,5	ND
Phénol	0,1	1	10	62	0,1	ND	ND	0,5	ND
2-Chlorophénol	0,1	0,5	5	57	0,1	ND	ND	0,5	ND
3-Chlorophénol	0,1	0,5	5	57	0,1	ND	ND	0,5	ND
4-Chlorophénol	0,1	0,5	5	57	0,1	ND	ND	0,5	ND
2,3-Dichlorophénol	0,1	0,5	5	140	0,1	ND	ND	0,5	ND
2,4 + 2,5-Dichlorophénol	0,1	0,5	5	140	0,1	ND	ND	0,5	ND
2,6-Dichlorophénol	0,1	0,5	5	140	0,1	ND	ND	0,5	ND
3,4-Dichlorophénol	0,1	0,5	5	140	0,1	ND	ND	0,5	ND
3,5-Dichlorophénol	0,1	0,5	5	140	0,1	ND	ND	0,5	ND
Pentachlorophénol	0,1	0,5	5	74	0,1	ND	ND	0,5	ND
2,3,4,5-Tétrachlorophénol	0,1	0,5	5	74	0,1	ND	ND	0,5	ND
2,3,4,6-Tétrachlorophénol	0,1	0,5	5	74	0,1	ND	ND	0,5	ND
2,3,5,6-Tétrachlorophénol	0,1	0,5	5	74	0,1	ND	ND	0,5	ND
2,3,4-Trichlorophénol	0,1	0,5	5	74	0,1	ND	ND	0,5	ND
2,3,5-Trichlorophénol	0,1	0,5	5	74	0,1	ND	ND	0,5	ND
2,3,6-Trichlorophénol	0,1	0,5	5	74	0,1	ND	ND	0,5	ND
2,4,5-Trichlorophénol	0,1	0,5	5	74	0,1	ND	ND	0,5	ND
2,4,6-Trichlorophénol	0,1	0,5	5	74	0,1	ND	ND	0,5	ND
3,4,5-Trichlorophénol	0,1	0,5	5	74	0,1	ND	ND	0,5	ND
2,4-Dinitrophénol	*	*	*	*	2	ND	ND	10	ND
2-Méthyl-4,6-dinitrophénol	*	*	*	*	2	ND	ND	10	ND

**LÉGENDE:**

LD: Limite de détection (mg/kg)

ND: Non détecté

Dup: duplicata

P003: Puits d'observation réalisé en 2003 par TechnoRem

TP: Tranchée d'exploration

\*: non déterminé par le MENV

TABLEAU 6-5 (1 DE 6)

RÉSULTATS ANALYTIQUES SUR LES SOLS - MÉTAUX, PARAMÈTRES ORGANIQUES ET INORGANIQUES

PARAMÈTRES (mg/kg)	CRITÈRES DU MENV (mg/kg)				LD	SECTEUR / ÉCHANTILLON (mg/kg)																			
	A	B	C	D		Lot C1-3																			
						TP63-1	TP63-2	TP64-1	TP64-2	TP65-1	TP65-2	TP66-1	TP66-2	TP87-1	TP87-2	TP88-1	TP88-2	TP89-1	TP90-1	TP90-3	PO03-79-1	PO03-79-2	PO03-75-1	PO03-75-7	
<b>Profondeur (m)</b>						0,0 - 1,0	1,0 - 2,0	0,0 - 1,0	1,0 - 2,0	0,0-1,0	1,0 - 1,9	0,0-1,0	0,8 - 2,0	0,0 - 1,0	1,1 - 2,0	0,0 - 1,0	1,3 - 2,0	0,0 - 1,0	2,0 - 3,0	0,0 - 0,76	0,76 - 1,52	0,0 - 0,76	Dup PO03-75-1		
Argent (Ag)	2	20	40	200	2	ND	ND	ND	ND	-	ND	-	ND	ND	ND	16	ND	ND	ND	ND	-	-	ND	ND	
Arsenic (As)	6	30	50	250	6	13	ND	ND	ND	-	ND	-	ND	17	ND	160	ND	ND	ND	ND	-	-	ND	ND	
Baryum (Ba)	200	500	2 000	10 000	5	36	21	41	29	-	34	-	59	44	60	71	37	15	22	27	-	-	59	37	
Cadmium (Cd)	1,5	5	20	100	1	ND	ND	ND	ND	-	ND	-	ND	ND	ND	5,8	ND	ND	ND	ND	-	-	ND	ND	
Cobalt (Co)	15	50	300	1 500	2	13	9,8	9,7	8,3	-	10	-	16	13	11	27	12	8	8,9	9,4	-	-	13	7,5	
Chrome (Cr)	85	250	800	4 000	2	25	24	23	27	-	30	-	42	15	34	37	29	25	23	31	-	-	39	19	
Cuivre (Cu)	40	100	500	2 500	2	3000	590	1200	42	150	16	330	26	3000	39	21 000	19	450	160	17	61	18	18	300	
Étain (Sn)	5	50	300	1 500	5	ND	ND	ND	ND	-	ND	-	ND	ND	ND	210	ND	ND	ND	ND	-	-	ND	ND	
Manganese (Mn)	770	1 000	2 200	11 000	1	250	290	200	190	-	210	-	600	370	230	400	280	180	370	260	-	-	1300	360	
Molybdène (Mo)	2	10	40	200	2	10	ND	5	ND	-	ND	-	ND	5,4	ND	30	ND	ND	ND	ND	-	-	ND	ND	
Nickel (Ni)	50	100	500	2 500	1	26	29	30	30	-	39	-	52	21	35	39	38	30	32	40	-	-	53	26	
Plomb (Pb)	50	500	1 000	5 000	5	80	13	66	ND	-	ND	-	ND	120	ND	730	ND	ND	ND	ND	-	-	ND	ND	
Zinc (Zn)	110	500	1 500	7 500	10	230	72	130	34	-	41	-	71	250	49	1200	45	44	42	36	-	-	39	56	
<b>Paramètres inorganiques (mg/kg)</b>																									
Azote ammoniacal	*	*	*	*	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Orthophosphate	*	*	*	*	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
pH	*	*	*	*	NA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Potassium	*	*	*	*	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Soufre (%)	0,04	0,1	0,2	*	0,01	-	0,16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<b>Paramètres organiques</b>																									
Dénombrement bactéries hydrocarbonoclastes (NPP/g)	*	*	*	*	NA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Carbone organique total (%)	*	*	*	*	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

LÉGENDE:

LD: Limite de détection      Dup: duplicata      TP: Tranchée d'exploration  
 ND: non détecté      NA: non applicable      PO03: Puits d'observation  
 -: Non analysé      \*: non déterminé par le MENV  
 NPP/g: signifie nombre le plus probable par gramme d'échantillon



TABLEAU 6-5 (2 DE 6)

RÉSULTATS ANALYTIQUES SUR LES SOLS - MÉTAUX, PARAMÈTRES ORGANIQUES ET INORGANIQUES

PARAMÈTRES (mg/kg)	CRITÈRES DU MENV (mg/kg)				LD	SECTEUR / ÉCHANTILLON (mg/kg)														
	A	B	C	D		B5-1-1	Lot 1-4													
						PO03-62-2	TP99-1	TP100-2	TP101-2	TP102-1	TP103-1	TP103-3	TP105-1	TP106-1	TP107-1	TP107-4	TP108-1	TP109-1	TP109-4	
<b>Profondeur (m)</b>						0,76-1,52	0,0 - 1,0	1,0 - 2,0	1,0 - 2,0	0,0 - 1,0	0,0-1,0	2,8 - 3,0	0,0 - 1,0	0,0 - 1,0	0,0 - 1,0	Dup TP107-1	0,0 - 1,0	0,0 - 1,0	Dup TP109-1	
Argent (Ag)	2	20	40	200	2	-	ND	ND	ND	-	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Arsenic (As)	6	30	50	250	6	-	ND	ND	ND	-	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Baryum (Ba)	200	500	2 000	10 000	5	-	47	45	53	-	-	19	34	55	44	50	31	39	42	
Cadmium (Cd)	1,5	5	20	100	1	-	ND	ND	ND	-	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Cobalt (Co)	15	50	300	1 500	2	-	12	10	12	-	-	8,5	8,9	12	9,4	9,8	10	9,2	9,5	
Chrome (Cr)	85	250	800	4 000	2	-	33	29	42	-	-	32	24	38	26	29	38	28	32	
Cuivre (Cu)	40	100	500	2 500	2	220	190	110	160	180	1100	24	160	180	500	550	250	630	420	
Étain (Sn)	5	50	300	1 500	5	-	ND	ND	ND	-	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Manganese (Mn)	770	1 000	2 200	11 000	1	-	350	570	790	-	-	250	560	530	490	530	380	430	470	
Molybdène (Mo)	2	10	40	200	2	-	ND	3,8	ND	-	-	ND	ND	3,2	5,9	8,2	2,8	5,8	ND	
Nickel (Ni)	50	100	500	2 500	1	-	35	35	52	-	-	38	33	44	36	35	44	34	36	
Plomb (Pb)	50	500	1 000	5 000	5	-	ND	ND	ND	-	-	ND	ND	ND	21	22	ND	40	24	
Zinc (Zn)	110	500	1 500	7 500	10	-	92	52	55	-	-	59	84	60	100	110	61	100	96	
<b>Paramètres inorganiques</b>																				
Azote ammoniacal	*	*	*	*	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Orthophosphate	*	*	*	*	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
pH	*	*	*	*	NA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Potassium	*	*	*	*	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Soufre (%)	0,04	0,1	0,2	*	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

LÉGENDE:

LD: Limite de détection      Dup: duplicata      TP: Tranchée d'exploration  
 ND: non détecté      NA: non applicable      PO03: Puits d'observation  
 -: Non analysé      \*: non déterminé par le MENV  
 NPP/g: signifie nombre le plus probable par gramme d'échantillon

TABLEAU 6-5 (3 DE 6)

RÉSULTATS ANALYTIQUES SUR LES SOLS - MÉTAUX, PARAMÈTRES ORGANIQUES ET INORGANIQUES

PARAMÈTRES (mg/kg)	CRITÈRES DU MENV (mg/kg)				LD	SECTEUR / ÉCHANTILLON (mg/kg)													
	A	B	C	D		Lot 1-4													
						TP110-3	TP112-1	TP113-1	P003-60-5	P003-60-6	P003-61-2	TP79-1	TP79-2	TP79-3	P003-64-1	P003-80-1	P003-80-3	P003-81-2	P003-81-7
<b>Profondeur (m)</b>						2,0 - 3,0	0,0-1,0	0,0 - 1,0	3,05 - 3,81	Dup P003-60-5	0,76 - 1,52	0,0 - 1,0	1,0 - 2,0	2,0 - 3,0	0,0-0,76	0,0-0,76	1,52 - 2,29	0,76 - 1,52	Dup P003-81-2
Argent (Ag)	2	20	40	200	2	ND	-	ND	ND	ND	ND	ND	-	ND	-	-	ND	ND	ND
Arsenic (As)	6	30	50	250	6	ND	-	ND	ND	ND	ND	ND	-	ND	-	-	ND	ND	ND
Baryum (Ba)	200	500	2 000	10 000	5	10	-	17	20	21	26	17	-	14	-	-	36	36	40
Cadmium (Cd)	1,5	5	20	100	1	ND	-	ND	ND	ND	ND	ND	-	ND	-	-	ND	ND	ND
Cobalt (Co)	15	50	300	1 500	2	6,8	-	8,2	9,5	8,6	8,4	8,3	-	16	-	-	7,1	11	11
Chrome (Cr)	85	250	800	4 000	2	23	-	28	34	29	28	25	-	57	-	-	23	29	29
Cuivre (Cu)	40	100	500	2 500	2	49	150	74	20	25	62	1800	-	29	19	960	290	16	15
Étain (Sn)	5	50	300	1 500	5	ND	-	ND	ND	ND	ND	ND	-	ND	-	-	ND	ND	ND
Manganèse (Mn)	770	1 000	2 200	11 000	1	190	-	210	220	210	260	240	-	320	-	-	340	730	570
Molybdène (Mo)	2	10	40	200	2	ND	-	ND	ND	ND	ND	8	-	ND	-	-	ND	ND	ND
Nickel (Ni)	50	100	500	2 500	1	32	-	40	49	42	39	35	-	75	-	-	29	36	37
Plomb (Pb)	50	500	1 000	5 000	5	ND	-	ND	ND	ND	ND	15	-	ND	-	-	ND	ND	ND
Zinc (Zn)	110	500	1 500	7 500	10	32	-	40	42	42	38	83	-	42	-	-	44	48	44
<b>Paramètres inorganiques</b>																			
Azote ammoniacal	*	*	*	*	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Orthophosphate	*	*	*	*	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
pH	*	*	*	*	NA	-	-	-	-	-	-	9,4	-	-	-	-	-	-	-
Potassium	*	*	*	*	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Soufre (%)	0,04	0,1	0,2	*	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

LÉGENDE:

LD: Limite de détection      Dup: duplicata      TP: Tranchée d'exploration  
 ND: non détecté      NA: non applicable      PO03: Puits d'observation  
 -: Non analysé      \*: non déterminé par le MENV  
 NPP/g: signifie nombre le plus probable par gramme d'échantillon

TABLEAU 6-5 (4 DE 6)

RÉSULTATS ANALYTIQUES SUR LES SOLS - MÉTAUX, PARAMÈTRES ORGANIQUES ET INORGANIQUES

PARAMÈTRES (mg/kg)	CRITÈRES DU MENV (mg/kg)				LD	SECTEUR / ÉCHANTILLON (mg/kg)																									
	A	B	C	D		Lot B5-2																									
						TP71-1	TP71-4	TP74-1	TP74-2	TP75-1	TP75-3	TP75-4	TP75-10	TP76-2A	TP76-5	TP76-3	TP77-1	TP78-1	TP78-2	TP80-1	TP84-1	TP84-2	TP84-3	PO03-68-3	PO03-69-2	PO03-70-1	PO03-70-4	PO03-71-1	PO03-71-2		
Profondeur (m)					0,0 - 1,0	Dup TP71-1	0,0 - 1,0	1,0 - 2,0	0,0 - 0,5	1,0 - 2,0	2	Dup TP75-1	0,0 - 2,0	Dup TP76-2A	2,0 - 3,0	0,0 - 1,0	0,0 - 1,0	1,0 - 2,0	0,0 - 1,0	0,0 - 1,0	1,0 - 2,0	0,0 - 1,0	0,0 - 1,0	1,0 - 2,0	2,0 - 3,0	1,52 - 2,29	0,76 - 1,52	0,0 - 0,76	1,52 - 2,29	0,0 - 0,76	Dup PO03-71-1
Argent (Ag)	2	20	40	200	2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	ND	-	-	-	-	-	-
Arsenic (As)	6	30	50	250	6	ND	ND	19	ND	ND	ND	ND	10	13	ND	ND	ND	ND	ND	28	18	-	ND	-	-	-	-	-	-	-	
Baryum (Ba)	200	500	2 000	10 000	5	80	76	210	42	37	32	40	69	55		15	18	37	38	33	59	54	-	24	-	-	-	-	-	-	
Cadmium (Cd)	1,5	5	20	100	1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	ND	-	-	-	-	-	
Cobalt (Co)	15	50	300	1 500	2	15	15	13	9,9	9	10	9,1	10	9	9	10	7,2	7,3	8,9	16	17	15	-	10	-	-	-	-	-	-	
Chrome (Cr)	85	250	800	4 000	2	42	49	24	33	27	26	29	24	26	31	40	23	18	19	62	35	33	-	36	-	-	-	-	-	-	
Cuivre (Cu)	40	100	500	2 500	2	960	320	3100	180	1300	28	140	860	1500	1600	12	53	140	820	970	3900	3800	-	44	21	2000	-	17	19		
Étain (Sn)	5	50	300	1 500	5	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	ND	-	-	-	-	-	-	
Manganèse (Mn)	770	1 000	2 200	11 000	1	580	610	420	450	220	360	470	260	300	280	230	230	500	490	710	510	510	-	330	-	-	-	-	-	-	
Molybdène (Mo)	2	10	40	200	2	4,6	3,1	13	ND	7	ND	ND	4,4	11	13	ND	ND	ND	ND	7,9	9,5	8,7	-	ND	-	-	-	-	-	-	
Nickel (Ni)	50	100	500	2 500	1	56	66	30	40	33	29	33	34	35	36	54	33	24	27	68	44	42	-	46	-	-	-	-	-	-	
Plomb (Pb)	50	500	1 000	5 000	5	24	11	35	ND	44	ND	ND	44	1300	440	ND	18	ND	13	ND	90	100	-	ND	-	-	-	-	-	-	
Zinc (Zn)	110	500	1 500	7 500	10	130	74	160	42	130	30	39	100	170	170	32	35	45	78	83	260	280	-	37	-	-	-	-	-	-	
<b>Paramètres inorganiques</b>																															
Azote ammoniacale	*	*	*	*	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	ND	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Orthophosphate	*	*	*	*	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	ND	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
pH	*	*	*	*	NA	-	-	-	-	-	-	7,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,2	8,8	-	-	-	-	-	-	
Potassium	*	*	*	*	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	730	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Soufre (%)	0,04	0,1	0,2	*	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,24	-	-	-	-	0,05	-	-	
<b>Paramètres organiques</b>																															
Dénombrement bactéries hydrocarbonoclastes (NPP/g)	*	*	*	*	NA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	(PZ-76B) 7,5 X 10 <sup>5</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Carbone organique total (%)	*	*	*	*	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

**LÉGENDE:**  
 LD: Limite de détection      Dup: duplicata      TP: Tranchée d'exploration  
 ND: non détecté              NA: non applicable      PO03: Puits d'observation  
 -: Non analysé                \*: non déterminé par le MENV  
 NPP/g: signifie nombre le plus probable par gramme d'échantillon

TABLEAU 6-5 (5 DE 6)

RÉSULTATS ANALYTIQUES SUR LES SOLS - MÉTAUX, PARAMÈTRES ORGANIQUES ET INORGANIQUES

PARAMÈTRES (mg/kg)	CRITÈRES DU MENV (mg/kg)				LD	SECTEUR / ÉCHANTILLON (mg/kg)																				Déblais de forage
	A	B	C	D		Lot 50				C2-2			Lot B6-2												F-BOUE	
						TP60-3	TP61-1	TP62-1	PO03-63-1	TP67-1	PO03-78-1	PO03-78-6	TP68-1	TP68-2	TP69-1	TP70-1	TP72-1	TP72-2	TP73-2	TP85-1	TP86-2	TP98-2	PO03-72-1	PO03-73-1		
<b>Profondeur (m)</b>						1,1 - 1,9	0,0 - 0,9	0,0 - 1,0	0,0 - 0,76	0,0 - 1,2	0,0-0,75	Dup PO03-78-1	0,0 - 1,2	1,2 - 2,0	0,0 - 1,0	0,0 - 1,0	0,0 - 1,0	1,0 - 2,0	1,0 - 1,8	0,0 - 1,0	1,0 - 2,0	1,0 - 1,6	0,0-0,75	0,0-0,75	-	
Argent (Ag)	2	20	40	200	2	ND	ND	ND	ND	ND	-	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	-	ND	
Arsenic (As)	6	30	50	250	6	ND	ND	ND	ND	ND	-	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	12	ND	ND	-	-	ND
Baryum (Ba)	200	500	2 000	10 000	5	38	24	22	72	17	-	-	38	42	34	42	80	52	66	31	79	64	-	-	39	
Cadmium (Cd)	1,5	5	20	100	1	ND	ND	ND	ND	ND	-	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	-	ND	
Cobalt (Co)	15	50	300	1 500	2	11	8,4	8,3	5,5	ND	-	-	16	17	4,2	9,3	15	12	12	7,6	11	12	-	-	11	
Chrome (Cr)	85	250	800	4 000	2	31	23	28	12	ND	-	-	24	49	12	26	44	43	35	20	27	39	-	-	48	
Cuivre (Cu)	40	100	500	2 500	2	22	430	84	74	ND	88	94	2300	46	110	640	670	420	180	4100	99	110	17	95	230	
Étain (Sn)	5	50	300	1 500	5	ND	ND	ND	ND	ND	-	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	-	ND	
Manganese (Mn)	770	1 000	2 200	11 000	1	310	360	310	250	50	-	-	320	540	170	430	450	390	490	270	560	360	-	-	370	
Molybdène (Mo)	2	10	40	200	2	ND	ND	ND	4,3	ND	-	-	10	ND	ND	ND	ND	ND	ND	23	ND	ND	-	-	ND	
Nickel (Ni)	50	100	500	2 500	1	39	29	33	15	ND	-	-	30	63	14	30	54	51	42	21	33	40	-	-	50	
Plomb (Pb)	50	500	1 000	5 000	5	ND	30	ND	8,4	ND	-	-	78	ND	11	14	43	11	14	49	ND	ND	-	-	ND	
Zinc (Zn)	110	500	1 500	7 500	10	42	81	37	46	12	-	-	210	61	51	80	150	86	71	180	51	57	-	-	51	
<b>Paramètres inorganiques</b>																										
Azote ammoniacal	*	*	*	*	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Orthophosphate	*	*	*	*	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
pH	*	*	*	*	NA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Potassium	*	*	*	*	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Soufre (%)	0,04	0,1	0,2	*	0,01	-	-	-	-	0,47	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

LÉGENDE:

LD: Limite de détection Dup: duplicata TP: Tranchée d'exploration  
 ND: non détecté NA: non applicable PO03: Puits d'observation

-: Non analysé \*: non déterminé par le MENV

NPP/g: signifie nombre le plus probable par gramme d'échantillon

**TABLEAU 6-5 (6 DE 6)**  
**RÉSULTATS ANALYTIQUES SUR LES SOLS - MÉTAUX, PARAMÈTRES ORGANIQUES ET INORGANIQUES**

PARAMÈTRES (mg/kg)	CRITÈRES DU MENV (mg/kg)				LD	SECTEUR / ÉCHANTILLON (mg/kg)																							
	A	B	C	D		Lot 1-1-1								Lot 17															
						TP81-1	TP81-2	TP82-1	TP82-2	TP83-1	TP116-2	TP116-6	P003-66-2	TP91-2	TP92-1	TP93-1	TP93-2	TP94-1	TP94-2	TP94-3	TP95-1	TP95-2	TP95-3	TP96-2	TP96-3	TP97-1	P003-74-1A	P003-74-7	
<b>Profondeur (m)</b>						0,0 - 1,0	1,0 - 1,4	0,0 - 1,0	1,0 - 2,0	0,0 - 1,0	1,0 - 2,2	Dup TP116-2	0,76 - 1,52	1,0 - 2,5	0,0 - 1,0	0,0 - 1,1	1,1 - 2,0	0,0 - 1,0	1,3 - 2,0	2,0 - 3,0	0,0 - 1,0	1,0 - 2,0	2,0 - 3,0	1,0 - 1,7	2,0 - 2,9	0,0 - 1,0	0,0 - 2,29	Dup P003-74-1	
Argent (Ag)	2	20	40	200	2	ND	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Arsenic (As)	6	30	50	250	6	ND	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Baryum (Ba)	200	500	2 000	10 000	5	19	-	92	87	33	47	39	45	26	29	18	22	30	34	54	36	25	61	65	52	16	61	53	
Cadmium (Cd)	1,5	5	20	100	1	ND	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
Cobalt (Co)	15	50	300	1 500	2	9	-	13	11	9	9,7	9,3	10	10	12	10	10	9	9,1	9,8	6,7	5,1	11	14	15	8	8,2	7,3	
Chrome (Cr)	85	250	800	4 000	2	30	-	30	35	26	28	28	28	27	46	36	34	23	23	31	15	13	33	42	44	25	23	19	
Cuivre (Cu)	40	100	500	2 500	2	190	-	1000	1100	160	140	130	150	2400	19	310	240	3900	280	57	110	12	13	71	41	34	64	49	
Étain (Sn)	5	50	300	1 500	5	ND	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
Manganèse (Mn)	770	1 000	2 200	11 000	1	210	-	430	450	330	480	470	450	310	330	330	420	360	450	380	540	330	530	300	540	240	570	470	
Molybdène (Mo)	2	10	40	200	2	ND	-	3,6	6,3	ND	ND	ND	ND	27	ND	ND	ND	14	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
Nickel (Ni)	50	100	500	2 500	1	42	-	39	38	41	37	36	40	32	53	42	43	25	29	41	22	16	40	57	53	31	28	24	
Plomb (Pb)	50	500	1 000	5 000	5	ND	-	87	180	76	ND	ND	ND	23	ND	ND	ND	33	1400	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	
Zinc (Zn)	110	500	1 500	7 500	10	54	-	150	530	86	48	49	49	120	37	49	41	150	65	43	38	28	32	43	56	28	45	40	
<b>Paramètres inorganiques</b>																													
Azote ammoniacal	*	*	*	*	1	-	ND	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Orthophosphate	*	*	*	*	20	-	ND	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
pH	*	*	*	*	NA	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Potassium	*	*	*	*	20	-	1 200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Soufre (%)	0,04	0,1	0,2	*	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<b>Paramètres organiques</b>																													
Dénombrement bactéries hydrocarbonoclastes (NPP/g)	*	*	*	*	NA	-	(PZ-81B) 1,5 X 106	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Carbone organique total (%)	*	*	*	*	0,01	-	0,34	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

**LÉGENDE:**  
LD: Limite de détection Dup: duplicata TP: Tranchée d'exploration  
ND: non détecté NA: non applicable PO03: Puits d'observation réalisé en 2003 par TechnoRem  
-: Non analysé \*: non déterminé par le MENV MENV: Ministère de l'environnement  
NPP/g: signifie nombre le plus probable par gramme d'échantillon

**TABLEAU 6-6**  
**SOMMAIRE DES RÉSULTATS ANALYTIQUES SUR LES SOLS**

Identification du lot	Identification du sondage	Intervalle analysé	Hydrocarbures Pétroliers C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub>	Métaux	Hydrocarbures Aromatiques Monocycliques	Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques
B5-2	PO03-65	2,3-3,1	> C		ND	
	PO03-68	3,1-3,8 / 1,5-2,3	< A	AB		
	PO03-69	3,1-3,8 / 0,76-1,52	ND	< A		
	PO03-70	0-0,76		> C		
	PO03-71	0-0,76		< A		
	TP71	2,0-2,5 / 0-1,0	ND	> C		
	TP74	0-2,0		> D		
	TP75	0-2,0 / 0-2,0	> C	> C	BC	
	TP76	2,0-3,0 / 0-2,0	AB	> C		
	TP77	0-1,0		AB		
	TP78	3,0-3,5 / 0-2,0	ND		BC	
	TP80	0-1,0		> C		
TP84	0-2,0		> D			
B6-2	PO03-72	0-0,76		< A		
	PO03-73	0-0,76		AB		
	TP68	0-1,2		> C		
	TP69	0-1,0		BC		
	TP70	0-1,0		> C		
	TP72	0-2,0		> C		
	TP73	1,0-1,8 / 1,0-1,8	< A	BC		
	TP85	0-1,0		> D		
	TP86	1,0-2,0		AB		
TP98	1,0-1,6		BC			
1-1-1	PO03-66	1,5-2,3 / 0,8-1,5	ND	BC		
	PO03-67	0,8-1,3	ND			
	TP81	1,0-1,4 / 0-1,0	> C	BC		
	TP82	3,4-4,0 / 0-2,0	BC	> C		BC
	TP83	0-1,0		BC		
	TP116	2,2-3,0 / 1,0-2,0	BC	BC	ND	
	TP117	2,8-3,5	ND			
1-4	PO03-60	3,1-3,8 / 3,0-3,8	BC	< A		
	PO03-61	0,8-1,5		AB		
	PO03-64	0-0,76		< A		
	PO03-80	0-0,76		> C		
	PO03-81	2,3-3,0 / 0,8-1,5	BC	< A		AB
	TP79	2,0-3,0 / 0-0,1	D	> C		
	TP99	1,0-2,0 / 0-1,0	< A	BC		> C
	TP100	0-2,6 / 1,0-2,0	ND	BC		
	TP101	1,0-2,0		BC		
	TP103	0-1,0		> C		
	TP105	1,0-1,8 / 0-1,0	BC	BC		
	TP106	0-1,0		BC		
	TP107	0-1,0		> C		
	TP108	1,3-2,5 / 0-1,0	ND	BC	ND	
	TP109	0-1,0		> C		
TP110	2,0-3,0		AB			
TP112	0-1,0		BC			
TP113	0-1,0		AB			
C1-3	PO03-75	0-0,8	BC			
	TP63	0-2,0		> D		
	TP64	0-1,0		> C		
	TP65	0-1,0		BC		
	TP66	0-1,0		BC		
	TP87	0-1,0		> D		
	TP88	0-1,0		> D		
	TP89	0-1,0		BC		
TP90	0-1,0		BC			
B5-1-1	PO03-62	2,3-3,8 / 0-1,0	ND	BC		ND
50	TP60	1,1-1,9		< A		
	TP61	0-1,0		BC		
	TP62	0-1,0		AB		
	PO03-63	0-0,8		AB		
C2-2	TP67	0-1,2		< A		
	PO03-78	0-0,76		AB		
17	TP91	1,0-2,5		> C		
	TP92	0-1,0		AB		
	TP93	0-2,0		BC		
	TP94	0-2,0		> D		
	TP95	0-1,0		BC		
	TP96	1,0-3,0		AB		
	TP97	0-1,0		< A		
PO03-74	0-2,3		AB			
F-BOUE	--	--	< A	AB		AB

Note: seul le critère correspondant à la concentration maximum est indiqué

**TABLEAU 6-7**

**ÉTENDUES ET VOLUMES DES SOLS AFFECTÉS  
AU DELÀ DES CRITÈRES C ET D DU MENV**

C-D C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> et HAP ( voir figure 6-3)	Enclave	Lot	Sondages correspondant	C-D		
				Superficie	Épaisseur	Volume
				m <sup>2</sup>	m	m <sup>3</sup>
	1	B5-2	PZ75	190	2	380
	2	1-1-1	PZ81	268	0,5	134
	3	B5-2, 1-1-1	TP116, PO03-65, PO-49	393	1	393
	4	1-4	TP99	200	1	200
<b>Total volume C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> + HAP</b>						<b>1107</b>
C-D Métaux ( voir figure 6-4)	1	17	TP94	320	0,7	224
	2	17	TP91	300	1,5	450
	3	C1-3	TP63, TP64	950	1	950
	4	C2-2	PZ6, PE53	350	1,2	420
	5	C2-2, B6-2	TP68	440	1	440
	6	B6-2	PZ70, PE52	410	1	410
	7	B6-2, B5-2, 1-4	TP71, TP72, TP74, TP75, TP76, TP78, TP79, TP80, PO03-70	3575	1,1	3932,5
	8	1-1-1	TP82	275	2	550
	9	1-4	PO03-80	425	1	425
	10	1-4	TP103, TP104	750	1	750
	11	1-4	TP109, PE54, PE55	1090	1	1090
<b>Total volume métaux</b>						<b>9641,5</b>

> D C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> (voir figure 6-3)	Enclave	Lot	Sondages correspondant	> D		
				Superficie	Épaisseur	Volume
				m <sup>2</sup>	m	m <sup>3</sup>
	5	B4-6	PZ79	383	1	383
<b>Total volume C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub></b>						<b>383</b>
> D Métaux (voir figure 6-4)	12	17	TP94	320	1,2	384
	13	C1-3	TP63	440	1	440
	14	C1-3	TP87, TP88	740	1	740
	15	B6-2	TP85	815	1	815
	16	B5-2	TP84, TP74	1100	1,5	1650
<b>Total volume métaux</b>						<b>4 029</b>

<b>Total du volume des sols affectés de la classe C-D (m<sup>3</sup>)</b>	<b>10 749</b>
<b>Total du volume des sols affectés au delà du critère D (m<sup>3</sup>)</b>	<b>4 412</b>

**Note:** 15% doit être ajouté au volume total des sols pour le foisonnement lors de l'excavation

**TABLEAU 7-1**  
**RÉSULTATS ANALYTIQUES SUR LES EAUX SOUTERRAINES**  
**HYDROCARBURES PÉTROLIERS (C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub>)**

SECTEUR	ÉCHANTILLON	C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> (µg/L)
Lot 1-4	PO-24	190
	PO-27	1 400
	PO-72 (Dup PO-27)	1 200
	PO03-60	1 400
	PO03-06 (Dup PO-60)	860
	PO03-61	1 600
	PO03-80	ND
	PO03-81	660
	PZ-79	<b>28 000</b>
	PZ-100	1 200
	PZ-110	110
	PZ-111	ND
	PZ-112	ND
PZ-113	<b>29 000</b>	
Lot B5-1-1	PZ-117	700
	PO03-62	ND
Lot C2-2	PO03-78	ND
Lot B5-2	PO-49	1 200
	PO03-65	<b>8 200</b>
	PZ-75	<b>2 700</b>
	PZ-76	<b>2 600</b>
	PZ-78	ND
	PO03-68	100
PO03-69	240	
Lot 1-1-1	PO03-66	<b>2 400</b>
	PO03-67	ND
	PZ-115	ND
	PZ-511 Dup PZ-115	140
	PZ-81	1 100
PZ-83	120	
Rue du Chantier Maritime	PZ-000	ND
Blanc transport	PO03-200	ND
Blanc de terrain	PO03-201	ND
Eau de purge	PURGE	ND
<b>LIMITE DE DÉTECTION (µg/L)</b>		100
<b>CRITÈRE DU MENV (µg/L)</b>	<b>Seuil d'alerte (50% du critère d'eau de surface et égouts)</b>	<b>1 750</b>
	<b>Eau de surface et égouts</b>	<b>3 500</b>

**LÉGENDE:**

ND: Non détecté

Dup: duplicata



TABLEAU 7-2 (1 DE 2)

RÉSULTATS ANALYTIQUES SUR LES EAUX SOUTERRAINES - COMPOSÉS ORGANIQUES VOLATILS ET HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES ET AUTRES PARAMÈTRES ORGANIQUES

PARAMÈTRES (µg/L)	CRITÈRES DU MENV (µg/L)		SECTEUR / ÉCHANTILLON (µg/L)						
	Eau de surface et égouts	Seuil d'alerte <sup>(1)</sup>	LD	Lot 1-1-1			Lot B5-1-1	Lot 1-4	
				PO03-66	PO03-67	PZ-81	PO03-62	PO03-61	PO03-81
<b>COV</b>									
Benzène	590	295	0,2	-	-	ND	ND	-	ND
Chlorobenzène	130	65	0,2	-	-	ND	ND	-	ND
1,2-Dichlorobenzène	70	35	0,2	-	-	ND	ND	-	ND
1,3-Dichlorobenzène	15 000	7 500	0,1	-	-	ND	ND	-	ND
1,4-Dichlorobenzène	110	55	0,2	-	-	ND	ND	-	ND
Ethylbenzène	420	210	0,1	-	-	ND	ND	-	0,2
Styrène	190	95	0,1	-	-	ND	ND	-	ND
Toluène	580	290	0,1	-	-	ND	ND	-	0,3
Xylènes Totaux	820	410	0,4	-	-	ND	ND	-	ND
1,2,4-Triméthylbenzène	*	*	0,5	ND <sup>(1)</sup>	ND	-	-	-	-
1,2,3-Triméthylbenzène	*	*	0,5	ND <sup>(1)</sup>	ND	-	-	-	-
Triméthylbenzène Totaux	*	*	0,5	ND <sup>(1)</sup>	ND	-	-	-	-
<b>HAP</b>									
Acénaphène	67	33,5	0,05	-	-	-	ND	-	7,6
Anthracène	11 000 000	5 500 000	0,03	-	-	-	ND	-	2,3
Benzo(a)anthracène	4,9	2,45	0,02	-	-	-	ND	-	0,07
Benzo(b+j+k)fluoranthène	4,9	2,45	0,04	-	-	-	ND	-	ND
Benzo(a)pyrène	4,9	2,45	0,01	-	-	-	ND	-	0,02
Chrysène	4,9	2,45	0,03	-	-	-	ND	-	0,09
Dibenzo(a,h)anthracène	4,9	2,45	0,02	-	-	-	ND	-	ND
Fluoranthène	2,3	1,15	0,01	-	-	-	ND	-	1,6
Fluorène	1 400 000	700 000	0,01	-	-	-	0,02	-	2,3
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	4,9	2,45	0,01	-	-	-	ND	-	0,01
Naphtalène	340	170	0,3	-	-	-	0,08	-	0,7
Phénanthrène	30	15	0,01	-	-	-	ND	-	8,1
Pyrène	1 100 000	550 000	0,01	-	-	-	ND	-	0,93
HAP totaux	*	*					0,1		23,72
<b>Autres paramètres organiques</b>									
Carbone organique total	*	*	0,5	-	-	-	5 100	-	-
Dénombrement bactéries	*	*		-	-	-	1,5*10 <sup>6</sup>	-	-
Hydrocarbonoclastes (NPP)	*	*		-	-	-		-	-

**LÉGENDE:**

LD: Limite de détection µg/L; ND: non détecté; -: non analysé

\*: Non déterminé par le MENV

<sup>(1)</sup>: Limite de détection de 10 µg/L

<sup>(1)</sup> Les seuils d'alerte correspondent à 50% de la valeur du critère d'eau de surface et égouts

TABLEAU 7-2 (2 DE 2)

RÉSULTATS ANALYTIQUES SUR LES EAUX SOUTERRAINES - COMPOSÉS ORGANIQUES VOLATILS ET HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES ET AUTRES PARAMÈTRES ORGANIQUES

PARAMÈTRES (µg/L)	CRITÈRES DU MENV (µg/L)		SECTEUR / ÉCHANTILLON (µg/L)								
	Eau de surface et égouts	Seuil d'alerte <sup>(1)</sup>	LD	Lot B5-2							
				PO03-65	PO03-68	PO03-70	PZ-75	PZ-76	PZ-79	PZ-84	PO-17
<b>COV</b>											
Benzène	590	295	0,2	-	-	-	ND	ND	-	-	-
Chlorobenzène	130	65	0,2	-	-	-	ND	ND	-	-	-
1,2-Dichlorobenzène	70	35	0,2	-	-	-	ND	ND	-	-	-
1,3-Dichlorobenzène	15 000	7 500	0,1	-	-	-	ND	ND	-	-	-
1,4-Dichlorobenzène	110	55	0,2	-	-	-	ND	ND	-	-	-
Ethylbenzène	420	210	0,1	-	-	-	ND	ND	-	-	-
Styrène	190	95	0,1	-	-	-	ND	ND	-	-	-
Toluène	580	290	0,1	-	-	-	ND	ND	-	-	-
Xylènes Totaux	820	410	0,4	-	-	-	ND	ND	-	-	-
1,2,4-Triméthylbenzène	*	*	0,5	ND	-	-	-	-	-	-	-
1,2,3-Triméthylbenzène	*	*	0,5	ND	-	-	-	-	-	-	-
Triméthylbenzène Totaux	*	*	0,5	ND	-	-	-	-	-	-	-
<b>HAP</b>											
Acénaphène	67	33,5	0,05	0,19	-	-	-	0,3	-	-	-
Anthracène	11 000 000	5 500 000	0,03	0,05	-	-	-	0,09	-	-	-
Benzo(a)anthracène	4,9	2,45	0,02	ND	-	-	-	ND	-	-	-
Benzo(b+j+k)fluoranthène	4,9	2,45	0,04	ND	-	-	-	ND	-	-	-
Benzo(a)pyrène	4,9	2,45	0,01	ND	-	-	-	0,01	-	-	-
Chrysène	4,9	2,45	0,03	0,04	-	-	-	ND	-	-	-
Dibenzo(a,h)anthracène	4,9	2,45	0,02	ND	-	-	-	ND	-	-	-
Fluoranthène	2,3	1,15	0,01	0,03	-	-	-	0,04	-	-	-
Fluorène	1 400 000	700 000	0,01	1,5	-	-	-	1,9	-	-	-
Indéno(1,2,3-cd)pyrène	4,9	2,45	0,01	ND	-	-	-	0,01	-	-	-
Naphtalène	340	170	0,3	0,2	-	-	-	0,46	-	-	-
Phénanthrène	30	15	0,01	0,98	-	-	-	0,99	-	-	-
Pyrène	1 100 000	550 000	0,01	0,1	-	-	-	0,08	-	-	-
HAP totaux	*	*		3,09				3,88			
<b>Autres paramètres organiques</b>											
Carbone organique total	*	*	0,5	12 000	-	-	-	-	-	-	6 000
Dénombrement bactéries Hydrocarbonoclastes (NPP)	*	*		9,3 x 10 <sup>5</sup>	-	-	-	-	-	-	-

LÉGENDE:

LD: Limite de détection (µg/L); ND: non détecté; -: non analysé

<sup>(1)</sup> Les seuils d'alerte correspondent à 50% de la valeur du critère d'eau de surface et égouts

TABLEAU 7-3 (1 DE 3)

RÉSULTATS ANALYTIQUES SUR LES EAUX SOUTERRAINES -  
MÉTAUX ET AUTRES PARAMÈTRES INORGANIQUES

PARAMÈTRES (µg/L)	CRITÈRES DU MENV (µg/L)		SECTEUR / ÉCHANTILLON (µg/L)														
	Eau de surface et égouts	Seuil d'alerte <sup>(2)</sup>	LD	Lot 17				Lot C2-2	Lot 50	Lot C-1-3				Lot B6-2			
				PO-1	PO03-74	PZ-92	PZ-96	PO03-78	PO03-63	PO03-75	PO03-76	PO03-77	PO03-79	PZ-70	PO-10	PO03-72	PO03-73
<b>Métaux</b>																	
Aluminium (Al)	730	365	30	ND	110	30	30	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Argent (Ag)	29 <sup>(1)</sup>	15,5	0,3	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Arsenic (As)	340	170	3	ND	ND	ND	ND	6	ND	ND	ND	ND	21	10	ND	ND	ND
Baryum (Ba)	412 715 <sup>(1)</sup>	206 358	30	330	90	ND	40	180	ND	ND	60	200	110	110	120	170	410
Cadmium (Cd)	26 <sup>(1)</sup>	13	1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Chrome (Cr)	16	8	30	40	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Cobalt (Co)	500	250	30	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Cuivre (Cu)	60 <sup>(1)</sup>	30	3	45	9	27	48	8	9	6	10	7	10	77	39	15	34
Molybdène (Mo)	2000	1000	30	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Nickel (Ni)	460 <sup>(1)</sup>	230	10	60	ND	ND	ND	ND	ND	ND	10	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Zinc (Zn)	442 <sup>(1)</sup>	221	3	14	7	290	6	13	5	7	6	13	9	11	12	5	410
Sélénium (Se)	20	10	1	ND	2	ND	ND	2	ND	ND	ND	ND	4	1	ND	ND	ND
Plomb (Pb)	581 <sup>(1)</sup>	291	1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Fer ferreux (Fe <sup>2+</sup> )	*	*	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sodium (Na)	*	*	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Potassium (k)	*	*	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Calcium (Ca)	*	*	100	110 000	-	-	-	110 000	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Magnésium (Mg)	*	*		13 000	-	-	-	23 000	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Autres paramètres inorganiques:</b>																	
Dureté	*	*	100	320 000	-	-	-	360 000	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Alcalinité (totale en CaCO <sub>3</sub> ) pH4,5	*	*	20000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DBO <sub>5</sub>	*	*	2000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DCO	*	*	10000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Azote ammoniacal (N)	*	*	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ortho-phosphate (P)	3 000	1 500	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sulfures (H <sub>2</sub> S)	200	100	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Chlorures (Cl)	860 000	430 000	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sulfates (SO <sub>4</sub> )	*	*	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nitrates (N)	200 000	100 000	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nitrites (N)	60	30	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

LÉGENDE:

LD: Limite de détection; ND: non détecté; NA: non applicable; -: non analysé; \*: non déterminé par le MENV  
<sup>(1)</sup> Le critère a été corrigé en fonction de la dureté moyenne de l'eau: 467 mg/L (466 667 µg/L) de CaCO<sub>3</sub> (N = 3).

<sup>(2)</sup> Les seuils d'alerte correspondent à 50% de la valeur du critère d'eau de surface et égouts

TABLEAU 7-3 (2 DE 3)

RÉSULTATS ANALYTIQUES SUR LES EAUX SOUTERRAINES -  
MÉTAUX ET AUTRES PARAMÈTRES INORGANIQUES

PARAMÈTRES (µg/L)	CRITÈRES DU MENV (µg/L)		SECTEUR / ÉCHANTILLON (µg/L)											
	Eau de surface et égouts	Seuil d'alerte <sup>(2)</sup>	LD	Lot B5-2						Lot B5-1-1	Lot 1-1-1		Rue du Chantier Maritime	
				PO-17	PO03-65	PO03-68	PO03-70	PZ-75	PZ-84	PO03-62	PO03-66	PO03-67	PZ-81	PZ-000
<b>Métaux</b>														
Aluminium (Al)	730	365	30	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Argent (Ag)	29 <sup>(1)</sup>	15,5	0,3	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Arsenic (As)	340	170	3	ND	2	ND	ND	ND	4	ND	ND	ND	13	ND
Baryum (Ba)	412 715 <sup>(1)</sup>	206 358	30	80	ND	60	230	160	270	80	160	70	80	80
Cadmium (Cd)	26 <sup>(1)</sup>	13	1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Chrome (Cr)	16	8	30	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Cobalt (Co)	500	250	30	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Cuivre (Cu)	60 <sup>(1)</sup>	30	3	130	ND	4	12	93	120	5	10	ND	73	15
Molybdène (Mo)	2000	1000	30	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Nickel (Ni)	460 <sup>(1)</sup>	230	10	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Zinc (Zn)	442 <sup>(2)</sup>	221	3	34	5	4	7	72	28	6	31	8	5	4
Sélénium (Se)	20	10	1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Plomb (Pb)	581 <sup>(1)</sup>	291	1	2	8	5	ND	20	ND	9	ND	ND	ND	ND
Fer ferreux (Fe <sup>2+</sup> )	*	*	50	ND	270	-	-	-	-	50	-	-	-	-
Sodium (Na)	*	*	30	310 000	260 000	-	-	-	-	220 000	-	-	-	-
Potassium (K)	*	*	100	7500	20000	-	-	-	-	6000	-	-	-	-
Calcium (Ca)	*	*	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Magnésium (Mg)	*	*		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Autres paramètres inorganiques</b>														
Dureté	*	*	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Alcalinité (totale en CaCO <sub>3</sub> ) pH4,5	*	*	20000	-	190 000	-	-	-	-	180 000	-	-	-	-
DBO <sub>5</sub>	*	*	2000	ND	2 200	-	-	-	-	ND	-	-	-	-
DCO	*	*	10000	40 000	62 000	-	-	-	-	46 000	-	-	-	-
Azote ammoniacal (N)	*	*	50	-	320	-	-	-	-	150	-	-	-	-
Ortho-phosphate (P)	3 000	1 500	100	-	ND	-	-	-	-	ND	-	-	-	-
Sulfures (H <sub>2</sub> S)	200	100	20	-	-	ND	ND	ND	ND	-	-	-	-	-
Chlorures (Cl)	860 000	430 000	50	640 000	550 000	-	-	-	-	430 000	-	-	-	-
Sulfates (SO <sub>4</sub> )	*	*	100	44 000	41 000	-	-	-	-	46 000	-	-	-	-
Nitrates (N)	200 000	100 000	10	200	100	-	-	-	-	400	-	-	-	-
Nitrites (N)	60	30	10	ND	ND	-	-	-	-	ND	-	-	-	-

LÉGENDE:

LD: Limite de détection; ND: non détecté; NA: non applicable; -: non analysé; \*: non déterminé par le MENV

<sup>(2)</sup> Les seuils d'alerte correspondent à 50% de la valeur du critère d'eau de surface et égouts

**TABLEAU 7-3 (3 DE 3)**

**RÉSULTATS ANALYTIQUES SUR LES EAUX SOUTERRAINES -  
MÉTAUX ET AUTRES PARAMÈTRES INORGANIQUES**

PARAMÈTRES (µg/L)	CRITÈRES DU MENV (µg/L)		SECTEUR / ÉCHANTILLON (µg/L)													Purge	PO03-200 (blanc de transport)	PO03- 201 (blanc de terrain)	
	Eau de surface et égouts	Seuil d'alerte <sup>(2)</sup>	LD	Lot 1-4															
				PO-24	PO-27	PO-72 (dup de PO-27)	PZ-79	PZ-100	PZ-115	PZ-511 (dup de PZ-115)	PO03-60	PO03-06 (dup de PO03-60)	PO03- 61	PO03-80	PO03-81				
<b>Métaux</b>																			
Aluminium (Al)	730	365	30	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	40	ND	ND	ND	ND
Argent (Ag)	29 <sup>(1)</sup>	15,5	0,3	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,4	ND	-	ND	ND	ND	ND	ND
Arsenic (As)	340	170	3	27	14	12	3	14	2	2	10	2	-	19	9	12	ND	ND	ND
Baryum (Ba)	412 715 <sup>(1)</sup>	206 358	30	50	130	110	60	130	120	130	140	240	-	110	220	ND	ND	ND	ND
Cadmium (Cd)	26 <sup>(1)</sup>	13	1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Chrome (Cr)	16	8	30	ND	ND	40	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Cobalt (Co)	500	250	30	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Cuivre (Cu)	60 <sup>(1)</sup>	30	3	230	110	230	48	99	20	19	240	61	-	300	62	25	ND	ND	ND
Molybdène (Mo)	2000	1000	30	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	-	ND	ND	30	ND	ND	ND
Nickel (Ni)	460 <sup>(1)</sup>	230	10	20	10	20	ND	10	ND	ND	ND	10	-	20	20	ND	ND	ND	ND
Zinc (Zn)	442 <sup>(1)</sup>	221	3	21	14	32	9	15	7	5	37	11	-	22	360	4	ND	ND	ND
Sélénium (Se)	20	10	1	ND	ND	11	3	ND	2	2	ND	ND	-	ND	ND	6	ND	ND	ND
Plomb (Pb)	581 <sup>(1)</sup>	291	1	ND	ND	ND	2	ND	ND	ND	ND	ND	-	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Fer ferreux (Fe <sup>2+</sup> )	*	*	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sodium (Na)	*	*	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Potassium (K)	*	*	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Calcium (Ca)	*	*	100	-	82 000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Magnésium (Mg)	*	*	-	-	130 000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Autres paramètres inorganiques</b>																			
Dureté	*	*	100	-	720 000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Alcalinité (totale en CaCO <sub>3</sub> ) pH4,5	*	*	20000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DBO <sub>5</sub>	*	*	2000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DCO	*	*	10000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Azote ammoniacal (N)	*	*	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ortho-phosphate (P)	3 000	1 500	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sulfures (H <sub>2</sub> S)	200	100	20	-	-	-	ND	-	-	-	-	-	-	ND	-	-	-	-	-
Chlorures (Cl)	860 000	430 000	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sulfates (SO <sub>4</sub> )	*	*	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nitrates (N)	200 000	100 000	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nitrites (N)	60	30	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

**LÉGENDE:**  
LD: Limite de détection; ND: non détecté; NA: non applicable; -: non analysé; \*: non déterminé par le MENV

<sup>(2)</sup> Les seuils d'alerte correspondent à 50% de la valeur du critère d'eau de surface et égouts

**TABLEAU 7-4**

**PARAMÈTRES PHYSICO-CIMIQUES DANS LES EAUX SOUTERRAINES - 12 AOÛT 2003**

PUITS	Lot	PARAMÈTRES PHYSICO-CIMIQUES							Commentaire	
		Oxygène dissous (mg/L)	Température (°C)	Conductivité (mS)	pH	Potentiel d'oxydo-réduction (mV)	Turbidité (0=limpide 4=opaque)	COV* (ppm)		
PO03-74	17	3,11	11,5	1800	7,3	>-100	4	11	Pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers	
PZ-96		5,68	12,8	1300	7,4	314	3	3	Pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers	
PO-1		2,83	14,4	5400	6,8	255	2	4	Pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers	
PZ-92		0,92	9,3	700	7,2	137	1	1	Pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers	
PO03-63	50	1,2	18,7	1100	7,1	320	2	3	Pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers	
PO03-75	C1-3	1,82	12,5	1400	7,3	295	2	4	Pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers	
PO03-76		1,25	17,1	2200	6,6	>-100	3	4	Pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers	
PO03-77		1,1	10,2	2300	7,1	-003	2	5	Pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers	
PO03-79		6,02	13,6	2000	7,4	225	1	4	Pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers	
PO03-78	C2-2	1,27	9,4	2600	6,4	180	2	1	Pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers	
PZ-70	B6-2	0,92	15,1	1800	7,1	248	3	12	Pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers	
PO-10		0,9	11,4	5700	6,5	308	2	3	Pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers	
PO03-73		3,25	9,7	6100	6,9	99	1	4	Pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers	
PO03-72		2,07	11,3	4000	7,5	293	0	5	Pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers	
PZ-84	B5-2	0,26	14,0	2300	7,0	206	1	5	Pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers	
PO03-70		2,61	14,3	2500	7,1	315	0	4	Pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers	
PZ-75		-	-	3500	6,8	205	2	354	Légère odeur d'hydrocarbures pétroliers et film iridescent sur l'eau	
PO03-69		-	-	2600	7,1	115	0	15	Légère odeur d'hydrocarbures pétroliers	
PO03-68		0,56	12,4	2900	7,1	269	2	9	Pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers	
PZ-78		-	-	2900	7,4	290	4	1	Légère odeur d'hydrocarbures pétroliers	
PZ-76		-	-	2600	6,9	301	2	180	Moyenne odeur d'hydrocarbures pétroliers	
PO-49		-	-	2400	7,0	140	2	5	Moyenne odeur d'hydrocarbures pétroliers	
PO-17		1,28	11,8	2900	7,4	270	4	4	Pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers	
PO03-65		-	-	2400	7,3	180	4		Légère odeur d'hydrocarbures pétroliers	
PO03-62		B5-1-1	-	-	2100	7,4	291	4	10	Légère odeur d'hydrocarbures pétroliers et film iridescent sur l'eau
PZ-117			0,25	11,2	1600	6,9	215	3	92	Pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers
PO03-66	1-1-1	-	-	2600	7,4	238	2	59	Légère odeur d'hydrocarbures pétroliers et film iridescent sur l'eau	
PO03-67		-	-	2100	7,1	237	4	8	Légère odeur d'hydrocarbures pétroliers et film iridescent sur l'eau	
PZ-81		-	-	2500	6,9	78	1	202	Moyenne odeur d'hydrocarbures pétroliers et film iridescent sur l'eau	
PZ-83		1,03	13,4	9700	6,8	141	2	5	Légère odeur d'égout	
PZ-115	1-4	1,81	12,0	3000	7,0	273	4	14	Pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers	
PZ-79		0,52	11,4	8800	6,9	249	2	56	Légère odeur d'hydrocarbures pétroliers	
PO03-60		2,72	10,4	11000	7,2	233	3	13	Pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers	
PZ-110		2,09	10,1	17500	7,1	227	2	ND	Pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers	
PO-24		7,78	10,5	17400	7,3	229	3	ND	Pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers	
PO03-80		3,8	11,2	17400	7,1	220	3	1	Pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers	
PZ-100		1,6	10,8	4100	7,1	242	3	ND	Pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers	
PO-27		0,63	11,7	9600	6,9	201	4	ND	Pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers	
PO03-81		-	-	9600	6,8	222	4	108	Moyenne odeur de créozote	
PZ-111		1,2	13,3	6200	7,1	258	2	6	Pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers	
PZ-112		0,93	12,1	2800	7,2	250	1	10	Pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers	
PZ-113		0,65	11,2	3600	7,3	238	1	24	Légère odeur d'hydrocarbures pétroliers	
PO03-61		1,23	11,6	11600	7,1	241	4	3	Pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers	
PZ-000	Rue du Chantier Maritime	1,08	14,4	800,00	7,4	279	3	ND	Pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers	
Moyenne		1,98	12,2	4851,2	7,1	231	-	-	--	

**Note:**

Pour le pH, le critère du CCME pour la vie aquatique d'eau douce a été établi entre 6,5 à 9;  
 Pour le pH, le critère de la CUM pour les rejets dans un réseau d'égout pluvial a été établi à la plage 6,0 à 9,5

**Légende:**

-: L'oxygène dissous et la température n'ont pas été mesurés dans les puits où un film iridescent était présent sur l'eau. Des valeurs < 1,0 mg/L sont habituellement mesurées dans de telles conditions.

\* Mesure des composés organiques volatils dans le puits à l'aide d'un photoionisateur (MiniRae).

**TABLEAU 7-5**  
**SOMMAIRE DES RÉSULTATS ANALYTIQUES RÉALISÉS SUR LES EAUX SOUTERRAINES**

Lot	Sondage	Métaux*	Hydrocarbures Pétroliers C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub>	Hydrocarbures Aromatiques Monocycliques*	Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques*	Paramètres inorganiques*
17	<b>PO-1</b>	<b>&gt; ESE</b>				
	PO03-74	< SA				
	<b>PZ-96</b>	<b>&lt; ESE</b>				
	<b>PZ-92</b>	<b>&lt; ESE</b>				
50	PO03-63	< SA				
C2-2	PO03-78	< SA	< SA			
C1-3	PO03-75	< SA				
	PO03-76	< SA				
	PO03-77	< SA				
	PO03-79	< SA				
B6-2	<b>PZ-70</b>	<b>&gt; ESE</b>				
	<b>PO-10</b>	<b>&lt; ESE</b>				
	<b>PO03-73</b>	<b>&lt; ESE</b>				
	PO03-72	< SA				
B5-2	<b>PZ-84</b>	<b>&gt; ESE</b>				< SA
	PO03-70	< SA				< SA
	PO-49		< SA			
	PO03-78	< SA	< SA			
	<b>PZ-75</b>	<b>&gt; ESE</b>	<b>&lt; ESE</b>	< SA		< SA
	<b>PZ-76</b>		<b>&lt; ESE</b>	< SA	< SA	
	PZ-78		< SA			
	PO03-68	< SA	< SA			< SA
	PO03-69		< SA			
	<b>PO-17</b>	<b>&gt; ESE</b>	< SA			< SA
<b>PO03-65</b>	< SA	<b>&gt; ESE</b>	< SA	< SA	<b>&lt; ESE</b>	
B5-1-1	<b>PO03-62</b>	< SA	< SA	< SA	< SA	<b>&lt; ESE</b>
	PZ-117	< SA				
1-1-1	<b>PO03-66</b>	< SA	<b>&lt; ESE</b>	< SA		
	PO03-67	< SA	< SA	< SA		
	<b>PZ-81</b>	<b>&gt; ESE</b>	< SA	< SA		
	PZ-83		< SA			
1-4	PZ-115	< SA	< SA			
	<b>PO-27</b>	<b>&gt; ESE</b>	< SA			
	<b>PZ-79</b>	<b>&lt; ESE</b>	<b>&gt; ESE</b>			< SA
	<b>PO03-60</b>	<b>&gt; ESE</b>	< SA			
	PO03-61		< SA			
	<b>PO-24</b>	<b>&gt; ESE</b>	< SA			
	<b>PO03-80</b>	<b>&gt; ESE</b>	< SA			
	<b>PZ-100</b>	<b>&gt; ESE</b>	< SA			
	PZ-110		< SA			
	PZ-111		< SA			
	PZ-112		< SA			
	<b>PZ-113</b>		<b>&gt; ESE</b>			
	<b>PO03-81</b>	<b>&gt; ESE</b>	< SA	< SA	< ESE	
<b>Rue du chantier maritime</b>	PZ-000	< SA	< SA			

< SA : Concentration inférieure au seuil d'alerte (50% de la valeur du critère d'eau de surface et égouts)

< ESE : Concentration inférieure au critère du MENV pour les eaux de surface et égouts mais supérieure au seuil d'alerte

> ESE: Concentration égale ou supérieure au critère d'eau de surface et égouts du MENV

\* Seul le résultat correspondant à la concentration maximale est indiqué

**TABLEAU 7-6**

**ÉTENDUE ET SUPERFICIE DES EAUX SOUTERRAINES AFFECTÉES  
AU DELÀ DU SEUIL D'ALERTE DU MENV**

<b>Enclave</b>	<b>Lot</b>	<b>Puits montrant un paramètre dépassant le seuil d'alerte</b>	<b>Contamination µg/L</b>	<b>Superficie m<sup>2</sup></b>
1	17	PO-1	Cr: 40, Cu: 45-48, Zn: 290	1650
2	B6-2	PZ-70	Cu: 34-77, Zn: 410	2700
3	B5-2	PZ-84	Cu: 120	600
4	B5-2	PO-17, PZ-75	Cu: 95-130	460
5	1-1-1	PZ-81	Cu:73	550
6	1-4	PO03-60, PO03-61, PO03-64, PO03-80, PO-24, PZ79	Cu:48-300, Cr: 40, Se: 11	6800
<b>Total des enclaves contaminées en métaux</b>				<b>12 760</b>
7	B5-1-1	PZ75	C10-C50: 2700	200
8	1-1-1, 1-4	PO03-66	C10-C50: 2400	200
9	1-4, B5-2 (B4-6)	PO03-65, PZ79, PZ113 (PO-49)	C10-C50: 2400- 29 000	1000
<b>Total des enclaves contaminées en C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub></b>				<b>1400</b>
10	1-4	PO03-81	Fluoranthène: 1,6	500
<b>Total des eaux affectées au delà du seuil d'alerte</b>				<b>14 660</b>



TABLEAU 8-1

RÉSULTATS DU CONTRÔLE DE QUALITÉ EXTERNE SUR LES SOLS

PARAMÈTRE (mg/kg)	LD	Échantillon	Duplicata	Différence relative (%)	Échantillon	Duplicata	Différence relative (%)	Échantillon	Duplicata	Différence relative (%)
		TP75-1	TP75-10		TP81-2	TP81-20		PO03-60-5	PO03-60-6	
C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub>	100	7800	4500	54	7 300	3100	81	2000	2600	26

PARAMÈTRE (mg/kg)	LD	Échantillon	Duplicata	Différence relative (%)	Échantillon	Duplicata	Différence relative (%)	Échantillon	Duplicata	Différence relative (%)	Échantillon	Duplicata	Différence relative (%)	Échantillon	Duplicata	Différence relative (%)	
		PO03-75-1	PO03-75-7		TP109-1	TP109-4		TP107-1	TP107-4		PO03-81-2	PO03-81-7		PO03-60-5	PO03-60-6		
<b>Métaux</b>																	
Argent (Ag)	2	ND	ND	0	ND	ND	0	ND	ND	0	ND	ND	0	ND	ND	0	
Arsenic (As)	6	ND	ND	0	ND	ND	0	ND	ND	0	ND	ND	0	ND	ND	0	
Baryum (Ba)	5	59	37	46	39	42	7	44	50	13	36	40	11	20	21	5	
Cadmium (Cd)	1	ND	ND	0	ND	ND	0	ND	ND	0	ND	ND	0	ND	ND	0	
Cobalt (Co)	2	13	7,5	54	9,2	9,5	3	9,4	9,8	4	11	11	0	9,5	8,6	10	
Chrome (Cr)	2	39	19	69	28	32	13	26	29	11	29	29	0	34	29	16	
Cuivre (Cu)	2	18	300	177	630	420	40	500	550	10	16	15	6	20	25	22	
Étain (Sn)	5	ND	ND	0	ND	ND	0	ND	ND	0	ND	ND	0	ND	ND	0	
Manganèse (Mn)	1	1300	360	113	430	470	9	490	530	8	730	570	25	220	210	5	
Molybdène (Mo)	2	ND	ND	0	5,8	ND	NA	5,9	8,2	33	ND	ND	0	ND	ND	0	
Nickel (Ni)	1	53	26	68	34	36	6	36	35	3	36	37	3	49	42	15	
Plomb (Pb)	5	ND	ND	0	40	24	50	21	22	5	ND	ND	0	ND	ND	0	
Zinc (Zn)	10	39	56	36	100	96	4	100	110	10	48	44	9	42	42	0	
<b>Moyenne pour les métaux</b>				<b>43</b>	<b>11</b>				<b>7</b>				<b>4</b>				<b>6</b>

PARAMÈTRE (mg/kg)	LD	Échantillon	Duplicata	Différence relative (%)	Échantillon	Duplicata	Différence relative (%)	Échantillon	Duplicata	Différence relative (%)	Échantillon	Duplicata	Différence relative (%)	Échantillon	Duplicata	Différence relative (%)	
		TP71-1	TP71-4		TP75-1	TP75-10		TP76-2A	TP76-5		TP116-2	TP116-6		PO03-74-1A	PO03-74-7		
<b>Métaux</b>																	
Argent (Ag)	2	ND	ND	0	ND	ND	0	ND	ND	0	ND	ND	0	ND	ND	0	
Arsenic (As)	6	ND	ND	0	ND	ND	0	10	13	26	ND	ND	0	ND	ND	0	
Baryum (Ba)	5	80	76	5	40	69	53	55	59	7	39	45	14	61	53	14	
Cadmium (Cd)	1	ND	ND	0	ND	ND	0	ND	ND	0	ND	ND	0	ND	ND	0	
Cobalt (Co)	2	15	15	0	9,1	10	9	9	9	0	9,3	10	7	8,2	7,3	12	
Chrome (Cr)	2	42	49	15	29	24	19	26	31	18	28	28	0	23	19	19	
Cuivre (Cu)	2	960	320	100	140	860	144	1500	1600	6	130	150	14	64	49	27	
Étain (Sn)	5	ND	ND	0	ND	ND	0	ND	ND	0	ND	ND	0	ND	ND	0	
Manganèse (Mn)	1	580	610	5	470	260	58	300	280	7	470	450	4	570	470	19	
Molybdène (Mo)	2	4,6	3,1	39	ND	4,4	NA	11	13	17	ND	ND	0	ND	ND	0	
Nickel (Ni)	1	56	66	16	33	34	3	35	36	3	36	40	11	28	24	15	
Plomb (Pb)	5	24	11	74	ND	44	NA	1300	440	99	ND	ND	0	ND	ND	0	
Zinc (Zn)	10	130	74	55	39	100	88	170	170	0	49	49	0	45	40	12	
<b>Moyenne pour les métaux</b>				<b>24</b>	<b>34</b>				<b>14</b>				<b>4</b>				<b>9</b>

PARAMÈTRE (mg/kg)	LD	Échantillon	Duplicata	Différence relative (%)	Échantillon	Duplicata	Différence relative (%)
		PO03-71-1	PO03-71-2		PO03-78-1	PO03-78-6	
<b>Métaux</b>							
Cuivre (Cu)	2	17	19	11	88	94	7

Légende:

ND: non détecté

NA: non applicable

LD: limite de détection

**TABLEAU 8-2**

**RÉSULTATS DU CONTRÔLE DE QUALITÉ EXTERNE SUR LES EAUX SOUTERRAINES**

PARAMÈTRE	LD	Échantillon	Duplicata	Différence relative (%)	Échantillon	Duplicata	Différence relative (%)	Échantillon	Duplicata	Différence relative (%)	
		PO-27	PO-72		PO03-60	PO03-06		PZ-115	PZ-511		
<b>C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> (µg/L)</b>	100	1 400	1 200	15	1 400	860	48	ND	140	NA	
<b>Métaux (µg/L)</b>											
Aluminium (Al)	30	ND	ND	0	ND	ND	0	ND	ND	0	
Argent (Ag)	0,3	ND	ND	0	0,4	ND	NA	ND	ND	0	
Arsenic (As)	3	14	12	15	10	2	133	2	2	0	
Baryum (Ba)	30	130	110	17	140	240	53	120	130	8	
Cadmium (Cd)	1	ND	ND	0	ND	ND	0	ND	ND	0	
Chrome (Cr)	30	ND	40	NA	ND	ND	0	ND	ND	0	
Cobalt (Co)	30	ND	ND	0	ND	ND	0	ND	ND	0	
Cuivre (Cu)	3	110	230	71	240	61	119	20	19	5	
Molybdène (Mo)	30	ND	ND	0	ND	ND	0	ND	ND	0	
Nickel (Ni)	10	10	20	67	ND	10	0	ND	ND	0	
Zinc (Zn)	3	14	32	78	37	11	108	7	5	33	
Sélénium (Se)	1	ND	11	NA	ND	ND	0	2	2	0	
Plomb (Pb)	1	ND	ND	0	ND	ND	0	ND	ND	0	
<b>Moyenne pour les métaux</b>				<b>23</b>	<b>34</b>				<b>4</b>		

**LÉGENDE:**

ND: non détecté

NA: non applicable

LD: limite de détection

**TABLEAU 9-1**

**CONDITIONS AUX LIMITES ET PARAMÈTRES D'ENTRÉE  
ASSIGNÉS AU MODÈLE NUMÉRIQUE**

<b>Caractéristiques du maillage</b>		
Géométrie 2D différences finies	Maillage 2D : 74 lignes et 109 colonnes	
Nombre de couches	3	
Nombre de cellules et noeuds dans le maillage 3D en différences finies	24 198 cellules, 33 000 noeuds, 13 912 cellules actives	
Régime d'écoulement	permanent	
<b>Propriétés hydrauliques des unités hydrostratigraphiques</b>		
Conductivités hydrauliques (m/s)	(Sable silteux à sable moyen à grossier, matériel 1 à 9)	$K_{xx} = K_{yy} = 2,0 \times 10^{-6}$ à $9,0 \times 10^{-5}$
		$K_{zz} = 2,0 \times 10^{-7}$ à $9,0 \times 10^{-6}$
Porosité efficace	Sable (matériel 1 à 9)	0,25
<b>Puits de captage de l'eau souterraine</b>		
Nombre de puits sollicités	aucun	
<b>Conditions aux limites</b>		
Charges constantes à l'ouest (Dirichlet)	1,8 m	
Charges constantes à l'est (Dirichlet)	0 m (élévation de la baie de Gaspé)	
Recharge (mm/an)	Taux de recharge variables : 0 mm/an (bâtiments et secteurs asphaltés) et 185 à 275 mm/an aux autres endroits	
Flux nul (Neumann)	bordure extérieure du modèle (lignes de courant)	

**TABLEAU 9-2**

**SOMMAIRE DE L'ERREUR ENTRE LES CHARGES HYDRAULIQUES  
MESURÉES ET SIMULÉES AVEC LE MODÈLE CALBRÉ**

<b>Puits</b>	<b>Charges hydrauliques observées (avant pompage P-3)</b>	<b>Charges hydrauliques simulées</b>	<b>Erreurs moyennes</b>	<b>Erreurs absolues</b>	<b><math>(c.h_m - c.h_s)^2</math></b>
PO-17	1,17	1,09	-0,08	0,08	0,01
PO-49	0,43	0,63	0,20	0,20	0,04
PO03-62	0,76	0,63	-0,13	0,13	0,02
PO03-65	0,61	0,70	0,09	0,09	0,01
PO03-66	0,23	0,17	-0,06	0,06	0,00
PO03-67	0,30	0,29	-0,01	0,01	0,00
PO03-68	0,80	0,85	0,05	0,05	0,00
PO03-69	1,15	0,94	-0,21	0,21	0,05
PO03-70	1,32	1,47	0,15	0,15	0,02
PO03-81	0,23	0,47	0,24	0,24	0,06
PZ-113	0,17	0,24	0,07	0,07	0,01
PZ-115	0,17	0,41	0,24	0,24	0,06
PZ-117	0,54	0,55	0,01	0,01	0,00
PZ-75	1,16	1,07	-0,09	0,09	0,01
PZ-76	0,64	0,76	0,12	0,12	0,01
PZ-78	1,15	0,96	-0,19	0,19	0,03
PZ-83	0,26	0,09	-0,17	0,17	0,03
PZ84	1,35	1,73	0,38	0,38	0,14
<b>Total erreur au carré</b>					<b>0,49</b>

Erreur moyenne (m)	0,03
Erreur absolue (m)	0,14
Erreur RMS (m)	0,17

**TABLEAU 9-3****CONCENTRATIONS EN C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> PAR RAPPORT À LA DISTANCE**

<b>Puits</b>	<b>Concentrations en C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> (µg/L)</b>	<b>log (concentration)</b>	<b>Distance (m) p/r à la source</b>
Panache à l'ouest			
PZ-75	2700	3,43	0
PO03-69	240	2,38	13,5
PO-18	100	2,00	32
Panache à l'est			
PZ-79	28000	4,45	0
PO03-61	1600	3,20	18
PO03-60	1400	3,15	32

**TABLEAU 9-4**

**RÉSULTATS DE L'ÉVALUATION D'UN TAUX DE BIODÉGRADATION DU PREMIER ORDRE, MÉTHODE DE BUSCHECK ET ALCANTAR (1995)**

<b>Composé</b>	<b>Pente (<math>m=k/v</math>)</b>	<b>Retard</b>	<b>Vitesse de l'écoulement (m/d)</b>	<b>Vitesse de contaminant (m/d)</b>	<b>Dispersivité longitudinale (m)</b>	<b>Taux de biodégradation (jour<sup>-1</sup>)</b>
C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> (paramètre R du naphthalène)	-0,0997	10,45	1,80E-02	1,72E-03	3,0	0,0002230

**Calcul de la vitesse advective et la vitesse maximale du contaminant**

$$V_x = ki/n_e \text{ (} V_x \text{ : vitesse advective)}$$

K (m/s)      4,00E-06  
 i (m/m)      0,013  
 n<sub>e</sub>            0,25

V<sub>x</sub> (m/s)    2,08E-07  
 V<sub>x</sub> (m/d)    1,80E-02  
 V<sub>c</sub> (m/an)   6,56E+00

$$V_c = V_x / (1 + ((\rho_b * K_d) / n)) \text{ (} V_c \text{ : vitesse du contaminant, en considérant le retard)}$$

n              0,3  
 ρ<sub>b</sub>            1,6  
 K<sub>d</sub>            1,77

V<sub>c</sub> (m/s)    1,99E-08  
 V<sub>c</sub> (m/d)    1,72E-03  
 V<sub>c</sub> (m/an)   6,28E-01

**TABLEAU 9-5**

**SOMMAIRE DE L'ERREUR ENTRE LES CONCENTRATIONS EN C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub>  
MESURÉES ET SIMULÉES AVEC LE MODÈLE CALIBRÉ**

<b>Puits</b>	<b>Concentrations C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> observées (été 2003) (µg/L)</b>	<b>Concentrations C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> simulées (été 2003) (µg/L)</b>	<b>Erreurs moyennes</b>	<b>Erreurs absolues</b>	<b>(conc. mes.- conc. sim.)<sup>2</sup></b>
PZ-83	120	0,00	120,00	120,00	14400,01
PZ-81	1100	239,37	860,63	860,63	740683,56
PZ-79	28000	28425,33	-425,33	425,33	180909,00
PZ-78	0	0,00	0,00	0,00	0,00
PZ-76	2600	3843,16	-1243,16	1243,16	1545447,78
PZ-75	2700	3181,18	-481,18	481,18	231531,78
PZ-117	700	0,00	700,00	700,00	490001,03
PZ-115	0	531,35	-531,35	531,35	282329,49
PZ-113	29000	28406,68	593,32	593,32	352028,99
PZ-112	0	90,73	-90,73	90,73	8231,69
PZ-111	0	382,66	-382,66	382,66	146427,23
PZ-110	110	0,00	110,00	110,00	12100,00
PO03-80	0	-0,08	0,08	0,08	0,01
PO03-69	240	9,61	230,39	230,39	53078,61
PO03-68	100	0,00	100,00	100,00	9999,60
PO03-67	0	0,00	0,00	0,00	0,00
PO03-65	8200	8779,08	-579,08	579,08	335337,13
PO03-62	0	0,00	0,00	0,00	0,00
PO03-61	1600	418,51	1181,49	1181,49	1395909,37
PO03-60	1400	1,99	1398,01	1398,01	1954433,74
PO-49	1200	1008,39	191,61	191,61	36715,11
PO-24	190	0,00	190,00	190,00	36100,01
PO-17	120	-0,59	120,59	120,59	14542,32
<b>Total erreur au carré</b>					<b>7840206,44</b>

Erreur moyenne (µg/L)	89,68
Erreur absolue (µg/L)	414,33
Erreur RMS (µg/L)	583,85

**TABLEAU 9-6**

**SOMMAIRE DE L'ERREUR ENTRE LES CONCENTRATIONS EN CUIVRE  
MESURÉES ET SIMULÉES AVEC LE MODÈLE CALIBRÉ**

<b>Puits</b>	<b>Concentrations en cuivre observées (été 2003) (µg/L)</b>	<b>Concentrations en cuivre simulées (été 2003) (µg/L)</b>	<b>Erreurs moyennes</b>	<b>Erreurs absolues</b>	<b>(conc, mes,-conc, sim,)<sup>2</sup></b>
PO03-81	62	89,24	-27,24	27,24	741,87
PZ-100	99	84,65	14,35	14,35	206,05
PO03-80	300	268,50	31,50	31,50	992,25
PO-24	230	174,07	55,93	55,93	3128,07
PO03-60	240	221,29	18,71	18,71	350,00
PZ-79	48	69,45	-21,45	21,45	460,06
PO-27	230	225,44	4,57	4,57	20,84
PZ-81	73	49,00	24,00	24,00	576,00
PZ-115	20	0,43	19,57	19,57	383,09
PO03-67	0	0,00	0,00	0,00	0,00
PO03-66	10	0,00	10,00	10,00	100,00
PO03-62	5	14,00	-9,00	9,00	81,02
PO03-65	0	0,00	0,00	0,00	0,00
PO-17	130	140,79	-10,79	10,79	116,37
PO03-68	4	12,79	-8,79	8,79	77,32
PZ-75	93	85,30	7,70	7,70	59,24
PO03-70	12	13,05	-1,05	1,05	1,10
PZ-84	120	118,22	1,78	1,78	3,18
<b>Total erreur au carré</b>					<b>7296,45</b>

Erreur moyenne (µg/L)	6,10
Erreur absolue (µg/L)	14,80
Erreur RMS (µg/L)	20,13





**SITE À L'ÉTUDE**

CONFIDENTIEL  
ET PRIVILÉGIÉ



Transport Canada  
Transports Canada

TechnoRem Inc.

CARACTÉRISATION ENVIRONNEMENTALE APPROFONDIE DES SOLS ET  
DES EAUX SOUTERRAINES DE LA RUE DU QUAI,  
VILLE DE GASPÉ, QUÉBEC.

LOCALISATION DE LA VILLE DE GASPÉ

FIGURE:  
1 — 1

Date:  
2003-09-25

Projeté par:  
M.W.

Approuvé par:  
J.M.L.

Echelle:  
AUCUNE

No. de projet:  
PR03-38

No. de dessin:  
0338\_F1-1

# Havre de Gaspé



Pointe de Lourdes


Anse au Homard

**SECTEUR  
À L'ÉTUDE**



**CONFIDENTIEL  
ET PRIVILÉGIÉ**

Date: 2003-09-11	Projeté par: I.D.
Approuvé par: J.M.L.	Échelle: 1:10 000
No. de projet: PR03-38	No. de dessin: 0338-F1-2

 Transport Canada    Transports Canada

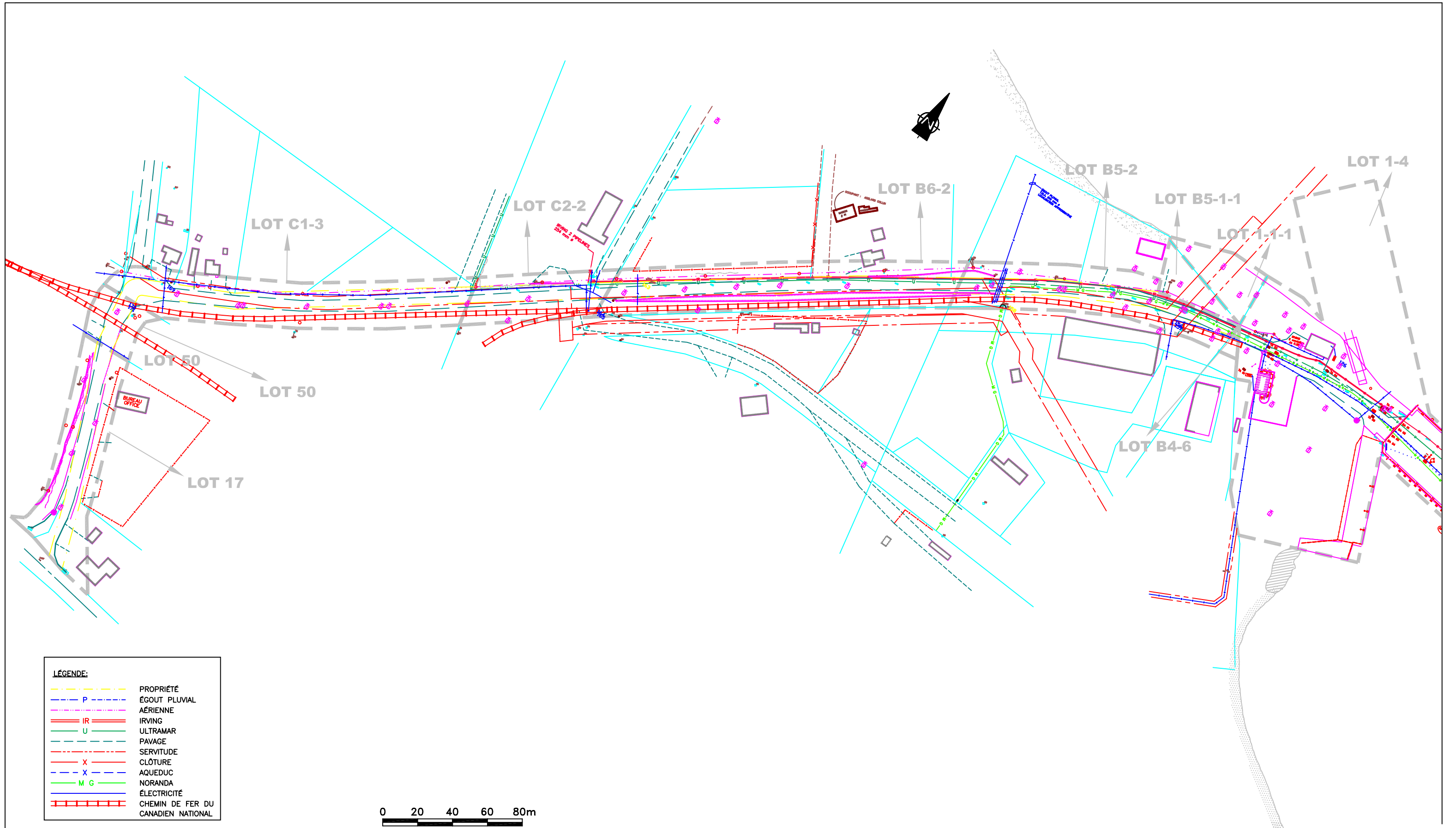
**TechnoRem Inc.**

CARACTÉRISATION ENVIRONNEMENTALE APPROFONDIE DES SOLS ET  
DES EAUX SOUTERRAINES DE LA RUE DU QUAI,  
VILLE DE GASPÉ, QUÉBEC.

LOCALISATION DU SITE À L'ÉTUDE

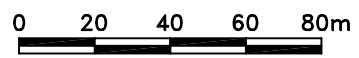
FIGURE:  
1-2





**LÉGENDE:**

--- (dashed yellow)	PROPRIÉTÉ
--- (dashed blue)	ÉGOUT PLUVIAL
--- (dashed purple)	AÉRIENNE
--- (dashed red)	IRVING
--- (dashed green)	ULTRAMAR
--- (dashed cyan)	PAVAGE
--- (dashed brown)	SERVITUDE
--- (dashed black)	CLÔTURE
--- (dashed blue)	AQUEDUC
--- (dashed green)	NORANDA
--- (dashed purple)	ÉLECTRICITÉ
--- (dashed red)	CHEMIN DE FER DU CANADIEN NATIONAL



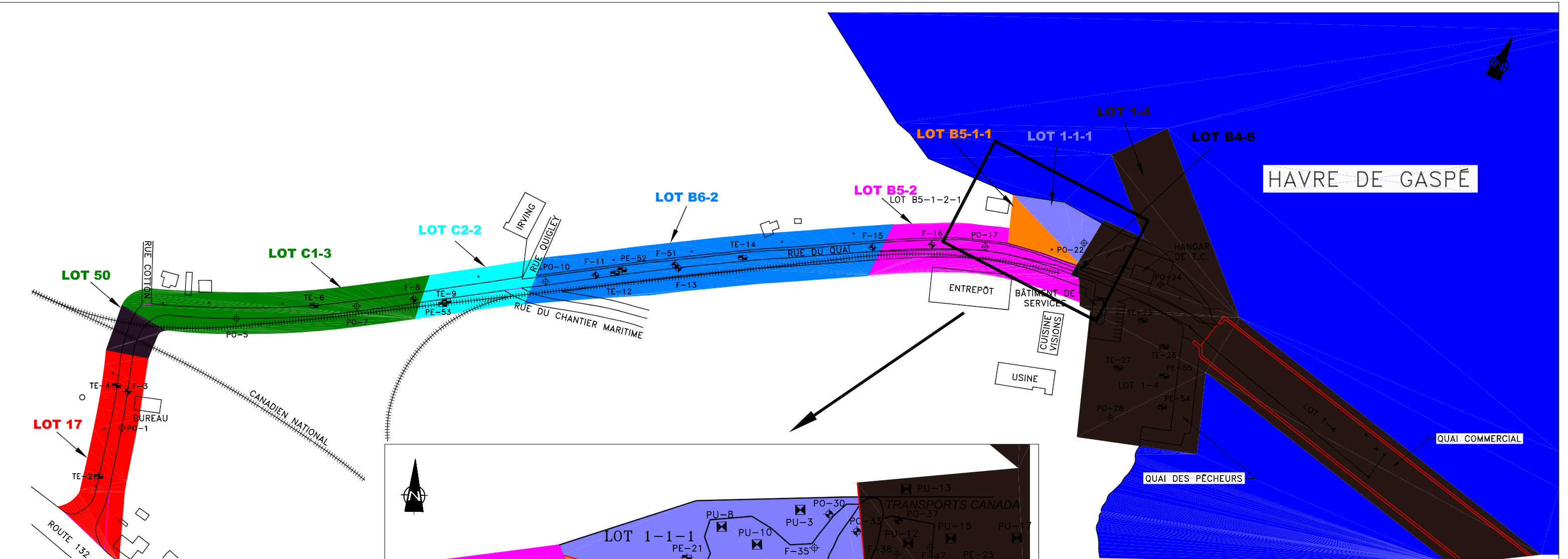
Date: 2003-09-08	Projeté par: M.W.
Approuvé par: J.M.L.	Échelle: 1:2000
No. de projet: PRO3-38	No. de dessin: 0338_F2-1


 Transport Canada    Transports Canada  
**TechnoRem Inc.**

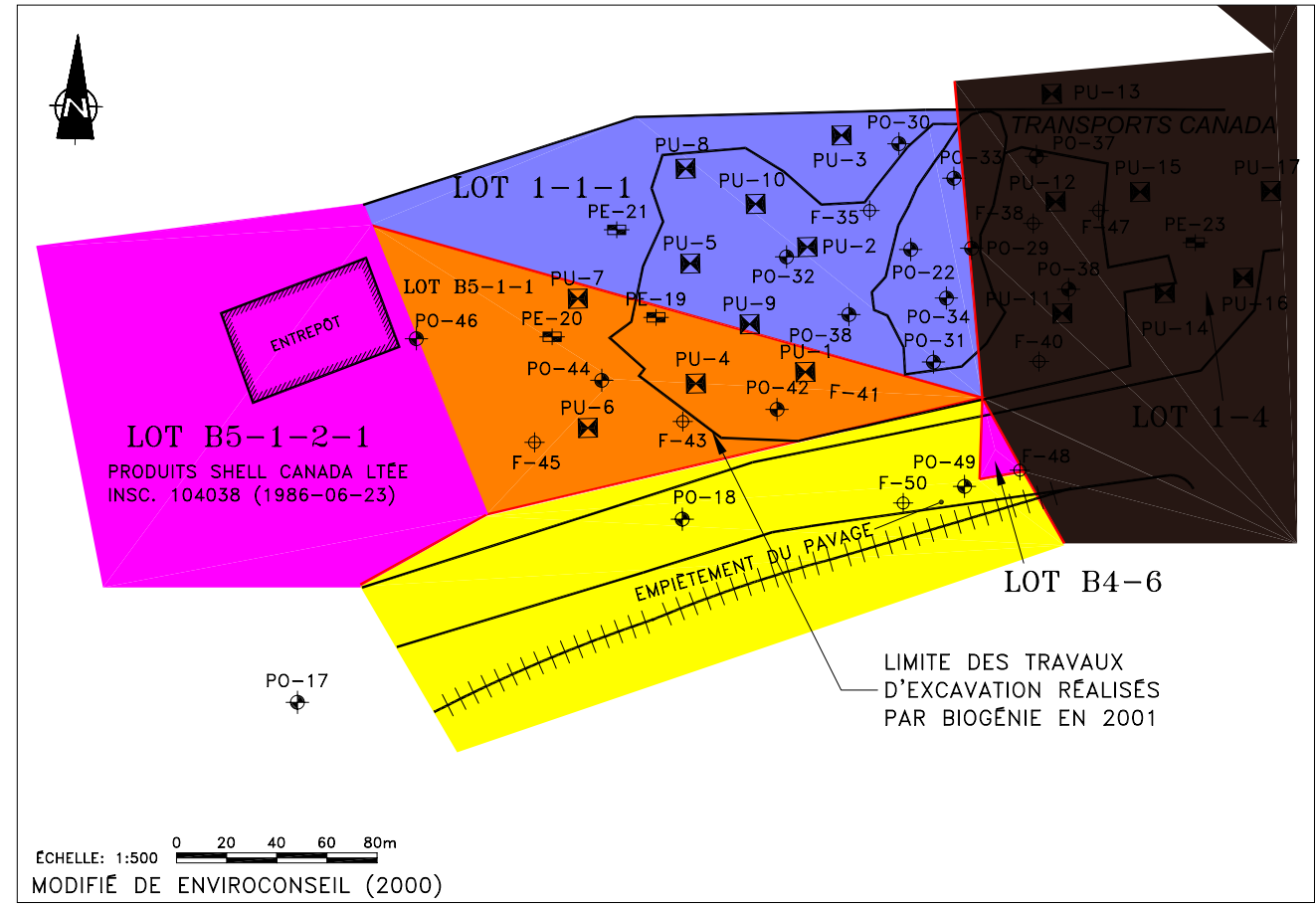
**CARACTÉRISATION ENVIRONNEMENTALE APPROFONDIE DES SOLS ET  
 DES EAUX SOUTERRAINES DE LA RUE DU QUAI, VILLE DE GASPÉ, QUÉBEC.**  
 LOCALISATION DES INFRASTRUCTURES SOUTERRAINES ET AÉRIENNES

FIGURE:  
**2-1**

**CONFIDENTIEL  
ET PRIVILÉGIÉ**



0 20 40 60 80m  
 ÉCHELLE: 1:2500 APPROX.  
 MODIFIÉ DE GENIVAR (2003)



0 20 40 60 80m  
 ÉCHELLE: 1:500  
 MODIFIÉ DE ENVIROCONSEIL (2000)

**LÉGENDE:**

	TRANCHÉE D'EXPLORATION
	FORAGE
	PUITS D'OBSERVATION

Date: 2003-09-11	Projeté par: I.D.
Approuvé par: J.M.L.	Échelle: TEL QU'INDIQUÉE
No. de projet: PR03-38	No. de dessin: 0338-F2-2

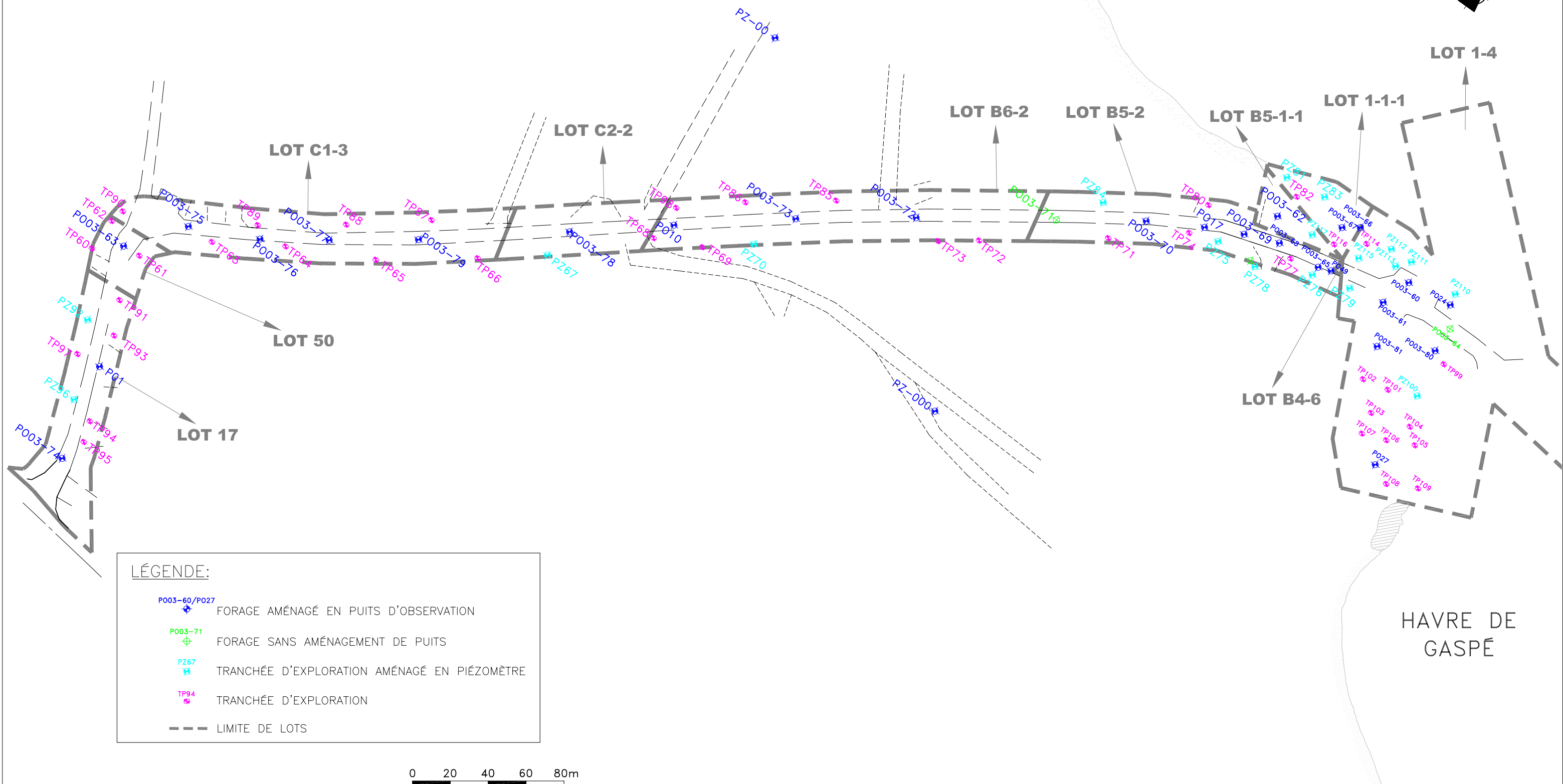
Transport Canada / Transports Canada  
**TechnoRem Inc.**

CARACTÉRISATION ENVIRONNEMENTALE APPROFONDIE DES SOLS ET  
 DES EAUX SOUTERRAINES DE LA RUE DU QUAI, VILLE DE GASPÉ, QUÉBEC.  
 LOCALISATION DES TRAVAUX ENVIRONNEMENTAUX ANTÉRIEURS

FIGURE: 2-2

CONFIDENTIEL  
 ET PRIVILÉGIÉ

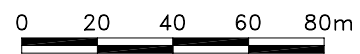
HAVRE DE GASPÉ



HAVRE DE GASPÉ

**LÉGENDE:**

- ★ P003-60/P027 FORAGE AMÉNAGÉ EN PUIITS D'OBSERVATION
- ★ P003-71 FORAGE SANS AMÉNAGEMENT DE PUIITS
- ★ PZ67 TRANCHÉE D'EXPLORATION AMÉNAGÉ EN PIÉZOMÈTRE
- ★ TP94 TRANCHÉE D'EXPLORATION
- LIMITE DE LOTS



Date: 2003-09-08	Projeté par: M.W.
Approuvé par: J.M.L.	Echelle: 1:2000
No. de projet: PR03-38	No. de dessin: 0338_F3-1

Transport Canada / Transports Canada

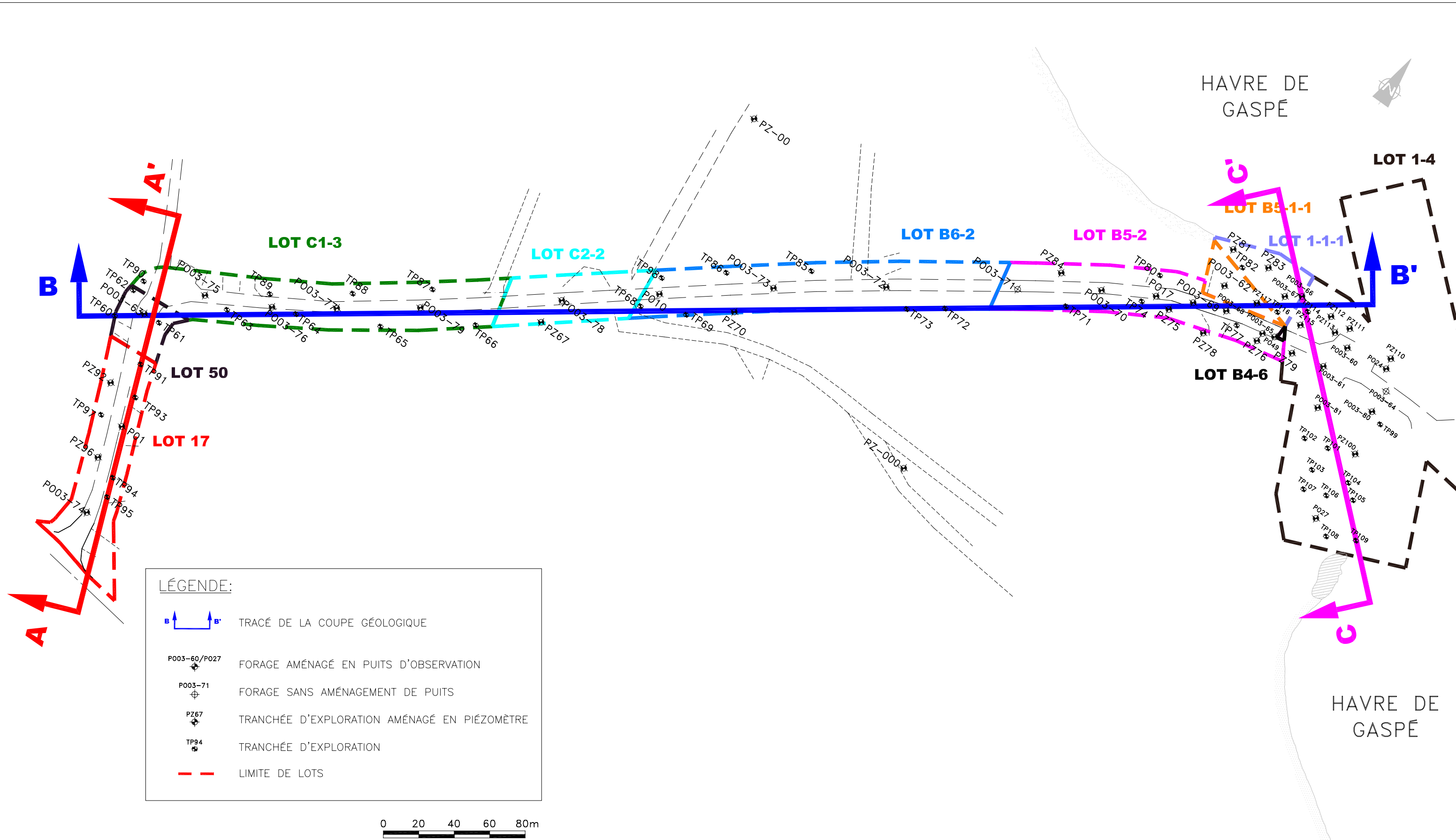
**TechnoRem Inc.**

CARACTÉRISATION ENVIRONNEMENTALE APPROFONDIE DES SOLS ET DES EAUX SOUTERRAINES DE LA RUE DU QUAI, VILLE DE GASPÉ, QUÉBEC.

LOCALISATION DES TRAVAUX ENVIRONNEMENTAUX

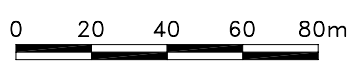
FIGURE:  
**3-1**

CONFIDENTIEL  
ET PRIVILÉGIÉ



**LÉGENDE:**

- TRACÉ DE LA COUPE GÉOLOGIQUE
- FORAGE AMÉNAGÉ EN PUIITS D'OBSERVATION
- FORAGE SANS AMÉNAGEMENT DE PUIITS
- TRANCHÉE D'EXPLORATION AMÉNAGÉ EN PIÉZOMÈTRE
- TRANCHÉE D'EXPLORATION
- LIMITE DE LOTS



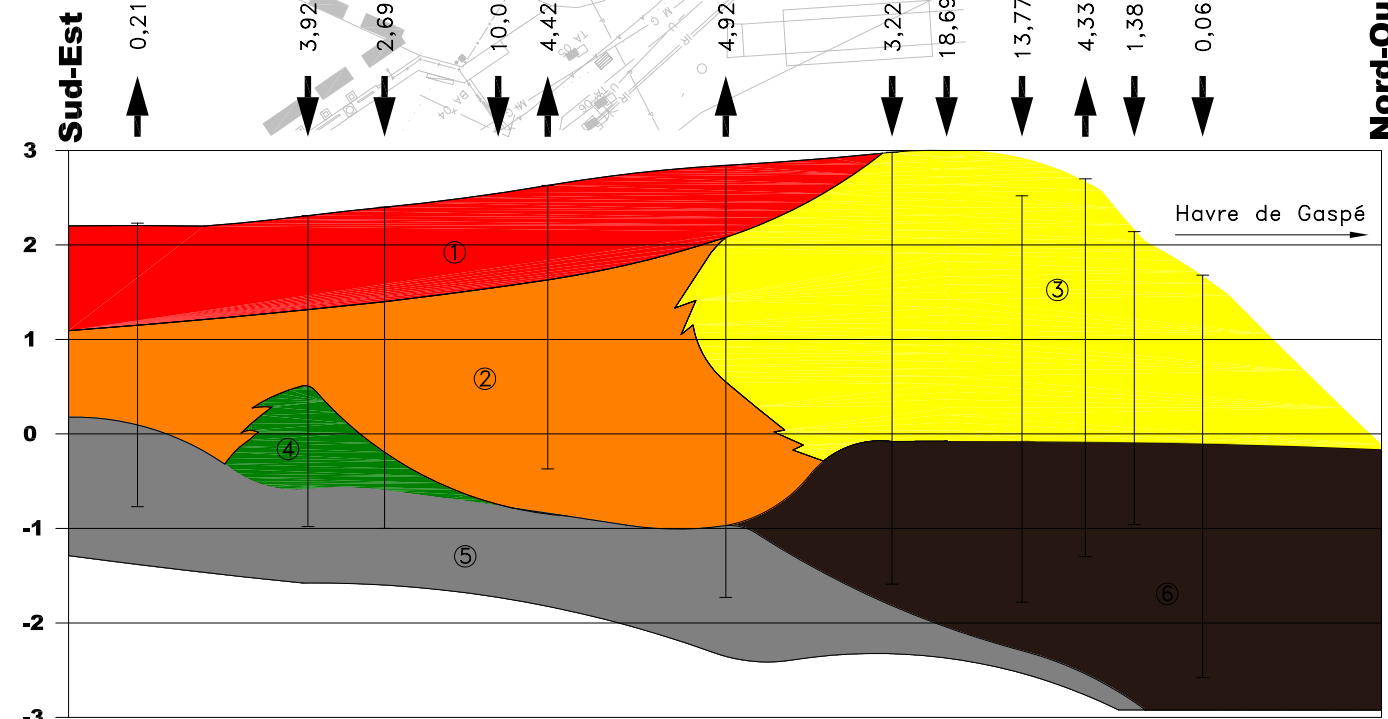
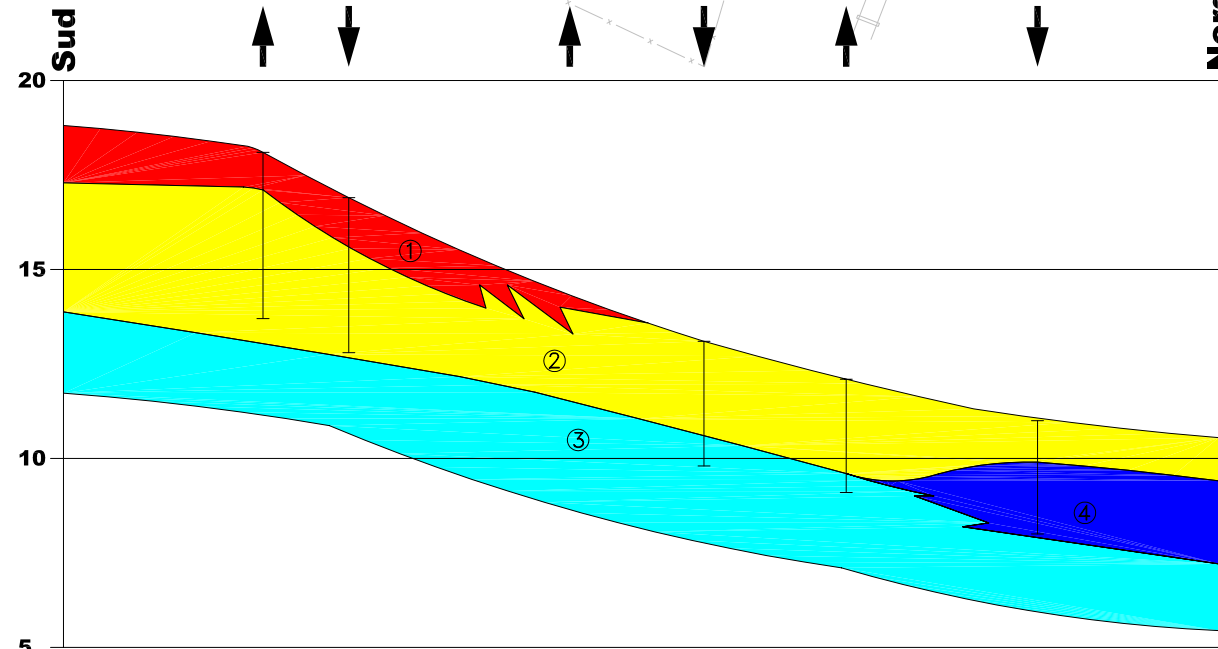
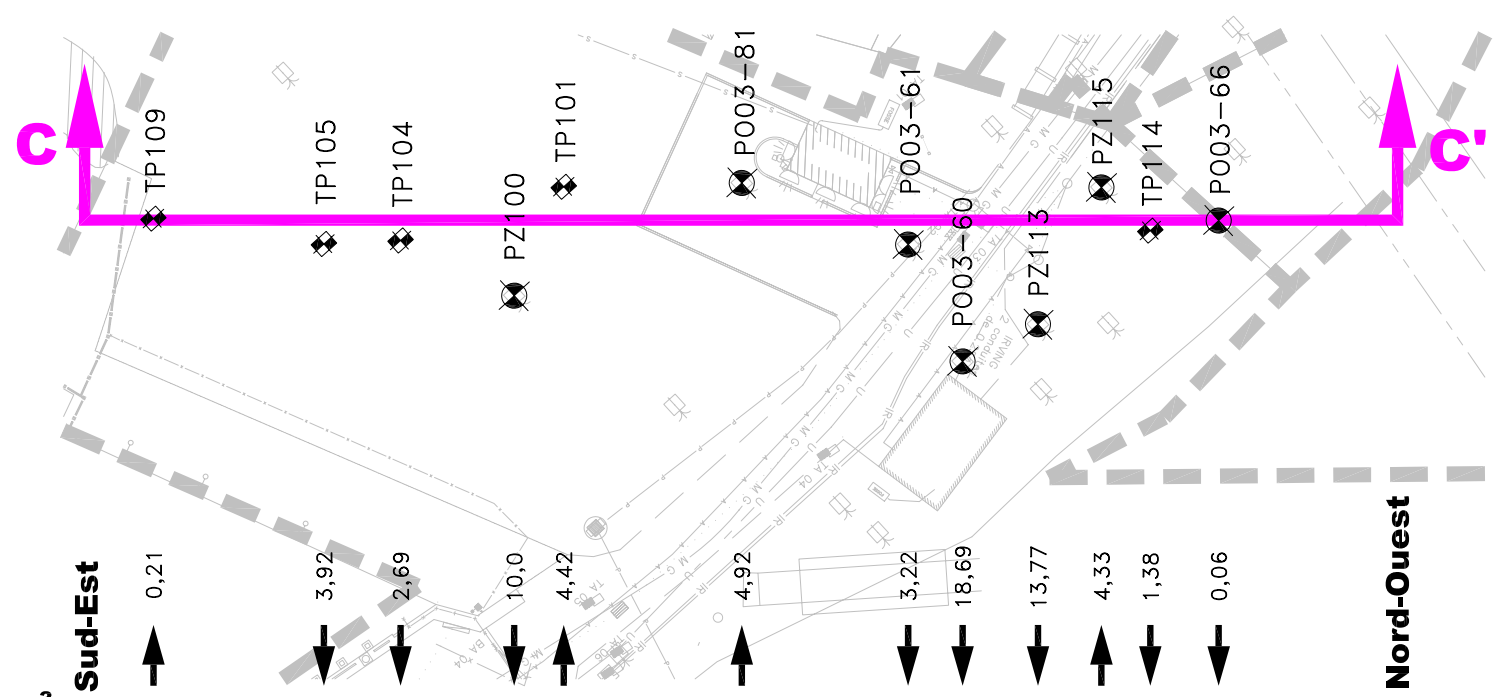
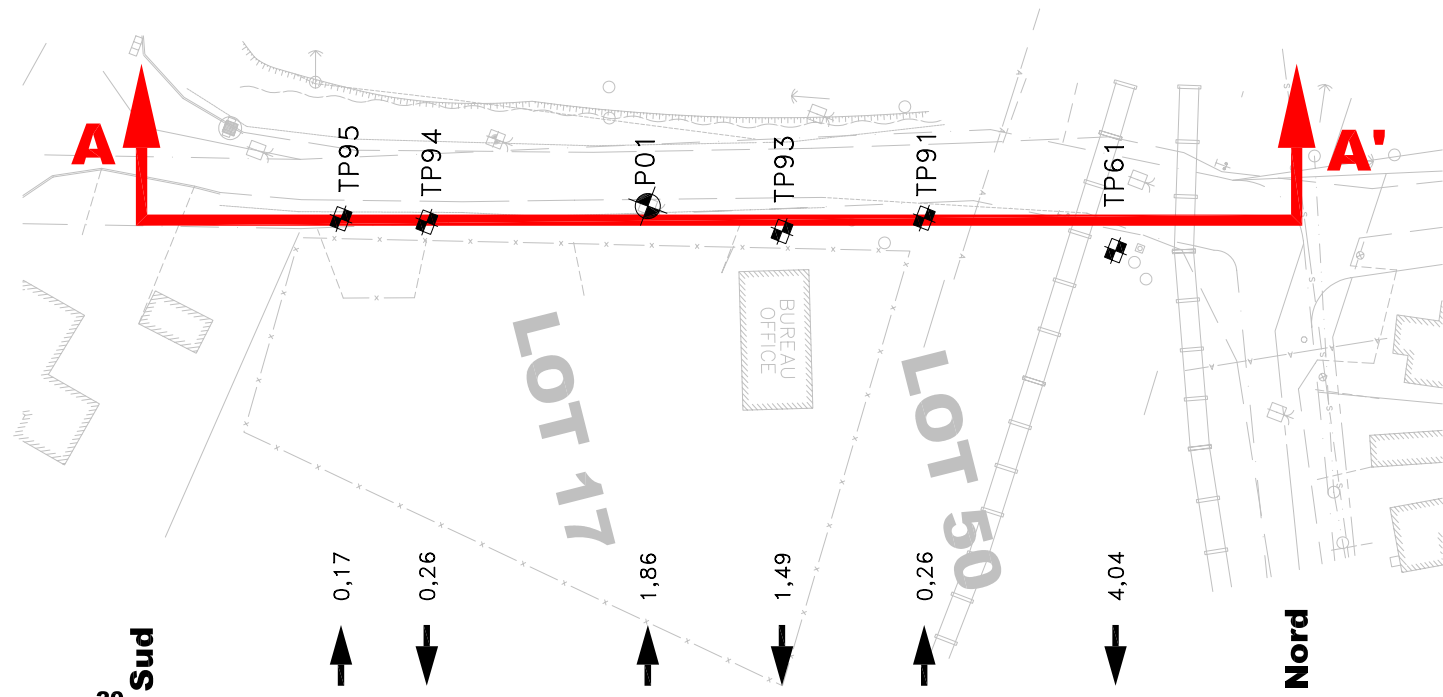
Date: 2003-09-12	Projeté par: M.W.
Approuvé par: J.M.L.	Échelle: 1:2000
No. de projet: PR03-38	No. de dessin: 0338_F4-1

Transport Canada / Transports Canada  
**TechnoRem Inc.**

CARACTÉRISATION ENVIRONNEMENTALE APPROFONDIE DES SOLS ET  
 DES EAUX SOUTERRAINES DE LA RUE DU QUAI, VILLE DE GASPÉ, QUÉBEC.  
 LOCALISATION DES COUPES GÉOLOGIQUES A-A', B-B', C-C'

FIGURE:  
**4-1**

CONFIDENTIEL  
ET PRIVILÉGIÉ



**EXAGÉRATION VERTICALE: 5x**

**EXAGÉRATION VERTICALE: 12.5x**

- ① REMLAI: SABLE GRAVELEUX AVEC 40% DE BLOCS DE ROC
- ② REMLAI: SABLE SILLEUX AVEC UN PEU DE GRAVIER ET CAILLOUX ET PRÉSENCE DE LENTILLES DE SILT
- ③ SOL NATUREL: SILT SABLEUX AVEC UN PEU DE GRAVIER ET DE CAILLOUX
- ④ SOL NATUREL: SABLE FIN À SILLEUX

- ① REMLAI: SABLE SILTEUX AVEC GRAVIER
- ② REMLAI: SABLE AVEC UN PEU DE GRAVIER ET LENTILLES DE SILT
- ③ REMLAI: SABLE AVEC UN PEU DE SILT ET DE GRAVIER
- ④ REMLAI: SILT ARGILEUX À SABLEUX AVEC UN PEU DE GRAVIER
- ⑤ SOL NATUREL: SABLE À SABLE SILTEUX AVEC UNE PRÉSENCE DE COQUILLAGES VERS LE SUD-OUEST
- ⑥ SOL NATUREL: SABLE MOYEN À GROSSIER AVEC OU SANS PRÉSENCE DE GRAVIER

1.85  
↑  
SONDAGE SITUÉ À 1,85m À L'OUWEST DE LA COUPE GÉOLOGIQUE

1.49  
↓  
SONDAGE SITUÉ À 1,49m À L'EST DE LA COUPE GÉOLOGIQUE

LOCALISATION ET PROFONDEUR DES SONDAGES

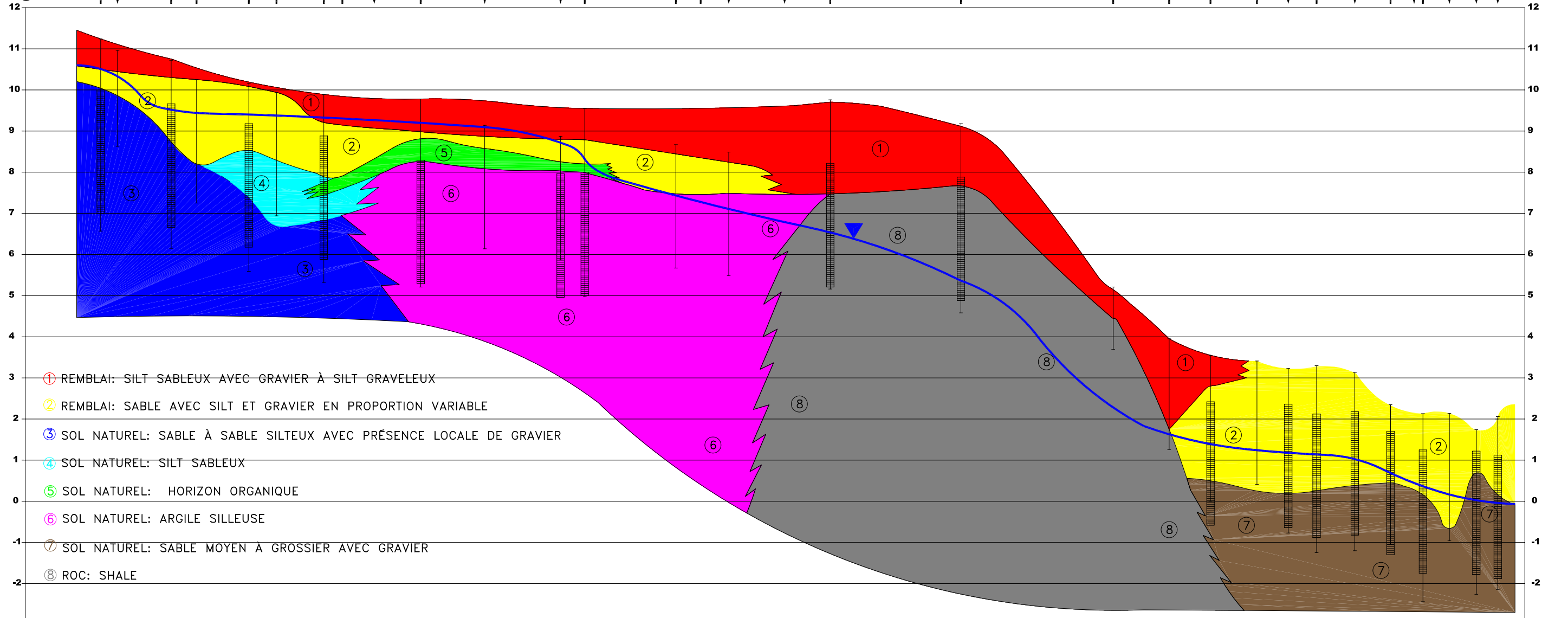
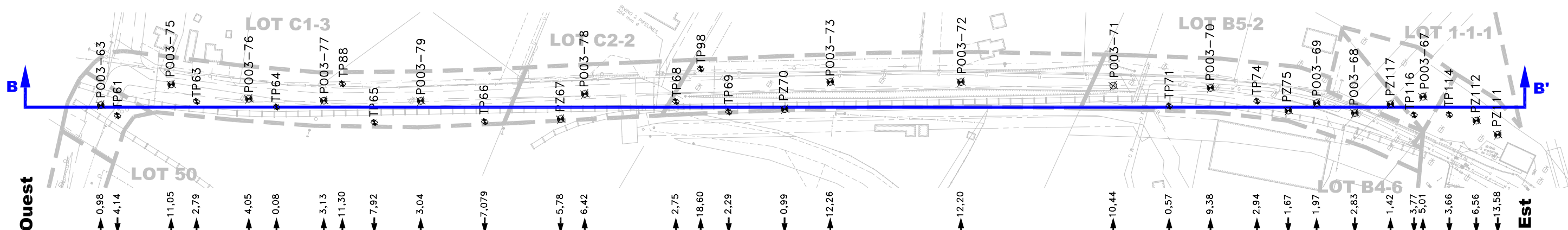
Date: 2003-09-12	Projeté par: M.W.
Approuvé par: J.M.L.	Échelle: HOR: 1:1000
No. de projet: PR03-38	No. de dessin: 0338_F4-2


**Transport Canada** / **Transports Canada**  


CARACTÉRISATION ENVIRONNEMENTALE APPROFONDIE DES SOLS ET  
 DES EAUX SOUTERRAINES DE LA RUE DU QUAI, VILLE DE GASPÉ, QUÉBEC.  
 COUPES GÉOLOGIQUES A-A' ET C-C'  
 FIGURE: 4-2

CONFIDENTIEL  
ET PRIVILÉGIÉ





- ① REMBLAI: SILT SABLEUX AVEC GRAVIER À SILT GRAVELEUX
- ② REMBLAI: SABLE AVEC SILT ET GRAVIER EN PROPORTION VARIABLE
- ③ SOL NATUREL: SABLE À SABLE SILTEUX AVEC PRÉSENCE LOCALE DE GRAVIER
- ④ SOL NATUREL: SILT SABLEUX
- ⑤ SOL NATUREL: HORIZON ORGANIQUE
- ⑥ SOL NATUREL: ARGILE SILLEUSE
- ⑦ SOL NATUREL: SABLE MOYEN À GROSSIER AVEC GRAVIER
- ⑧ ROC: SHALE

EXAGÉRATION VERTICALE: 20x

1,85 ↑ SONDAGE SITUÉ À 1,85m À L'OUEST DE LA COUPE GÉOLOGIQUE     
 1,49 ↓ SONDAGE SITUÉ À 1,49m À L'EST DE LA COUPE GÉOLOGIQUE     
 LOCALISATION ET PROFONDEUR DES SONDRAGES     
 NIVEAU DE LA NAPPE PHRÉATIQUE (10 AOÛT 2003)     
 CRÉPINE

CONFIDENTIEL  
ET PRIVILÉGIÉ

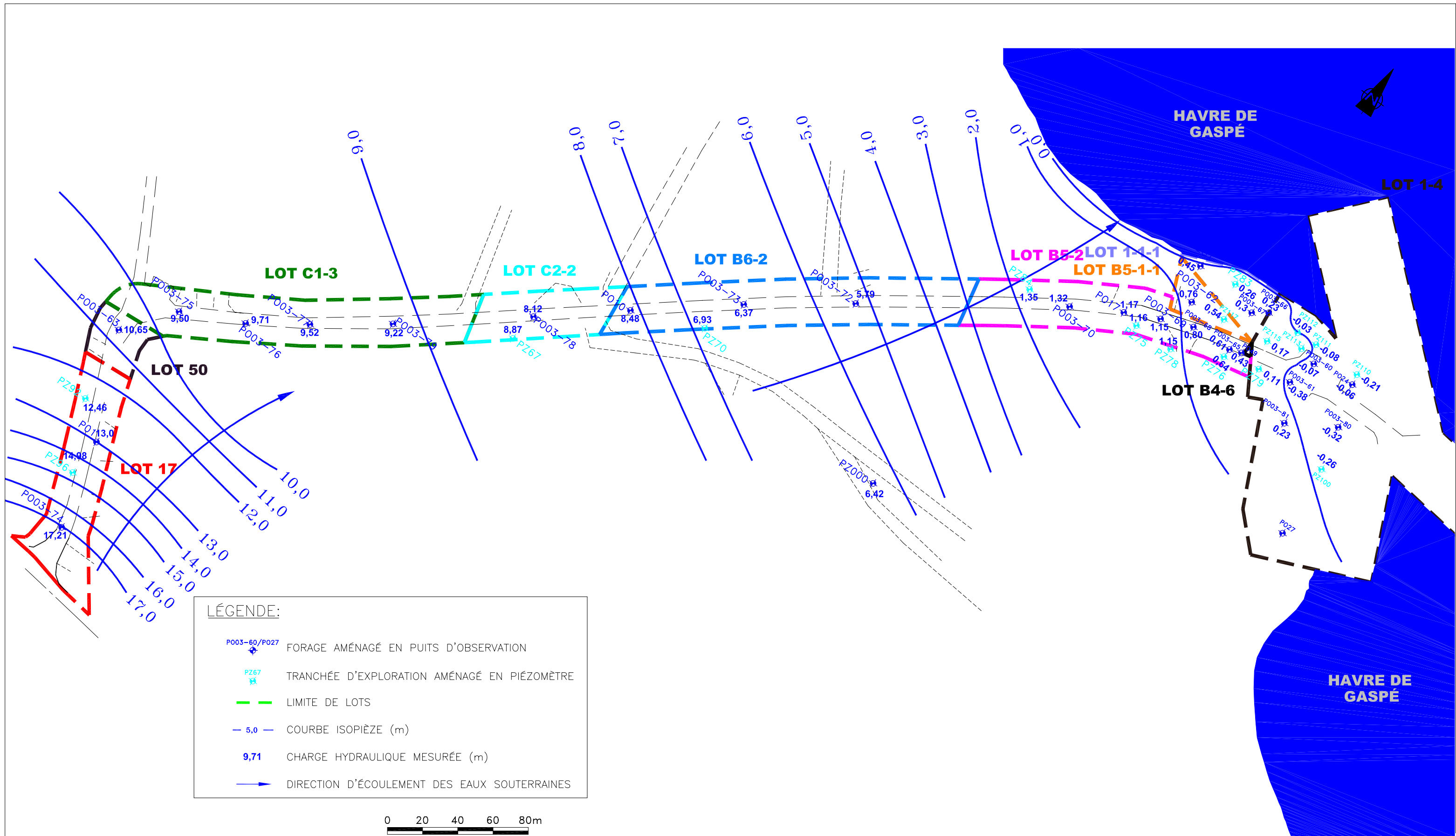
Date: 2003-09-12	Projeté par: M.W.
Approuvé par: J.M.L.	Échelle: 1:2000
No. de projet: PR03-38	No. de dessin: 0338_F4-3


**Transport Canada** / **Transports Canada**  


CARACTÉRISATION ENVIRONNEMENTALE APPROFONDIE DES SOLS ET  
 DES EAUX SOUTERRAINES DE LA RUE DU QUAI, VILLE DE GASPÉ, QUÉBEC.  
 COUPE GÉOLOGIQUE B-B'

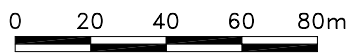
FIGURE:  
4-3





**LÉGENDE:**

- ◆ P003-60/P027 FORAGE AMÉNAGÉ EN PUIITS D'OBSERVATION
- ✦ PZ67 TRANCHÉE D'EXPLORATION AMÉNAGÉ EN PIÉZOMÈTRE
- LIMITE DE LOTS
- 5.0 COURBE ISOPIÈZE (m)
- 9.71 CHARGE HYDRAULIQUE MESURÉE (m)
- DIRECTION D'ÉCOULEMENT DES EAUX SOUTERRAINES



Date: 2003-09-24	Projeté par: M.W.
Approuvé par: J.M.L.	Echelle: 1:2000
No. de projet: PR03-38	No. de dessin: 0338_F5-1



Transport Canada / Transports Canada

TechnoRem Inc.

CARACTÉRISATION ENVIRONNEMENTALE APPROFONDIE DES SOLS ET DES EAUX SOUTERRAINES DE LA RUE DU QUAI, VILLE DE GASPÉ, QUÉBEC.

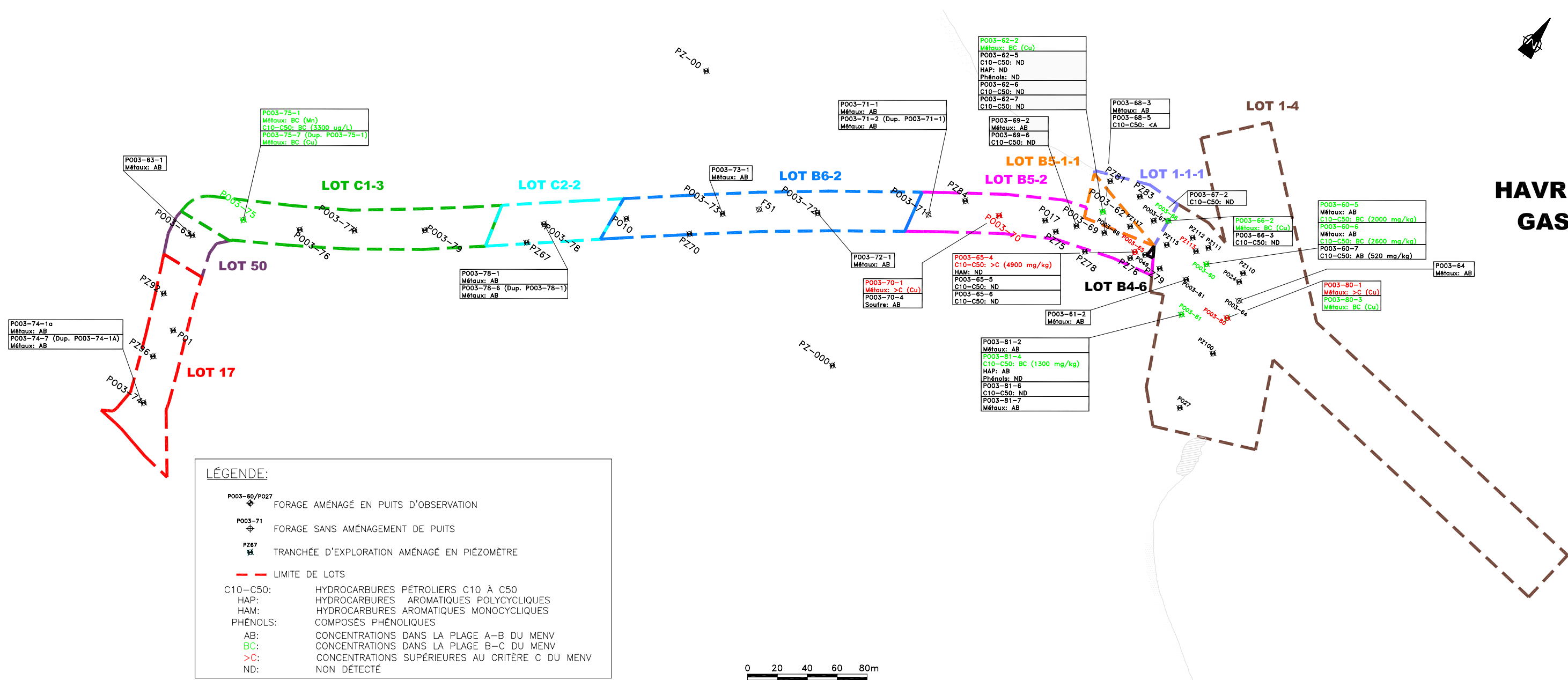
PIÉZOMÉTRIE DE LA NAPPE SOUTERRAINE - 10 AOÛT 2003

FIGURE:  
5-1

CONFIDENTIEL  
ET PRIVILÉGIÉ

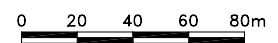


# HAVRE DE GASPÉ



**LÉGENDE:**

	P003-60/P027	FORAGE AMÉNAGÉ EN PUIXS D'OBSERVATION
	P003-71	FORAGE SANS AMÉNAGEMENT DE PUIXS
	PZ67	TRANCHÉE D'EXPLORATION AMÉNAGÉ EN PIÉZOMÈTRE
		LIMITE DE LOTS
C10-C50:		HYDROCARBURES PÉTROLIERS C10 À C50
HAP:		HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES
HAM:		HYDROCARBURES AROMATIQUES MONOCYCLIQUES
PHÉNOLS:		COMPOSÉS PHÉNOLIQUES
AB:		CONCENTRATIONS DANS LA PLAGE A-B DU MENV
BC:		CONCENTRATIONS DANS LA PLAGE B-C DU MENV
>C:		CONCENTRATIONS SUPÉRIEURES AU CRITÈRE C DU MENV
ND:		NON DÉTECTÉ



Date:	2003-09-16	Projeté par:	M.W.
Approuvé par:	J.M.L.	Echelle:	1:2000
No. de projet:	PR03-38	No. de dessin:	0338_F6-1

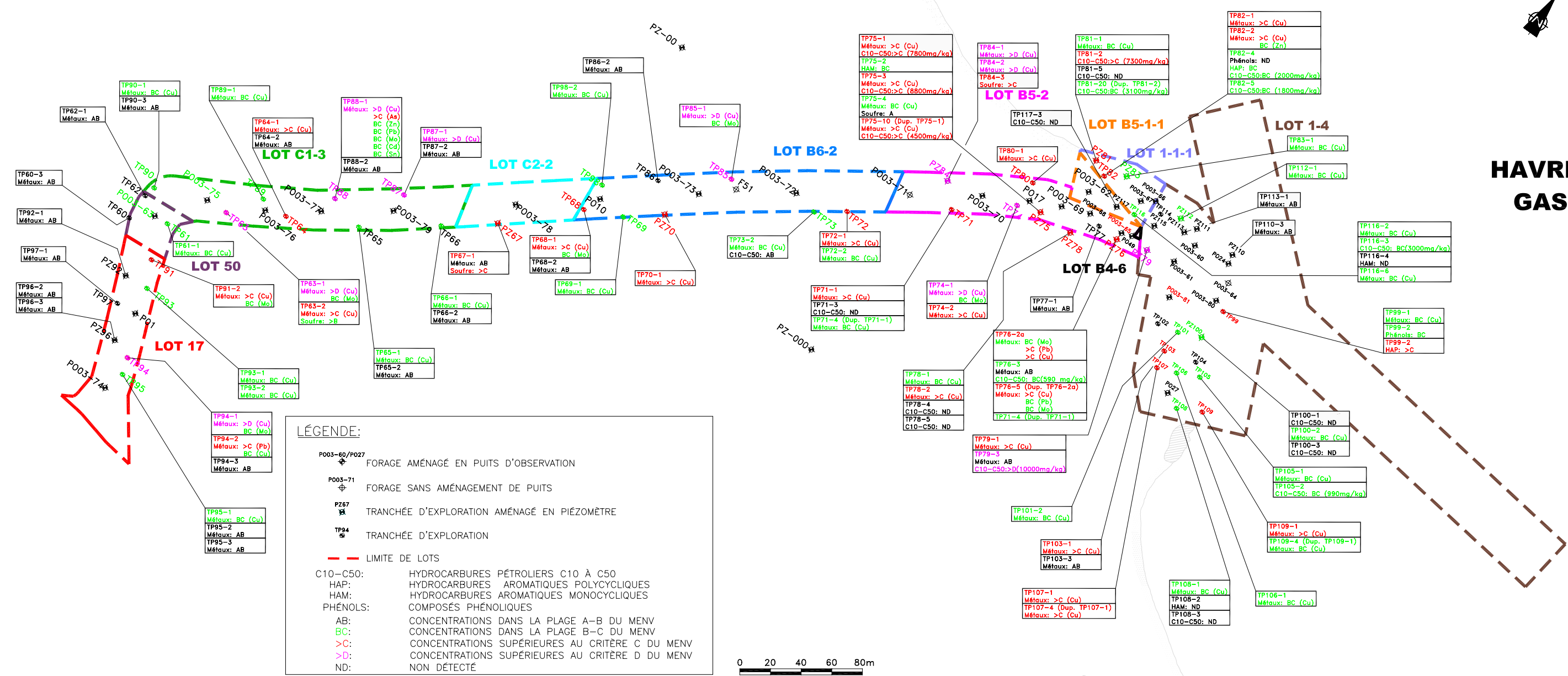
Transport Canada / Transports Canada  

 TechnoRem Inc.

CARACTÉRISATION ENVIRONNEMENTALE APPROFONDIE DES SOLS ET  
 DES EAUX SOUTERRAINES DE LA RUE DU QUAI, VILLE DE GASPÉ, QUÉBEC.  
 RÉSULTATS D'ANALYSES CHIMIQUES EFFECTUÉES SUR LES SOLS -  
 PUIXS D'OBSERVATION

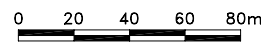


# HAVRE DE GASPÉ



**LÉGENDE:**

PO03-60/PO27	FORAGE AMÉNAGÉ EN PUIXS D'OBSERVATION
PO03-71	FORAGE SANS AMÉNAGEMENT DE PUIXS
PZ67	TRANCHÉE D'EXPLORATION AMÉNAGÉ EN PIÉZOMÈTRE
TP94	TRANCHÉE D'EXPLORATION
---	LIMITE DE LOTS
C10-C50:	HYDROCARBURES PÉTROLIERS C10 À C50
HAP:	HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES
HAM:	HYDROCARBURES AROMATIQUES MONOCYCLIQUES
PHÉNOLS:	COMPOSÉS PHÉNOLIQUES
AB:	CONCENTRATIONS DANS LA PLAGE A-B DU MENV
BC:	CONCENTRATIONS DANS LA PLAGE B-C DU MENV
>C:	CONCENTRATIONS SUPÉRIEURES AU CRITÈRE C DU MENV
>D:	CONCENTRATIONS SUPÉRIEURES AU CRITÈRE D DU MENV
ND:	NON DÉTECTÉ



CONFIDENTIEL  
ET PRIVILÉGIÉ

Date:	2003-09-16	Projeté par:	M.W
Approuvé par:	J.M.L.	Echelle:	1:2000
No. de projet:	PRO3-38	No. de dessin:	0338_F6-2

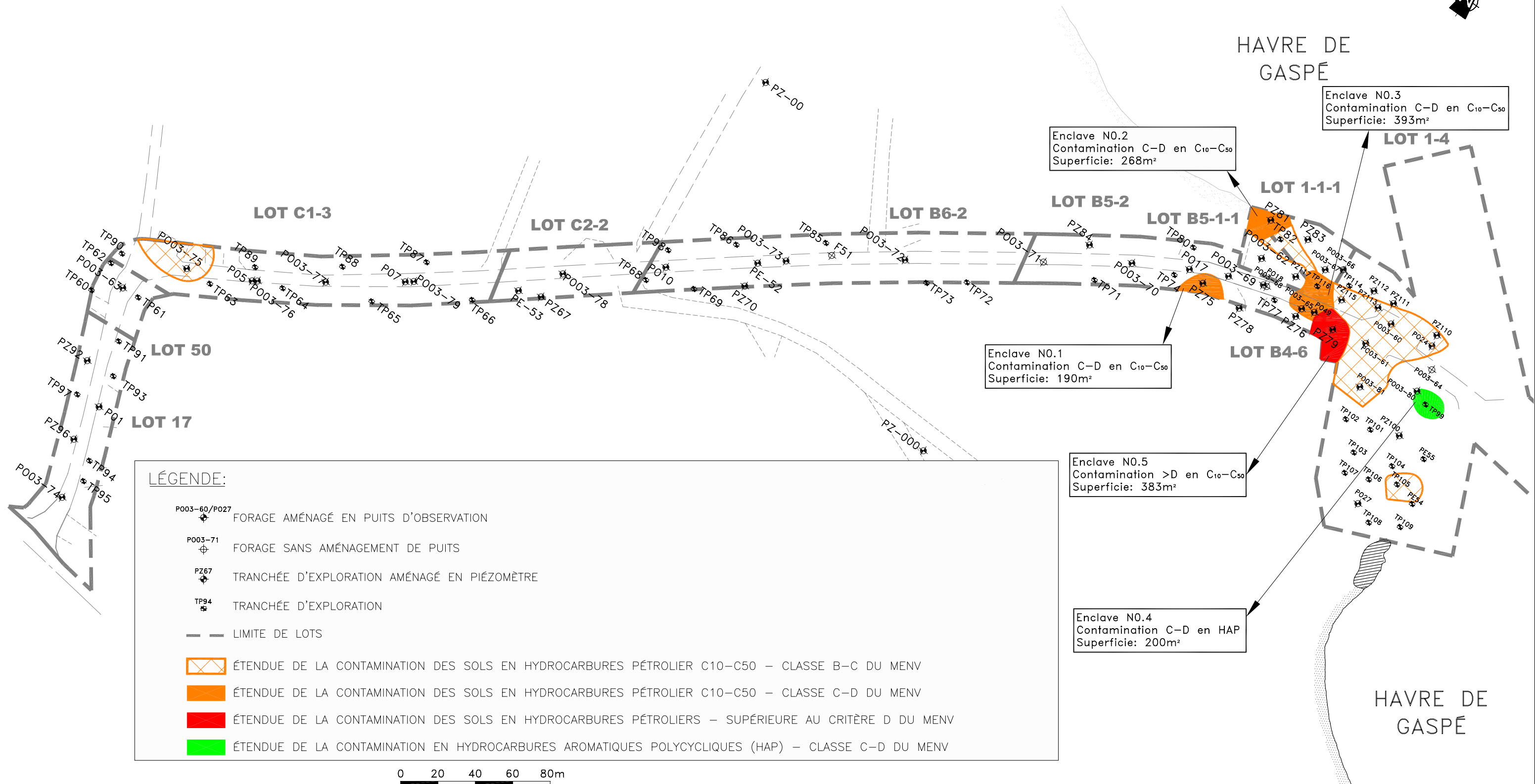

**TechnoRem Inc.**  
 Transport Canada / Transports Canada

CARACTÉRISATION ENVIRONNEMENTALE APPROFONDIE DES SOLS ET  
 DES EAUX SOUTERRAINES DE LA RUE DU QUAI, VILLE DE GASPÉ, QUÉBEC.  
 RÉSULTATS D'ANALYSES CHIMIQUES EFFECTUÉES SUR LES SOLS -  
 TRANCHÉES D'EXPLORATION

FIGURE: 6-2

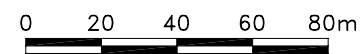


# HAVRE DE GASPÉ



### LÉGENDE:

- PO03-60/PO27 FORAGE AMÉNAGÉ EN PUIXS D'OBSERVATION
- PO03-71 FORAGE SANS AMÉNAGEMENT DE PUIXS
- PZ67 TRANCHÉE D'EXPLORATION AMÉNAGÉ EN PIÉZOMÈTRE
- TP94 TRANCHÉE D'EXPLORATION
- LIMITE DE LOTS
- ÉTENDUE DE LA CONTAMINATION DES SOLS EN HYDROCARBURES PÉTROLIER C10-C50 - CLASSE B-C DU MENV
- ÉTENDUE DE LA CONTAMINATION DES SOLS EN HYDROCARBURES PÉTROLIER C10-C50 - CLASSE C-D DU MENV
- ÉTENDUE DE LA CONTAMINATION DES SOLS EN HYDROCARBURES PÉTROLIERS - SUPÉRIEURE AU CRITÈRE D DU MENV
- ÉTENDUE DE LA CONTAMINATION EN HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES (HAP) - CLASSE C-D DU MENV



Date: 2003-09-24	Projeté par: M.W.
Approuvé par: J.M.L.	Échelle: 1:2000
No. de projet: PRO3-38	No. de dessin: 0338_F6-3



Transport Canada / Transports Canada

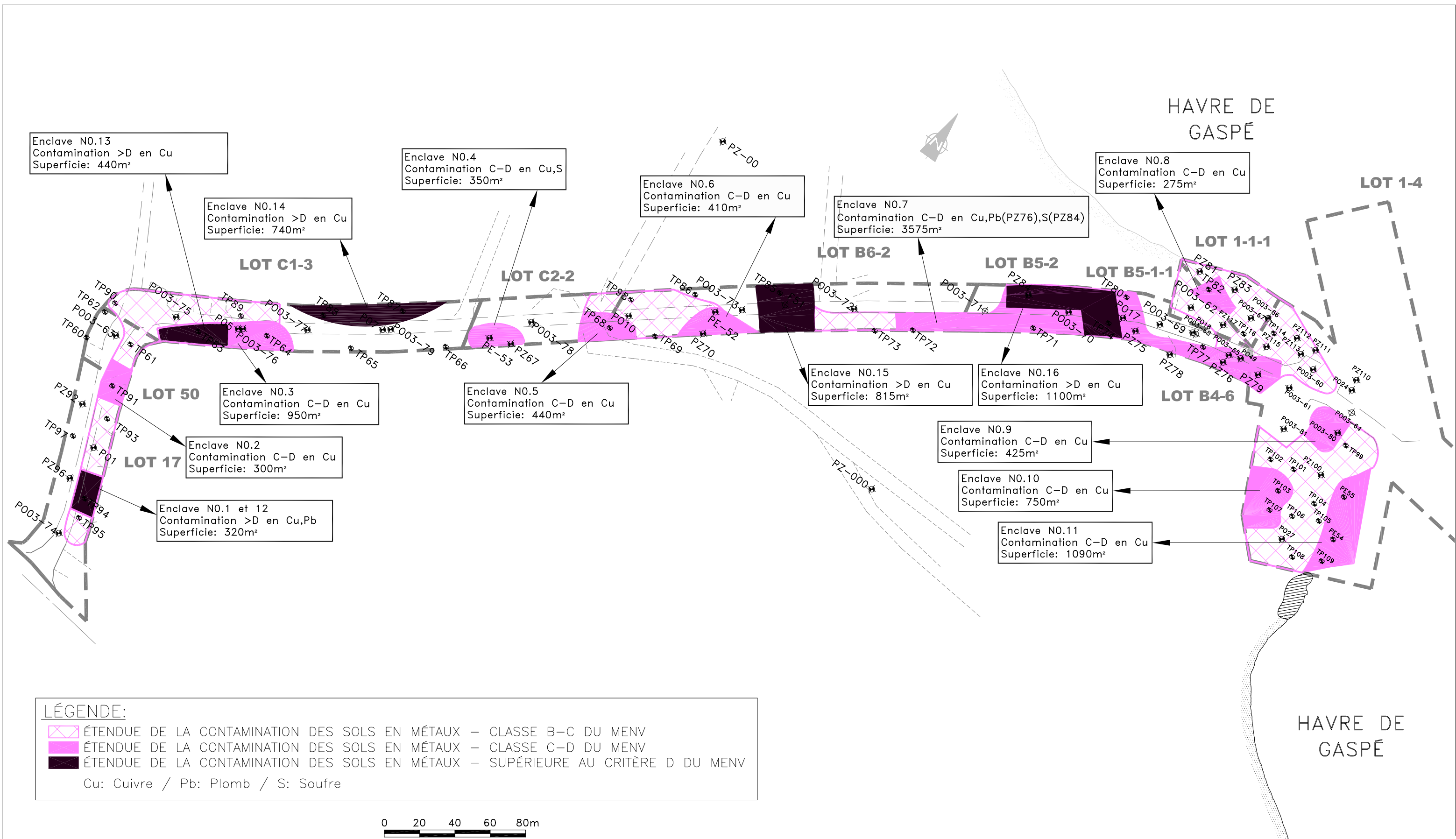
TechnoRem Inc.

CARACTÉRISATION ENVIRONNEMENTALE APPROFONDIE DES SOLS ET DES EAUX SOUTERRAINES DE LA RUE DU QUAI, GASPÉ, QUÉBEC.

ÉTENDUE DE LA CONTAMINATION DES SOLS EN HYDROCARBURES PÉTROLIERS ET EN HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES

FIGURE: 6-3

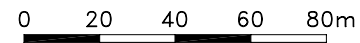
CONFIDENTIEL ET PRIVILÉGIÉ



**LÉGENDE:**

- ✦ ÉTENDUE DE LA CONTAMINATION DES SOLS EN MÉTAUX – CLASSE B-C DU MENV
- ÉTENDUE DE LA CONTAMINATION DES SOLS EN MÉTAUX – CLASSE C-D DU MENV
- ÉTENDUE DE LA CONTAMINATION DES SOLS EN MÉTAUX – SUPÉRIEURE AU CRITÈRE D DU MENV

Cu: Cuivre / Pb: Plomb / S: Soufre



Date: 2003-09-24	Projeté par: M.W.
Approuvé par: J.M.L.	Échelle: 1:2000
No. de projet: PR03-38	No. de dessin: 0338_F6-4



TechnoRem Inc.

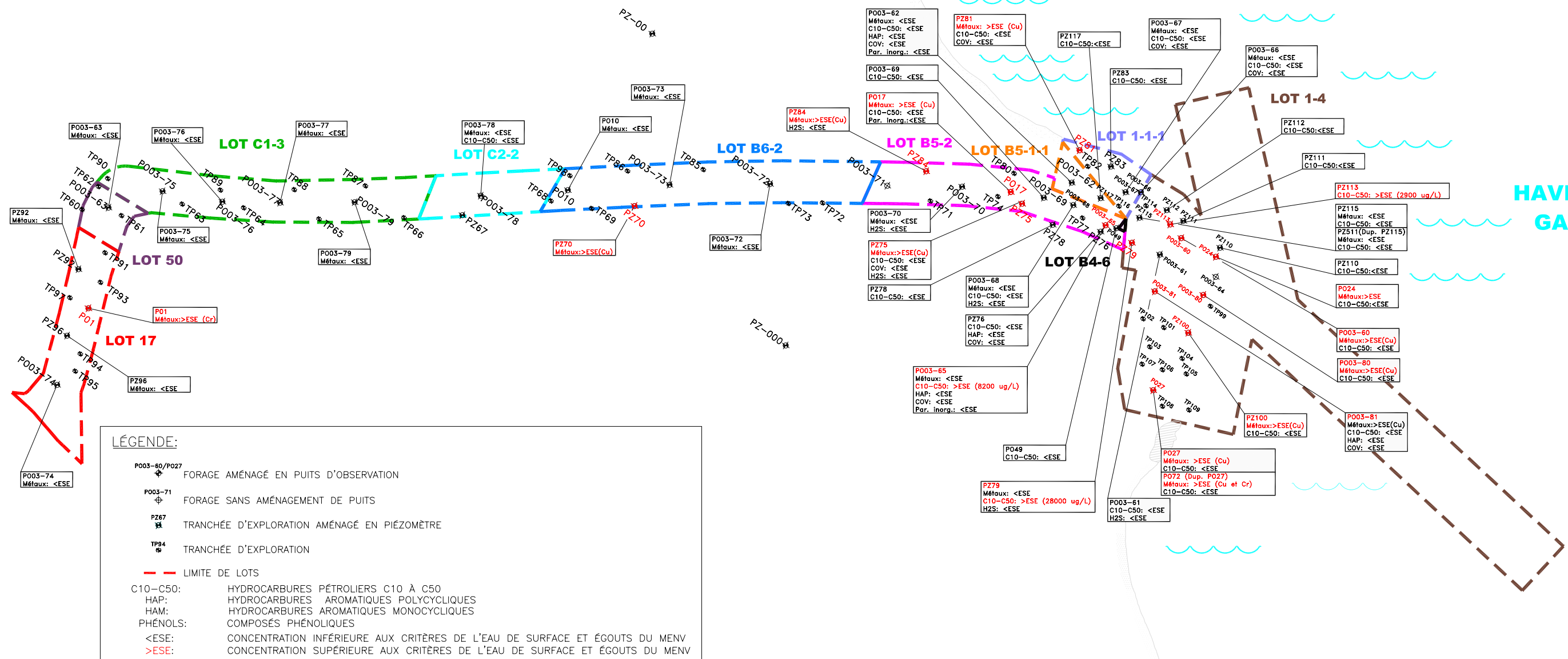
CARACTÉRISATION ENVIRONNEMENTALE APPROFONDIE DES SOLS ET DES EAUX SOUTERRAINES DE LA RUE DU QUAI, GASPÉ, QUÉBEC.

ÉTENDUE DE LA CONTAMINATION DES SOLS EN MÉTAUX ET PARAMÈTRES INORGANIQUES

FIGURE:  
6-4

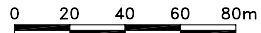
CONFIDENTIEL  
ET PRIVILÉGIÉ





**LÉGENDE:**

P003-60/P027	FORAGE AMÉNAGÉ EN PUIITS D'OBSERVATION
P003-71	FORAGE SANS AMÉNAGEMENT DE PUIITS
P267	TRANCHÉE D'EXPLORATION AMÉNAGÉ EN PIÉZOMÈTRE
TP94	TRANCHÉE D'EXPLORATION
---	LIMITE DE LOTS
C10-C50:	HYDROCARBURES PÉTROLIERS C10 À C50
HAP:	HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES
HAM:	HYDROCARBURES AROMATIQUES MONOCYCLIQUES
PHÉNOLS:	COMPOSÉS PHÉNOLIQUES
<ESE:	CONCENTRATION INFÉRIEURE AUX CRITÈRES DE L'EAU DE SURFACE ET ÉGOUTS DU MENV
>ESE:	CONCENTRATION SUPÉRIEURE AUX CRITÈRES DE L'EAU DE SURFACE ET ÉGOUTS DU MENV



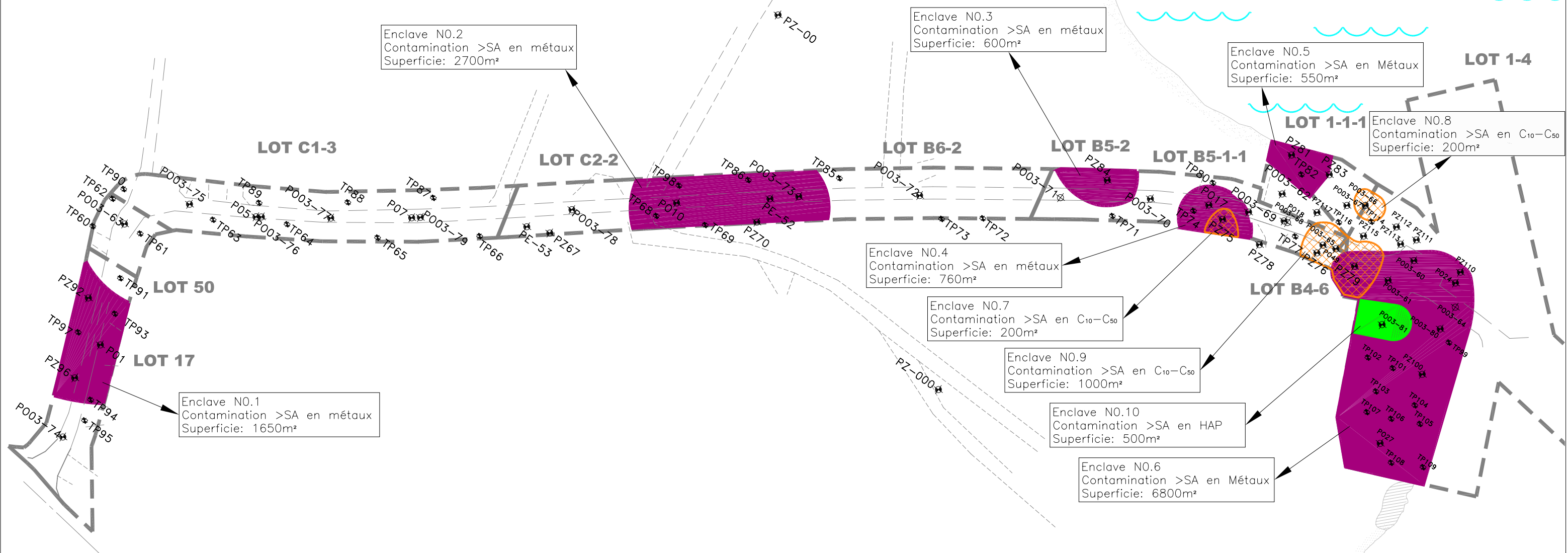
CONFIDENTIEL  
ET PRIVILÉGIÉ

Date: 2003-09-16	Projeté par: M.W.
Approuvé par: J.M.L.	Echelle: 1:2000
No. de projet: PR03-38	No. de dessin: 0338_F7-1

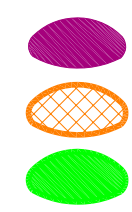

 Transport Canada / Transports Canada  
**TechnoRem Inc.**

CARACTÉRISATION ENVIRONNEMENTALE APPROFONDIE DES SOLS ET DES EAUX SOUTERRAINES DE LA RUE DU QUAI, VILLE DE GASPÉ, QUÉBEC.	FIGURE: <b>7-1</b>
RÉSULTATS D'ANALYSES CHIMIQUES EFFECTUÉES SUR LES EAUX SOUTERRAINES	

# HAVRE DE GASPÉ



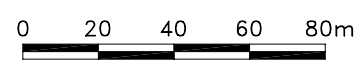
**LÉGENDE:**



ÉTENDUE DE LA CONTAMINATION DES EAUX SOUTERRAINES EN MÉTAUX – SUPÉRIEURE AU SEUIL D'ALERTE (50% DU CRITÈRE DES EAUX DE SURFACE ET ÉGOUTS)

ÉTENDUE DE LA CONTAMINATION DES EAUX SOUTERRAINES EN C10-C50 – SUPÉRIEURE AU SEUIL D'ALERTE (50% DU CRITÈRE DES EAUX DE SURFACE ET ÉGOUTS)

ÉTENDUE DE LA CONTAMINATION DES EAUX SOUTERRAINES EN HAP – SUPÉRIEURE AU SEUIL D'ALERTE (50% DU CRITÈRE DES EAUX DE SURFACE ET ÉGOUTS)



Date: 2003-09-24	Projeté par: M.W.
Approuvé par: J.M.L.	Échelle: 1:2000
No. de projet: PR03-38	No. de dessin: 0338_F7-2

CONFIDENTIEL  
ET PRIVILÉGIÉ

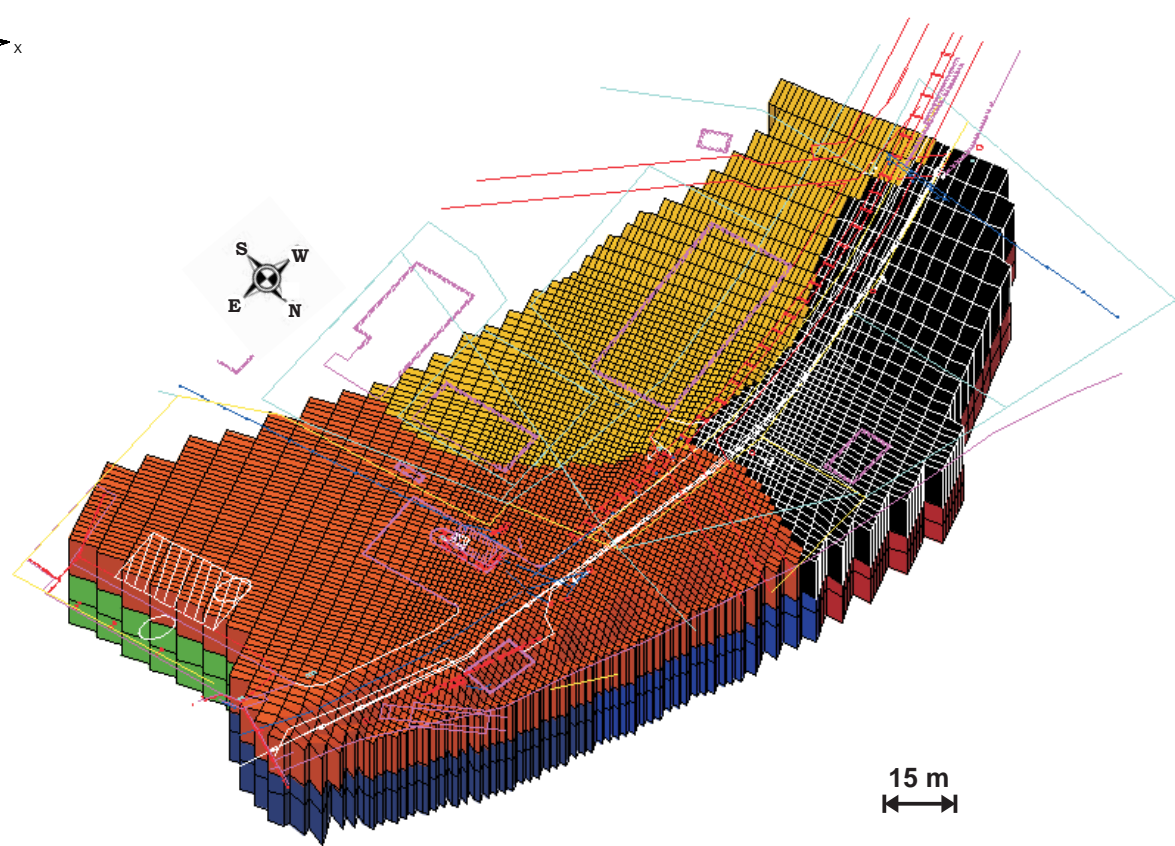
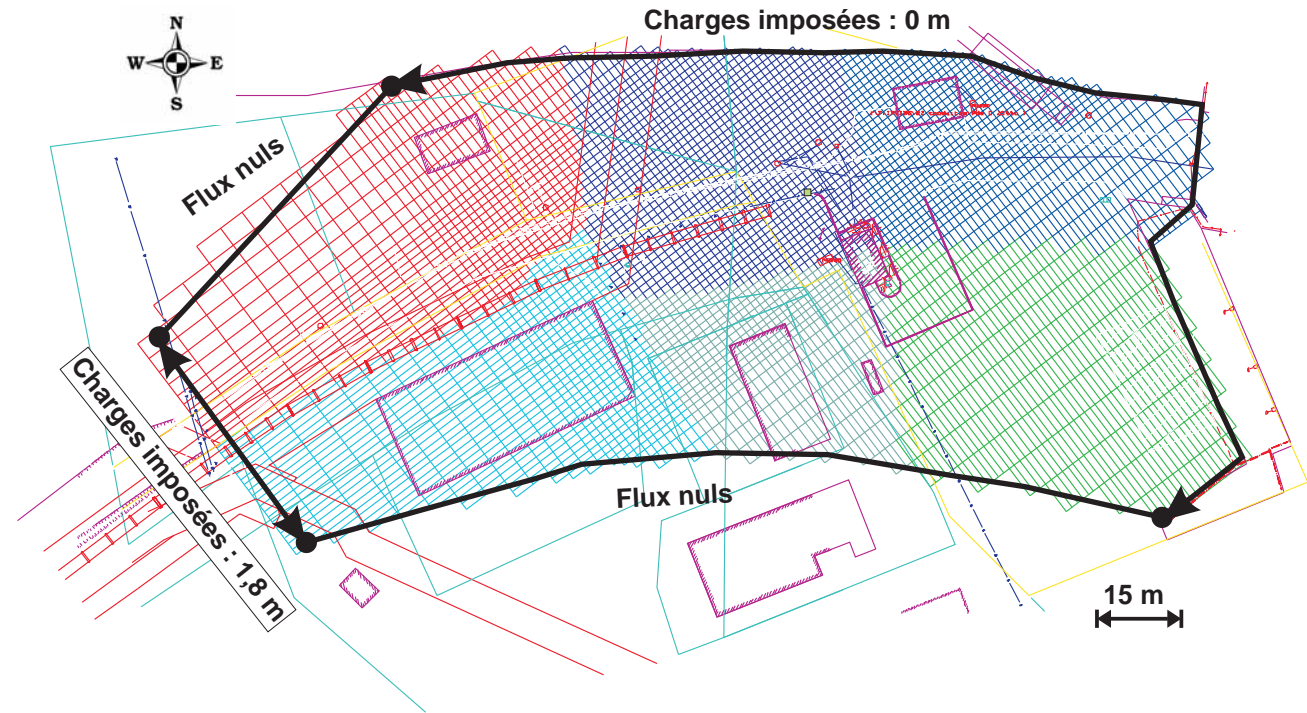


TechnoRem Inc.

CARACTÉRISATION ENVIRONNEMENTALE APPROFONDIE DES SOLS ET  
DES EAUX SOUTERRAINES DE LA RUE DU QUAI, VILLE DE GASPÉ, QUÉBEC.

ÉTENDUE DES ENCLAVES DE CONTAMINATION DANS LES EAUX SOUTERRAINES

FIGURE:  
7-2



Date : 20-02-2004	Projeté par : A.B.
Approuvé par : J.-M.L.	Échelle :
No. de projet : PR03-38	No. de dessin : 0338-F9-1

Transport Canada / Transports Canada

**TechnoRem Inc.**

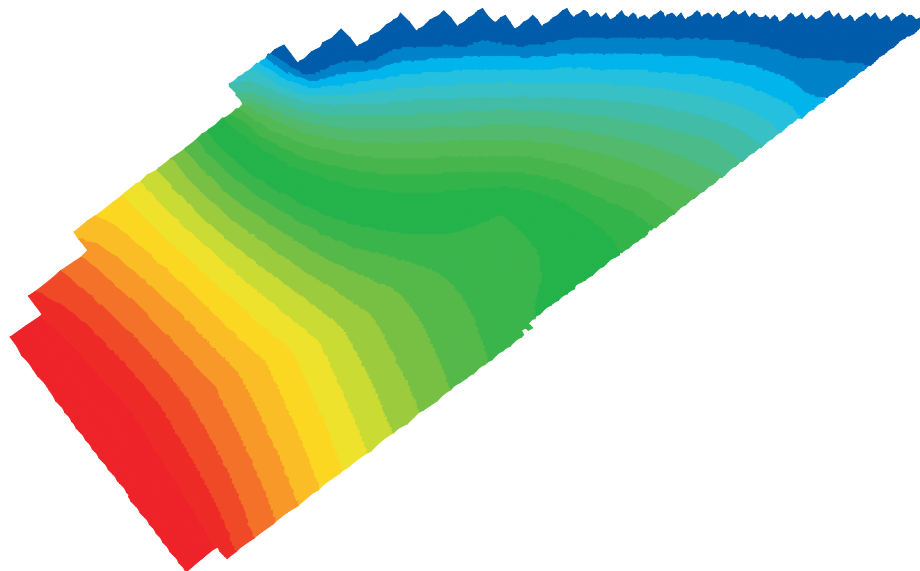
Caractérisation environnementale approfondie des sols et des eaux souterraines de la rue du Quai, Ville de Gaspé, Québec

Vue en 2D et 3D du maillage du modèle et distribution des conditions aux limites

Figure 9-1



(m)



20 m

(m)

Date : 23-02-2004	Projeté par : A.B.
Approuvé par : J.-M.L.	Échelle :
No. de projet : PR03-38	No. de dessin : 0338-F9-2

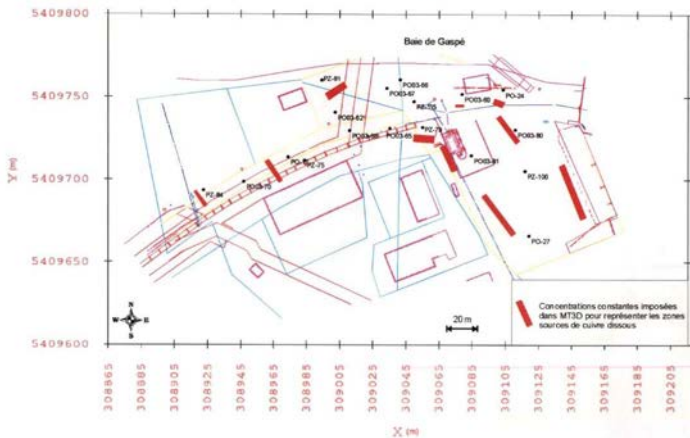
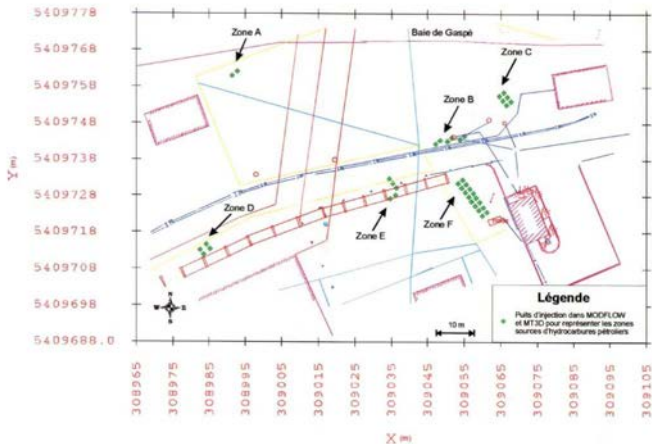


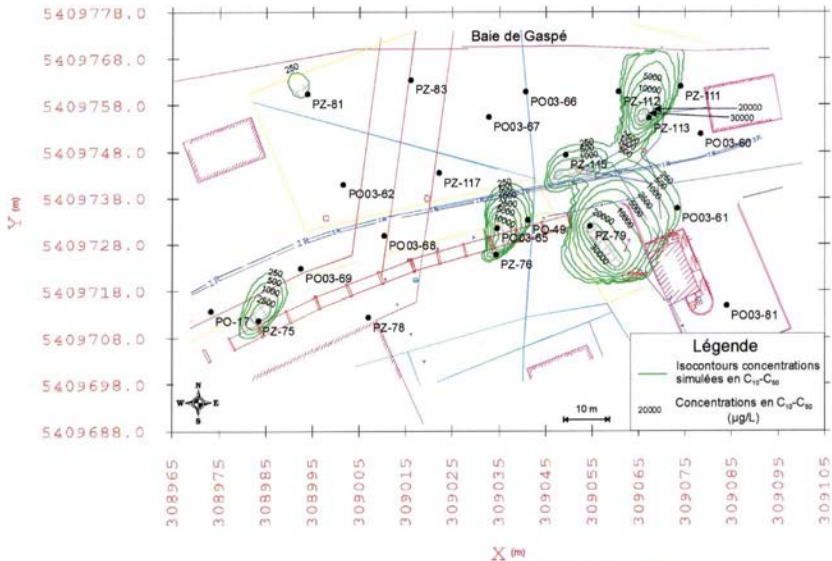
**TechnoRem Inc.**

Caractérisation environnementale approfondie des sols et des eaux souterraines de la rue du Quai, Ville de Gaspé, Québec

Distribution des charges hydrauliques simulées avec le modèle numérique d'écoulement de l'eau souterraine de la rue du Quai

Figure  
**9-2**

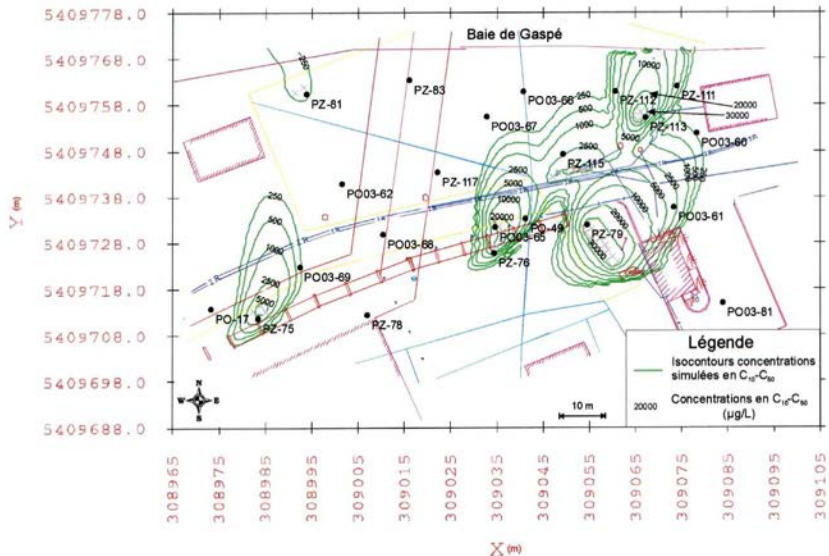




Date 27-02-2004	Projeté par A. S.
Approuvé par J.-M. L.	Échelle 1/500 carte
No. de projet P003-28	No. de dessin 0328-F04


 Transport Canada / Transports Canada  
**TechnoRem Inc.**  
Environnement

Caractérisation environnementale approfondie des sols et des eaux souterraines de la rue du Quai, Ville de Gaspé, Québec  
 Enclaves de contamination en C<sub>12</sub>-C<sub>30</sub> calibrées avec les concentrations mesurées à l'été 2003

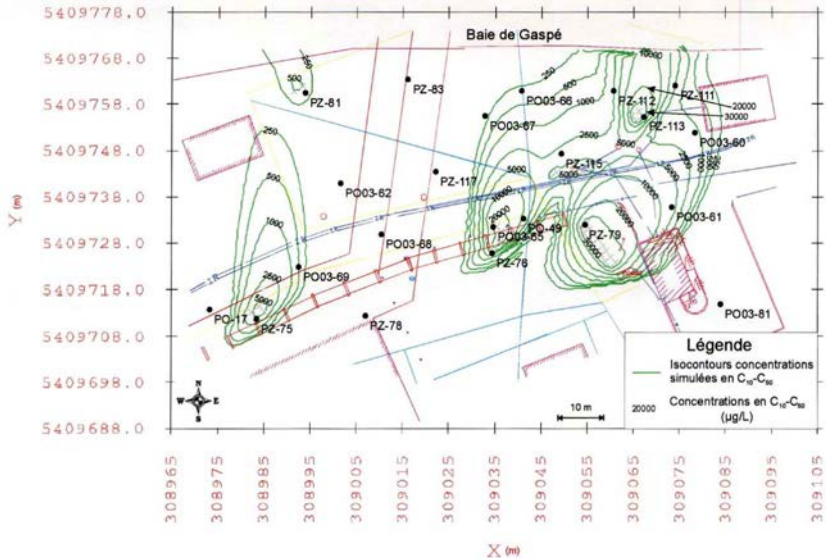


Date: 27-02-2004	Projet par: A.B.
Approuvé par: J.-M.L.	Echelle: Voir carte
No. de projet: PR03-38	No. de dessin: 0338-FR-0



Caractérisation environnementale approfondie des sols et des eaux souterraines de la rue du Quai, Ville de Gaspé, Québec  
Enclaves de contamination en  $C_{10}$ - $C_{30}$  simulées après 10 ans (sans diminution de sources)

Figure  
**9-5**



Date 27-03-2004	Projeté par A.B.
Approuvé par J.-M.L.	Échelle voir carte
No de projet P03-38	No de dessin 0308-P3-4



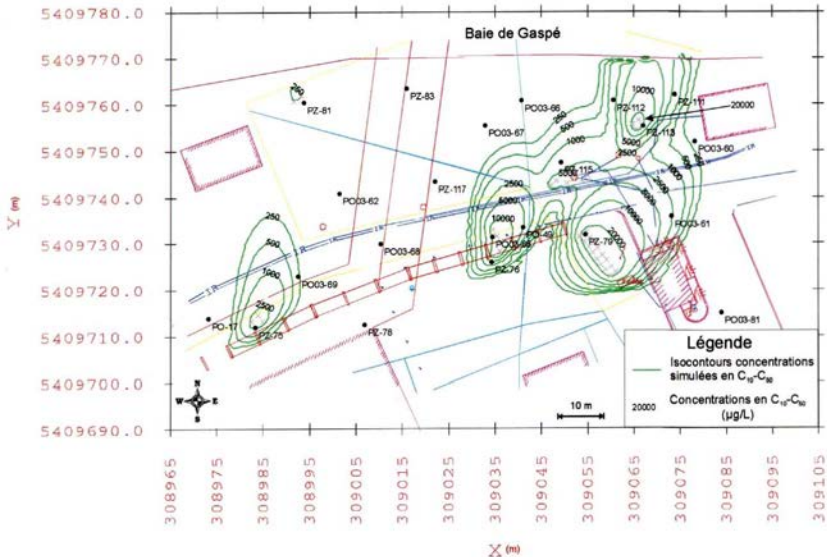
**TechnoRem Inc.**



Transport Canada  
Transports Canada

Caractérisation environnementale approfondie des sols et des eaux souterraines de la rue du Quai, Ville de Gaspé, Québec  
Enclaves de contamination en  $C_{10}$ - $C_{20}$  simulées après 20 ans (sans diminution de sources)

Figure  
9-6



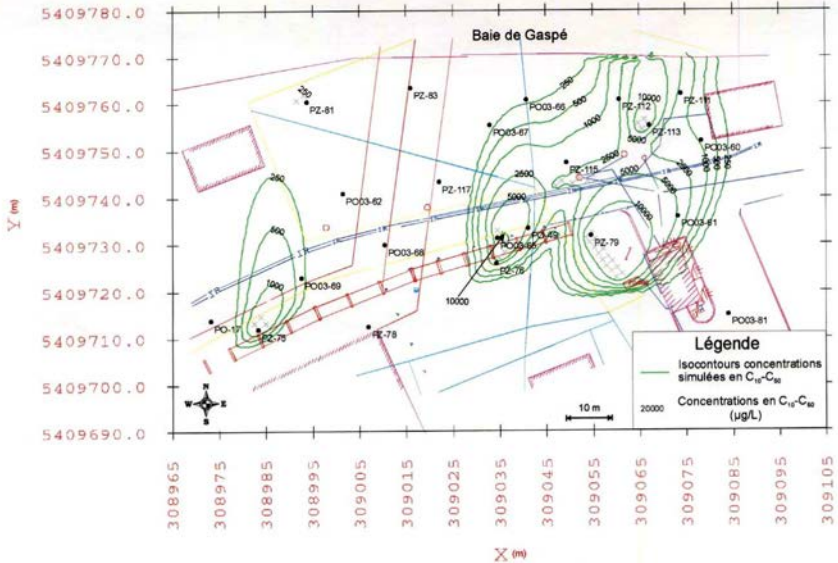
Date 27-03-2004	Préparé par A.S.
Approuvé par J.M.L.	Évalué Voir note
No. de projet 9803-38	No. de dessin 0319-F3-7


 Transport Canada    Transports Canada  

**TechnoRem Inc.**

Caractérisation environnementale approfondie des sols et des  
 eaux souterraines de la rue du Quai, Ville de Gaspé, Québec  
 Enclaves de contamination en  $C_{17}$ - $C_{20}$  simulées après 10 ans (réduction  
 des sources 10% par année)

Figure 9-7

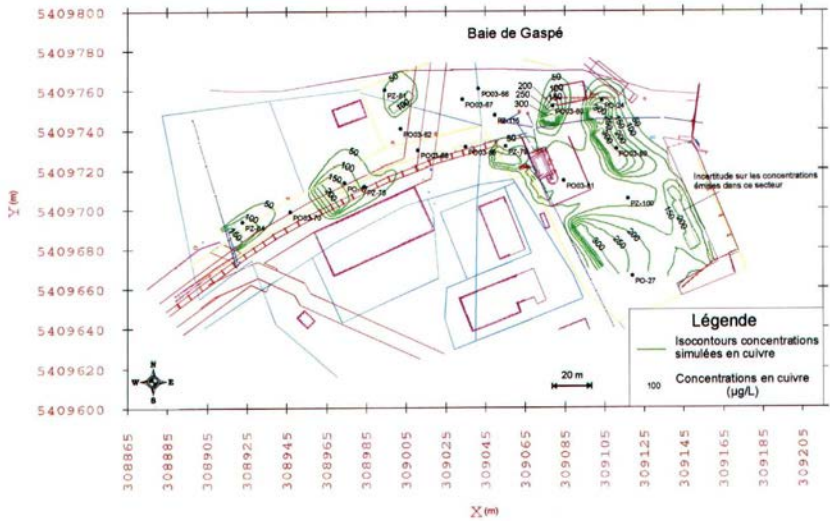


Date 27-02-2006	Projeté par A.B.
Approuvé par J.M.L.	Échelle voir carte
N° de projet PES-38	N° de dossier 0338-79-9


 Transport Canada / Transports Canada  

**TechnoRem Inc.**

Caractérisation environnementale approfondie des sols et des  
 eaux souterraines de la rue du Quai, Ville de Gaspé, Québec  
 Enclaves de contamination en C<sub>12</sub>-C<sub>20</sub> simulées après 20 ans (réduction  
 des sources 10% par année)



Date 12-03-2004	Préparé par A.S.
Approuvé par J.-M.L.	Échelle voir carte
No. de projet PR03-38	No. de dessin 0308-F9-6


 Transport Canada / Transports Canada  

**TechnoRem Inc.**

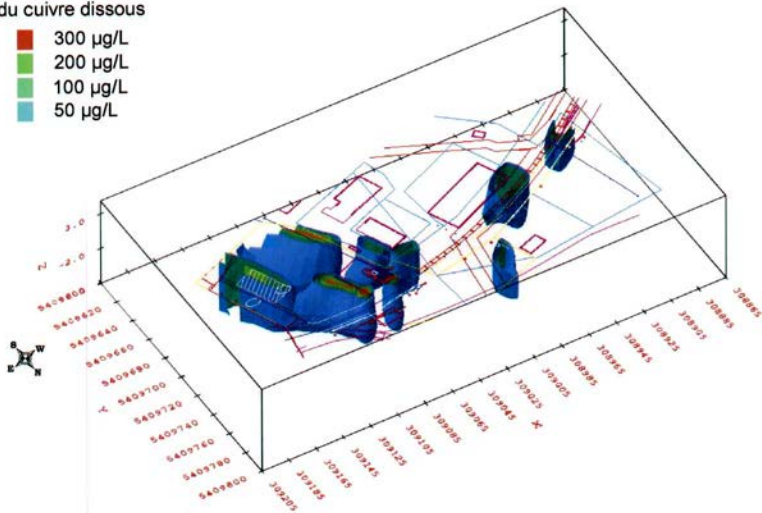
**Caractérisation environnementale approfondie des sols et des eaux souterraines de la rue du Quai, Ville de Gaspé, Québec**  
 Enclaves de contamination en cuivre calibrées avec les concentrations mesurées à l'été 2003

Figure 9-9



### Isoconcentrations du cuivre dissous

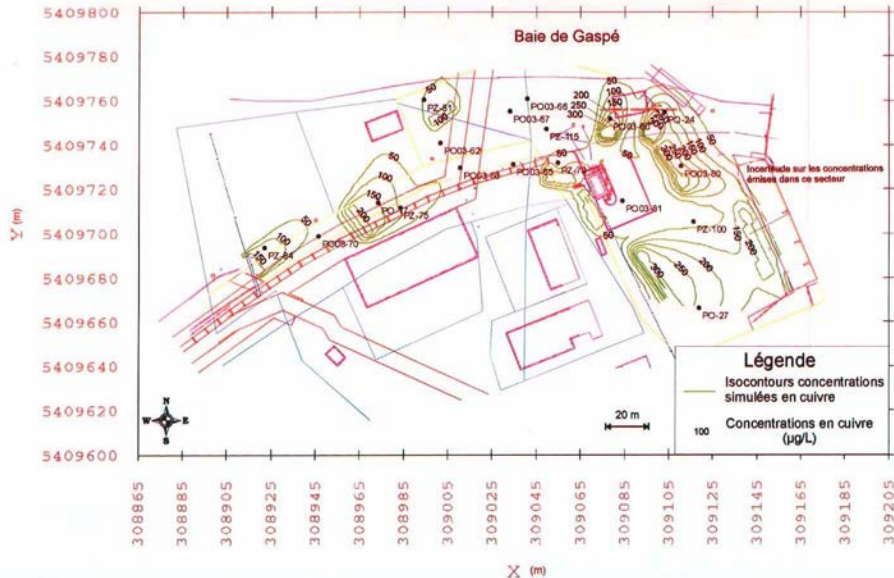
- 300 µg/L
- 200 µg/L
- 100 µg/L
- 50 µg/L



Date 22-03-2004	Préparé par A.B.
Approuvé par J.-M.L.	Évalué voir jointe
No. de projet P852-38	No. de dossier 0326-F9-13



Caractérisation environnementale approfondie des sols et des  
eaux souterraines de la rue du Quai, Ville de Gaspé, Québec  
Vue tridimensionnelle des enclaves de contamination en cuivre calibrées  
avec les concentrations mesurées à l'été 2003



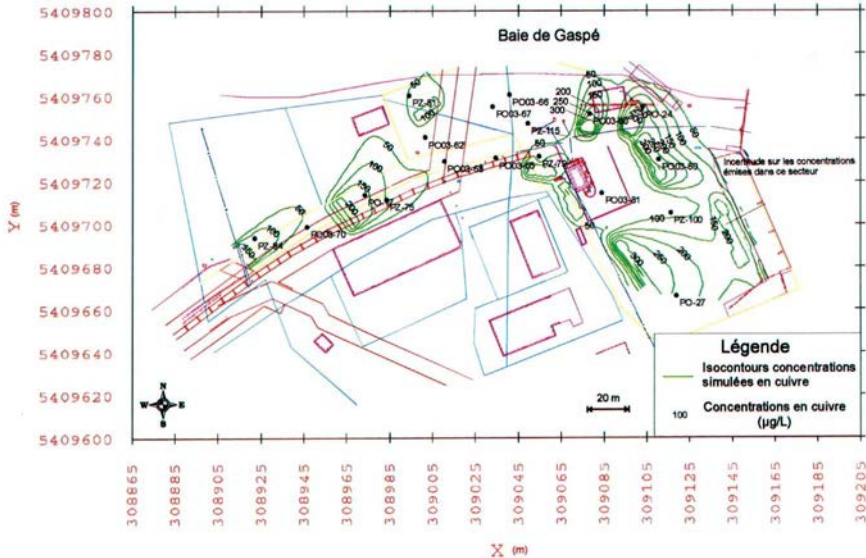
Date : 01-06-2004	Projeté par : A.B.
Approuvé par : J.-M.L.	Echelle : Voir carte
No. de projet : P965-38	No. de dessin : 0338-F9-11



**TechnoRem Inc.**



Caractérisation environnementale approfondie des sols et des eaux souterraines de la rue du Quai, Ville de Gaspé, Québec  
Enclaves de contamination en cuivre simulées après 10 ans (sources actives)

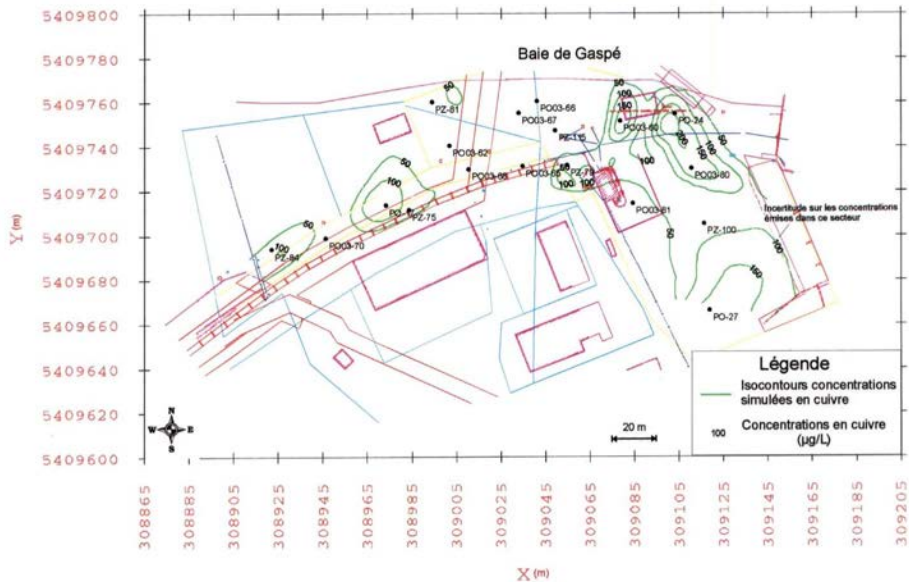


Date : 01-08-2004	Projeté par : A.B.
Approuvé par : J.-M.L.	Échelle : Voir carte
No. de projet : PR03-36	No. de dessin : 003a-P9-12

Transport Canada    Transports Canada  
**TechnoRem Inc.**

**Caractérisation environnementale approfondie des sols et des eaux souterraines de la rue du Quai, Ville de Gaspé, Québec**  
 Enclaves de contamination en cuivre simulées après 20 ans (sources actives)

Figure 9-12

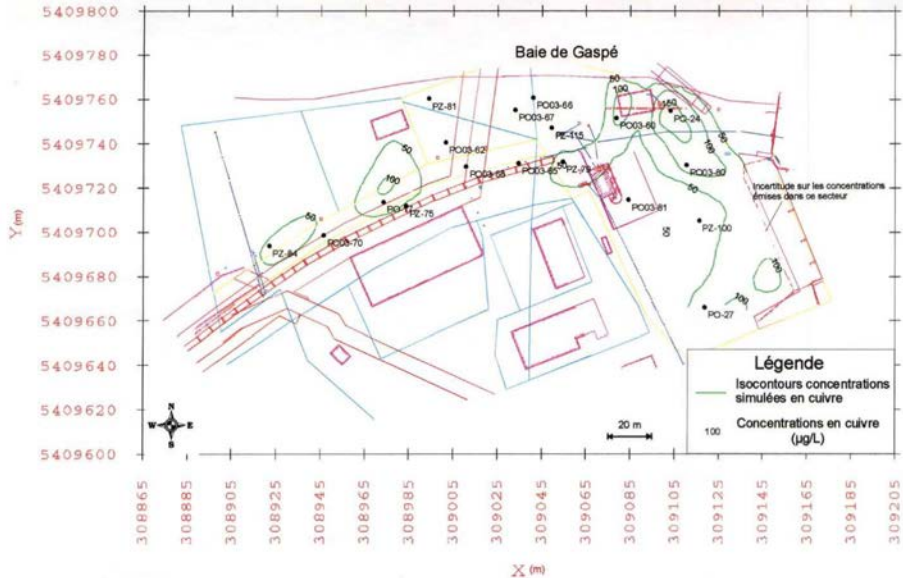


Date 10-03-2004	Projeté par A.B.
Approuvé par J.-M.L.	Échelle Voir carte
No. de projet FR03-M	No. de dessin 0336-F9-13

Transport Canada / Transports Canada  
**TechnoRem Inc.**

**Caractérisation environnementale approfondie des sols et des eaux souterraines de la rue du Quai, Ville de Gaspé, Québec**  
 Enclaves de contamination en cuivre simulées 10 ans après l'arrêt des sources

Figure 9-13



Date:	Projeté par:
15-03-2008	A.B.
Approuvé par:	Échelle:
J.-M.L.	1:500
No de projet:	No de dessin:
PR03-38	0356-F9-14



Transport Canada / Transports Canada



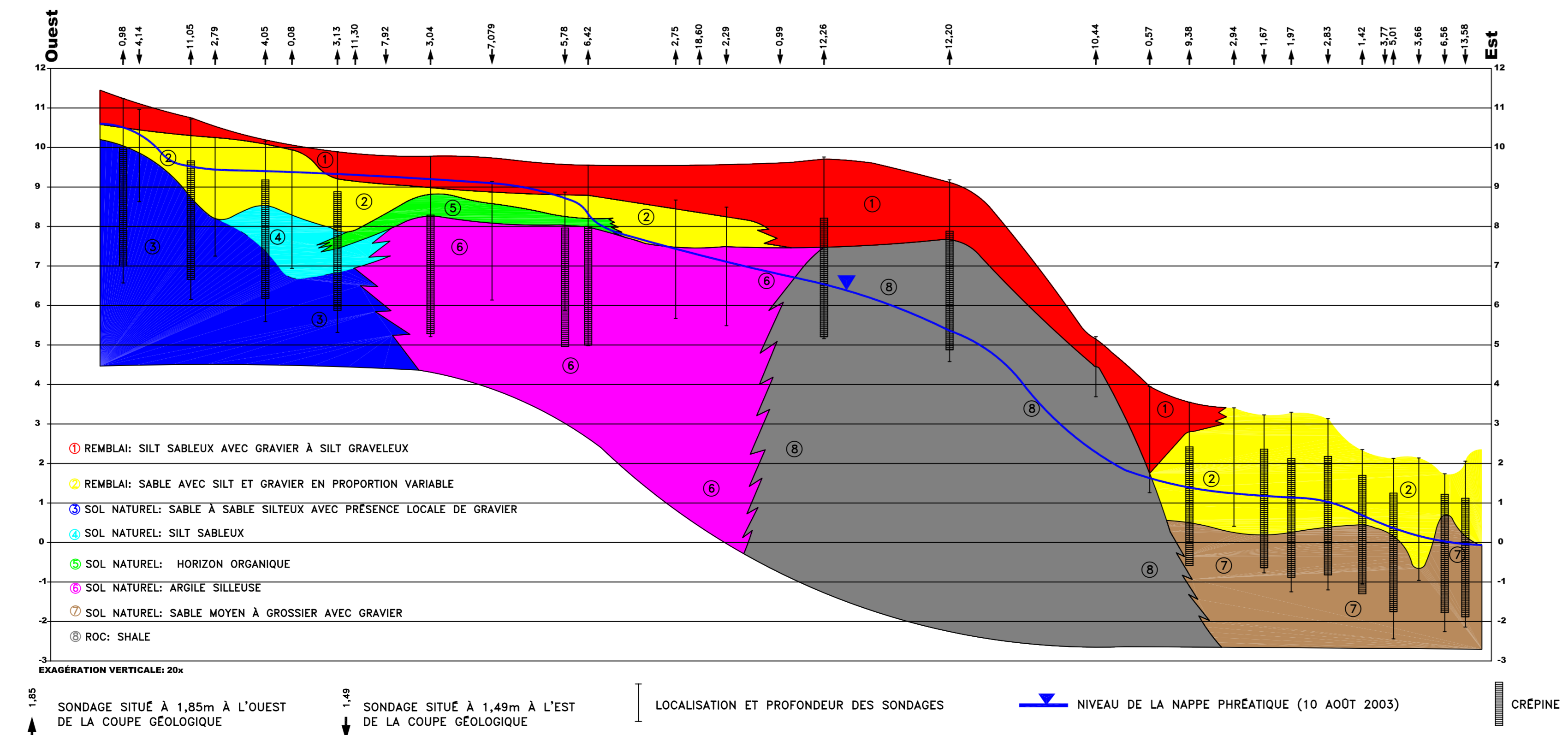
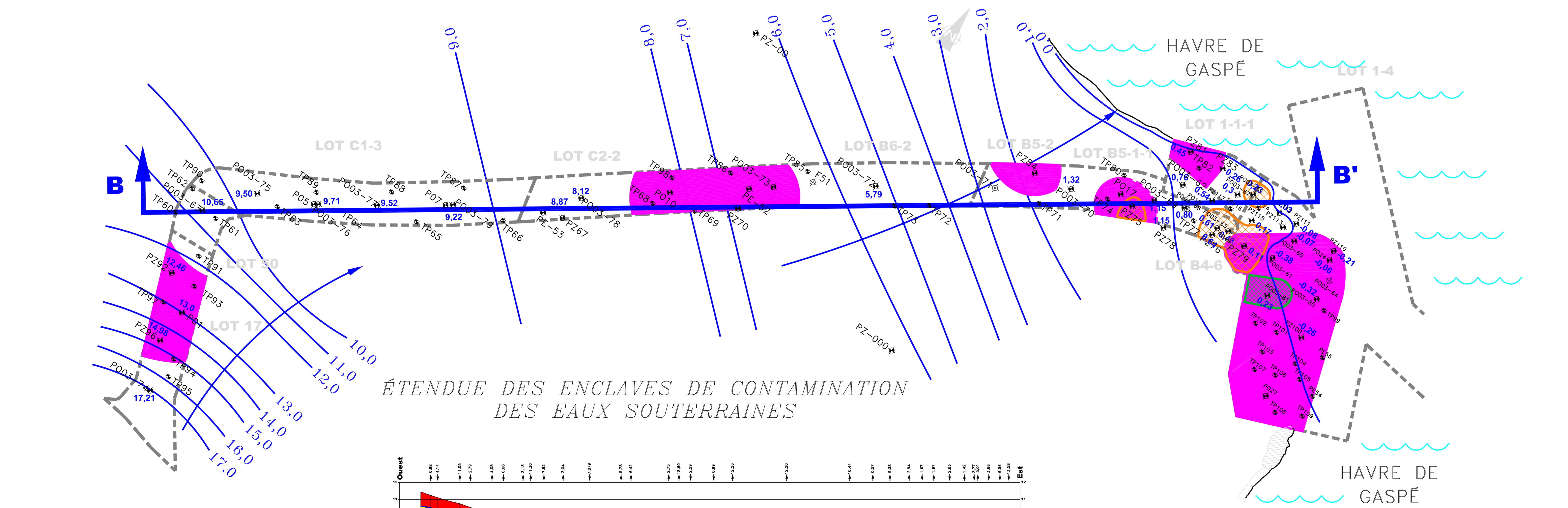
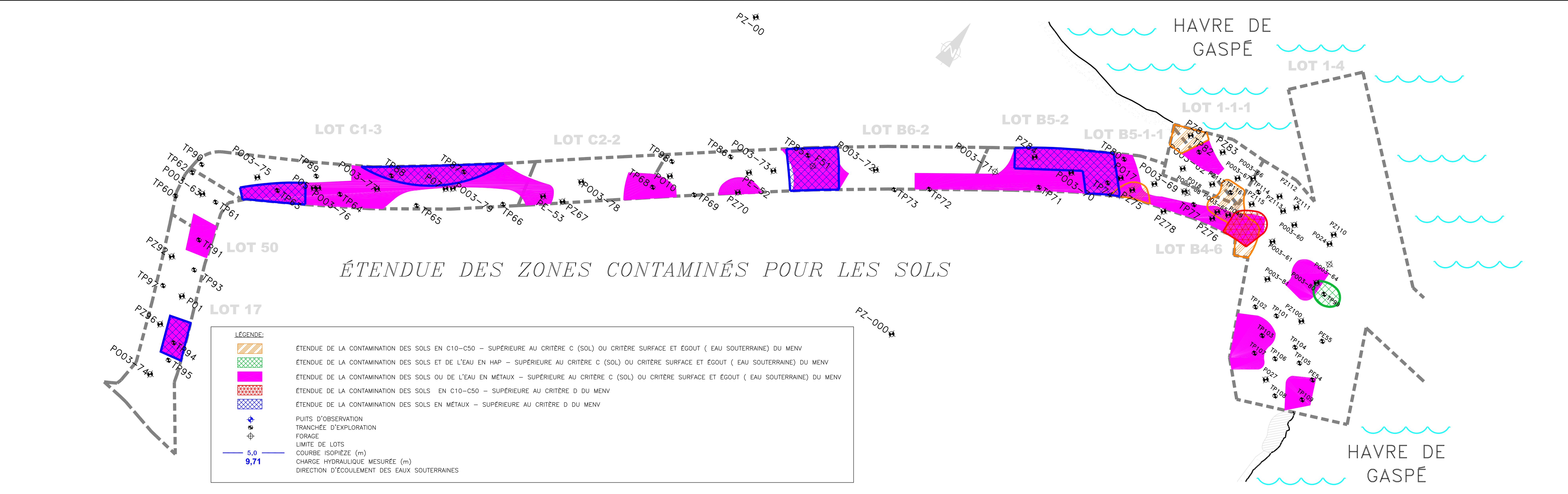
**TechnoRem Inc.**

Caractérisation environnementale approfondie des sols et des eaux souterraines de la rue du Quai, Ville de Gaspé, Québec  
Enclaves de contamination en cuivre simulées 20 ans après l'arrêt des sources

Figure 9-14

**ANNEXE A**  
**PLAN DU SITE**





**ÉTENDUE ET SUPERFICIE DES EAUX SOUTERRAINES AFFECTÉES AU DELÀ DU SEUIL D'ALERTE DU MENV**

Enclave	Lot	Puits montrant un paramètre dépassant le seuil d'alerte	Contamination	Superficie m <sup>2</sup>
1	17	PO-1	Cr: 40, Cu: 45-48, Zn: 290	1650
2	B6-2	PZ-70	Cu: 34-77, Zn: 410	2700
3	B5-2	PZ-84	Cu: 120	600
4	B5-2	PO-17, PZ-75	Cu: 95-130	460
5	1-1-1	PZ-81	Cu: 73	550
6	1-4	PO03-60, PO03-61, PO03-64, PO03-80, PO-24, PZ79	Sr: 11	6800
<b>Total des enclaves contaminées en métaux 12 780</b>				
7	B5-1-1	PZ75	C10-C50: 2700	200
8	1-1-1, 1-4	PO03-66	C10-C50: 2400	200
9	1-4, B5-2 (B4-6)	PO03-65, PZ79, PZ113 (PO-49)	C10-C50: 2400-29 000	1000
<b>Total des enclaves contaminées en C10-C50 1400</b>				
10	1-4	PO03-81	Fluoranthène: 1,6	500
<b>Total des eaux affectées au delà du seuil d'alerte 14 680</b>				

**SOMMAIRE DES RÉSULTATS ANALYTIQUES SUR LES SOLS**

Identification du sol	Identification du sondage	Intervalle analysé	Hydrocarbures		Métaux		Hydrocarbures Aromatiques Monocycliques		Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques	
			Pétrole C <sub>10</sub> -C <sub>12</sub>	C <sub>13</sub> -C <sub>16</sub>	As	AB	BC	CD		
B5-2	PO03-68	3,13-8 / 1,5-2,3	<A	<C	<A	AB	<A	<A	ND	
	PO03-69	3,13-8 / 0,76-1,92	ND	<A	<A	<A	<A	ND		
	PO03-70	0,676	<A	<A	<A	<A	<A	ND		
	TP91	2,0-2,2 / 0,1-0	ND	<A	<A	<A	<A	ND		
	TP92	0,2-0	<C	<C	<C	<C	<C	BC		
	TP93	2,0-2,0 / 0,2-0	AB	AB	AB	AB	AB	AB		
	TP94	2,0-2,0 / 0,2-0	ND	ND	ND	ND	ND	ND		
	TP95	3,0-3,2 / 0,2-0	ND	ND	ND	ND	ND	ND		
	TP96	0,1-0	<A	<A	<A	<A	<A	<A		
	TP97	0,2-0	<A	<A	<A	<A	<A	<A		



**ÉLÉVATION DU NIVEAU DE L'EAU SOUTERRAINE - 10 AOÛT 2003**

Identification du puits	Identification du lot	Élévation du sol (m)	Élévation de la nappe (m)	Pression de l'eau souterraine (kPa)	Élévation de l'eau souterraine (m)
TP21	17	12,51	9,63	2,53	13,60
PZ72		13,12	13,27	0,81	12,46
PZ66		10,08	10,07	0,09	10,08
PO03-74	50	19,69	19,63	0,52	17,21
PO03-63		11,24	11,11	0,46	10,65
PO03-75		10,12	10,63	1,12	9,00

**SOMMAIRE DES RÉSULTATS ANALYTIQUES RÉALISÉS SUR LES EAUX SOUTERRAINES**

Lot	Sondage	Métaux*	Hydrocarbures Pétrole C <sub>10</sub> -C <sub>12</sub>	Hydrocarbures Aromatiques Monocycliques*	Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques*	Paramètres Isopreniques*
17	PO-1	<ESE	<ESE	<ESE	<ESE	<ESE
	PZ-99	<ESE	<ESE	<ESE	<ESE	<ESE
	PZ-70	<ESE	<ESE	<ESE	<ESE	<ESE
	PO03-63	<ESE	<ESE	<ESE	<ESE	<ESE
	PO03-64	<ESE	<ESE	<ESE	<ESE	<ESE

REV. DATE DESCRIPTION DESSINÉ RÉVISÉ APPR.

**TechnoRem**

2345, rue Michel, bureau 220 Laval (Québec) H7L 5B9  
Tél: (450) 681-4749  
Télex: (450) 681-4581

CLIENT: Transport Canada / Transports Canada

PROJET: CARACTÉRISATION ENVIRONNEMENTALE APPROFONDIE DES SOLS ET DES EAUX SOUTERRAINES DE LA RUE DU QUAL, VILLE DE GASPÉ, QUÉBEC.

TITRE: PLAN GÉNÉRAL DU SITE

ÉCHELLE GRAPHIQUE:

ÉCHELLE: 1:1275 APPROX. FORMAT: 351 X 46,8 (841 X 1189)

PROJETÉ PAR: Isabelle Desjardins RÉVISÉ PAR: Isabelle Desjardins

DESSINÉ PAR: Daniel Lortie VÉRIFIÉ PAR: Jean-Marc Louton

NO. DE DESSIN: P103-38 PLAN NO: Montopad DATE: 07-10-03



**ANNEXE B**  
**PHOTOGRAPHIES**





Photo 1 : Recherche des anciens puits d'observation à l'aide d'un détecteur de métal (lot 1-4). Un horizon de gravier a été disposé sur l'ensemble de l'aire de stationnement et autour du hangar (0,3 m). (30-07-03)



Photo 2 : Puits PO-27 retrouvé sous 0,3 m de gravier grâce au détecteur de métal. Vérification de l'état du puits, du niveau d'eau et de sa profondeur. (30-07-03)



Photo 3 : Réalisation de la tranchée d'exploration TP-60 (lot 50). Les sols provenant de l'excavation sont ségrégués en fonction de la lithologie et déposés en piles distinctes pour l'échantillonnage. (31-07-03)



Photo 4 : Réalisation de la tranchée d'exploration TP-62 (lot 50). Un sable fin avec 20 % de cailloux et traces de morceaux de métal correspond au remblai de surface jusqu'à une profondeur de 1 m. (31-07-03)





Photo 5 : Réalisation de la tranchée d'exploration TP-77 (lot B5-2). Le remblai qui atteint une profondeur de 2,8 m est constitué de sable avec des lentilles de silt gris, de gravier et de traces de scories. Échantillonnage composite du remblai à tous les mètres de profondeur. Le périmètre de travail est délimité par des cônes et des barrières de sécurité. (01-08-03)



Photo 6 : Réalisation de la tranchée d'observation TP-85. À 1,0 m de profondeur, ont atteint le roc qui est un shale très altéré. On peut apercevoir les deux tentatives de forage qui ont été avortés à cause du roc présent à proximité de la surface. On aperçoit en arrière plan les piles de sel recouvertes d'une géomembrane. (03-08-03)



Photo 7 :  
Réalisation de la  
tranchée d'exploration  
TP-101 (lot 1-4). On  
aperçoit un pilier de  
bois de l'ancien quai.  
Le remblai qui est  
composé de sable avec  
un peu de gravier, des  
lentilles de silt et des  
traces de bois  
atteignant une  
profondeur de 3,0 m.  
(06-08-03)



Photo 8 :  
Réalisation de la tranchée d'exploration TP-103 (lot 1-4). On  
aperçoit les piles de remblais ainsi que les sols organiques  
noirs qui sont précédés de silt gris verdâtre. (06-08-03)



Photo 9 : Réalisation de forage du PO03-63 (lot 50). Un signaleur de la compagnie « Chemin de fer de la Matapédia et du Golf » est présent lors des travaux effectués près de la voie ferrée. (31-07-03)



Photo 10 : Réalisation du forage PO03-65 (lot B5-2). Le périmètre de travail est délimité par des cônes de sécurité. On aperçoit en arrière plan les travaux d'excavation des tranchées d'exploration ainsi que des réservoirs pétroliers des compagnies Irving et Ultramar. (01-07-03)





Photo 11 : Essai hydraulique sur le puits PO03-73 (lot B6-2) à l'aide d'une pompe. Prise des mesures de niveau d'eau au fur et à mesure du pompage et de la remontée. (08-08-03)



Photo 12 : Tournée piézométrique et prise des valeurs d'émanation de gaz à l'ouverture du puits à l'aide d'un lecteur portatif de vapeurs organiques (Minirae). (10-08-03)



Photo 13 : Purge de l'eau souterraine de tous les puits avant l'échantillonnage à l'aide d'un échantillonneur à bille. L'eau de purge est récupérée pour être ensuite traitée. (10-08-03)



Photo 14 : Prise des mesures physico-chimiques dans tous les puits : oxygène dissous, température, pH, conductivité et potentiel d'oxydo-réduction. (11-08-03)



Photo 15 :  
Échantillonnage de l'eau  
souterraine à l'aide d'un  
échantillonneur à bille qui est  
assigné au puits en  
permanence afin de s'assurer  
de l'intégrité des échantillons.  
(12-08-03)

Photo 16 :  
Traitement de l'eau de purge avec des  
charbons actifs. L'eau une fois traitée  
a été échantillonnée pour l'analyse  
des métaux et des C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub> avant de  
déterminer son lieu de disposition.  
(12-08-03)





**ANNEXE C**  
**RAPPORTS DE CHANTIER**

## RAPPORT DE CHANTIER

**Projet:** PR03-38  
**Lieu:** Rue du Quai, ville de Gaspé

**Propriétaire:** Transports Canada  
**Entrepreneur(s):**

**Représentants TechnoRem:** Isabelle Desjardins  
Mélanie Denoncourt

**Préparé par:**



**TechnoRem**

**Présenté à:**

**Transports  
Canada**

**Page: 1 de 1**

<b>Dates:</b>	<b>Température:</b>
29-juil-03	Ensoleillé, 20°C
9h00	Rencontre d'information des travaux, de sécurité et de repérage des infrastructures souterraines. Étaient sur le site: M. Roger Lévesque de la compagnie Ultramar; M. Daniel Savage de la compagnie Irving; M. Bobby Dufour de la Ville de Gaspé et deux techniciens de la ville pour le repérage des infrastructures souterraines.
9h-10h	Repérage des infrastructures souterraines des deux pétrolières Ultramar et Irving.  Rencontre de M. Weston White de transport Canada qui nous remet les clés du hangar pour l'entreposage de notre matériel. Discussion rapide des travaux à réaliser.
10h-12h	Repérage des infrastructures souterraines de la ville de Gaspé et de l'usine de filtration des eaux usées.
13h	Rencontre à l'Hôtel de ville avec M. Dufour qui nous remet les plans des infrastructures de la ville et de l'émissaire de l'usine de filtration. Un employé de la ville vient marquer à la peinture fluo les lignes d'eau souterraines et les égouts.
14h	Positionnement des sondages prévus en fonction des plans et des repérages fait par la ville et par les pétrolières.  Les représentants des pétrolières viennent confirmer nos positionnement de sondage en fin de journée et nous remettent leur numéro d'urgence.
18h30	Fin de journée. Départ du site.
<b>Préparé par:</b> Isabelle Desjardins	<b>Signature:</b>  <b>Date:</b> 2003-09-09

## RAPPORT DE CHANTIER

**Projet:** PR03-38  
**Lieu:** Rue du Quai, ville de Gaspé

**Propriétaire:** Transports Canada  
**Entrepreneur(s):**

**Représentants TechnoRem:** Isabelle Desjardins  
Mélanie Denoncourt

**Préparé par:**



**TechnoRem**

**Présenté à:**

**Transports  
Canada**

**Page:** 1 de 1

**Dates:** 30-juil-03 **Température:** Ensoleillé, 20°C

8h On va chercher les barrières de sécurité et des cônes de sécurité au garage municipal de la ville de Gaspé.

9h Recherche des puits déjà existants. Certains sont récupérables, d'autres détruits et plusieurs enfouis sous le gravier qui a été rajouté sur l'aire de stationnement du quai.

Emprunt du détecteur de métal au garage municipal et recherche des puits enfouis. Les anciens puits qui ont un couvercle de métal sont repérables mais plusieurs autres ne sont pas retrouvés en raison de leur couvercle en aluminium. Les puits PO-24 et PO-27 sont retrouvés sous 30 cm de gravier.

13h Achat de matériel nécessaire pour débloquer les anciens puits. Un employé de la ville de Gaspé nous aide à ouvrir les puits pris par la rouille.

16h Rencontre avec M. Plourde des chemins de fer Matapédia. Après explication des travaux, il exige qu'un signaleur soit présent en tout temps lors des travaux de forages et d'excavation à moins de 15 pieds de part et d'autre de la voie ferrée.

17h Préparation du matériel pour les travaux de forages et d'excavation pour le lendemain.

18h30 Départ du site.

**Préparé par:**  
**Isabelle Desjardins**

**Signature:**

**Date:**  
2003-09-09

## RAPPORT DE CHANTIER

**Projet:** PR03-38  
**Lieu:** Rue du Quai, ville de Gaspé

**Propriétaire:** Transports Canada  
**Entrepreneur(s):** Forages Ulysse Roy  
Yvan et Garry McKoy Inc.  
**Représentants TechnoRem:** Isabelle Desjardins  
Mélanie Denoncourt

**Préparé par:**



**TechnoRem**

**Présenté à:**

**Transports  
Canada**

**Page: 1 de 1**

**Dates:** 31-juil-03 **Température:** Ensoleillé, 20°C

7h Arrivée sur le site. Rencontre des foreurs de forage Ulysse Roy et explication du plan de santé sécurité au travail.

7h30 Gary McKoy arrive sur le chantier et Mélanie Denoncourt lui explique la nature des travaux et le plan de santé sécurité au travail. Rencontre du signaleur, Wilson Donehue, qui sera présent pendant les travaux le long des voies ferrées.

M. Sylvain Poirier a été dépêché sur le site par Chemin de fer Matapédia, pour indiquer la présence de fils électriques reliés à la voie ferrée. Indication d'un endroit dit sécuritaire et exempt de fillage électrique par M. Poirier pour l'excavation à l'intersection de la voie ferrée et de la rue du Quai. Malgré ces précautions des fils ont été sectionnés lors de l'excavation. M. Sylvain Poirier nous a dit qu'il ignorait la présence et la nature de ces fils. Arrêt de l'excavation et réparation des fils. Ces fils alimentent en courant électrique les poteaux de signalisation lors du passage d'un train.

Les excavations des tranchées d'exploration sont réalisées le long de la voie ferrée sous la surveillance de Mélanie Denoncourt. Les forages débutent près du quai et sont supervisés par Isabelle Desjardins.

Le matériel d'installation des piézomètres arrivent à 10h30.

Réalisation des forages PO03-60 à PO03-63

Réalisation des tranchées d'exploration TP-60 à TP-72. Installation de piézomètres

18h Les foreurs s'en vont. L'excavation TP-70 met à jour l'émissaire de l'usine de filtration. Un voyage de gravier est livré sur place pour recouvrir le tuyau après vérification de celui-ci.

21h Remblayage de l'excavation et départ du site.

Préparation des bordereaux d'analyses. Prise des mesures de COV sur les échantillons. Vérifications de fin de journée.

**Préparé par:**  
**Isabelle Desjardins**

**Signature:**

**Date:**  
2003-09-09

## RAPPORT DE CHANTIER

**Projet:** PR03-38  
**Lieu:** Rue du Quai, ville de Gaspé

**Propriétaire:** Transports Canada  
**Entrepreneur(s):** Forages Ulysse Roy  
Yvan et Garry McKoy Inc.  
**Représentants TechnoRem:** Isabelle Desjardins  
Mélanie Denoncourt

**Préparé par:**



**TechnoRem**

**Présenté à:**

**Transports  
Canada**

**Page: 1 de 1**

**Dates:** 01-août-03 **Température:** Ensoleillé, 20°C

7h Forage de PO03-64. On perce l'aqueduc qui mène au quai. Attente d'une heure avant que la ville vienne fermer la valve. Après discussion avec M. Weston White, celui-ci nous montre les plans du quai où figure la conduite d'eau, cette dernière n'apparaissant sur aucun des plans qui nous avaient été fournis préalablement.

M.White part du site et ne revient pas de la journée.

Forage de PO03 -64 à PO03-68.  
Excavation des tranchées TP-73 à TP-79. Installation de piézomètres.

18h Fin des travaux de forages et d'excavation. Les excavations le long du chemin de fer sont terminés à la fin de la journée et donc, le signaleur M. Wilson Donehue n'a pas à revenir le lendemain

Préparation des bordereaux d'analyses. Prise des mesures de COV sur les échantillons. Vérifications de fin de journée.

**Préparé par:**  
Isabelle Desjardins

**Signature:**

**Date:**  
2003-09-09

## RAPPORT DE CHANTIER

**Projet:** PR03-38  
**Lieu:** Rue du Quai, ville de Gaspé

**Propriétaire:** Transports Canada  
**Entrepreneur(s):** Forages Ulysse Roy  
Yvan et Garry McKoy Inc.  
**Représentants TechnoRem:** Isabelle Desjardins  
Mélanie Denoncourt

**Préparé par:**



**TechnoRem**

**Présenté à:**

**Transports  
Canada**

**Page: 1 de 1**

<b>Dates:</b>	<b>02-août-03</b>	<b>Température:</b>	<b>Ensoleillé, 27°C</b>
7h00	Arrivée sur le site. Forage de PO03-69 à PO03-73. Refus au forage de PO03-71 à cause du roc à 2,5 pieds sous la surface du sol.  Excavation des tranchées TP-80 à TP86 et installation des piézomètres.  Refus aux excavations TP-85 et TP-86. Le roc est rencontré à 1,0 m sous la surface du sol.		
14h15	Bris du tuyau hydraulique de l'excavatrice. Arrêt temporaire des travaux d'excavation pour le reste de la journée.		
18h30	Fin des forages.  Préparation des bordereaux d'analyses. Prise des mesures de COV sur les échantillons. Vérifications de fin de journée.		
<b>Préparé par:</b>	<b>Signature:</b>	<b>Date:</b>	
Isabelle Desjardins		2003-09-09	

## RAPPORT DE CHANTIER

**Projet:** PR03-38  
**Lieu:** Rue du Quai, ville de Gaspé

**Propriétaire:** Transports Canada  
**Entrepreneur(s):** Forages Ulysse Roy

**Représentants TechnoRem:** Isabelle Desjardins

**Préparé par:**



**TechnoRem**

**Présenté à:**

**Transports  
Canada**

**Page:** 1 de 1

<b>Dates:</b>	03-août-03	<b>Température:</b>	Ensoleillé, 28°C
7h00	Arrivée sur le site.  Forage de PO03-74 à PO03-77.		
16h30	Départ des foreurs.  Préparation des bordereaux d'analyses. Prise des mesures de COV sur les échantillons. Maintient des échantillons au froid avec de la glace dans les glaciaires.  Récupération des boues de forages sur un polythène près du hangar.  Compte-rendue au téléphone des travaux avec Jean-Marc Lauzon.		
17h30	Départ du site.		
<b>Préparé par:</b>	<b>Signature:</b>	<b>Date:</b>	
Isabelle Desjardins		2003-09-09	

## RAPPORT DE CHANTIER

**Projet:** PR03-38  
**Lieu:** Rue du Quai, ville de Gaspé

**Propriétaire:** Transports Canada  
**Entrepreneur(s):** Forages Ulysse Roy  
Yvan et Garry McKoy Inc.  
**Représentants TechnoRem:** Isabelle Desjardins  
Mélanie Denoncourt

**Préparé par:**



**TechnoRem**

**Présenté à:**

**Transports  
Canada**

**Page:** 1 de 1

<b>Dates:</b>	04-août-03	<b>Température:</b>	Ensoleillé, 28°C
7h00	Arrivée sur le site.  Forage de PO03-78 à PO03-81. Excavation de TP-87 à TP-98 et installation piézomètre.		
16h00	Fin des forages prévus. Les foreurs ramassent leur matériel. Vérification des factures.		
16h30	Départ des foreurs.  Mélanie Denoncourt s'occupe de la préparation des bordereaux d'analyses Prise des mesures de COV sur les échantillons.  Isabelle Desjardins supervise les dernières tranchées d'observation de la journée.  Récupération des boues de forages sur un polythène et échantillonnage en un composite, envoyé par courrier express au laboratoire.		
18h30	Fin des travaux, départ du site.		
<b>Préparé par:</b>	<b>Signature:</b>	<b>Date:</b>	
Isabelle Desjardins		2003-09-09	



## RAPPORT DE CHANTIER

**Projet:** PR03-38  
**Lieu:** Rue du Quai, ville de Gaspé

**Propriétaire:** Transports Canada  
**Entrepreneur(s):**

**Représentants TechnoRem:** Isabelle Desjardins  
Mélanie Denoncourt

**Préparé par:**



**TechnoRem**

**Présenté à:**

**Transports  
Canada**

**Page:** 1 de 1

**Dates:** 05-août-03 **Température:** Pluvieux, 18°C

7h00 Arrivée sur le site.

Préparation des échantillons pour envoi par courrier express pour les analyses des HAM (délai de 7 jours).

Prise de mesure des COV et coordination des travaux pour les jours à venir.

Achat de matériel nécessaire pour couper les piézomètres installés dans les tranchées d'exploration et pour cimenter les boîtes protectrices des piézomètres.

Sciage de tous les piézomètres afin de les mettre au niveau du sol avant l'arpentage qui est prévu pour le 7 août.

Début de la cimentation des têtes de puits.

Vérification des conditions météorologiques avec l'arpenteur Connolly et coordination des travaux d'arpentage prévus.

16h45 Vérifications de fin de journée. Départ du site.

Note: Travaux de réparation de la conduite d'aqueduc du quai par le groupe Oméga Inc. de 8 h à 17 h Charles Bernier qui est responsable nous explique la nature des travaux à faire. Le tuyau est craqué mais le fil électrique n'est pas touché.

**Préparé par:**  
**Isabelle Desjardins**

**Signature:**

**Date:**  
2003-09-09

## RAPPORT DE CHANTIER

**Projet:** PR03-38  
**Lieu:** Rue du Quai, ville de Gaspé

**Propriétaire:** Transports Canada  
**Entrepreneur(s):** Yvan et Garry McKoy Inc.

**Représentants TechnoRem:** Isabelle Desjardins  
Mélanie Denoncourt

**Préparé par:**



**TechnoRem**

**Présenté à:**

**Transports  
Canada**

**Page:** 1 de 1

**Dates:** 06-août-03

**Température:** Pluie abondante, 15°C

7h00 Arrivée sur le site.  
Excavation des tranchées d'exploration TP99 à TP117 sous la supervision de Isabelle. Installation de piézomètres

Mélanie réalise sept (7) essais hydrauliques après discussion avec Jean-Marc Lauzon (PO-1, PO03-76, PO03-73, PO03-70, PO03-62, PO-27, PO03-81). Plusieurs puits ont une conductivité trop grande pour un pompage manuel. L'utilisation d'une pompe sera nécessaire pour réaliser ces essais hydrauliques.

Vérification des descriptions de forages et de tranchées d'observation ainsi que des mesures de COV sur tous les échantillons réalisés afin de déterminer le plan d'échantillonnage des eaux souterraines. Réalisation d'un plan avec tous les nouveaux puits et les problématiques possibles liées à chacun en fonction des données organoleptiques recueillies lors des sondages.

Conversation avec Jean-Marc Lauzon pour lui faxer les informations nécessaires à la compréhension du terrain et des problématiques possibles.

18h30 Fin des tranchées d'exploration. Départ du site.

**Préparé par:**  
Isabelle Desjardins

**Signature:**

**Date:**  
2003-09-09

## RAPPORT DE CHANTIER

**Projet:** PR03-38  
**Lieu:** Rue du Quai, ville de Gaspé

**Propriétaire:** Transports Canada  
**Entrepreneur(s):** Roy, Roy et Connolly

**Représentants TechnoRem:** Isabelle Desjardins  
Mélanie Denoncourt

**Préparé par:**



**TechnoRem**

**Présenté à:**

**Transports  
Canada**

**Page:** 1 de 1

<b>Dates:</b>	07-août-03	<b>Température:</b>	Pluie abondante, 18°C
8h00	Arrivée sur le site. Préparation du matériel nécessaire pour l'arpentage.		
9h00	Arrivée des arpenteurs de chez Roy, Roy et Connolly. Planification des travaux. Résumé des sondages et des points à arpenter.		
	Arpentage au GPS. Mélanie s'assure que tous les puits et points stratégiques soient arpentés.		
	Isabelle coupe les tuyaux de PVC des piézomètres installés dans les tranchées d'observation réalisées la journée précédente. Cimentation du tuyau protecteur au niveau du sol de tous les piézomètres.		
15h00	Fin de l'arpentage.		
	Préparatifs pour les essais hydrauliques à la pompe Redyflow prévus le lendemain.		
16h00	Départ du site.		
<b>Préparé par:</b>	<b>Signature:</b>	<b>Date:</b>	
Isabelle Desjardins		2003-09-09	

## RAPPORT DE CHANTIER

**Projet:** PR03-38  
**Lieu:** Rue du Quai, ville de Gaspé

**Propriétaire:** Transports Canada  
**Entrepreneur(s):**

**Représentants TechnoRem:** Isabelle Desjardins  
Mélanie Denoncourt

**Préparé par:**



**TechnoRem**

**Présenté à:**

**Transports  
Canada**

**Page:** 1 de 1

<b>Dates:</b>	<b>Température:</b>
08-août-03	Pluie constante, 15°C
8h30	Arrivée sur le site. Préparation de la pompe redyflow pour les essais hydrauliques.
9h00	Location d'une génératrice de 1000 Watt pour le fonctionnement de la pompe.  Essais hydrauliques d'une durée de 30 minutes chacun réalisés par Mélanie et Isabelle sur les puits (PO03-73, PO03-80, PO03-62, PO03-67).
18h00	Fin des essais hydrauliques. Nettoyage de la pompe et du matériel. La génératrice est retournée le lendemain.
<b>Préparé par:</b> Isabelle Desjardins	<b>Signature:</b>  <b>Date:</b> 2003-09-09

## RAPPORT DE CHANTIER

**Projet:** PR03-38  
**Lieu:** Rue du Quai, ville de Gaspé

**Propriétaire:** Transports Canada  
**Entrepreneur(s):**

**Représentants TechnoRem:** Isabelle Desjardins  
Mélanie Denoncourt

**Préparé par:**



**TechnoRem**

**Présenté à:**

**Transports  
Canada**

**Page:** 1 de 1

**Dates:** 10-août-03 **Température:** Ensoleillé, 20°C

9h-18h Tournée piézométrique et mesure des fonds et des vapeurs dans chaque puits.  
Purge des puits à l'échantillonneur manuel.  
Prise du niveau d'eau à plusieurs reprises dans le puits PO03-66 dans la journée afin de vérifier l'effet des marées sur les puits à proximité de l'eau.

Préparation des bouteilles pour l'échantillonnage de l'eau prévu pour le lendemain.

Traitement de l'eau de purge au charbon activé et prise d'un échantillon d'eau pour envoi express au laboratoire.

**Préparé par:**  
Isabelle Desjardins

**Signature:**

**Date:**  
2003-09-09

## RAPPORT DE CHANTIER

**Projet:** PR03-38  
**Lieu:** Rue du Quai, ville de Gaspé

**Propriétaire:** Transports Canada  
**Entrepreneur(s):**

**Représentants TechnoRem:** Isabelle Desjardins  
Mélanie Denoncourt

**Préparé par:**



**TechnoRem**

**Présenté à:**

**Transports  
Canada**

**Page:** 1 de 1

<b>Dates:</b>	11-août-03	<b>Température:</b>	Ensoleillé, 20°C
8h	Prise des mesures physico-chimiques dans chaque puits. Échantillonnage de l'eau souterraines dans tous les puits. Conservation des échantillons au froid. Préparation des bordereaux d'analyses.		
18h	Départ du site.		
20-21h30	Filtration de quelques échantillons de métaux avec des filtres 200 um.		
<b>Préparé par:</b>	<b>Signature:</b>	<b>Date:</b>	
Isabelle Desjardins		2003-09-09	

## RAPPORT DE CHANTIER

**Projet:** PR03-38  
**Lieu:** Rue du Quai, ville de Gaspé

**Propriétaire:** Transports Canada  
**Entrepreneur(s):**

**Représentants TechnoRem:** Isabelle Desjardins  
Mélanie Denoncourt

**Préparé par:**



**TechnoRem**

**Présenté à:**

**Transports  
Canada**

**Page: 1 de 1**

**Dates:** 12-août-03 **Température:** Ensoleillé, 20°C

9h Échantillonnage des eaux souterraines pour toutes les analyses en métaux. Envoie par courrier express afin que les échantillons arrivent en 24 heures à partir du moment où ils ont été échantillonnés pour filtration au laboratoire à Montréal. David Morin de TechnoRem s'occupe d'aller chercher les échantillons au terminus à Montréal.

Prise des mesures physico-chimiques dans chaque puits. Échantillonnage de l'eau souterraines des puits restants. Conservation des échantillons au froid. Préparation des bordereaux d'analyses.

18h Fin de l'échantillonnage. Préparation des échantillons pour le voyage de retour. Nettoyage des lieux et chargement du matériel dans la camionnette.

19h30 Départ du site.

**Préparé par:**  
**Isabelle Desjardins**

**Signature:**

**Date:**  
2003-09-09

## RAPPORT DE CHANTIER

**Projet:** PR03-38  
**Lieu:** Rue du Quai, ville de Gaspé

**Propriétaire:** Transports Canada  
**Entrepreneur(s):**

**Représentants TechnoRem:** Isabelle Desjardins  
Mélanie Denoncourt

**Préparé par:**



**TechnoRem**

**Présenté à:**

**Transports  
Canada**

**Page:** 1 de 1

<b>Dates:</b>	13-août-03	<b>Température:</b>	Ensoleillé, 20°C
8h00	Échantillonnage à la tarière manuelle de sols au niveau de l'eau à l'endroit du PZ-81 et PZ-79 pour l'analyse de bactéries hydrocarbonoclastes. Mise des sols dans des pots stérilisés.		
9h00	Départ du site.  Départ vers Montréal.		
<b>Préparé par:</b>	<b>Signature:</b>	<b>Date:</b>	
Isabelle Desjardins		2003-09-09	



**ANNEXE D**  
**RAPPORTS DE SONDAGES**

**ANNEXE D-1**

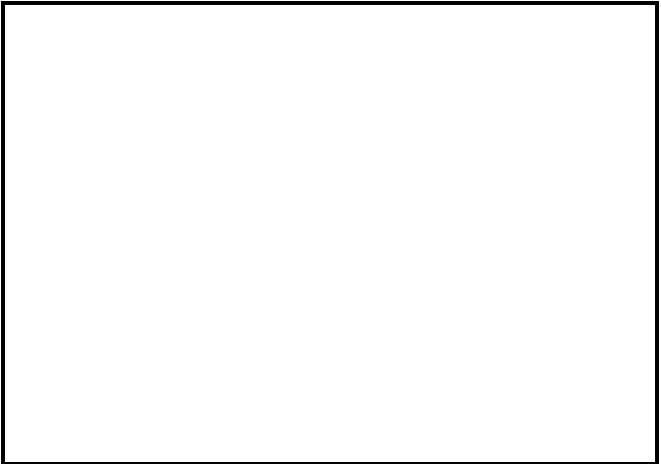
**RAPPORTS DE TRANCHÉES D'EXPLORATION**

**RAPPORT DE SONDAGE : TRANCÉE D'OBSERVATION**

<b>Client :</b>	Transports Canada	<b>Tranchée No.:</b>	TP00 (PZ00)
<b>Projet :</b>	PR03-38	<b>Face décrite:</b>	Toutes
<b>Endroit:</b>	Rue du Quai, Ville de Gaspé	<b>Date (jj-mm-aa) :</b>	04-08-03
<b>Description du site:</b>	Rue Guigley	<b>Effectué par:</b>	Mélanie Denoncourt
		<b>Véifié par:</b>	Manon Wilson

DESCRIPTION DU SOL EN PLACE (nature, composition, couleur, consistance, compacité, humidité, etc.)			PHOTOS		ÉCHANTILLONS			ANALYSES
PROFONDEUR (m)	Nature	DESCRIPTION VISUELLE	PROFONDEUR (m)	No	PROFONDEUR (m)	No	COV MiniRae (ppm)	PARAMETRES
0-4,0		Excavation sans échantillonnage et description. Installation d'un piézomètre seulement.						

EXCAVATION	
<b>Équipement utilisé:</b>	Pelle hydraulique
<b>Coordonnées:</b>	nord : 5409665,707 est : 308730,141
<b>Élévation du terrain:</b>	10,975 m
<b>Élévation de la margelle:</b>	11,025 m
<b>Dimension:</b>	
<b>Profondeur maximale:</b>	4,0 m
<b>Orientation:</b>	
REMARQUES	
Installation d'un piézomètre jusqu'à 4,0 m de profondeur. Venue d'eau lente à 2,0 m.	
LÉGENDE	
<b>Sa:</b> Sable <b>Si:</b> Silt <b>A:</b> Argile <b>R:</b> Remblai	



**RAPPORT DE SONDAGE : TRANCHÉE D'OBSERVATION**

<b>Client :</b>	Transports Canada	<b>Tranchée No.:</b>	TP000 (PZ000)
<b>Projet :</b>	PR03-38	<b>Face décrite:</b>	Toutes
<b>Endroit:</b>	Rue du Quai, Ville de Gaspé	<b>Date (jj-mm-aa) :</b>	06-08-03
<b>Description du site:</b>	Rue du Chantier Maritime	<b>Effectué par:</b>	Isabelle Desjardins
		<b>Vérfié par:</b>	Manon Wilson

DESCRIPTION DU SOL EN PLACE (nature, composition, couleur, consistance, compacité, humidité, etc.)			PHOTOS		ÉCHANTILLONS			ANALYSES
PROFONDEUR (m)	Nature	DESCRIPTION VISUELLE	PROFONDEUR (m)	No	PROFONDEUR (m)	No	COV MiniRae (ppm)	PARAMETRES
0,0 - 2,6		Excavation sous échantillonnage et description. Roc altéré. Refus à 2,6 m. Installation d'un piézomètre seulement.						

EXCAVATION	
<b>Équipement utilisé:</b>	Pelle hydraulique
<b>Coordonnées:</b>	nord : 5409552,555 est : 308912,178
<b>Élévation du terrain:</b>	7,833 m
<b>Élévation de la margelle:</b>	7,694 m
<b>Dimension:</b>	
<b>Profondeur maximale:</b>	2,6 m
<b>Orientation:</b>	
<b>REMARQUES</b>	
Installation d'un piézomètre à 2,6 m de profondeur. / Venue d'eau rapide à 2,0 m.	
<b>LÉGENDE</b>	
<b>Sa:</b> Sable <b>Si:</b> Silt <b>A:</b> Argile <b>R:</b> Remblai	



## RAPPORT DE SONDAGE : TRANCÉE D'OBSERVATION

<b>Client :</b>	Transports Canada	<b>Tranchée No.:</b>	TP60
<b>Projet :</b>	PR03-38	<b>Face décrite:</b>	Toutes
<b>Endroit:</b>	Rue du Quai, Ville de Gaspé	<b>Date (jj-mm-aa) :</b>	31-07-03
<b>Description du site:</b>	Lot 50, près de la voie ferrée	<b>Effectué par:</b>	Mélanie Denoncourt
		<b>Vérifié par:</b>	Manon Wilson

DESCRIPTION DU SOL EN PLACE (nature, composition, couleur, consistance, compacité, humidité, etc.)			PHOTOS		ÉCHANTILLONS			ANALYSES
PROFONDEUR (m)	Nature	DESCRIPTION VISUELLE	PROFONDEUR (m)	No	PROFONDEUR (m)	No	COV MiniRae (ppm)	PARAMETRES
0,0 - 0,9	R	Remblai: Sable moyen et cailloux (50%) avec un peu de silt, brun pâle, sec, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.			0,0 - 0,9	1	-	
0,9 - 1,1	R	Sable moyen avec un peu de cailloux, brun foncé, humide, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.			0,9 - 1,1	2	0	
1,1 - 2,1	Sa	Sable fin interlité d'horizons de silt gris foncé, humide à saturé, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers. Présence d'un horizon noir correspondant à l'ancienne horizon de surface.			1,1 - 1,9	3	0	Métaux
2,1 - 3,0	Sa-Si	Sable fin silteux, gris foncé, saturé, pas d'odeurs d'hydrocarbures pétroliers.			1,9 - 2,1	4	0	
					2,1 - 3,0	5	0	

EXCAVATION	
<b>Équipement utilisé:</b>	Pelle hydraulique
<b>Coordonnées:</b>	nord : 5409368,281 est : 308498,467
<b>Élévation du terrain:</b>	11,570 m
<b>Dimension:</b>	1,2 x 3,3 m
<b>Profondeur maximale:</b>	3,0 m
<b>Orientation:</b>	E-O
REMARQUE	
Venue d'eau à 2,0 mètres.	
LÉGENDE	
Sa: Sable   Si: Silt   A: Argile   R: Remblai	

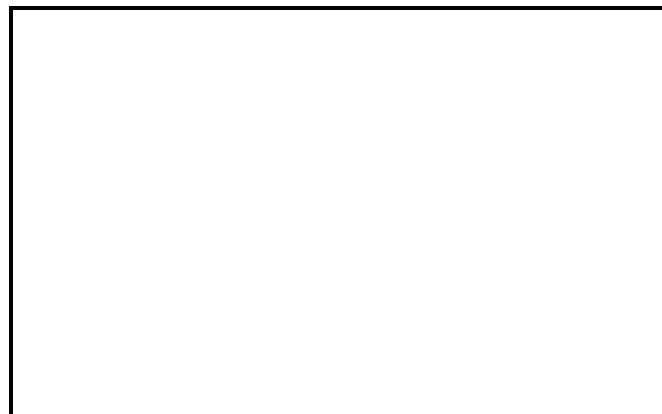


**RAPPORT DE SONDAGE : TRANCHÉE D'OBSERVATION**

<b>Client :</b>	Transports Canada	<b>Tranchée No.:</b>	TP61
<b>Projet :</b>	PR03-38	<b>Face décrite:</b>	Toutes
<b>Endroit:</b>	Rue du Quai, Ville de Gaspé	<b>Date (jj-mm-aa) :</b>	31-07-03
<b>Description du site:</b>	Lot 50, entre deux voies ferrées	<b>Effectué par:</b>	Mélanie Denoncourt
		<b>Vérifié par:</b>	Manon Wilson

DESCRIPTION DU SOL EN PLACE (nature, composition, couleur, consistance, compacité, humidité, etc.)			PHOTOS		ÉCHANTILLONS			ANALYSES
PROFONDEUR (m)	Nature	DESCRIPTION VISUELLE	PROFONDEUR (m)	No	PROFONDEUR (m)	No	COV MiniRae (ppm)	PARAMETRES
0,0 - 0,9	<b>R</b>	Remblai: Sable silteux avec un peu de cailloux (20%) et traces de bois, brun foncé, humide, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.			0,0 - 0,9	1	0	Métaux
0,9 - 1,1	<b>R</b>	Remblai: Sable silteux avec traces de bois et de métal, humide, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.			0,9 - 1,1	2	2,7	
1,1 - 2,0	<b>Sa</b>	Sable fin, brun, humide à saturé, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.			1,1 - 2,0	3	0	
2,0 - 2,3	<b>Sa-Si</b>	Sable silteux, gris, saturé, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.			2,0 - 2,3	4	1,2	

EXCAVATION	
<b>Équipement utilisé:</b>	Pelle hydraulique
<b>Coordonnées:</b>	nord : 5409379,418 est : 308521,128
<b>Élévation du terrain:</b>	10,963 m
<b>Dimension:</b>	1,2 x 3,2 m
<b>Profondeur maximale:</b>	2,3 m
<b>Orientation:</b>	N-S
REMARQUE	
Venue d'eau à 1,5 m et à 2,0 m.	
LÉGENDE	
<b>Sa:</b> Sable <b>Si:</b> Silt <b>A:</b> Argile <b>R:</b> Remblai	

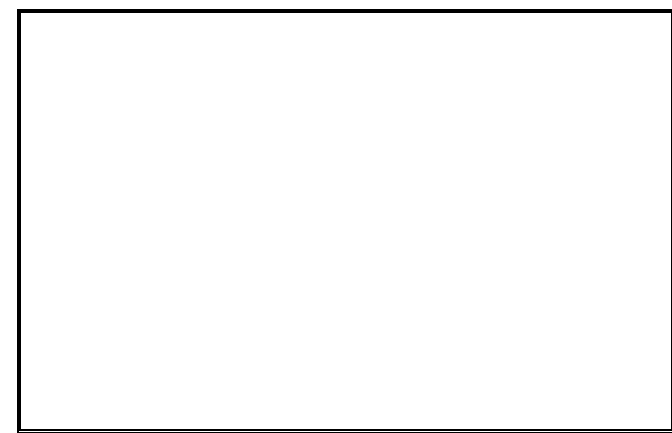


**RAPPORT DE SONDAGE : TRANCHÉE D'OBSERVATION**

<b>Client :</b>	Transports Canada	<b>Tranchée No.:</b>	TP62
<b>Projet :</b>	PR03-38	<b>Face décrite:</b>	Toutes
<b>Endroit:</b>	Rue du Quai, Ville de Gaspé	<b>Date (jj-mm-aa) :</b>	31-07-03
<b>Description du site:</b>	Lot 50	<b>Effectué par:</b>	Mélanie Denoncourt
		<b>Vérifié par:</b>	Manon Wilson

DESCRIPTION DU SOL EN PLACE (nature, composition, couleur, consistance, compacité, humidité, etc.)			PHOTOS		ÉCHANTILLONS			ANALYSES
PROFONDEUR (m)	Nature	DESCRIPTION VISUELLE	PROFONDEUR (m)	No	PROFONDEUR (m)	No	COV MiniRae (ppm)	PARAMETRES
0,0 - 1,0	<b>R</b>	Remblai: Sable fin avec un peu de cailloux (20%) et traces de métal, humide, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.			0,0 - 1,0	1	1,2	Métaux
1,0 - 2,0	<b>Sa-Si</b>	Sable silteux, gris, saturé, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.			1,7 - 2,0	2	38	
2,0 - 3,0	<b>Si-Sa</b>	Silt sableux, gris, saturé, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.			2,0 - 3,0	3	0	

EXCAVATION	
<b>Équipement utilisé:</b>	Pelle hydraulique
<b>Coordonnées:</b>	nord : 5409386,094 est : 308498,671
<b>Élévation du terrain:</b>	10,823 m
<b>Dimension:</b>	1,2 x 2,8 m
<b>Profondeur maximale:</b>	3,0 m
<b>Orientation:</b>	E-O
REMARQUE	
Venue d'eau à 1,5 m.	
LÉGENDE	
<b>Sa:</b> Sable <b>Si:</b> Silt <b>A:</b> Argile <b>R:</b> Remblai	

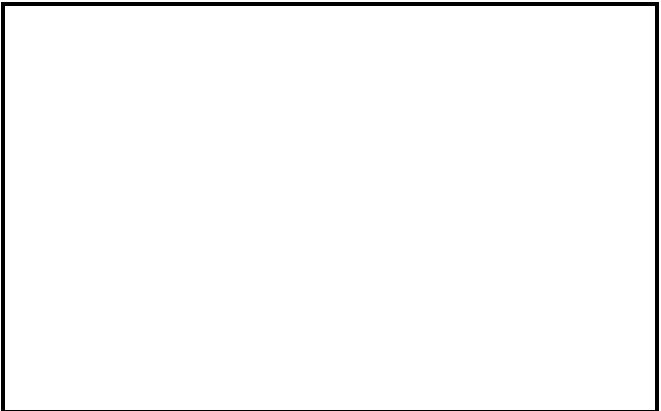


**RAPPORT DE SONDAGE : TRANCÉE D'OBSERVATION**

<b>Client :</b>	Transports Canada	<b>Tranchée No.:</b>	TP63
<b>Projet :</b>	PR03-38	<b>Face décrite:</b>	Toutes
<b>Endroit:</b>	Rue du Quai, Ville de Gaspé	<b>Date (jj-mm-aa) :</b>	31-07-03
<b>Description du site:</b>	Lot C1-3, entre voie ferrée et rue du Quai, devant le 13 rue du Quai	<b>Effectué par:</b>	Mélanie Denoncourt
		<b>Vérifié par:</b>	Manon Wilson

DESCRIPTION DU SOL EN PLACE (nature, composition, couleur, consistance, compacité, humidité, etc.)			PHOTOS		ÉCHANTILLONS			ANALYSES
PROFONDEUR (m)	Nature	DESCRIPTION VISUELLE	PROFONDEUR (m)	No	PROFONDEUR (m)	No	COV MiniRae (ppm)	PARAMETRES
0,0 - 1,0	<b>R</b>	Remblai: Sable fin et lentilles de silt induré avec un peu de cailloux (30%) et traces de charbon, brun-gris avec rouille, légèrement humide, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers. Présence d'un horizon à 0,3 m de bois et racines.			0,0 - 1,0	1	0	Métaux
1,0 - 2,0	<b>R</b>	Sable fin à moyen avec quelques lentilles de silt gris et traces de bois en décomposition et cailloux (10%) et blocs, brun, humide, moyenne odeur de décomposition			1,0 - 2,0	2	2,5	Soufre/Métaux
2,0 - 3,0	<b>Sa</b>	Avec 5% cailloux, saturé, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.			2,0 - 2,6	3	2,9	
					2,6 - 3,0	4	0	

EXCAVATION	
<b>Équipement utilisé:</b>	Pelle hydraulique
<b>Coordonnées:</b>	nord : 5409407,381 est : 308548,376
<b>Élévation du terrain:</b>	9,937 m
<b>Dimension:</b>	2,8 x 1,2 m
<b>Profondeur maximale:</b>	3,0 m
<b>Orientation:</b>	N-S
REMARQUE	
Venue d'eau à 2,4 m.	
LÉGENDE	
<b>Sa:</b> Sable <b>Si:</b> Silt <b>A:</b> Argile <b>R:</b> Remblai	







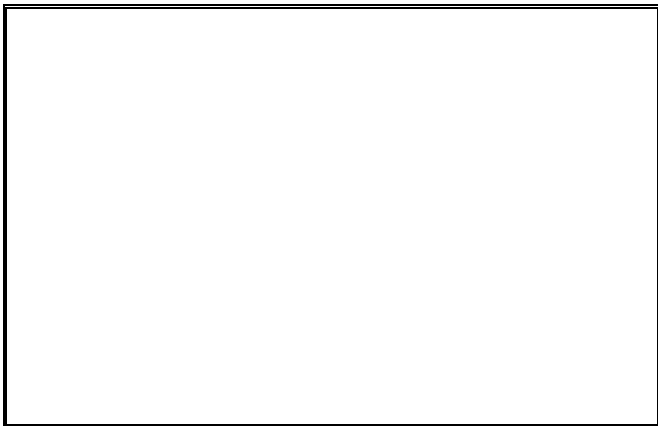


**RAPPORT DE SONDAGE : TRANCHÉE D'OBSERVATION**

<b>Client :</b>	Transports Canada	<b>Tranchée No.:</b>	TP66
<b>Projet :</b>	PR03-38	<b>Face décrite:</b>	Toutes
<b>Endroit:</b>	Rue du Quai, Ville de Gaspé	<b>Date (jj-mm-aa) :</b>	31-07-03
<b>Description du site:</b>	Lot C1-3, entre voie ferrée et fossé	<b>Effectué par:</b>	Mélanie Denoncourt
		<b>Vérifié par:</b>	Manon Wilson

DESCRIPTION DU SOL EN PLACE (nature, composition, couleur, consistance, compacité, humidité, etc.)			PHOTOS		ÉCHANTILLONS			ANALYSES
PROFONDEUR (m)	Nature	DESCRIPTION VISUELLE	PROFONDEUR (m)	No	PROFONDEUR (m)	No	COV MiniRae (ppm)	PARAMETRES
0,0 - 0,8	<b>R</b>	Remblai: terre organique et silt avec un peu de bois, brun foncé à noir et taches de rouille, humide, moyenne odeur de décomposition.			0,0 - 0,8	1	4,1	
0,8 - 3,0	<b>A-Si</b>	Argile silteuse, gris-vert, humide à saturé, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.			0,8 - 2,0	2	1,1	Métaux
					2,0 - 3,0	3	0	

EXCAVATION	
<b>Équipement utilisé:</b>	Pelle hydraulique
<b>Coordonnées:</b>	nord : 5409480,769 est : 308668,219
<b>Élévation du terrain:</b>	9,142 m
<b>Dimension:</b>	1,2 x 2,9 m
<b>Profondeur maximale:</b>	3,0 m
<b>Orientation:</b>	N-S
REMARQUES	
LÉGENDE	
<b>Sa:</b> Sable <b>Si:</b> Silt <b>A:</b> Argile <b>R:</b> Remblai	



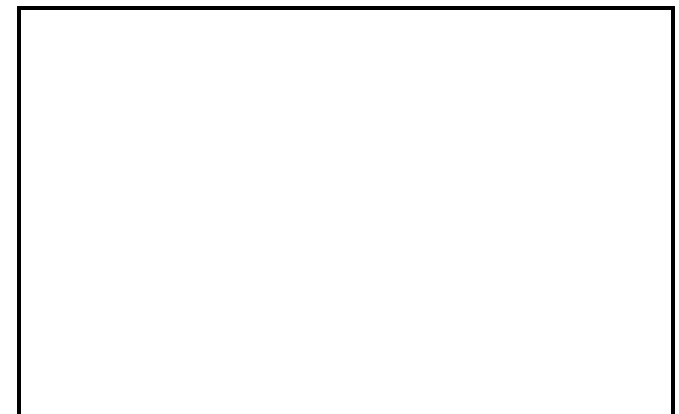


**RAPPORT DE SONDAGE : TRANCÉE D'OBSERVATION**

<b>Client :</b>	Transports Canada	<b>Tranchée No.:</b>	TP68
<b>Projet :</b>	PR03-38	<b>Face décrite:</b>	Toutes
<b>Endroit:</b>	Rue du Quai, Ville de Gaspé	<b>Date (jj-mm-aa) :</b>	31-07-03
<b>Description du site:</b>	Lot B6-2, entre voie ferrée et rue du Quai, au coin de la rue Chantier Maritime	<b>Effectué par:</b>	Mélanie Denoncourt
		<b>Vérifié par:</b>	Manon Wilson

DESCRIPTION DU SOL EN PLACE (nature, composition, couleur, consistance, compacité, humidité, etc.)			PHOTOS		ÉCHANTILLONS			ANALYSES
PROFONDEUR (m)	Nature	DESCRIPTION VISUELLE	PROFONDEUR (m)	No	PROFONDEUR (m)	No	COV MiniRae (ppm)	PARAMETRES
0,0 - 1,2	<b>R</b>	Remblai: Sable fin à moyen avec un peu de silt et 40% de cailloux et gravier, traces de blocs et bois, légère odeur d'hydrocarbures pétroliers entre 0,4 et 0,8 m.			0,0 - 1,2	1	0,6	Métaux
1,2 - 3,0	<b>A-Si</b>	Argile silteuse, gris-vert avec taches de rouille, légèrement humide (se débite en bloc), pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.			1,2 - 2,0	2	0	Métaux
					2,0 - 3,0	3	0,4	

EXCAVATION	
<b>Équipement utilisé:</b>	Pelle hydraulique
<b>Coordonnées:</b>	nord : 5409542,781 est : 308738,205
<b>Élévation du terrain:</b>	8,673 m
<b>Dimension:</b>	1,2 x 2,9 m
<b>Profondeur maximale:</b>	3,0 m
<b>Orientation:</b>	E-O
REMARQUES	
LÉGENDE	
<b>Sa:</b> Sable <b>Si:</b> Silt <b>A:</b> Argile <b>R:</b> Remblai	











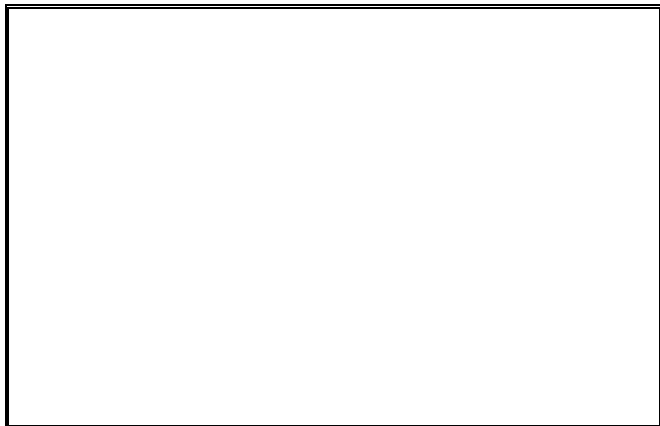


**RAPPORT DE SONDAGE : TRANCÉE D'OBSERVATION**

<b>Client :</b>	Transports Canada	<b>Tranchée No.:</b>	TP73
<b>Projet :</b>	PR03-38	<b>Face décrite:</b>	Toutes
<b>Endroit:</b>	Rue du Quai, Ville de Gaspé	<b>Date (jj-mm-aa) :</b>	01-08-03
<b>Description du site:</b>	Lot B6-2, bord de voie ferrée, dans un rabaissement du terrain.	<b>Effectué par:</b>	Mélanie Denoncourt
		<b>Vérifié par:</b>	Manon Wilson

DESCRIPTION DU SOL EN PLACE (nature, composition, couleur, consistance, compacité, humidité, etc.)			PHOTOS		ÉCHANTILLONS			ANALYSES
PROFONDEUR (m)	Nature	DESCRIPTION VISUELLE	PROFONDEUR (m)	No	PROFONDEUR (m)	No	COV MiniRae (ppm)	PARAMETRES
0,0 - 1,8	<b>R</b>	Remblai: sable avec un peu de silt et gravier et traces de matière organique et de scories, brun foncé, légèrement humide à saturé en profondeur, légère odeur d'hydrocarbures pétroliers.			0,0 - 1,0	1	42,8	
1,8	<b>Roc</b>	Roc.			1,0 - 1,8	2	65,6	C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> / Métaux
					1,8	3	36,2	

EXCAVATION	
<b>Équipement utilisé:</b>	Pelle hydraulique
<b>Coordonnées:</b>	nord : 5409627,577 est : 308862,094
<b>Élévation du terrain:</b>	6,131 m
<b>Dimension:</b>	1,2 x 2,0 m
<b>Profondeur maximale:</b>	1,8 m
<b>Orientation:</b>	E-O
REMARQUES	
Venue d'eau à 1,2 m.	
LÉGENDE	
<b>Sa:</b> Sable <b>Si:</b> Silt <b>A:</b> Argile <b>R:</b> Remblai	





**RAPPORT DE SONDAGE : TRANCHÉE D'OBSERVATION**

<b>Client :</b>	Transports Canada	<b>Tranchée No.:</b>	TP75 (PZ75)
<b>Projet :</b>	PR03-38	<b>Face décrite:</b>	Toutes
<b>Endroit:</b>	Rue du Quai, Ville de Gaspé	<b>Date (jj-mm-aa) :</b>	01-08-03
<b>Description du site:</b>	Lot B5-2, entre la voie ferrée et rue du Quai, en face de l'entrepôt de Shell	<b>Effectué par:</b>	Mélanie Denoncourt
		<b>Vérfié par:</b>	Manon Wilson

DESCRIPTION DU SOL EN PLACE (nature, composition, couleur, consistance, compacité, humidité, etc.)			PHOTOS		ÉCHANTILLONS			ANALYSES
PROFONDEUR (m)	Nature	DESCRIPTION VISUELLE	PROFONDEUR (m)	No	PROFONDEUR (m)	No	COV MiniRae (ppm)	PARAMETRES
0,0 - 2,0	R	Remblai: Sable moyen avec lentilles de silt noir et un peu de gravier et cailloux (30%) et traces de scories et de copeaux de bois et présence de blocs de roc (0,5m), brun, humide à saturé, forte odeur d'hydrocarbures pétroliers entre 1,0 et 2,6 m.			0,0 - 0,5	1	141,4	C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> / Métaux
2,0 - 2,5	R	Remblai: sable et lentilles de silt avec blocs de roc, brun-gris avec taches de rouille, humide, forte odeur d'hydrocarbures pétroliers. Présence d'une conduite désaffectée en fonte.			0,5 - 0,7	2	-	HAM
2,5 - 3,0	R	Remblai: blocs de roc et gravier et un peu de sable brun et silt gris-vert, humide à saturé, moyenne odeur d'hydrocarbures pétroliers.			1,0 - 2,0	3	180,3	Métaux, C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub>
3,0 - 4,0	Sa	Sable graveleux avec cailloux, gris foncé, saturé, forte odeur d'hydrocarbures pétroliers.			2,0	4	80,1	Métaux /pH/ soufre
					2,0 - 3,0	5	48,4	
					3,0 - 3,7	6	74,9	
					4,0	7	67,4	
					Dup de 1	10		C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> / Métaux
								C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub>

EXCAVATION	
<b>Équipement utilisé:</b>	Pelle hydraulique
<b>Coordonnées:</b>	nord : 5409712,201 est : 308983,253
<b>Élévation du terrain:</b>	3,309 m
<b>Élévation de la margelle:</b>	3,232 m
<b>Dimension:</b>	1,2 x 2,5 m
<b>Profondeur maximale:</b>	4,0 m
<b>Orientation:</b>	E-O
REMARQUES	
Venue d'eau à 3,0 m. /Film d'hydrocarbures pétroliers et écume sur l'eau. /Installation d'un piézomètre.	
LÉGENDE	
Sa: Sable Si: Silt A: Argile R: Remblai	

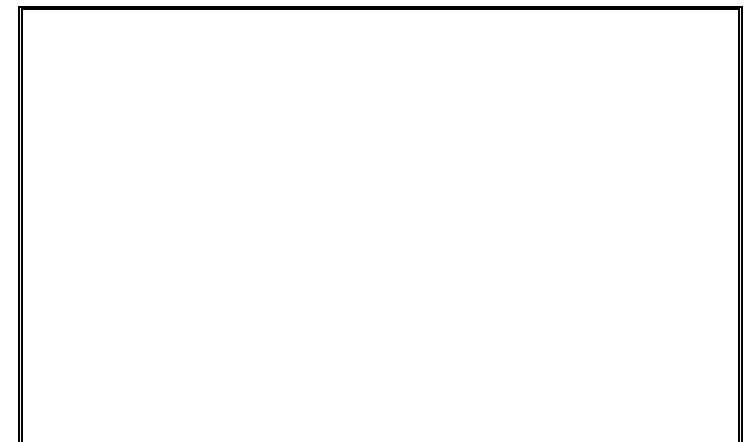


## RAPPORT DE SONDAGE : TRANCÉE D'OBSERVATION

<b>Client :</b>	Transports Canada	<b>Tranchée No.:</b>	TP76 (PZ76)
<b>Projet :</b>	PR03-38	<b>Face décrite:</b>	Toutes
<b>Endroit:</b>	Rue du Quai, Ville de Gaspé	<b>Date (jj-mm-aa) :</b>	01-08-03
<b>Description du site:</b>	Lot B5-2, côté sud de la voie ferrée.	<b>Effectué par:</b>	Mélanie Denoncourt
		<b>Vérifié par:</b>	Manon Wilson

DESCRIPTION DU SOL EN PLACE (nature, composition, couleur, consistance, compacité, humidité, etc.)			PHOTOS		ÉCHANTILLONS			ANALYSES
PROFONDEUR (m)	Nature	DESCRIPTION VISUELLE	PROFONDEUR (m)	No	PROFONDEUR (m)	No	COV MiniRae (ppm)	PARAMETRES
0,0 - 1,0	R	Remblai: Sable moyen avec lentilles de silt gris et un peu de gravier et cailloux (30%) et traces de scories (entre 0,3 et 0,6 m) et de copeaux de bois, présence de blocs de roc (0,5m), brun, humide à saturé, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.			0,0 - 1,0	1	15,2	Métaux sur échantillon 2a (mélange de 1 et 2)
1,0 - 3,8	R	Remblai: sable moyen avec lentilles de silt et un peu de gravier (15%), brun-gris, humide à saturé, forte odeur d'hydrocarbures pétroliers entre 2,0 et 3,0 m.			1,0 - 2,0	2	22	
					2,0 - 3,0	3	336,8	C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> / PO <sub>4</sub> / NH <sub>3</sub> / COT/ Potassium / Métaux
					3,0 - 3,8	4	28,5	
					Dup de 2a	5	-	Métaux

EXCAVATION	
<b>Équipement utilisé:</b>	Pelle hydraulique
<b>Coordonnées:</b>	nord : 5409726,217 est : 309034,092
<b>Élévation du terrain:</b>	2,786 m
<b>Élévation de la margelle:</b>	2,622 m
<b>Dimension:</b>	1,4 x 2,8 m
<b>Profondeur maximale:</b>	3,8 m
<b>Orientation:</b>	E-O
REMARQUES	
Venue d'eau à 3,0 m. /Film d'hydrocarbures pétroliers et écume sur l'eau. /Installation d'un piézomètre.	
LÉGENDE	
<b>Sa:</b> Sable <b>Si:</b> Silt <b>A:</b> Argile <b>R:</b> Remblai	

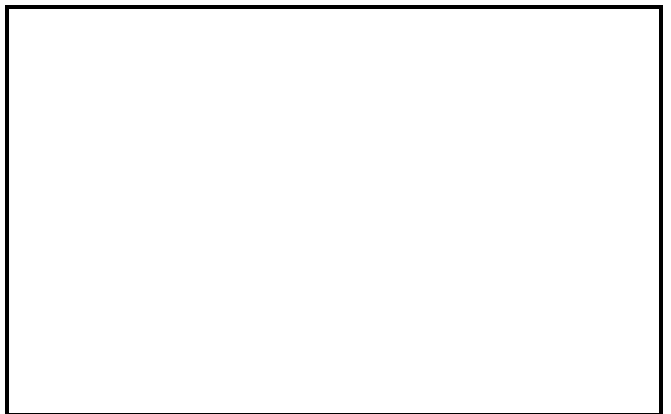


**RAPPORT DE SONDAGE : TRANCÉE D'OBSERVATION**

<b>Client :</b>	Transports Canada	<b>Tranchée No.:</b>	TP77
<b>Projet :</b>	PR03-38	<b>Face décrite:</b>	Toutes
<b>Endroit:</b>	Rue du Quai, Ville de Gaspé	<b>Date (jj-mm-aa) :</b>	01-08-03
<b>Description du site:</b>	Lot B5-2, entre la voie ferrée et la rue du Quai	<b>Effectué par:</b>	Mélanie Denoncourt
		<b>Vérifié par:</b>	Manon Wilson

DESCRIPTION DU SOL EN PLACE (nature, composition, couleur, consistance, compacité, humidité, etc.)			PHOTOS		ÉCHANTILLONS			ANALYSES
PROFONDEUR (m)	Nature	DESCRIPTION VISUELLE	PROFONDEUR (m)	No	PROFONDEUR (m)	No	COV MiniRae (ppm)	PARAMETRES
0,0 - 2,8	R	Remblai: Sable moyen avec lentilles de silt gris et un peu de gravier et cailloux (30%) avec traces de scories et présence de blocs de roc, brun, humide à saturé, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.			0,0 - 1,0	1	17,6	Métaux
					1,8 - 2,8	2	16,1	

EXCAVATION	
<b>Équipement utilisé:</b>	Pelle hydraulique
<b>Coordonnées:</b>	nord : 5409726,736 est : 309019,785
<b>Élévation du terrain:</b>	3,180 m
<b>Dimension:</b>	1,2 x 2,2 m
<b>Profondeur maximale:</b>	2,8 m
<b>Orientation:</b>	E-O
REMARQUE	
Arrêt de l'excavation à 2,8 m en raison de la présence d'un tuyau de fonte.	
LÉGENDE	
Sa: Sable   Si: Silt   A: Argile   R: Remblai	



**RAPPORT DE SONDAGE : TRANCHÉE D'OBSERVATION**

<b>Client :</b>	Transports Canada	<b>Tranchée No.:</b>	TP78 (PZ78)
<b>Projet :</b>	PR03-38	<b>Face décrite:</b>	Toutes
<b>Endroit:</b>	Rue du Quai, Ville de Gaspé	<b>Date (jj-mm-aa) :</b>	01-08-03
<b>Description du site:</b>	Lot B5-2, entre voie ferrée et bâtiment	<b>Effectué par:</b>	Mélanie Denoncourt
		<b>Vérifié par:</b>	Manon Wilson

DESCRIPTION DU SOL EN PLACE (nature, composition, couleur, consistance, compacité, humidité, etc.)			PHOTOS		ÉCHANTILLONS			ANALYSES
PROFONDEUR (m)	Nature	DESCRIPTION VISUELLE	PROFONDEUR (m)	No	PROFONDEUR (m)	No	COV MiniRae (ppm)	PARAMETRES
0,0 - 1,0	<b>R</b>	Remblai: Sable moyen avec lentilles de silt gris et un peu de gravier et cailloux (30%) avec traces de scories et présence de blocs de roc, brun, légèrement humide, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.			0,0 - 1,0	1	22,8	Métaux
1,0 - 2,4	<b>R</b>	Avec 50% de blocs de roc			1,0 - 2,0	2	17,1	Métaux
2,4 - 3,5	<b>Sa</b>	Sable moyen à grossier avec un peu de gravier et traces de cailloux, gris, humide à saturé, forte odeur d'hydrocarbures pétroliers entre 3,0 à 3,5 m.			2,5 - 3,0	3	62,9	
					3,0 - 3,5	4	185,5	C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub>
					3,5	5	114	C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub>

EXCAVATION	
<b>Équipement utilisé:</b>	Pelle hydraulique
<b>Coordonnées:</b>	nord : 5409712,426 est : 309006,794
<b>Élévation du terrain:</b>	3,070 m
<b>Élévation de la margelle:</b>	2,960 m
<b>Dimension:</b>	2,0 x 2,0 m
<b>Profondeur maximale:</b>	3,5 m
<b>Orientation:</b>	E-O
REMARQUES	
Venue d'eau à 3,0 m. / Film d'hydrocarbures pétroliers sur l'eau. / Difficile de descendre plus bas que 3,0 m en raison des parois qui s'écroulent. / Mise à nu du trou d'homme pluvial. / Installation d'un piézomètre.	
LÉGENDE	
<b>Sa:</b> Sable <b>Si:</b> Silt <b>A:</b> Argile <b>R:</b> Remblai	

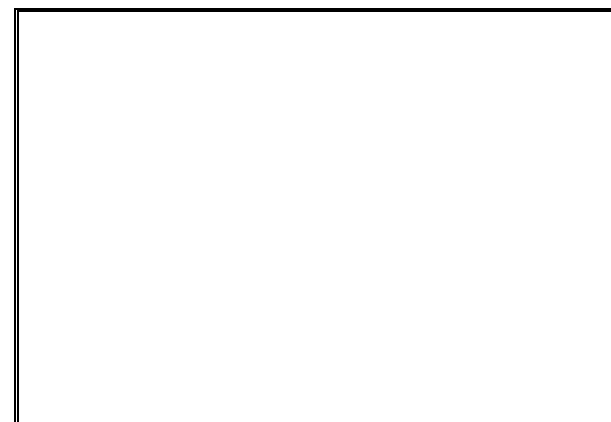


**RAPPORT DE SONDAGE : TRANCHÉE D'OBSERVATION**

<b>Client :</b>	Transports Canada	<b>Tranchée No.:</b>	TP79 (PZ79)
<b>Projet :</b>	PR03-38	<b>Face décrite:</b>	Toutes
<b>Endroit:</b>	Rue du Quai, Ville de Gaspé	<b>Date (jj-mm-aa) :</b>	01-08-03
<b>Description du site:</b>	Lot 1-4, près de la voie ferrée	<b>Effectué par:</b>	Mélanie Denoncourt
		<b>Vérifié par:</b>	Manon Wilson

DESCRIPTION DU SOL EN PLACE <small>(nature, composition, couleur, consistance, compacité, humidité, etc.)</small>			PHOTOS		ÉCHANTILLONS			ANALYSES
PROFONDEUR (m)	Nature	DESCRIPTION VISUELLE	PROFONDEUR (m)	No	PROFONDEUR (m)	No	COV MiniRae (ppm)	PARAMETRES
0,0 - 1,0	R	Remblai: Sable moyen avec lentilles de silt gris et un peu de gravier et cailloux (30%) avec traces de scories et présence de blocs de roc, brun, légèrement humide, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.			0,0 - 1,0	1	18,7	Métaux
1,0 - 3,0	R	Avec 50% de blocs de roc et traces de styromousse et de toile de polythène bleu avec une barre de métal à 1,7 m, humide, forte odeur d'hydrocarbures pétroliers de 2,0 à 3,0 m.			1,0 - 2,0	2	19,8	pH
3,0 - 4,0	Sa	Sable moyen à grossier avec un peu de gravier et traces de cailloux,, gris, humide à saturé, forte odeur d'hydrocarbures pétroliers entre 3,0 à 4,0 m.			2,0 - 3,0	3	84,2	C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> / Métaux
					Dup de 3	30		
					3,0 - 4,0	4	54,4	

EXCAVATION	
<b>Équipement utilisé:</b>	Pelle hydraulique
<b>Coordonnées:</b>	nord : 5409731,807 est : 309054,330
<b>Élévation du terrain:</b>	2,650 m
<b>Élévation de la margelle:</b>	2,569 m
<b>Dimension:</b>	3,0 x 2,5 m
<b>Profondeur maximale:</b>	4,0 m
<b>Orientation:</b>	N-S
REMARQUES	
Venue d'eau à 3,0 m. / Film d'hydrocarbures pétroliers sur l'eau. / Effondrement des parois. / Installation d'un piézomètre.	
LÉGENDE	
<b>Sa:</b> Sable <b>Si:</b> Silt <b>A:</b> Argile <b>R:</b> Remblai	





**RAPPORT DE SONDAGE : TRANCÉE D'OBSERVATION**

<b>Client :</b>	Transports Canada	<b>Tranchée No.:</b>	TP80
<b>Projet :</b>	PR03-38	<b>Face décrite:</b>	Toutes
<b>Endroit:</b>	Rue du Quai, Ville de Gaspé	<b>Date (jj-mm-aa) :</b>	02-08-03
<b>Description du site:</b>	Lot B5-2, coin entrepôt de Shell.	<b>Effectué par:</b>	Mélanie Denoncourt
		<b>Vérfié par:</b>	Manon Wilson

DESCRIPTION DU SOL EN PLACE (nature, composition, couleur, consistance, compacité, humidité, etc.)			PHOTOS		ÉCHANTILLONS			ANALYSES
PROFONDEUR (m)	Nature	DESCRIPTION VISUELLE	PROFONDEUR (m)	No	PROFONDEUR (m)	No	COV MiniRae (ppm)	PARAMETRES
0,0 - 2,0	<b>R</b>	Remblai: Sable moyen à grossier avec gravier et un peu (30%) de blocs et cailloux, brun-orangé, légèrement humide, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.			0,0 - 1,0	1	25	Métaux
2,0 - 3,8	<b>Sa</b>	Sable graveleux avec un peu de cailloux, gris, humide à saturé, légère odeur d'hydrocarbures pétroliers entre 2,0 et 3,0 m.			1,0 - 2,0	2	23,4	
					2,0 - 3,0	3	33,2	
					3	4	18,1	
					3,5 - 3,8	5	6,9	

<b>EXCAVATION</b>	
<b>Équipement utilisé:</b>	Pelle hydraulique
<b>Coordonnées:</b>	nord : 5409724,990 est : 308968,120
<b>Élévation du terrain:</b>	2,292 m
<b>Dimension:</b>	1,2 x 2,1 m
<b>Profondeur maximale:</b>	3,8 m
<b>Orientation:</b>	N-S
<b>REMARQUES</b>	
Venue d'eau à 2,5 m. / Écume sur l'eau.	
<b>LÉGENDE</b>	
<b>Sa:</b> Sable <b>Si:</b> Silt <b>A:</b> Argile <b>R:</b> Remblai	



**RAPPORT DE SONDAGE : TRANCHÉE D'OBSERVATION**

<b>Client :</b>	Transports Canada	<b>Tranchée No.:</b>	TP81 (PZ81)
<b>Projet :</b>	PR03-38	<b>Face décrite:</b>	Toutes
<b>Endroit:</b>	Rue du Quai, Ville de Gaspé	<b>Date (jj-mm-aa) :</b>	02-08-03
<b>Description du site:</b>	Lot B5-1-1, bord de l'eau et coin entrepôt de Shell.	<b>Effectué par:</b>	Mélanie Denoncourt
		<b>Vérifié par:</b>	Manon Wilson

DESCRIPTION DU SOL EN PLACE (nature, composition, couleur, consistance, compacité, humidité, etc.)			PHOTOS		ÉCHANTILLONS			ANALYSES
PROFONDEUR (m)	Nature	DESCRIPTION VISUELLE	PROFONDEUR (m)	No	PROFONDEUR (m)	No	COV MiniRae (ppm)	PARAMETRES
0,0 - 1,4	<b>R</b>	Remblai: Sable moyen à grossier avec gravier, de blocs et cailloux (30%), brun-orangé, légèrement humide, légère odeur d'hydrocarbures pétroliers.			0,0 - 1,0	1	55,7	Métaux
1,4 - 4,0	<b>Sa</b>	Sable graveleux avec un peu de cailloux, gris, humide à saturé, très forte odeur d'hydrocarbures pétroliers au contact entre les deux unités.			1,0 - 1,4	2	2000	C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> / PO <sub>4</sub> / NH <sub>3</sub> / pH / COT / Potassium
					Dup de 2	20	-	C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub>
					1,4 - 2,0	3	66,4	
					2,0 - 3,0	4	102,6	
					3,0 - 4,0	5	101	C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub>

EXCAVATION	
<b>Équipement utilisé:</b>	Pelle hydraulique
<b>Coordonnées:</b>	nord : 5409760,713 est : 308993,673
<b>Élévation du terrain:</b>	1,600 m
<b>Élévation de la margelle:</b>	1,504 m
<b>Dimension:</b>	1,2 x 2,5 m
<b>Profondeur maximale:</b>	4,0 m
<b>Orientation:</b>	NE-SO
REMARQUES	
Venue d'eau à 1,4 m. / Film d'hydrocarbures pétroliers et écume sur l'eau. / Forte odeur dans l'air. / Installation d'un piézomètre.	
LÉGENDE	
<b>Sa:</b> Sable <b>Si:</b> Silt <b>A:</b> Argile <b>R:</b> Remblai	



**RAPPORT DE SONDAGE : TRANCHÉE D'OBSERVATION**

<b>Client :</b>	Transports Canada	<b>Tranchée No.:</b>	TP82
<b>Projet :</b>	PR03-38	<b>Face décrite:</b>	Toutes
<b>Endroit:</b>	Rue du Quai, Ville de Gaspé	<b>Date (jj-mm-aa) :</b>	02-08-03
<b>Description du site:</b>	Lot 1-1-1, au milieu de la butte.	<b>Effectué par:</b>	Mélanie Denoncourt
		<b>Vérifié par:</b>	Manon Wilson

DESCRIPTION DU SOL EN PLACE (nature, composition, couleur, consistance, compacité, humidité, etc.)			PHOTOS		ÉCHANTILLONS			ANALYSES
PROFONDEUR (m)	Nature	DESCRIPTION VISUELLE	PROFONDEUR (m)	No	PROFONDEUR (m)	No	COV MiniRae (ppm)	PARAMETRES
0,0 - 3,4		Remblai: Sable moyen à grossier avec gravier, blocs et cailloux et (30%) avec traces d'asphalte, béton, métal, verre, clou, bois, plastique, brun-orangé, légèrement humide, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers. Présence d'un horizon de scories et de bois à 2,0 m.			0,0 - 1,0	1	29,3	Métaux
3,4 - 4,0		Sable graveleux avec un peu de cailloux, gris, humide à saturé, forte odeur d'hydrocarbures pétroliers.			1,0 - 2,0	2	33,2	Métaux
					2,0 - 3,0	3	26,9	
					3,4 - 3,6	4	2000	C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> / Phénols / HAP
					3,6 - 4,0	5	2000	C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub>

EXCAVATION	
<b>Équipement utilisé:</b>	Pelle hydraulique
<b>Coordonnées:</b>	nord : 5409755,311 est : 309003,724
<b>Élévation du terrain:</b>	3,26
<b>Dimension:</b>	1,2 x 2,5 m
<b>Profondeur maximale:</b>	4,0 m
<b>Orientation:</b>	N-S
REMARQUES	
Venue d'eau à 3,6 m. / Film d'hydrocarbures pétroliers sur l'eau. / Effondrement des parois.	
LÉGENDE	
<b>Sa:</b> Sable <b>Si:</b> Silt <b>A:</b> Argile <b>R:</b> Remblai	

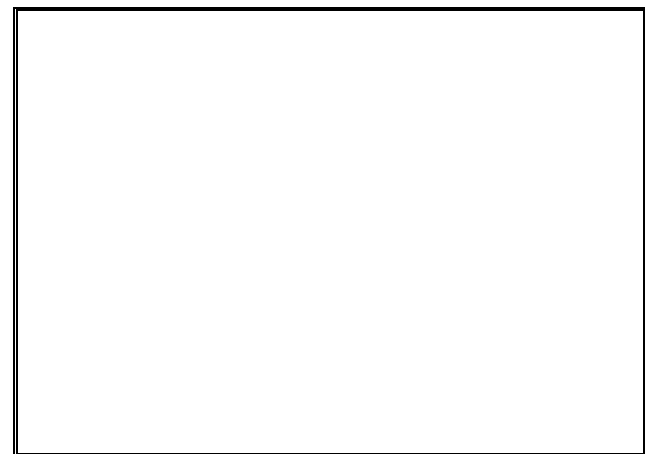


**RAPPORT DE SONDAGE : TRANCÉE D'OBSERVATION**

<b>Client :</b>	Transports Canada	<b>Tranchée No.:</b>	TP83 (PZ83)
<b>Projet :</b>	PR03-38	<b>Face décrite:</b>	Toutes
<b>Endroit:</b>	Rue du Quai, Ville de Gaspé	<b>Date (jj-mm-aa) :</b>	02-08-03
<b>Description du site:</b>	Lot 1-1-1, bord de l'eau.	<b>Effectué par:</b>	Mélanie Denoncourt
		<b>Vérifié par:</b>	Manon Wilson

DESCRIPTION DU SOL EN PLACE (nature, composition, couleur, consistance, compacité, humidité, etc.)			PHOTOS		ÉCHANTILLONS			ANALYSES
PROFONDEUR (m)	Nature	DESCRIPTION VISUELLE	PROFONDEUR (m)	No	PROFONDEUR (m)	No	COV MiniRae (ppm)	PARAMETRES
0,0 - 1,8	R	Remblai: Sable moyen à grossier avec gravier, blocs et cailloux (30%), brun, légèrement humide, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.			0,0 - 1,0	1	12,1	Métaux
1,8 - 2,2	R	Avec 50% de gravier et cailloux, humide à saturé.			1,0 - 1,8	2	19,2	
2,2 - 4,0	Sa	Sable graveleux avec un peu de cailloux, gris, humide à saturé, moyenne odeur d'hydrocarbures pétroliers au contact entre les deux unités.			2,2 - 3,0	3	11,9	
					3,0 - 3,2	4	7,5	
					3,2 - 4,0	5	6,9	

EXCAVATION	
<b>Équipement utilisé:</b>	Pelle hydraulique
<b>Coordonnées:</b>	nord : 5409763,648 est : 309015,838
<b>Élévation du terrain:</b>	1,404 m
<b>Élévation de la margelle:</b>	2,482 m
<b>Dimension:</b>	3,0 x 4,0 m
<b>Profondeur maximale:</b>	4,0 m
<b>Orientation:</b>	N-S
REMARQUES	
Venue d'eau à 1,8 m. / Film d'hydrocarbures pétroliers sur l'eau. / Présence d'une géomembrane sur le côté nord de l'excavation à 2,4 m de profond. / Parois très instables. Installation d'un piézomètre.	
LÉGENDE	
Sa: Sable Si: Silt A: Argile R: Remblai	

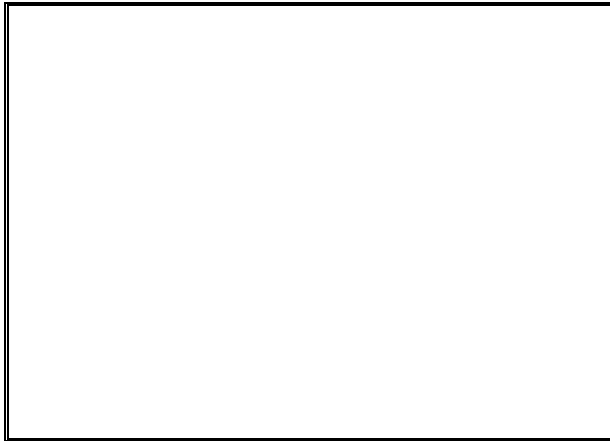


**RAPPORT DE SONDAGE : TRANCHÉE D'OBSERVATION**

<b>Client :</b> Transports Canada	<b>Tranchée No.:</b> TP84 (PZ84)
<b>Projet :</b> PR03-38	<b>Face décrite:</b> Toutes
<b>Endroit:</b> Rue du Quai, Ville de Gaspé	<b>Date (jj-mm-aa) :</b> 02-08-03
<b>Description du site:</b> Lot B5-2, en bordure de la rue du Quai, côté nord.	<b>Effectué par:</b> Mélanie Denoncourt
	<b>Vérifié par:</b> Manon Wilson

DESCRIPTION DU SOL EN PLACE <small>(nature, composition, couleur, consistance, compacité, humidité, etc.)</small>			PHOTOS		ÉCHANTILLONS			ANALYSES
PROFONDEUR (m)	Nature	DESCRIPTION VISUELLE	PROFONDEUR (m)	No	PROFONDEUR (m)	No	COV MiniRae (ppm)	PARAMETRES
0,0 - 3,0	<b>R</b>	Remblai: Sable moyen à grossier avec gravier, blocs et cailloux (30%), brun, légèrement humide à humide, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers. Présence d'un horizon composée de 70% de blocs de roc et gravier entre 1,0 et 2,0 m.			0,0 - 1,0	1	16,6	Métaux
3,0 - 3,3	<b>Org</b>	Terre organique avec sable et bois, noir, humide, moyenne odeur de décomposition.			1,0 - 2,0	2	14,4	Métaux
3,3 - 4,5	<b>Sa</b>	Sable graveleux avec un peu de cailloux, gris, humide à saturé, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.			2,0 - 3,0	3	9,1	pH / soufre
					3,3 - 3,5	4	8,1	

EXCAVATION	
<b>Équipement utilisé:</b>	Pelle hydraulique
<b>Coordonnées:</b>	nord : 5409694,245 est : 308921,830
<b>Élévation du terrain:</b>	3,634 m
<b>Élévation de la margelle:</b>	3,547 m
<b>Dimension:</b>	1,2 x 2,5 m
<b>Profondeur maximale:</b>	4,5 m
<b>Orientation:</b>	N-S
REMARQUES	
Venue d'eau à 2,8 m. / Odeur de sulfure. / Installation d'un piézomètre.	
LÉGENDE	
<b>Sa:</b> Sable <b>Si:</b> Silt <b>A:</b> Argile <b>R:</b> Remblai	

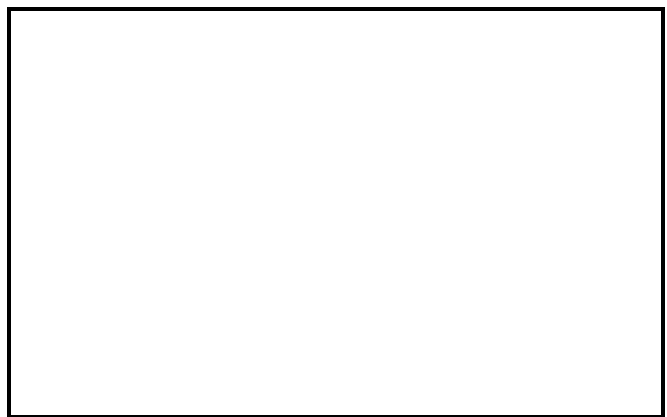


**RAPPORT DE SONDAGE : TRANCÉE D'OBSERVATION**

<b>Client :</b>	Transports Canada	<b>Tranchée No.:</b>	TP85
<b>Projet :</b>	PR03-38	<b>Face décrite:</b>	Toutes
<b>Endroit:</b>	Rue du Quai, Ville de Gaspé	<b>Date (jj-mm-aa) :</b>	02-08-03
<b>Description du site:</b>	Lot B6-2, Côté nord de la rue du Quai, à l'ouest de la rue Quigley, en bordure des montagnes de sel.	<b>Effectué par:</b>	Mélanie Denoncourt
		<b>Vérifié par:</b>	Manon Wilson

DESCRIPTION DU SOL EN PLACE (nature, composition, couleur, consistance, compacité, humidité, etc.)			PHOTOS		ÉCHANTILLONS			ANALYSES
PROFONDEUR (m)	Nature	DESCRIPTION VISUELLE	PROFONDEUR (m)	No	PROFONDEUR (m)	No	COV MiniRae (ppm)	PARAMETRES
0,0 - 1,0	<b>R</b>	Sable fin à moyen silteux avec un peu (20%) de gravier et blocs de roc, brun-orangé et lentilles de sable fin beiges, légèrement humide, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.			0,0 - 1,0	1	23,7	Métaux
1,0 - 3,6	<b>Roc</b>	Roc altéré à 70% avec un peu de sable et gravier, légèrement humide, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.			1,0 - 2,0	2	13,6	
					2,0 - 3,0	3	5,5	

EXCAVATION	
<b>Équipement utilisé:</b>	Pelle hydraulique
<b>Coordonnées:</b>	nord : 5409614,261 est : 308805,766
<b>Élévation du terrain:</b>	9,639 m
<b>Dimension:</b>	1,2 x 2,0 m
<b>Profondeur maximale:</b>	3,6 m. / Arrêt au roc compact
<b>Orientation:</b>	E-O
REMARQUES	
Pas de venue d'eau. / Evidence de sel à la surface (piles de sel à quelques mètres).	
LÉGENDE	
Sa: Sable   Si: Silt   A: Argile   R: Remblai	



**RAPPORT DE SONDAGE : TRANCÉE D'OBSERVATION**

<b>Client :</b>	Transports Canada	<b>Tranchée No.:</b>	TP86
<b>Projet :</b>	PR03-38	<b>Face décrite:</b>	Toutes
<b>Endroit:</b>	Rue du Quai, Ville de Gaspé	<b>Date (jj-mm-aa) :</b>	02-08-03
<b>Description du site:</b>	Lot B6-2, au nord de la rue du Quai, en face des piles de sel.	<b>Effectué par:</b>	Mélanie Denoncourt
		<b>Véifié par:</b>	Manon Wilson

DESCRIPTION DU SOL EN PLACE (nature, composition, couleur, consistance, compacité, humidité, etc.)			PHOTOS		ÉCHANTILLONS			ANALYSES
PROFONDEUR (m)	Nature	DESCRIPTION VISUELLE	PROFONDEUR (m)	No	PROFONDEUR (m)	No	COV MiniRae (ppm)	PARAMETRES
0,0 - 1,0	R	Sable silteux avec un peu (20%) de gravier et blocs de roc et traces de morceaux d'asphalte, brun-orangé, légèrement humide, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.			0,0 - 1,0	1	5,3	
1,0 - 2,0	Roc	Roc altéré à 50% avec un peu de sable et gravier, légèrement humide, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.			1,0 - 2,0	2	5,4	Métaux
2,0 - 2,6	Roc	Roc altéré à 80% avec un peu de sable et gravier, légèrement humide, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.						

EXCAVATION	
<b>Équipement utilisé:</b>	Pelle hydraulique
<b>Coordonnées:</b>	nord : 5409586,021 est : 308767,032
<b>Élévation du terrain:</b>	9,208 m
<b>Dimension:</b>	1,2 x 2,0 m
<b>Profondeur maximale:</b>	2,6 m. / Arrêt au roc compact.
<b>Orientation:</b>	E-O
<b>REMARQUE</b>	
Pas de venue d'eau.	
<b>LÉGENDE</b>	
Sa: Sable   Si: Silt   A: Argile   R: Remblai	

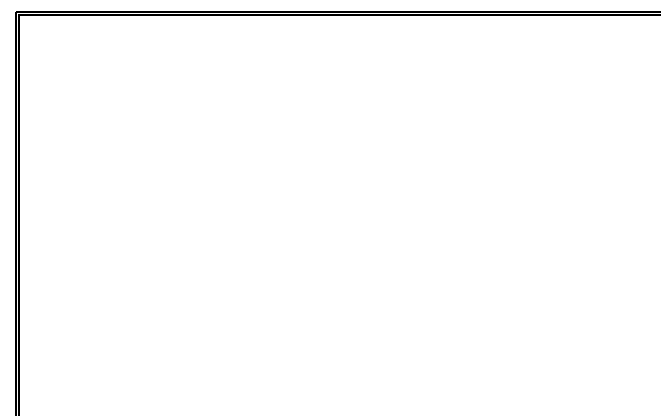


## RAPPORT DE SONDAGE : TRANCÉE D'OBSERVATION

<b>Client :</b>	Transports Canada	<b>Tranchée No.:</b>	TP87
<b>Projet :</b>	PR03-38	<b>Face décrite:</b>	Toutes
<b>Endroit:</b>	Rue du Quai, Ville de Gaspé	<b>Date (jj-mm-aa) :</b>	04-08-03
<b>Description du site:</b>	Lot C1-3, nord de la rue du Quai	<b>Effectué par:</b>	Mélanie Denoncourt
		<b>Vérifié par:</b>	Manon Wilson

DESCRIPTION DU SOL EN PLACE (nature, composition, couleur, consistance, compacité, humidité, etc.)			PHOTOS		ÉCHANTILLONS			ANALYSES
PROFONDEUR (m)	Nature	DESCRIPTION VISUELLE	PROFONDEUR (m)	No	PROFONDEUR (m)	No	COV MiniRae (ppm)	PARAMETRES
0,0 - 0,6	<b>R</b>	Remblai: Silt sableux avec un peu (30%) de cailloux et gravier et traces (10%) de blocs de roc et bois, gris-brun, sec, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.			0,0 - 1,0	1	4,8	Métaux
0,6 - 1,1	<b>Org</b>	Terre organique, noir, légèrement humide, pas d'odeur.			1,1 - 2,0	2	2,4	Métaux
1,1 - 3,9	<b>A</b>	Argile avec traces de gravier fin, gris-vert à brun, légèrement humide, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.			3,0 - 3,9	3	3,5	

EXCAVATION	
<b>Équipement utilisé:</b>	Pelle hydraulique
<b>Coordonnées:</b>	nord : 5409483,289 est : 308636,674
<b>Élévation du terrain:</b>	9,239 m
<b>Dimension:</b>	1,2 x 2,9 m
<b>Profondeur maximale:</b>	3,9 m
<b>Orientation:</b>	N-S
REMARQUE	
Pas de venue d'eau.	
LÉGENDE	
Sa: Sable   Si: Silt   A: Argile   R: Remblai	





**RAPPORT DE SONDAGE : TRANCÉE D'OBSERVATION**

<b>Client :</b>	Transports Canada	<b>Tranchée No.:</b>	TP88
<b>Projet :</b>	PR03-38	<b>Face décrite:</b>	Toutes
<b>Endroit:</b>	Rue du Quai, Ville de Gaspé	<b>Date (jj-mm-aa) :</b>	04-08-03
<b>Description du site:</b>	Lot C1-3, Nord de la rue du Quai, en face de Ultramar	<b>Effectué par:</b>	Mélanie Denoncourt
		<b>Vérifié par:</b>	Manon Wilson

DESCRIPTION DU SOL EN PLACE (nature, composition, couleur, consistance, compacité, humidité, etc.)			PHOTOS		ÉCHANTILLONS			ANALYSES
PROFONDEUR (m)	Nature	DESCRIPTION VISUELLE	PROFONDEUR (m)	No	PROFONDEUR (m)	No	COV MiniRae (ppm)	PARAMETRES
0,0 - 1,0	<b>R</b>	Remblai: Silt sableux avec un peu (30%) de cailloux et gravier et traces (10%) de blocs de roc et bois, gris-brun, sec, moyenne odeur de décomposition.			0,0 - 1,0	1	2,1	Métaux
1,0 - 1,3	<b>Org</b>	Terre organique, noir, légèrement humide, pas d'odeur.			1,3 - 2,0	2	2,8	Métaux
1,3 - 3,0	<b>A</b>	Argile avec traces de gravier fin, gris-vert, légèrement humide, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.			2,0 - 3,0	3	3,2	

EXCAVATION	
<b>Équipement utilisé:</b>	Pelle hydraulique
<b>Coordonnées:</b>	nord : 5409455,522 est : 308601,190
<b>Élévation du terrain:</b>	9,427 m
<b>Dimension:</b>	1,3 x 2,2 m
<b>Profondeur maximale:</b>	3,0 m
<b>Orientation:</b>	E-O
REMARQUE	
Pas de venue d'eau.	
LÉGENDE	
<b>Sa:</b> Sable <b>Si:</b> Silt <b>A:</b> Argile <b>R:</b> Remblai	



**RAPPORT DE SONDAGE : TRANCÉE D'OBSERVATION**

<b>Client :</b>	Transports Canada	<b>Tranchée No.:</b>	TP89
<b>Projet :</b>	PR03-38	<b>Face décrite:</b>	Toutes
<b>Endroit:</b>	Rue du Quai, Ville de Gaspé	<b>Date (jj-mm-aa) :</b>	04-08-03
<b>Description du site:</b>	Lot C1-3, au nord de la rue du Quai, au coin est du 13 rue du Quai.	<b>Effectué par:</b>	Mélanie Denoncourt
		<b>Vérifié par:</b>	Manon Wilson

DESCRIPTION DU SOL EN PLACE (nature, composition, couleur, consistance, compacité, humidité, etc.)			PHOTOS		ÉCHANTILLONS			ANALYSES
PROFONDEUR (m)	Nature	DESCRIPTION VISUELLE	PROFONDEUR (m)	No	PROFONDEUR (m)	No	COV MiniRae (ppm)	PARAMETRES
0,0 - 2,0	R	Remblai: sable silteux avec traces (5%-10%) de gravier et cailloux, brun-gris, humide, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.			0,0 - 1,0	1	0,2	Métaux
2,0 - 3,0	R	Avec traces de blocs de roc et lentilles de silt noir, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.			1,0 - 2,0	2	3,6	
					2,0 - 3,0	3	3,4	

EXCAVATION	
<b>Équipement utilisé:</b>	Pelle hydraulique
<b>Coordonnées:</b>	nord : 5409428,533 est : 308563,096
<b>Élévation du terrain:</b>	9,992 m
<b>Dimension:</b>	1,2 m x 2,8 m
<b>Profondeur maximale:</b>	3,0 m
<b>Orientation:</b>	N-S
REMARQUE	
Venue d'eau en faible débit à 1,0 m.	
LÉGENDE	
Sa: Sable   Si: Silt   A: Argile   R: Remblai	

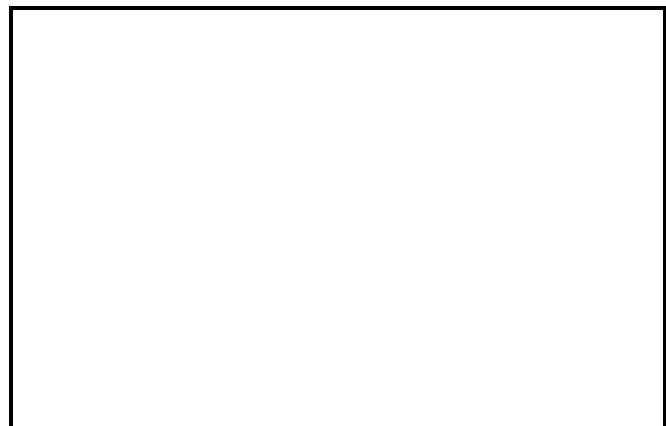


**RAPPORT DE SONDAGE : TRANCÉE D'OBSERVATION**

<b>Client :</b>	Transports Canada	<b>Tranchée No.:</b>	TP90
<b>Projet :</b>	PR03-38	<b>Face décrite:</b>	Toutes
<b>Endroit:</b>	Rue du Quai, Ville de Gaspé	<b>Date (jj-mm-aa) :</b>	04-08-03
<b>Description du site:</b>	Lot C1-3, coin Rue Cotton et rue du Quai	<b>Effectué par:</b>	Mélanie Denoncourt
		<b>Vérifié par:</b>	Manon Wilson

DESCRIPTION DU SOL EN PLACE (nature, composition, couleur, consistance, compacité, humidité, etc.)			PHOTOS		ÉCHANTILLONS			ANALYSES
PROFONDEUR (m)	Nature	DESCRIPTION VISUELLE	PROFONDEUR (m)	No	PROFONDEUR (m)	No	COV MiniRae (ppm)	PARAMETRES
0,0 - 1,0	Sa	Sable fin avec un peu (25%) de cailloux et gravier et traces de bois, brun, humide, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.			0,0 - 1,0	1	3,2	Métaux
1,0 - 2,0	Sa	Avec traces (10%) de cailloux, humide à saturé, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.			1,0 - 2,0	2	1,8	Métaux
2,0 - 3,0	Sa-Si	Sable silteux avec traces de gravier, brun-vert, saturé, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.			2,0 - 3,0	3	2,5	

EXCAVATION	
<b>Équipement utilisé:</b>	Pelle hydraulique
<b>Coordonnées:</b>	nord : 5409393,628 est : 308500,597
<b>Élévation du terrain:</b>	10,677 m
<b>Dimension:</b>	1,2 x 2,5 m
<b>Profondeur maximale:</b>	3,0 m
<b>Orientation:</b>	E-O
REMARQUE	
Venue d'eau à 2,0 m.	
LÉGENDE	
<b>Sa:</b> Sable <b>Si:</b> Silt <b>A:</b> Argile <b>R:</b> Remblai	



**RAPPORT DE SONDAGE : TRANCÉE D'OBSERVATION**

<b>Client :</b>	Transports Canada	<b>Tranchée No.:</b>	TP91
<b>Projet :</b>	PR03-38	<b>Face décrite:</b>	Toutes
<b>Endroit:</b>	Rue du Quai, Ville de Gaspé	<b>Date (jj-mm-aa) :</b>	04-08-03
<b>Description du site:</b>	Lot 17, au nord de Pétro-Canada	<b>Effectué par:</b>	Mélanie Denoncourt
		<b>Vérifié par:</b>	Manon Wilson

DESCRIPTION DU SOL EN PLACE (nature, composition, couleur, consistance, compacité, humidité, etc.)			PHOTOS		ÉCHANTILLONS			ANALYSES
PROFONDEUR (m)	Nature	DESCRIPTION VISUELLE	PROFONDEUR (m)	No	PROFONDEUR (m)	No	COV MiniRae (ppm)	PARAMETRES
0,0 -2,5	<b>R</b>	Remblai: Sable silteux avec un peu de gravier et cailloux avec traces de blocs de roc, brun foncé avec lentilles noires, humide à saturé, légère odeur d'hydrocarbures pétroliers correspondant aux lentilles noires.			0,0 - 1,0	1	3,3	
2,5 - 3,0	<b>Si</b>	Silt sableux avec un peu de gravier et cailloux, gris-vert, saturé, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.			1,0 - 2,5	2	2,7	Métaux
					2,5 - 3,0	3	2,6	

EXCAVATION	
<b>Équipement utilisé:</b>	Pelle hydraulique
<b>Coordonnées:</b>	nord : 5409354,237 est : 308526,083
<b>Élévation du terrain:</b>	12,149 m
<b>Dimension:</b>	1,2 x 2,5 m
<b>Profondeur maximale:</b>	3,0 m
<b>Orientation:</b>	E-O
REMARQUE	
Venue d'eau lente à 2,0 m.	
LÉGENDE	
<b>Sa:</b> Sable <b>Si:</b> Silt <b>A:</b> Argile <b>R:</b> Remblai	



## RAPPORT DE SONDAGE : TRANCHÉE D'OBSERVATION

<b>Client :</b>	Transports Canada	<b>Tranchée No.:</b>	TP92 (PZ92)
<b>Projet :</b>	PR03-38	<b>Face décrite:</b>	Toutes
<b>Endroit:</b>	Rue du Quai, Ville de Gaspé	<b>Date (jj-mm-aa) :</b>	04-08-03
<b>Description du site:</b>	Lot 17, en face de TP91, du côté est de la rue du Quai.	<b>Effectué par:</b>	Mélanie Denoncourt
		<b>Vérifié par:</b>	Manon Wilson

DESCRIPTION DU SOL EN PLACE (nature, composition, couleur, consistance, compacité, humidité, etc.)			PHOTOS		ÉCHANTILLONS			ANALYSES
PROFONDEUR (m)	Nature	DESCRIPTION VISUELLE	PROFONDEUR (m)	No	PROFONDEUR (m)	No	COV MiniRae (ppm)	PARAMETRES
0,0 - 1,1	Sa	Sable moyen à grossier avec un peu (20%) de gravier et cailloux et traces de bois et racines, brun, humide, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.			0,0 - 1,0	1	1,1	Métaux
1,1 - 3,0	Sa	Sable fin avec traces de cailloux, brun-gris, humide.			1,1 - 2,0	2	2,4	
3,0 - 4,0	Sa-Si	Sable silteux avec traces de cailloux, grix-vert, humide, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.			2,0 - 3,0	3	0,7	
					3,0 - 4,0	4	3,3	

EXCAVATION	
<b>Équipement utilisé:</b>	Pelle hydraulique
<b>Coordonnées:</b>	nord : 5409336,077 est : 308518,231
<b>Élévation du terrain:</b>	13,118 m
<b>Élévation de la margelle:</b>	13,273 m
<b>Dimension:</b>	1,2 x 2,8 m
<b>Profondeur maximale:</b>	4,0 m
<b>Orientation:</b>	N-S
REMARQUES	
Pas beaucoup d'eau. / Installation d'un piézomètre.	
LÉGENDE	
Sa: Sable Si: Silt A: Argile R: Remblai	

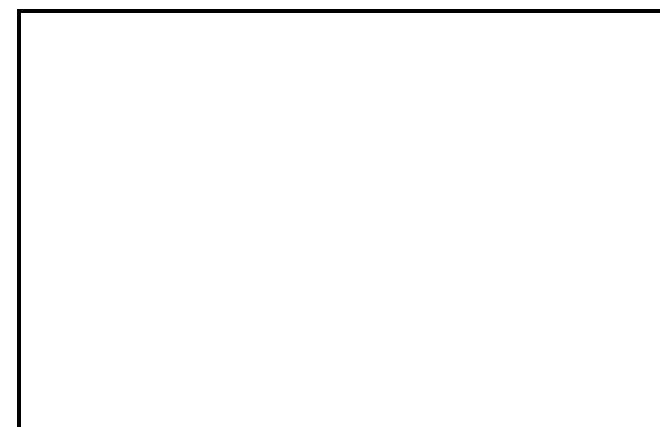


**RAPPORT DE SONDAGE : TRANCHÉE D'OBSERVATION**

<b>Client :</b>	Transports Canada	<b>Tranchée No.:</b>	TP93
<b>Projet :</b>	PR03-38	<b>Face décrite:</b>	Toutes
<b>Endroit:</b>	Rue du Quai, Ville de Gaspé	<b>Date (jj-mm-aa) :</b>	04-08-03
<b>Description du site:</b>	Lot 17, à l'est de la rue du Quai, en face de Pétro Canada.	<b>Effectué par:</b>	Mélanie Denoncourt
		<b>Vérifié par:</b>	Manon Wilson

DESCRIPTION DU SOL EN PLACE <small>(nature, composition, couleur, consistance, compacité, humidité, etc.)</small>			PHOTOS		ÉCHANTILLONS			ANALYSES
PROFONDEUR (m)	Nature	DESCRIPTION VISUELLE	PROFONDEUR (m)	No	PROFONDEUR (m)	No	COV MiniRae (ppm)	PARAMETRES
0,0 - 2,5	R	Remblai: Sable silteux avec un peu (20%) de gravier et cailloux et traces de blocs de roc, brun foncé avec lentilles noires, humide, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.			0,0 - 1,1	1	3,2	Métaux
2,5 - 3,0	Si	Silt sableux avec un peu de gravier et de cailloux, grix-vert, humide, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.			1,1 - 2,0	2	2,4	Métaux
					2,0 - 3,0	3	2	

EXCAVATION	
<b>Équipement utilisé:</b>	Pelle hydraulique
<b>Coordonnées:</b>	nord : 5409337,263 est : 308534,391
<b>Élévation du terrain:</b>	13,136 m
<b>Dimension:</b>	1,2 x 2,2 m
<b>Profondeur maximale:</b>	3,3 m
<b>Orientation:</b>	N-S
REMARQUE	
Venue d'eau lente à 2,0 m.	
LÉGENDE	
Sa: Sable   Si: Silt   A: Argile   R: Remblai	

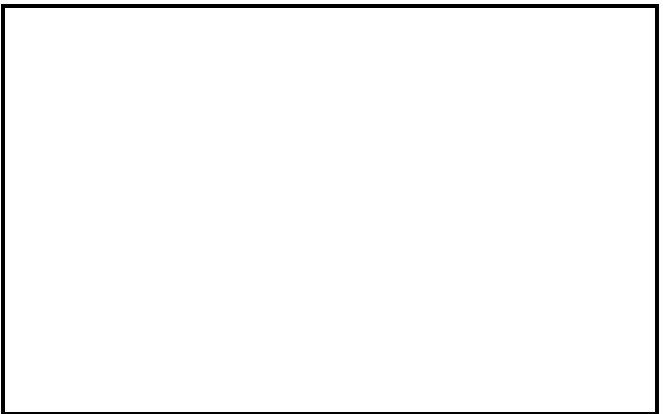


## RAPPORT DE SONDAGE : TRANCÉE D'OBSERVATION

<b>Client :</b>	Transports Canada	<b>Tranchée No.:</b>	TP94
<b>Projet :</b>	PR03-38	<b>Face décrite:</b>	Toutes
<b>Endroit:</b>	Rue du Quai, Ville de Gaspé	<b>Date (jj-mm-aa) :</b>	04-08-03
<b>Description du site:</b>	Lot 17	<b>Effectué par:</b>	Mélanie Denoncourt
		<b>Vérifié par:</b>	Manon Wilson

DESCRIPTION DU SOL EN PLACE (nature, composition, couleur, consistance, compacité, humidité, etc.)			PHOTOS		ÉCHANTILLONS			ANALYSES
PROFONDEUR (m)	Nature	DESCRIPTION VISUELLE	PROFONDEUR (m)	No	PROFONDEUR (m)	No	COV MiniRae (ppm)	PARAMETRES
0,0 - 1,3	<b>R</b>	Remblai: Sable moyen à grossier graveleux avec 40% cailloux et blocs de roc, brun foncé, sec, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.			0,0 - 1,0	1	2,9	Métaux
1,3 - 2,0	<b>R</b>	Remblai: Sable silteux avec un peu de gravier et cailloux avec traces de blocs de roc, brun foncé avec lentilles noires, légèrement humide, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.			1,3 - 2,0	2	2,6	Métaux
2,0 - 3,0	<b>R</b>	Avec lentilles de silt argileux, brun-orangé, humide, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.			2,0 - 3,0	3	2,8	Métaux

EXCAVATION	
<b>Équipement utilisé:</b>	Pelle hydraulique
<b>Coordonnées:</b>	nord : 5409292,895 est : 308549,905
<b>Élévation du terrain:</b>	16,871 m
<b>Dimension:</b>	1,2 x 2,0 m
<b>Profondeur maximale:</b>	3,0 m
<b>Orientation:</b>	N-S
REMARQUE	
Pas de venue d'eau.	
LÉGENDE	
<b>Sa:</b> Sable <b>Si:</b> Silt <b>A:</b> Argile <b>R:</b> Remblai	



## RAPPORT DE SONDAGE : TRANCÉE D'OBSERVATION

<b>Client :</b>	Transports Canada	<b>Tranchée No.:</b>	TP95
<b>Projet :</b>	PR03-38	<b>Face décrite:</b>	Toutes
<b>Endroit:</b>	Rue du Quai, Ville de Gaspé	<b>Date (jj-mm-aa) :</b>	04-08-03
<b>Description du site:</b>	Lot 17	<b>Effectué par:</b>	Mélanie Denoncourt
		<b>Véifié par:</b>	Manon Wilson

DESCRIPTION DU SOL EN PLACE (nature, composition, couleur, consistance, compacité, humidité, etc.)			PHOTOS		ÉCHANTILLONS			ANALYSES
PROFONDEUR (m)	Nature	DESCRIPTION VISUELLE	PROFONDEUR (m)	No	PROFONDEUR (m)	No	COV MiniRae (ppm)	PARAMETRES
0,0 - 1,0	<b>R</b>	Remblai: Sable moyen à grossier graveleux avec 40% blocs de roc, brun foncé, sec, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.			0,0 - 1,0	1	2,3	Métaux
1,0 - 2,0	<b>R</b>	Remblai: Sable silteux avec un peu de gravier et cailloux avec traces de blocs de roc, brun foncé avec lentilles noires, légèrement humide, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.			1,0 - 2,0	2	2,8	Métaux
2,0 - 3,4	<b>R</b>	Avec lentilles de silt gris-vert à 2,8 m, traces de bois, humide, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.			2,0 - 3,0	3	2,9	Métaux

EXCAVATION	
<b>Équipement utilisé:</b>	Pelle hydraulique
<b>Coordonnées:</b>	nord : 5409282,126 est : 308553,523
<b>Élévation du terrain:</b>	18,098 m
<b>Dimension:</b>	1,2 x 2,0 m
<b>Profondeur maximale:</b>	3,4 m
<b>Orientation:</b>	N-S
REMARQUES	
LÉGENDE	
<b>Sa:</b> Sable <b>Si:</b> Silt <b>A:</b> Argile <b>R:</b> Remblai	



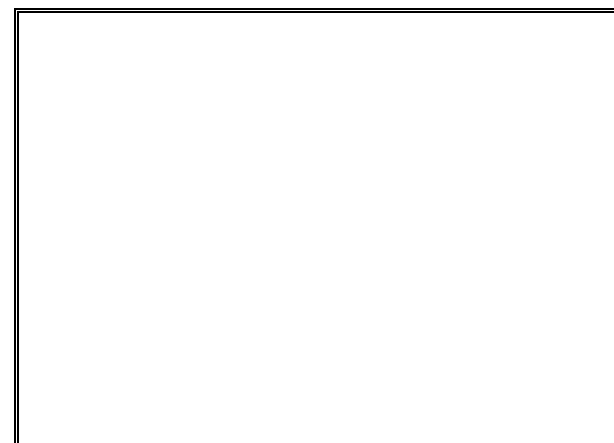


**RAPPORT DE SONDAGE : TRANCHÉE D'OBSERVATION**

<b>Client :</b>	Transports Canada	<b>Tranchée No.:</b>	TP96 (PZ96)
<b>Projet :</b>	PR03-38	<b>Face décrite:</b>	Toutes
<b>Endroit:</b>	Rue du Quai, Ville de Gaspé	<b>Date (jj-mm-aa) :</b>	04-08-03
<b>Description du site:</b>	Lot 17, Coin due du Quai et 132.	<b>Effectué par:</b>	Mélanie Denoncourt
		<b>Vérifié par:</b>	Manon Wilson

DESCRIPTION DU SOL EN PLACE (nature, composition, couleur, consistance, compacité, humidité, etc.)			PHOTOS		ÉCHANTILLONS			ANALYSES
PROFONDEUR (m)	Nature	DESCRIPTION VISUELLE	PROFONDEUR (m)	No	PROFONDEUR (m)	No	COV MiniRae (ppm)	PARAMETRES
0,0 - 1,70	<b>R</b>	Remblai: Sable moyen à grossier graveleux avec 40% blocs de roc et traces de morceaux d'asphalte, brun foncé, sec, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.			0,0 - 1,0	1	2,6	
1,70 - 2,0	<b>R</b>	Remblai: 80% de blocs de roc, saturé, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.			1,0 - 1,7	2	1,3	Métaux
2,0 - 2,9	<b>Si</b>	Silt avec un peu de gravier et cailloux, brun avec taches de vert, humide, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.			2,0 - 2,9	3	2,4	Métaux
2,9 - 3,9	<b>Si</b>	Silt, brun avec taches rose, vert et noir, humide, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.			2,9 - 3,9	4	0,5	
3,9 - 4,0	<b>Si-A</b>	Silt argileux avec traces de gravier et cailloux, brun, légèrement humide, très compact et se détache en bloc, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.						

EXCAVATION	
<b>Équipement utilisé:</b>	Pelle hydraulique
<b>Coordonnées:</b>	nord : 5409297,520 est : 308536,426
<b>Élévation du terrain:</b>	16,076 m
<b>Élévation de la margelle:</b>	15,973 m
<b>Dimension:</b>	1,2 x 2,6 m
<b>Profondeur maximale:</b>	4,0 m
<b>Orientation:</b>	N-S
REMARQUES	
Venue d'eau à 1,6 m. / Eau de couleur brun-vert. / Installation d'un piézomètre.	
LÉGENDE	
<b>Sa:</b> Sable <b>Si:</b> Silt <b>A:</b> Argile <b>R:</b> Remblai	

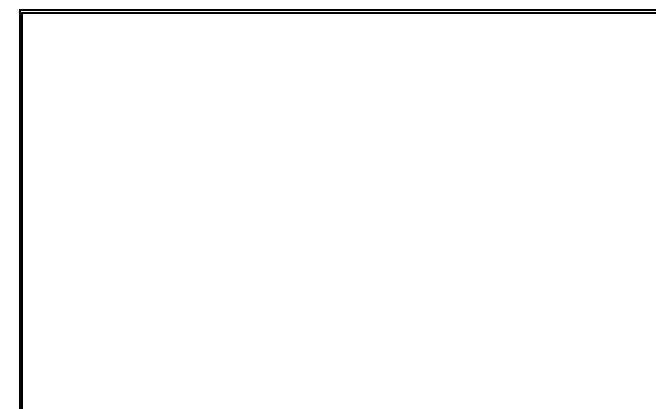


**RAPPORT DE SONDAGE : TRANCHÉE D'OBSERVATION**

<b>Client :</b>	Transports Canada	<b>Tranchée No.:</b>	TP97
<b>Projet :</b>	PR03-38	<b>Face décrite:</b>	Toutes
<b>Endroit:</b>	Rue du Quai, Ville de Gaspé	<b>Date (jj-mm-aa) :</b>	04-08-03
<b>Description du site:</b>	Lot 17	<b>Effectué par:</b>	Mélanie Denoncourt
		<b>Vérifié par:</b>	Manon Wilson

DESCRIPTION DU SOL EN PLACE (nature, composition, couleur, consistance, compacité, humidité, etc.)			PHOTOS		ÉCHANTILLONS			ANALYSES
PROFONDEUR (m)	Nature	DESCRIPTION VISUELLE	PROFONDEUR (m)	No	PROFONDEUR (m)	No	COV MiniRae (ppm)	PARAMETRES
0,0 - 1,7	<b>R</b>	Remblai: Sable moyen à grossier graveleux avec 40% blocs de roc, brun foncé, sec à humide, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.			0,0 - 1,0	1	1,9	Métaux
1,7 - 2,8	<b>Sa</b>	Sable fin à moyen avec traces de gravier et silt en lentilles, brun avec des taches de rose à partir de 2,0 m, humide, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.			1,7 - 2,8	2	2,2	
2,8 - 3,0	<b>Sa-Si</b>	Sable silteux avec traces de gravier, gris-vert, humide à saturé, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers			2,8 - 3,10	3	2,3	
3,0 - 3,1	<b>Si-A</b>	Silt argileux avec traces de gravier, humide, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.						

EXCAVATION	
<b>Équipement utilisé:</b>	Pelle hydraulique
<b>Coordonnées:</b>	nord : 5409318,211 est : 308524,160
<b>Élévation du terrain:</b>	14,425 m
<b>Dimension:</b>	1,2 x 2,0 m
<b>Profondeur maximale:</b>	3,1 m
<b>Orientation:</b>	N-S
REMARQUE	
Venue d'eau lente à 1,7 m.	
LÉGENDE	
<b>Sa:</b> Sable <b>Si:</b> Silt <b>A:</b> Argile <b>R:</b> Remblai	



## RAPPORT DE SONDAGE : TRANCHÉE D'OBSERVATION

<b>Client :</b>	Transports Canada	<b>Tranchée No.:</b>	TP98
<b>Projet :</b>	PR03-38	<b>Face décrite:</b>	Toutes
<b>Endroit:</b>	Rue du Quai, Ville de Gaspé	<b>Date (jj-mm-aa) :</b>	04-08-03
<b>Description du site:</b>	Lot B6-2, Nord de la rue du Quai, au coin de la rue Quigley	<b>Effectué par:</b>	Mélanie Denoncourt
		<b>Vérifié par:</b>	Manon Wilson

DESCRIPTION DU SOL EN PLACE (nature, composition, couleur, consistance, compacité, humidité, etc.)			PHOTOS		ÉCHANTILLONS			ANALYSES
PROFONDEUR (m)	Nature	DESCRIPTION VISUELLE	PROFONDEUR (m)	No	PROFONDEUR (m)	No	COV MiniRae (ppm)	PARAMETRES
0,0 - 1,6	<b>R</b>	Remblai: sable silteux avec un peu (25%) de gravier et cailloux et traces (5%) de blocs de roc, racines et bois, brun foncé, légèrement humide, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers. Présence d'un tuyau désaffecté de métal très rouillé sur la paroi sud de l'excavation à 1,5 m de profondeur.			0,0 - 1,0	1	1,7	
1,6 - 3,0	<b>Si-A</b>	Silt argileux avec traces de gravier, gris-vert avec taches de rouille, légèrement humide, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.			1,0 - 1,6	2	2,1	Métaux
					2,0 - 3,0	3	2,4	

EXCAVATION	
<b>Équipement utilisé:</b>	Pelle hydraulique
<b>Coordonnées:</b>	nord : 5409562,695 est : 308738,826
<b>Élévation du terrain:</b>	9,313 m
<b>Dimension:</b>	1,2 x 2,0 m
<b>Profondeur maximale:</b>	3,0 m
<b>Orientation:</b>	E-O
REMARQUE	
Pas de venue d'eau.	
LÉGENDE	
<b>Sa:</b> Sable <b>Si:</b> Silt <b>A:</b> Argile <b>R:</b> Remblai	



## RAPPORT DE SONDAGE : TRANCÉE D'OBSERVATION

<b>Client :</b>	Transports Canada	<b>Tranchée No.:</b>	TP99
<b>Projet :</b>	PR03-38	<b>Face décrite:</b>	Toutes
<b>Endroit:</b>	Rue du Quai, Ville de Gaspé	<b>Date (jj-mm-aa) :</b>	06-08-03
<b>Description du site:</b>	Lot 1-4, stationnement de gravier	<b>Effectué par:</b>	Isabelle Desjardins
		<b>Vérfié par:</b>	Manon Wilson

DESCRIPTION DU SOL EN PLACE (nature, composition, couleur, consistance, compacité, humidité, etc.)			PHOTOS		ÉCHANTILLONS			ANALYSES
PROFONDEUR (m)	Nature	DESCRIPTION VISUELLE	PROFONDEUR (m)	No	PROFONDEUR (m)	No	COV MiniRae (ppm)	PARAMETRES
0,0 - 2,0	R	Remblai: sable avec un peu de gravier et lentilles de silt gris mélangées au travers la matrice, brun-gris, légèrement humide à humide, moyenne odeur d'hydrocarbures pétroliers.			0,0 - 1,0	1	130,6	Métaux
2,0 - 3,0	Sa	Sable et gravier avec morceaux de roc altéré, gris, humide à saturé, légère odeur d'hydrocarbures pétroliers.			1,0 - 2,0	2	147,8	C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> / HAP
					2,0 - 3,0	3	89,1	

EXCAVATION	
<b>Équipement utilisé:</b>	Pelle hydraulique
<b>Coordonnées:</b>	nord : 5409727,443 est : 309118,021
<b>Élévation du terrain:</b>	2,492 m
<b>Dimension:</b>	1,2 x 2,0 m
<b>Profondeur maximale:</b>	3,0 m
<b>Orientation:</b>	E-O
REMARQUES	
Venue d'eau à 2,6 m. / Lentilles de silt gris pourrait être des minéraux de cuivre.	
LÉGENDE	
Sa: Sable    Si: Silt    A: Argile    R: Remblai	



**RAPPORT DE SONDAGE : TRANCÉE D'OBSERVATION**

<b>Client :</b>	Transports Canada	<b>Tranchée No.:</b>	TP100 (PZ100)
<b>Projet :</b>	PR03-38	<b>Face décrite:</b>	Toutes
<b>Endroit:</b>	Rue du Quai, Ville de Gaspé	<b>Date (jj-mm-aa) :</b>	06-08-03
<b>Description du site:</b>	Lot 1-4, stationnement de gravier	<b>Effectué par:</b>	Isabelle Desjardins
		<b>Vérifié par:</b>	Manon Wilson

DESCRIPTION DU SOL EN PLACE (nature, composition, couleur, consistance, compacité, humidité, etc.)			PHOTOS		ÉCHANTILLONS			ANALYSES
PROFONDEUR (m)	Nature	DESCRIPTION VISUELLE	PROFONDEUR (m)	No	PROFONDEUR (m)	No	COV MiniRae (ppm)	PARAMETRES
0,0 - 2,6	R	Remblai: sable avec un peu de gravier et lentilles de silt gris mélangées dans la matrice, brun-gris, légèrement humide à humide, moyenne odeur d'hydrocarbures pétroliers.			0,0 - 1,0	1	92	C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub>
2,6 - 4,0	Roc	Roc fracturé avec un traces de sable et gravier, gris, saturé, moyenne odeur d'hydrocarbures pétroliers provenant possiblement de l'eau. Pas assez de matrice pour échantillonnage.			1,0 - 2,0	2	85,1	Métaux
					2,0 - 2,6	3	134,3	C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub>

EXCAVATION	
<b>Équipement utilisé:</b>	Pelle hydraulique
<b>Coordonnées:</b>	nord : 5409705,669 est : 309116,100
<b>Élévation du terrain:</b>	2,479 m
<b>Élévation de la margelle:</b>	2,404 m
<b>Dimension:</b>	1,3 x 2,2 m
<b>Profondeur maximale:</b>	4,0 m
<b>Orientation:</b>	E-O
REMARQUES	
Venue d'eau à 3,1 m. / Film d'hydrocarbures pétroliers sur l'eau. / Installation d'un piézomètre. / Le TP n'a pu être fait près de la clôture de l'ancien quai des pêcheurs en raison de la présence d'une dalle de béton.	
LÉGENDE	
<b>Sa:</b> Sable <b>Si:</b> Silt <b>A:</b> Argile <b>R:</b> Remblai	



**RAPPORT DE SONDAGE : TRANCÉE D'OBSERVATION**

<b>Client :</b>	Transports Canada	<b>Tranchée No.:</b>	TP101
<b>Projet :</b>	PR03-38	<b>Face décrite:</b>	Toutes
<b>Endroit:</b>	Rue du Quai, Ville de Gaspé	<b>Date (jj-mm-aa) :</b>	06-08-03
<b>Description du site:</b>	Lot 1-4, stationnement de gravier	<b>Effectué par:</b>	Isabelle Desjardins
		<b>Vérifié par:</b>	Manon Wilson

DESCRIPTION DU SOL EN PLACE (nature, composition, couleur, consistance, compacité, humidité, etc.)			PHOTOS		ÉCHANTILLONS			ANALYSES
PROFONDEUR (m)	Nature	DESCRIPTION VISUELLE	PROFONDEUR (m)	No	PROFONDEUR (m)	No	COV MiniRae (ppm)	PARAMETRES
0,0 - 1,0	R	Remblai: Sable avec un peu de gravier et silt, brun, sec, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.			0,0 - 1,0	1	17,2	
1,0 - 3,0	R	Remblai: Sable avec un peu de gravier et lentilles de silt gris et traces de bois, brun-gris, humide, légère odeur d'hydrocarbures pétroliers (HAP).			1,0 - 2,0	2	24,7	Métaux
					2,0 - 3,0	3	24,1	

EXCAVATION	
<b>Équipement utilisé:</b>	Pelle hydraulique
<b>Coordonnées:</b>	nord : 5409699,459 est : 309101,542
<b>Élévation du terrain:</b>	2,630 m
<b>Dimension:</b>	1,03 x 2,2 m
<b>Profondeur maximale:</b>	3,0 m
<b>Orientation:</b>	E-O
REMARQUES	
Venue d'eau à 3,0 m. / Léger film d'hydrocarbures pétroliers sur l'eau. / Présence d'un poteau de bois provenant de l'ancien quai. / Lentilles de silt gris pourrait être des minéraux de cuivre.	
LÉGENDE	
Sa: Sable Si: Silt A: Argile R: Remblai	



**RAPPORT DE SONDAGE : TRANCÉE D'OBSERVATION**

<b>Client :</b>	Transports Canada	<b>Tranchée No.:</b>	TP102
<b>Projet :</b>	PR03-38	<b>Face décrite:</b>	Toutes
<b>Endroit:</b>	Rue du Quai, Ville de Gaspé	<b>Date (jj-mm-aa) :</b>	06-08-03
<b>Description du site:</b>	Lot 1-4, stationnement de gravier	<b>Effectué par:</b>	Isabelle Desjardins
		<b>Vérifié par:</b>	Manon Wilson

DESCRIPTION DU SOL EN PLACE (nature, composition, couleur, consistance, compacité, humidité, etc.)			PHOTOS		ÉCHANTILLONS			ANALYSES
PROFONDEUR (m)	Nature	DESCRIPTION VISUELLE	PROFONDEUR (m)	No	PROFONDEUR (m)	No	COV MiniRae (ppm)	PARAMETRES
0,0 - 3,0	<b>R</b>	Remblai: Sable silteux avec un peu de gravier, brun, légèrement humide, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.			0,0 - 1,0	1	0,2	Cu
3,0 - 3,2	<b>Sa</b>	Sable graveleux avec un peu de coquillages fragmentés, gris, saturé, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers. Présence de bois au fond.			1,0 - 2,0	2	4,1	
					2,0 - 3,0	3	4,6	
					3,0 - 3,2	4	3,7	

EXCAVATION	
<b>Équipement utilisé:</b>	Pelle hydraulique
<b>Coordonnées:</b>	nord : 5409696,541 est : 309087,628
<b>Élévation du terrain:</b>	2,574 m
<b>Dimension:</b>	2,0 x 2,5 m
<b>Profondeur maximale:</b>	3,20 m
<b>Orientation:</b>	E-O
<b>REMARQUE</b> Venue d'eau à 2,8 m.	
<b>LÉGENDE</b>	
Sa: Sable   Si: Silt   A: Argile   R: Remblai	

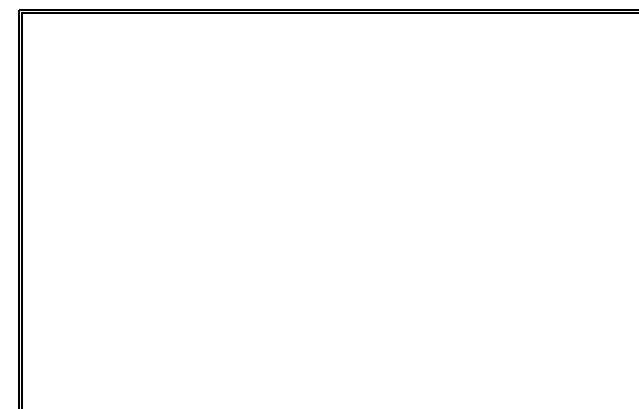


**RAPPORT DE SONDAGE : TRANCHÉE D'OBSERVATION**

<b>Client :</b>	Transports Canada	<b>Tranchée No.:</b>	TP103
<b>Projet :</b>	PR03-38	<b>Face décrite:</b>	Toutes
<b>Endroit:</b>	Rue du Quai, Ville de Gaspé	<b>Date (jj-mm-aa) :</b>	06-08-03
<b>Description du site:</b>	Lot 1-4, stationnement de gravier	<b>Effectué par:</b>	Isabelle Desjardins
		<b>Vérifié par:</b>	Manon Wilson

DESCRIPTION DU SOL EN PLACE (nature, composition, couleur, consistance, compacité, humidité, etc.)			PHOTOS		ÉCHANTILLONS			ANALYSES
PROFONDEUR (m)	Nature	DESCRIPTION VISUELLE	PROFONDEUR (m)	No	PROFONDEUR (m)	No	COV MiniRae (ppm)	PARAMETRES
0,0 - 2,0	R	Remblai: Sable silteux avec un peu de gravier, brun, légèrement humide, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.			0,0 - 1,0	1	3,5	
2,0 - 2,8	R	Remblai: Sable avec un peu de gravier et lentilles de silt gris mélangées (Cu?) à travers la matrice, brun-gris, légèrement humide à humide, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.			1,0 - 2,0	2	4,4	
2,8 - 3,0	R	Remblai: sable noir (organique), saturé, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.			2,8 - 3,0	3	5,6	Métaux
3,0 - 3,3	Si	Silt avec un peu de gros cailloux arrondis et sable, gris-vert, saturé, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.			3,0 - 3,3	4	5	

EXCAVATION	
<b>Équipement utilisé:</b>	Pelle hydraulique
<b>Coordonnées:</b>	nord : 5409684,383 est : 309101,290
<b>Élévation du terrain:</b>	2,425 m
<b>Dimension:</b>	1,3 x 2,2 m
<b>Profondeur maximale:</b>	3,3 m
<b>Orientation:</b>	E-O
REMARQUES	
Venue d'eau à 3,0 m. / Présence d'un pilier de bois dont le bas est noir (créosote)	
LÉGENDE	
Sa: Sable   Si: Silt   A: Argile   R: Remblai	





**RAPPORT DE SONDAGE : TRANCÉE D'OBSERVATION**

<b>Client :</b>	Transports Canada	<b>Tranchée No.:</b>	TP104
<b>Projet :</b>	PR03-38	<b>Face décrite:</b>	Toutes
<b>Endroit:</b>	Rue du Quai, Ville de Gaspé	<b>Date (jj-mm-aa) :</b>	06-08-03
<b>Description du site:</b>	Lot 1-4, stationnement de gravier	<b>Effectué par:</b>	Isabelle Desjardins
		<b>Vérifié par:</b>	Manon Wilson

DESCRIPTION DU SOL EN PLACE (nature, composition, couleur, consistance, compacité, humidité, etc.)			PHOTOS		ÉCHANTILLONS			ANALYSES
PROFONDEUR (m)	Nature	DESCRIPTION VISUELLE	PROFONDEUR (m)	No	PROFONDEUR (m)	No	COV MiniRae (ppm)	PARAMETRES
0,0 - 1,0	R	Remblai: Sable silteux avec un peu de gravier, brun, légèrement humide, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.			0,0 - 1,0	1	3,8	
1,0 - 2,6	R	Remblai: Sable avec un peu de gravier et lentilles de silt gris mélangées (Cu?) à travers la matrice, brun-gris, légèrement humide à humide, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.			1,0 - 2,0	2	537	
2,6 - 3,0	R	Remblai: gravier silteux, gris, saturé, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.			2,0 - 2,6	3	4,7	
3,0 - 3,4	Sa-Si	Sable silteux avec un peu de cailloux arrondis, gris, saturé, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.			2,6 - 3,0	4	4,5	
					3,0 - 3,4	5	3,7	

EXCAVATION	
<b>Équipement utilisé:</b>	Pelle hydraulique
<b>Coordonnées:</b>	nord : 5409690,135 est : 309122,263
<b>Élévation du terrain:</b>	2,398 m
<b>Dimension:</b>	1,3 x 2,2 m
<b>Profondeur maximale:</b>	3,4 m
<b>Orientation:</b>	E-O
REMARQUES	
Venue d'eau à 2,6 m (correspond au gravier). / Léger film d'hydrocarbures pétroliers sur l'eau.	
LÉGENDE	
Sa: Sable Si: Silt A: Argile R: Remblai	



**RAPPORT DE SONDAGE : TRANCÉE D'OBSERVATION**

<b>Client :</b>	Transports Canada	<b>Tranchée No.:</b>	TP105
<b>Projet :</b>	PR03-38	<b>Face décrite:</b>	Toutes
<b>Endroit:</b>	Rue du Quai, Ville de Gaspé	<b>Date (jj-mm-aa) :</b>	06-08-03
<b>Description du site:</b>	Lot 1-4, stationnement de gravier	<b>Effectué par:</b>	Isabelle Desjardins
		<b>Vérifié par:</b>	Manon Wilson

DESCRIPTION DU SOL EN PLACE (nature, composition, couleur, consistance, compacité, humidité, etc.)			PHOTOS		ÉCHANTILLONS			ANALYSES
PROFONDEUR (m)	Nature	DESCRIPTION VISUELLE	PROFONDEUR (m)	No	PROFONDEUR (m)	No	COV MiniRae (ppm)	PARAMETRES
0,0 - 1,0	<b>R</b>	Remblai: Sable silteux avec un peu de gravier, brun, légèrement humide, forte odeur d'hydrocarbures pétroliers entre 1,0 et 1,8 m.			0,0 - 1,0	1	3,3	Métaux
1,0 - 1,8	<b>R</b>	Avec présence de lentilles de sable gris, forte odeur d'hydrocarbures pétroliers.			1,0 - 1,8	2	1500	C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub>
1,8 - 2,9	<b>R</b>	Remblai: silt argileux avec gravier, gris, légère odeur d'hydrocarbures pétroliers.			1,8 - 2,9	3	49,4	
2,9 - 3,3	<b>Sa</b>	Sable avec traces de coquillages bivalves entiers (diamètre maximum de 10 cm), gris ,saturé, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.			2,9 - 3,3	4		

EXCAVATION	
<b>Équipement utilisé:</b>	Pelle hydraulique
<b>Coordonnées:</b>	nord : 5409683,637 est : 309130,057
<b>Élévation du terrain:</b>	2,315 m
<b>Dimension:</b>	1,3 x 2,2 m
<b>Profondeur maximale:</b>	3,3 m
<b>Orientation:</b>	E-O
REMARQUES	
Venue d'eau à 2,8 m. / Film d'hydrocarbures pétroliers sur l'eau. / Moyenne odeur d'hydrocarbures pétroliers dans l'air.	
LÉGENDE	
<b>Sa:</b> Sable <b>Si:</b> Silt <b>A:</b> Argile <b>R:</b> Remblai	

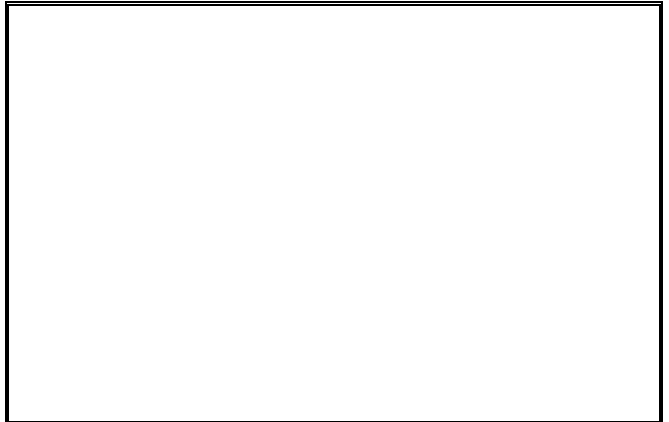


**RAPPORT DE SONDAGE : TRANCHÉE D'OBSERVATION**

<b>Client :</b>	Transports Canada	<b>Tranchée No.:</b>	TP106
<b>Projet :</b>	PR03-38	<b>Face décrite:</b>	Toutes
<b>Endroit:</b>	Rue du Quai, Ville de Gaspé	<b>Date (jj-mm-aa) :</b>	06-08-03
<b>Description du site:</b>	Lot 1-4, stationnement de gravier	<b>Effectué par:</b>	Isabelle Desjardins
		<b>Vérifié par:</b>	Manon Wilson

DESCRIPTION DU SOL EN PLACE (nature, composition, couleur, consistance, compacité, humidité, etc.)			PHOTOS		ÉCHANTILLONS			ANALYSES
PROFONDEUR (m)	Nature	DESCRIPTION VISUELLE	PROFONDEUR (m)	No	PROFONDEUR (m)	No	COV MiniRae (ppm)	PARAMETRES
0,0 - 2,4	<b>R</b>	Remblai: Sable silteux avec un peu de graver et traces de fils de métal, brun-gris, légèrement humide, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.			0,0 - 1,0	1	6,3	Métaux
2,4 - 3,0	<b>Sa</b>	Sable gris, saturé, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.			1,0 - 2,4	2	4,8	
3,0 - 3,2	<b>Si-A</b>	Silt argileux avec traces de racines, brun-gris, saturé, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.			2,4 - 3,0	3	3,7	

EXCAVATION	
<b>Équipement utilisé:</b>	Pelle hydraulique
<b>Coordonnées:</b>	nord : 5409677,177 est : 309116,131
<b>Élévation du terrain:</b>	
<b>Dimension:</b>	1,3 x 2,2 m
<b>Profondeur maximale:</b>	3,2 m
<b>Orientation:</b>	E-O
REMARQUE	
Venue d'eau à 3,0 m	
LÉGENDE	
<b>Sa:</b> Sable <b>Si:</b> Silt <b>A:</b> Argile <b>R:</b> Remblai	



**RAPPORT DE SONDAGE : TRANCHÉE D'OBSERVATION**

<b>Client :</b>	Transports Canada	<b>Tranchée No.:</b>	TP107
<b>Projet :</b>	PR03-38	<b>Face décrite:</b>	Toutes
<b>Endroit:</b>	Rue du Quai, Ville de Gaspé	<b>Date (jj-mm-aa) :</b>	06-08-03
<b>Description du site:</b>	Lot 1-4, stationnement de gravier	<b>Effectué par:</b>	Isabelle Desjardins
		<b>Vérifié par:</b>	Manon Wilson

DESCRIPTION DU SOL EN PLACE (nature, composition, couleur, consistance, compacité, humidité, etc.)			PHOTOS		ÉCHANTILLONS			ANALYSES
PROFONDEUR (m)	Nature	DESCRIPTION VISUELLE	PROFONDEUR (m)	No	PROFONDEUR (m)	No	COV MiniRae (ppm)	PARAMETRES
0,0 - 2,6	<b>R</b>	Remblai: Sable silteux avec un peu de gravier et traces de fils de métal, brun-gris, légèrement humide, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.			0,0 - 1,0	1	2,2	Métaux
2,6 - 3,0	<b>Sa</b>	Sable gris, saturé, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.			1,0 - 2,6	2	2,1	
3,0 - 3,1	<b>Si-A</b>	Silt argileux avec traces de racines, brun-gris, saturé, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.			2,6 - 3,1	3	3,5	
					Dup de 1	4	-	Métaux

EXCAVATION	
<b>Équipement utilisé:</b>	Pelle hydraulique
<b>Coordonnées:</b>	nord : 5409672,703 est : 309103,606
<b>Élévation du terrain:</b>	2,338 m
<b>Dimension:</b>	1,3 x 2,2 m
<b>Profondeur maximale:</b>	3,10 m
<b>Orientation:</b>	E-O
REMARQUE	
Venue d'eau à 2,6 m.	
LÉGENDE	
<b>Sa:</b> Sable <b>Si:</b> Silt <b>A:</b> Argile <b>R:</b> Remblai	



## RAPPORT DE SONDAGE : TRANCHÉE D'OBSERVATION

<b>Client :</b>	Transports Canada	<b>Tranchée No.:</b>	TP108
<b>Projet :</b>	PR03-38	<b>Face décrite:</b>	Toutes
<b>Endroit:</b>	Rue du Quai, Ville de Gaspé	<b>Date (jj-mm-aa) :</b>	06-08-03
<b>Description du site:</b>	Lot 1-4, stationnement de gravier	<b>Effectué par:</b>	Isabelle Desjardins
		<b>Vérifié par:</b>	Manon Wilson

DESCRIPTION DU SOL EN PLACE (nature, composition, couleur, consistance, compacité, humidité, etc.)			PHOTOS		ÉCHANTILLONS			ANALYSES
PROFONDEUR (m)	Nature	DESCRIPTION VISUELLE	PROFONDEUR (m)	No	PROFONDEUR (m)	No	COV MiniRae (ppm)	PARAMETRES
0,0 - 1,0	<b>R</b>	Remblai: Sable silteux avec un peu de gravier et traces de fils de métal, brun-gris, légèrement humide, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.			0,0 - 1,0	1	17,4	Métaux
1,0 - 1,3	<b>R</b>	Remblai: Sable avec un peu de gravier, gris-brun, humide, moyenne odeur d'hydrocarbures pétroliers.			1,0 - 1,3	2	121	HAM
1,3 - 2,5	<b>Sa</b>	Sable avec traces de cailloux arrondis et de bois, gris, humide à saturé, légère odeur d'hydrocarbures pétroliers.			1,3 - 2,5	3	54,3	C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub>

EXCAVATION	
<b>Équipement utilisé:</b>	Pelle hydraulique
<b>Coordonnées:</b>	nord : 5409658,249 est : 309129,350
<b>Élévation du terrain:</b>	2,087 m
<b>Dimension:</b>	1,3 x 2,2 m
<b>Profondeur maximale:</b>	2,5 m
<b>Orientation:</b>	E-O
REMARQUE	
Venue d'eau lente à 2,5 m.	
LÉGENDE	
<b>Sa:</b> Sable <b>Si:</b> Silt <b>A:</b> Argile <b>R:</b> Remblai	

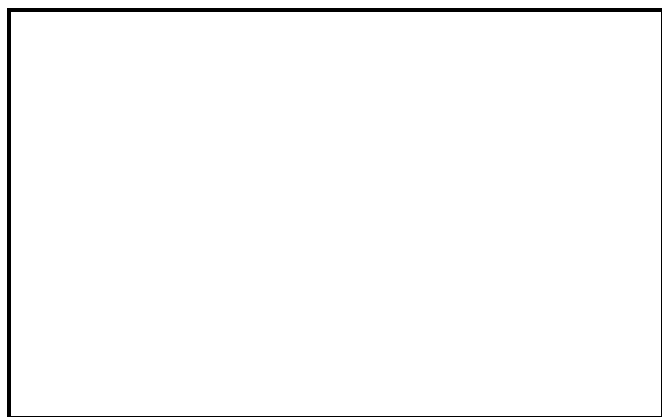


**RAPPORT DE SONDAGE : TRANCÉE D'OBSERVATION**

<b>Client :</b>	Transports Canada	<b>Tranchée No.:</b>	TP109
<b>Projet :</b>	PR03-38	<b>Face décrite:</b>	Toutes
<b>Endroit:</b>	Rue du Quai, Ville de Gaspé	<b>Date (jj-mm-aa) :</b>	06-08-03
<b>Description du site:</b>	Lot 1-4, stationnement de gravier	<b>Effectué par:</b>	Isabelle Desjardins
		<b>Vérifié par:</b>	Manon Wilson

DESCRIPTION DU SOL EN PLACE (nature, composition, couleur, consistance, compacité, humidité, etc.)			PHOTOS		ÉCHANTILLONS			ANALYSES
PROFONDEUR (m)	Nature	DESCRIPTION VISUELLE	PROFONDEUR (m)	No	PROFONDEUR (m)	No	COV MiniRae (ppm)	PARAMETRES
0,0 - 2,1	<b>R</b>	Remblai: sable silteux avec un peu de gravier, brun, légèrement humide, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.			0,0 - 1,0	1	3,2	Métaux
2,10 - 3,0	<b>Sa</b>	Sable avec traces de coquillages, gris à brun, saturé, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.			1,0 - 2,1	2	3,2	
					2,1 - 3,0	3	5,5	
					Dup de 1	4		Métaux

EXCAVATION	
<b>Équipement utilisé:</b>	Pelle hydraulique
<b>Coordonnées:</b>	nord : 5409665,937 est : 309144,431
<b>Élévation du terrain:</b>	2,232 m
<b>Dimension:</b>	1,3 x 2,2 m
<b>Profondeur maximale:</b>	3,0 m
<b>Orientation:</b>	E-O
<b>REMARQUE</b>	
Venue d'eau à 2,4 m.	
<b>LÉGENDE</b>	
Sa: Sable   Si: Silt   A: Argile   R: Remblai	

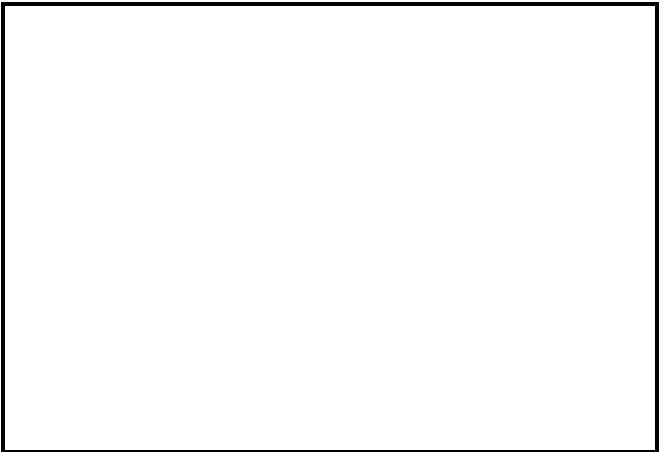


**RAPPORT DE SONDAGE : TRANCHÉE D'OBSERVATION**

<b>Client :</b>	Transports Canada	<b>Tranchée No.:</b>	TP110 (PZ110)
<b>Projet :</b>	PR03-38	<b>Face décrite:</b>	Toutes
<b>Endroit:</b>	Rue du Quai, Ville de Gaspé	<b>Date (jj-mm-aa) :</b>	06-08-03
<b>Description du site:</b>	Lot 1-4, à côté de PO-24 et du hangar	<b>Effectué par:</b>	Isabelle Desjardins
		<b>Vérifié par:</b>	Manon Wilson

DESCRIPTION DU SOL EN PLACE (nature, composition, couleur, consistance, compacité, humidité, etc.)			PHOTOS		ÉCHANTILLONS			ANALYSES
PROFONDEUR (m)	Nature	DESCRIPTION VISUELLE	PROFONDEUR (m)	No	PROFONDEUR (m)	No	COV MiniRae (ppm)	PARAMETRES
0.0 - 2.0	R	Remblai: Sable avec un peu de cailloux et traces de briques, brun-gris, humide, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers. Présence d'un ancien horizon d'asphalte.			0.0 - 1.0	1	3.0	
2.0 - 4.0	Sa	Sable moyen à grossier, brun-gris, humide à saturé, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.			1.0 - 2.0	2	2,3	
					2.0 - 3.0	3	3	Métaux
					3.0 - 4.0	4	3,1	

EXCAVATION	
<b>Équipement utilisé:</b>	Pelle hydraulique
<b>Coordonnées:</b>	nord : 5409761,212 est : 309101,742
<b>Élévation du terrain:</b>	2,614 m
<b>Élévation de la margelle:</b>	2,527 m
<b>Dimension:</b>	1,3 x 2,2 m
<b>Profondeur maximale:</b>	4,0 m
<b>Orientation:</b>	E-O
REMARQUES	
Niveau d'eau à 3,60 m. / Installation d'un piézomètre.	
LÉGENDE	
Sa: Sable   Si: Silt   A: Argile   R: Remblai	



**RAPPORT DE SONDAGE : TRANCHÉE D'OBSERVATION**

<b>Client :</b>	Transports Canada	<b>Tranchée No.:</b>	TP111 (PZ111)
<b>Projet :</b>	PR03-38	<b>Face décrite:</b>	Toutes
<b>Endroit:</b>	Rue du Quai, Ville de Gaspé	<b>Date (jj-mm-aa) :</b>	06-08-03
<b>Description du site:</b>	Lot 1-4, à l'ouest du hangar	<b>Effectué par:</b>	Isabelle Desjardins
		<b>Vérifié par:</b>	Manon Wilson

DESCRIPTION DU SOL EN PLACE (nature, composition, couleur, consistance, compacité, humidité, etc.)			PHOTOS		ÉCHANTILLONS			ANALYSES
PROFONDEUR (m)	Nature	DESCRIPTION VISUELLE	PROFONDEUR (m)	No	PROFONDEUR (m)	No	COV MiniRae (ppm)	PARAMETRES
0.0 - 1.9	R	Remblai: sable avec un peu de gravier et traces de bois, briques, brun, légèrement humide, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.			0.0 - 1.0	1	2,5	
1.9 - 4.2	Sa	Sable moyen avec quelques horizons de sable grossier graveleux, gris, humide à saturé, légère odeur d'hydrocarbures pétroliers associée à l'horizon graveleux.			1.0 - 1.9	2	2,9	
					1.9 - 3.0	3	7,1	
					3.0 - 4.0	4	4,4	

EXCAVATION	
<b>Équipement utilisé:</b>	Pelle hydraulique
<b>Coordonnées:</b>	nord : 5409761,828 est : 309073,025
<b>Élévation du terrain:</b>	2,188 m
<b>Élévation de la margelle:</b>	2,066 m
<b>Dimension:</b>	1,3 x 2,2 m
<b>Profondeur maximale:</b>	4,0 m
<b>Orientation:</b>	N-S
REMARQUES	
Niveau d'eau à 3,8 m. / Installation d'un piézomètre.	
LÉGENDE	
<b>Sa:</b> Sable <b>Si:</b> Silt <b>A:</b> Argile <b>R:</b> Remblai	





**RAPPORT DE SONDAGE : TRANCHÉE D'OBSERVATION**

<b>Client :</b>	Transports Canada	<b>Tranchée No.:</b>	TP112 (PZ112)
<b>Projet :</b>	PR03-38	<b>Face décrite:</b>	Toutes
<b>Endroit:</b>	Rue du Quai, Ville de Gaspé	<b>Date (jj-mm-aa) :</b>	06-08-03
<b>Description du site:</b>	Lot 1-4, à l'ouest du hangar	<b>Effectué par:</b>	Isabelle Desjardins
		<b>Vérifié par:</b>	Manon Wilson

DESCRIPTION DU SOL EN PLACE (nature, composition, couleur, consistance, compacité, humidité, etc.)			PHOTOS		ÉCHANTILLONS			ANALYSES
PROFONDEUR (m)	Nature	DESCRIPTION VISUELLE	PROFONDEUR (m)	No	PROFONDEUR (m)	No	COV MiniRae (ppm)	PARAMETRES
0.0 - 2.1	<b>R</b>	Remblai: sable avec un peu de silt et gravier et traces de bois et métal, brun, légèrement humide, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.			0.0 - 1.0	1	2,5	
2.1 - 4.0	<b>Sa</b>	Sable moyen à grossier, gris, humide à saturé, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.			1.0 -2.1	2	2,6	
					2.1 - 3.0	3	14,6	
					3.0 - 4.0	4	11,9	

EXCAVATION	
<b>Équipement utilisé:</b>	Pelle hydraulique
<b>Coordonnées:</b>	nord : 5409761,362 est : 309060,554
<b>Élévation du terrain:</b>	1,885 m
<b>Élévation de la margelle:</b>	1,744 m
<b>Dimension:</b>	1,3 x 2,2 m
<b>Profondeur maximale:</b>	4,0 m
<b>Orientation:</b>	N-S
REMARQUES	
Niveau d'eau à 3,7 m. / Installation d'un piézomètre.	
LÉGENDE	
<b>Sa:</b> Sable <b>Si:</b> Silt <b>A:</b> Argile <b>R:</b> Remblai	

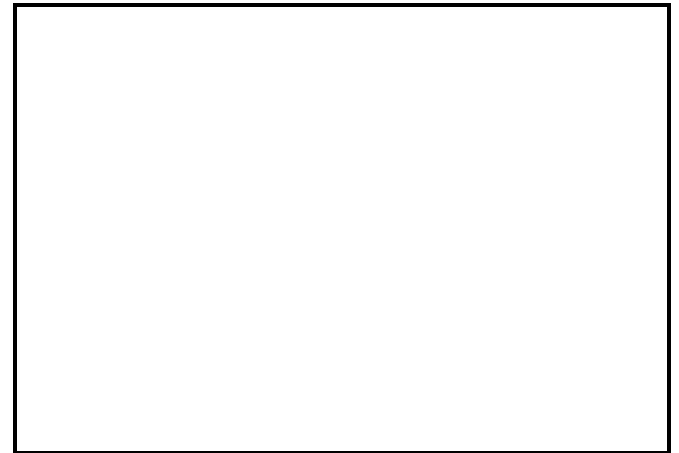


**RAPPORT DE SONDAGE : TRANCÉE D'OBSERVATION**

<b>Client :</b>	Transports Canada	<b>Tranchée No.:</b>	TP113 (PZ113)
<b>Projet :</b>	PR03-38	<b>Face décrite:</b>	Toutes
<b>Endroit:</b>	Rue du Quai, Ville de Gaspé	<b>Date (jj-mm-aa) :</b>	06-08-03
<b>Description du site:</b>	Lot 1-4, à l'ouest du hangar	<b>Effectué par:</b>	Isabelle Desjardins
		<b>Vérfié par:</b>	Manon Wilson

DESCRIPTION DU SOL EN PLACE (nature, composition, couleur, consistance, compacité, humidité, etc.)			PHOTOS		ÉCHANTILLONS			ANALYSES
PROFONDEUR (m)	Nature	DESCRIPTION VISUELLE	PROFONDEUR (m)	No	PROFONDEUR (m)	No	COV MiniRae (ppm)	PARAMETRES
0.0 - 2.1	<b>R</b>	Remblai: sable avec un peu de silt et gravier et traces de bois et métal, brun, légèrement humide, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.			0.0 - 1.0	1	3	Métaux
2.1 - 4.3	<b>Sa</b>	Sable moyen à grossier, gris, humide à saturé, moyenne odeur d'hydrocarbures pétroliers.			1.0 -2.1	2	3,3	
					2.1 - 3.0	3	40,2	
					3.0 - 4.0	4	29,3	

EXCAVATION	
<b>Équipement utilisé:</b>	Pelle hydraulique
<b>Coordonnées:</b>	nord : 5409755,221 est : 309067,525
<b>Élévation du terrain:</b>	2,519 m
<b>Élévation de la margelle:</b>	2,507 m
<b>Dimension:</b>	1,3 x 2,2 m
<b>Profondeur maximale:</b>	4,3 m
<b>Orientation:</b>	N-S
REMARQUES	
Niveau d'eau à 3,8 m. / Installation d'un piézomètre. / Présence d'un film d'hydrocarbures pétroliers et d'écume brune sur l'eau.	
LÉGENDE	
<b>Sa:</b> Sable <b>Si:</b> Silt <b>A:</b> Argile <b>R:</b> Remblai	



**RAPPORT DE SONDAGE : TRANCÉE D'OBSERVATION**

<b>Client :</b>	Transports Canada	<b>Tranchée No.:</b>	TP114
<b>Projet :</b>	PR03-38	<b>Face décrite:</b>	Toutes
<b>Endroit:</b>	Rue du Quai, Ville de Gaspé	<b>Date (jj-mm-aa) :</b>	06-08-03
<b>Description du site:</b>	Lot 1-4	<b>Effectué par:</b>	Isabelle Desjardins
		<b>Vérifié par:</b>	Manon Wilson

DESCRIPTION DU SOL EN PLACE (nature, composition, couleur, consistance, compacité, humidité, etc.)			PHOTOS		ÉCHANTILLONS			ANALYSES
PROFONDEUR (m)	Nature	DESCRIPTION VISUELLE	PROFONDEUR (m)	No	PROFONDEUR (m)	No	COV MiniRae (ppm)	PARAMETRES
0.0 - 2.8	<b>R</b>	Remblai: sable avec un peu de silt et gravier et traces de bois et métal, brun, légèrement humide, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.			0.0 - 1.0	1	4,1	
2.8 - 3.1	<b>Sa</b>	Sable moyen à grossier, gris, humide à saturé, moyenne odeur d'hydrocarbures pétroliers.			1.0 - 2.0	2	22,4	
					2.0 - 2.8	3	23,2	
					2.8 - 3.1	4	18,5	

EXCAVATION	
<b>Équipement utilisé:</b>	Pelle hydraulique
<b>Coordonnées:</b>	nord : 5409756,106 est : 309048,200
<b>Élévation du terrain:</b>	2,137 m
<b>Dimension:</b>	1,3 x 2,2 m
<b>Profondeur maximale:</b>	3,1 m
<b>Orientation:</b>	N-S
REMARQUE	
Niveau d'eau à 2,8 m.	
LÉGENDE	
<b>Sa:</b> Sable <b>Si:</b> Silt <b>A:</b> Argile <b>R:</b> Remblai	



**RAPPORT DE SONDAGE : TRANCHÉE D'OBSERVATION**

<b>Client :</b>	Transports Canada	<b>Tranchée No.:</b>	TP115 (PZ115)
<b>Projet :</b>	PR03-38	<b>Face décrite:</b>	Toutes
<b>Endroit:</b>	Rue du Quai, Ville de Gaspé	<b>Date (jj-mm-aa) :</b>	06-08-03
<b>Description du site:</b>	Lot 1-4	<b>Effectué par:</b>	Isabelle Desjardins
		<b>Vérifié par:</b>	Manon Wilson

DESCRIPTION DU SOL EN PLACE (nature, composition, couleur, consistance, compacité, humidité, etc.)			PHOTOS		ÉCHANTILLONS			ANALYSES
PROFONDEUR (m)	Nature	DESCRIPTION VISUELLE	PROFONDEUR (m)	No	PROFONDEUR (m)	No	COV MiniRae (ppm)	PARAMETRES
0.00 - 3.1	R	Remblai: sable avec un peu de silt et gravier et traces de bois et métal, brun, légèrement humide, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.			0.0 - 1.0	1	3,2	
3.1 - 4.0	Sa	Sable moyen à grossier, gris, saturé, moyenne odeur d'hydrocarbures pétroliers au contact du remblai.			1.0 - 2.0	2	2,9	
					2.0 - 3.1	3	3,7	
					3.1 - 4.0	4	17,6	

EXCAVATION	
<b>Équipement utilisé:</b>	Pelle hydraulique
<b>Coordonnées:</b>	nord : 5409747,528 est : 309049,118
<b>Élévation du terrain:</b>	2,698 m
<b>Élévation de la margelle:</b>	2,597 m
<b>Dimension:</b>	1,3 x 2,2 m
<b>Profondeur maximale:</b>	4,0 m
<b>Orientation:</b>	N-S
REMARQUES	
Niveau d'eau à 3,10 m. / Installation d'un piézomètre. / Présence d'un film d'hydrocarbures pétroliers et d'écume brune sur l'eau.	
LÉGENDE	
Sa: Sable Si: Silt A: Argile R: Remblai	



## RAPPORT DE SONDAGE : TRANCÉE D'OBSERVATION

<b>Client :</b>	Transports Canada	<b>Tranchée No.:</b>	TP116
<b>Projet :</b>	PR03-38	<b>Face décrite:</b>	Toutes
<b>Endroit:</b>	Rue du Quai, Ville de Gaspé	<b>Date (jj-mm-aa) :</b>	06-08-03
<b>Description du site:</b>	Lot 1-1-1	<b>Effectué par:</b>	Isabelle Desjardins
		<b>Vérifié par:</b>	Manon Wilson

DESCRIPTION DU SOL EN PLACE (nature, composition, couleur, consistance, compacité, humidité, etc.)			PHOTOS		ÉCHANTILLONS			ANALYSES
PROFONDEUR (m)	Nature	DESCRIPTION VISUELLE	PROFONDEUR (m)	No	PROFONDEUR (m)	No	COV MiniRae (ppm)	PARAMETRES
0.0 - 2.2	R	Remblai: sable avec un peu de silt et gravier et traces de bois et métal, brun, légèrement humide, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.			0.0 - 1.0	1	3	
2.2 - 4.0	Sa	Sable moyen, gris, saturé, forte odeur d'hydrocarbures pétroliers en profondeur, correspondant à un horizon noir (15 cm).			1.0 - 2.2	2	5,6	Métaux
					2.2 - 3.0	3	233	C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub>
					3.0 - 3.5	4	2000	HAM
					3.5 - 4.0	5	82	
					Dup de 2	6	-	Métaux

EXCAVATION	
<b>Équipement utilisé:</b>	Pelle hydraulique
<b>Coordonnées:</b>	nord : 5409746,534 est : 309035,201
<b>Élévation du terrain:</b>	2,524 m
<b>Dimension:</b>	1,3 x 2,2 m
<b>Profondeur maximale:</b>	4,0 m
<b>Orientation:</b>	N-S
REMARQUES	
Niveau d'eau à 3,10 m. / Présence d'un film d'hydrocarbures pétroliers et d'écume brune sur l'eau.	
LÉGENDE	
Sa: Sable   Si: Silt   A: Argile   R: Remblai	



**RAPPORT DE SONDAGE : TRANCÉE D'OBSERVATION**

<b>Client :</b>	Transports Canada	<b>Tranchée No.:</b>	TP117 (PZ117)
<b>Projet :</b>	PR03-38	<b>Face décrite:</b>	Toutes
<b>Endroit:</b>	Rue du Quai, Ville de Gaspé	<b>Date (jj-mm-aa) :</b>	06-08-03
<b>Description du site:</b>	Lot B5-1-1	<b>Effectué par:</b>	Isabelle Desjardins
		<b>Vérifié par:</b>	Manon Wilson

DESCRIPTION DU SOL EN PLACE (nature, composition, couleur, consistance, compacité, humidité, etc.)			PHOTOS		ÉCHANTILLONS			ANALYSES
PROFONDEUR (m)	Nature	DESCRIPTION VISUELLE	PROFONDEUR (m)	No	PROFONDEUR (m)	No	COV MiniRae (ppm)	PARAMETRES
0.0 - 2.8	R	Remblai: sable avec un peu de silt et gravier et traces de bois et métal, brun, légèrement humide, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.			0.0 - 1.0	1	6,9	
2.8 - 4.0	Sa	Sable grossier à sable graveleux, gris, humide à saturé, forte à moyenne odeur d'hydrocarbures pétroliers.			1.0 - 2.5	2	0,5	
					2.8 - 3.5	3	167	C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub>
					3.5 - 4.0	4	157	

EXCAVATION	
<b>Équipement utilisé:</b>	Pelle hydraulique
<b>Coordonnées:</b>	nord : 5409743,609 est : 309021,941
<b>Élévation du terrain:</b>	2,494 m
<b>Élévation de la margelle:</b>	2,351 m
<b>Dimension:</b>	1,3 x 2,2 m
<b>Profondeur maximale:</b>	4,0 m
<b>Orientation:</b>	N-S
REMARQUES	
Niveau d'eau à 2,8 m. / Installation d'un piézomètre. / Présence d'un film d'hydrocarbures pétroliers et d'écume brune sur l'eau.	
LÉGENDE	
<b>Sa:</b> Sable <b>Si:</b> Silt <b>A:</b> Argile <b>R:</b> Remblai	



**ANNEXE D-2**

**RAPPORTS DE FORAGES ET D'AMÉNAGEMENT  
DES PUIITS D'OBSERVATION**

**Client:** Transports Canada  
**Projet:** Caractérisation environnementale approfondie de la rue du Quai  
**No. de projet:** PR03-33  
**Localisation:** Ville de Gaspé, Québec  
**Méthode de forage:** Forage à tarière évidée  
**Foré par:** Forages Ulysse Roy  
**Secteur:** Lot 1-4, à l'Ouest du hangar de TC

**Élévation du sol:** 2.970 m  
**Élévation de la margelle:** 2.798 m  
**Profondeur du niveau d'eau:** 2.87 m (10-08-03)  
**Coordonnée nord:** 5409752.118  
**Coordonnée est:** 309078.203  
**Diamètre du forage:** 203 mm  
**Date du forage:** 31-07-03

Élévation (m)	Profondeur (m)	Description géologique et environnementale	Symbole	Echantillon				Concentration				Odeur	Analyses de laboratoire Vérfié Sol Analyse	Schéma du puits	Détails de construction du puits
				Numéro	Type	N	Récupération (%)	COV (ppm)							
								25	75	125	175				
2.97	0	Surface du Sol													
		<b>Remblai:</b> Sable silteux à sableux avec un peu de cailloux, brun, sec, compact, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.		1	24	70	0					PO			Couverture protecteur niveau du sol  Coulis ciment-bentonite  Bentonite humectée  Tubage de 51 mm, en CPV, série 40, fileté  Crépine de CPV, de 0.25 mm d'ouverture  Élévation de l'eau: -0.07 m  Sable de silice  Bouchon vissable  - 15'
	1			2	24	66	0				PO				
1.45		Lâche, légèrement humide.		3	10	49	2.7				PO				
0.68		<b>Gravier:</b> Cailloux avec traces de silt, gris, compact, humide, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.		4	11	17	0.4				PO				
-0.08	3	<b>Sable silteux:</b> Sable silteux avec un peu de gravier fin et traces de cailloux arrondis, gris, saturé, compact; pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.  Dup de 5 = 6		5(6)	28	55	7.1	115.5			MO	(5) C10-C50, Métaux (6) C10-C50, Métaux			
-1.23	4			7	21	59		121.8			MO	C10-C50			
-1.63		Note: Légère odeur d'hydrocarbures pétroliers dans l'eau.													
		Fin du sondage													
	5														



# JOURNAL DE SONDAGE

Numéro de sondage: PO03-61

**Client:** Transports Canada  
**Projet:** Caractérisation environnementale approfondie de la rue du Quai  
**No. de projet:** PR03-38  
**Localisation:** Ville de Gaspé, Québec  
**Méthode de forage:** Forage à tarière évidée  
**Foré par:** Forages Ulysse Roy  
**Secteur:** Lot 1-4, au Nord du bâtiment de service

**Élévation du sol:** 2.976 m  
**Élévation de la margelle:** 2.894 m  
**Profondeur du niveau d'eau:** 3.27 m (10-08-03)  
**Coordonnée nord:** 5409735.846  
**Coordonnée est:** 309073.079  
**Diamètre du forage:** 203 mm  
**Date du forage:** 31-07-03

Élévation (m)	Profondeur (m)	Description géologique et environnementale	Symbole	Echantillon				Concentration				Odeur	Analyses de laboratoire Vérifié Sol Analyse	Schéma du puits	Détails de construction du puits	
				Numéro	Type	N	Récupération (%)	COV (ppm)								
								25	75	125	175					
2.976	0	Surface du Sol														
		<b>Remblai:</b> Silt sableux avec un peu de cailloux, gris-brun, sec, compact, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.		1	25		59	2.4					PO			Couvercle protecteur hors-sol
2.216		Présence de traces de charbon.											PO			Coulis ciment-bentonite
	1			2	27		62	1.1					PO	Métaux		Bentonite humectée
1.456		Silt argileux avec un peu de sable et gravier, gris, légèrement humide, compact, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.		3	11		20	7.8					PO			Tubage de 51 mm, en CPV, série 40, fileté
0.686																Crépine de CPV, de 0.25 mm d'ouverture
-0.074	3	<b>Silt sableux:</b> Silt sableux avec gravier, gris, légèrement humide, lâche, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.		4	9		66	0.9					PO			Sable de silice
-0.834		<b>Gravier:</b> Gravier avec traces de silt, gris, saturé, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.		5	15		30	31.4					PO			Élévation de l'eau: -0.38 m
-1.594	4	<b>Sable:</b> Sable fin avec traces de cailloux arrondis, gris, saturé, compact, légère odeur d'hydrocarbures pétroliers.  Dup de 6 = 7		6 (7)	20		72	3.9					LO			Bouchon vissable
	5	Fin du sondage												Analyses d'eau: C10-C50, SH2		

**Responsable:** Isabelle Desjardins

**Approuvé par:** David Morin

**Feuille:** 1 de 1

# JOURNAL DE SONDAGE

Numéro de sondage: PO03-62

**Client:** Transports Canada  
**Projet:** Caractérisation environnementale approfondie de la rue du Quai  
**No. de projet:** PR03-38  
**Localisation:** Ville de Gaspé, Québec  
**Méthode de forage:** Forage à tarière évidée  
**Foré par:** Forages Ulysse Roy  
**Secteur:** Lot B5-1-1

**Élévation du sol:** 2.840 m  
**Élévation de la margelle:** 2.587 m  
**Profondeur du niveau d'eau:** 1.83 m (10-08-03)  
**Coordonnée nord:** 5409741.099  
**Coordonnée est:** 309001.359  
**Diamètre du forage:** 203 mm  
**Date du forage:** 31-07-03

Élévation (m)	Profondeur (m)	Description géologique et environnementale	Symbole	Echantillon				Concentration				Odeur	Analyses de laboratoire Vérifié Sol Analyse	Shéma du puits	Détails de construction du puits	
				Numéro	Type	N	Récupération (%)	COV (ppm)								
								25	75	125	175					
2.84	0	Surface du Sol														
	0	<b>Remblai:</b> Silt sableux avec un peu de gravier, brun, légèrement humide, compact, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.		1		28	61						PO		Couvrete protecteur niveau du sol Coulis ciment-bentonite Bentonite humectée Tubage de 51 mm, en CPV, série 40, fileté Crépine de CPV, de 0.25 mm d'ouverture Élévation de l'eau: 0.76 m Bouchon vissable	
	1			2		12	79					PO				
1.32		<b>Sable:</b> Sable moyen, brun-gris, humide à saturé, lâche, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.		3 (4)		7	53					PO				
		Dup de 3 = 4														
0.55		Horizon de gravier silteux à sableux, gris, saturé, lâche, forte odeur d'hydrocarbures pétroliers.		5		8	86					FO	1500			C10-C50, HAP, Phénols
0.3		Pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.														
-0.21	3	<b>Sable graveleux:</b> Sable graveleux, gris, saturé, lâche, légère odeur d'hydrocarbures pétroliers.		6 (7)		6	86	74.5	84.8				LO			(6) C10-C50 (7) C10-C50
		Dup de 6 = 7														
-0.97		Compact		8		16	87	53.3					LO			
-1.73		Fin du sondage														
	5															

Analyses d'eau: Métaux  
 Na, K, NO2, NO3, SO4, Cl,  
 C10-C50, HAM, HAP, PO4  
 NH3, DBO5, DCO,  
 FER FERREUX, AIK, COT,  
 B. HYDROCARBONOCLASTES

# JOURNAL DE SONDAGE

Numéro de sondage: PO03-63

**Client:** Transports Canada  
**Projet:** Caractérisation environnementale approfondie de la rue du Quai  
**No. de projet:** PR03-38  
**Localisation:** Ville de Gaspé, Québec  
**Méthode de forage:** Forage à tarière évidée  
**Foré par:** Forages Ulysse Roy  
**Secteur:** Lot 50 ptie

**Élévation du sol:** 11.244 m  
**Élévation de la margelle:** 11.110 m  
**Profondeur du niveau d'eau:** 0.46 m (10-08-03)  
**Coordonnée nord:** 5409378.829  
**Coordonnée est:** 308511.314  
**Diamètre du forage:** 203 mm  
**Date du forage:** 31-07-03

Élévation (m)	Profondeur (m)	Description géologique et environnementale	Symbole	Echantillon				Concentration				Odeur	Analyses de laboratoire Vérifié Sol Analyse	Schéma du puits	Détails de construction du puits
				Numéro	Type	N	Récupération (%)	COV (ppm)							
								25	75	125	175				
11.244	0	Surface du Sol													
		<b>Remblai:</b> Silt avec un peu de gravier et traces de sable, gris, humide à saturé, très compact, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers. Présence d'un ancien horizon d'asphalte.		1	54		50	21				PO	Métaux	<p>                     Couvre-cle protecteur niveau du sol                      Coulis ciment-bentonite                      Élévation de l'eau: 10.65 m                      Bentonite humectée                      Tubage de 51 mm, en CPV, série 40, fileté                      Crépine de CPV, de 0.25 mm d'ouverture                      Sable de silice                      Bouchon vissable                 </p>	
10.484		<b>Sable:</b> Sable moyen homogène, brun, saturé, très lâche, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers. Présence d'horizons de sable grossier à graveleux (10cm).		2	2		80	0				PO			
	1														
9.724		Compact.		3	13		83	0				PO			
	2														
	3			4	14		100	0				PO			
	4			5	14			89				PO			
7.434		Sable moyen à grossier en profondeur		6	12		100	0				PO			
6.674															
	5	Fin du sondage											Analyses d'eau: Métaux		

# JOURNAL DE SONDAGE

Numéro de sondage: PO03-64

**Client:** Transports Canada  
**Projet:** Caractérisation environnementale  
 approfondie de la rue du Quai  
**No. de projet:** PR03-38  
**Localisation:** Ville de Gaspé, Québec  
**Méthode de forage:** Forage à tarière évidée  
**Foré par:** Forages Ulysse Roy  
**Secteur:** Lot 1-4

**Élévation du sol:** 2.693 m  
**Élévation de la margelle:** NA  
**Profondeur du niveau d'eau:** NA  
**Coordonnée nord:** 5409744.593  
**Coordonnée est:** 309110.104  
**Diamètre du forage:** 203 mm  
**Date du forage:** 01-08-03

Élévation (m)	Profondeur (m)	Description géologique et environnementale	Symbole	Echantillon				Concentration				Odeur	Analyses de laboratoire Vérfié Sol Analyse	Shéma du puits	Détails de construction du puits	
				Numéro	Type	N	Récupération (%)	COV (ppm)								
								25	75	125	175					
2.693	0	Surface du Sol														
		<b>Remblai:</b> Sable silteux avec un peu de gravier, brun-gris, sec, dense, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.	[Cross-hatch pattern]	1	44	66	7.6					PO				
	1			2	35	39	6.3					PO				
0.693	2	Arrêt du forage. Présence d'une conduite d'eau	[Solid black]													
0.403		Fin du sondage														
	3															
	4															
	5															

# JOURNAL DE SONDAGE

Numéro de sondage: PO03-65

**Cliant:** Transports Canada  
**Projet:** Caractérisation environnementale approfondie de la rue du Quai  
**No. de projet:** PR03-38  
**Localisation:** Ville de Gaspé, Québec  
**Méthode de forage:** Forage à tarière évidée  
**Foré par:** Forages Ulysse Roy  
**Secteur:** Lot B5-2

**Élévation du sol:** 3.161 m  
**Élévation de la margelle:** 3.042 m  
**Profondeur du niveau d'eau:** 2.43 m (10-08-03)  
**Coordonnée nord:** 5409731.358  
**Coordonnée est:** 309034.344  
**Diamètre du forage:** 203 mm  
**Date du forage:** 01-08-03

Élévation (m)	Profondeur (m)	Description géologique et environnementale	Symbole	Echantillon				Concentration				Odeur	Analyses de laboratoire Vérifié Sol Analyse	Schéma du puits	Détails de construction du puits	
				Numéro	Type	N	Récupération (%)	COV (ppm)								
								25	75	125	175					
3.161	0	Surface du Sol														
		<b>Remblai:</b> Sable silteux avec un peu de gravier et traces de charbon, brun-gris, sec, compact, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.		1	16	51	6.3					PO				Couvercle protecteur niveau du sol
2.401		Sable et gravier, gris, sec, dense, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.		2	32	54	7.3					PO				Coulis ciment-bentonite
1.641		Sable moyen avec un peu de gravier, légèrement humide, compact, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.		3	13	51	41.9					PO				Bentonite humectée
0.871		Humide à saturé, lâche, moyenne odeur d'hydrocarbures pétroliers.		4	10	60						548 MO	C10-C50, HAM			Tubage de 51 mm, en CPV, série 40, fileté
0.111		<b>Sable:</b> Sable moyen à grossier avec traces de cailloux arrondis, saturé, lâche, forte odeur d'hydrocarbures pétroliers.		5	7	92						956.2 FO	C10-C50			Crépine de CPV, de 0.25 mm d'ouverture
-1.039		Note: Film d'hydrocarbures pétroliers apparent sur l'eau.		6	17	100						358.1 MO	C10-C50			Élévation de l'eau: 0.61 m
-1.409		Fin du sondage														Sable de silice
																Bouchon vissable

Analyses d'eau: Métaux Na, K, NO2, NO3, SO4, Cl, C10-C50, HAP, PO4, NH3, DBO5, DCO, TRIMÉTHYLBENZÈNE, FER FERREUX, AIK, COT B. HYDROCARBONOCLASTES

# JOURNAL DE SONDAGE

Numéro de sondage: PO03-66

**Client:** Transports Canada  
**Projet:** Caractérisation environnementale approfondie de la rue du Quai  
**No. de projet:** PR03-38  
**Localisation:** Ville de Gaspé, Québec  
**Méthode de forage:** Forage à tarière évidée  
**Foré par:** Forages Ulyssæ Roy  
**Secteur:** Lot 1-1-1

**Élévation du sol:** 1.684 m  
**Élévation de la margelle:** 1.656 m  
**Profondeur du niveau d'eau:** 1.43 m (10-08-03)  
**Coordonnée nord:** 5409761.233  
**Coordonnée est:** 309040.630  
**Diamètre du forage:** 203 mm  
**Date du forage:** 01-08-03

Élévation (m)	Profondeur (m)	Description géologique et environnementale	Symbole	Echantillon				Concentration				Odeur	Analyses de laboratoire Vérifié Sol Analyse	Schéma du puits	Détails de construction du puits	
				Numéro	Type	N	Récupération (%)	COV (ppm)								
								25	75	125	175					
1.684	0	Surface du Sol														
		<b>Remblai:</b> Sable silteux avec un peu de cailloux, brun-gris avec des horizons rouilles, légèrement humide, dense, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.	[X]	1	32	77	11.5					PO				
	1			2	33	80	10.6					PO	Métaux			
0.164		Saturé, compact, moyenne odeur d'hydrocarbures pétroliers.	[X]	3	28	24	98.1					MO	C10-C50			
	2			17		0										
-0.606				4	21	79	26.4					LO				
-1.366	3	<b>Silt sableux:</b> Silt sableux avec traces de gravier et bois, gris, saturé, compact, légère odeur d'hydrocarbures pétroliers.	[X]													
	4															
-2.586		Fin du sondage														
	5															

Analyses d'eau: Métaux, C10-C50, Triméthylbenzène

# JOURNAL DE SONDAGE

Numéro de sondage: PO03-67

**Client:** Transports Canada  
**Projet:** Caractérisation environnementale  
 approfondie de la rue du Quai  
**No. de projet:** PR03-38  
**Localisation:** Ville de Gaspé, Québec  
**Méthode de forage:** Forage à tarière évidée  
**Foré par:** Forages Ulysse Roy  
**Secteur:** Lot 1-1-1

**Élévation du sol:** 2.127 m  
**Élévation de la margelle:** 2.111 m  
**Profondeur du niveau d'eau:** 1.81 m (10-08-03)  
**Coordonnée nord:** 5409755.698  
**Coordonnée est:** 309032.696  
**Diamètre du forage:** 203 mm  
**Date du forage:** 01-08-03

Élévation (m)	Profondeur (m)	Description géologique et environnementale	Symbole	Echantillon				Concentration				Odeur	Analyses de laboratoire Vérfié Sol Analyse	Schéma du puits	Détails de construction du puits	
				Numéro	Type	N	Récupération (%)	COV (ppm)								
								25	75	125	175					
2.127	0	Surface du Sol														
		<b>Remblai:</b> Sable silteux avec un peu de gravier et cailloux, brun-rouille, sec, compact, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.	[Cross-hatch]	1	25	42	7.2					PO		[Diagram: Top of well with protective cap]	Couvercle protecteur niveau du sol	
1.367														[Diagram: Bentonite layer]	Coulis ciment-bentonite	
		Humide, moyenne odeur d'hydrocarbures pétroliers.		2	30	45	73.5					MO	C10-C50	[Diagram: Humid bentonite layer]	Bentonite humectée	
0.607														[Diagram: 51mm CPV pipe]	Tube de 51 mm, en CPV, série 40, fileté	
		Saturé, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.		3	20	57	23.5					PO		[Diagram: Water level indicator]	Élévation de l'eau: 0.30 m	
-0.163														[Diagram: CPV screen]	Crépine de CPV, de 0.25 mm d'ouverture	
		<b>Sable:</b> Sable fin à moyen avec un peu de gravier, gris-brun, saturé, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.	[Dotted]	4	23	70	12.2					PO				
-0.923																
		Avec traces de gravier et cailloux, moyenne odeur d'hydrocarbures pétroliers.		5	13	91	33.3					MO		[Diagram: Silica sand layer]	Sable de silice	
														[Diagram: Well plug]	Bouchon vissable	
-2.443				6	13	100	27.7					MO				
		Fin du sondage														
													Analyses d'eau: Métaux C10-C50 Triméthylbenzène			
	5															

**Responsable:** Isabelle Desjardins

**Approuvé par:** David Morin

**Feuille:** 1 de 1

# JOURNAL DE SONDAGE

Numéro de sondage: PO03-68

**Cliant:** Transports Canada  
**Projet:** Caractérisation environnementale approfondie de la rue du Quai  
**No. de projet:** PR03-38  
**Localisation:** Ville de Gaspé, Québec  
**Méthode de forage:** Forage à tarière évidée  
**Foré par:** Forages Ulysse Roy  
**Secteur:** Lot B5-2

**Élévation du sol:** 3.371 m  
**Élévation de la margelle:** 3.306 m  
**Profondeur du niveau d'eau:** 2.505 m (10-08-03)  
**Coordonnée nord:** 5409730.073  
**Coordonnée est:** 309010.282  
**Diamètre du forage:** 203 mm  
**Date du forage:** 01-08-03

Élévation (m)	Profondeur (m)	Description géologique et environnementale	Symbole	Echantillon				Concentration				Odeur	Analyses de laboratoire Vérifié Sol Analyse	Schéma du puits	Détails de construction du puits		
				Numéro	Type	N	Récupération (%)	COV (ppm)									
								25	75	125	175						
3.371	0	Surface du Sol															
		<b>Remblai:</b> Sable silteux avec gravier, gris-brun, sec, compact, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.		1	27	78	7					PO				Couvercle protecteur niveau du sol	
	1			2	17	54	6					PO	pH			Coullis ciment-bentonite	
1.851		Avec traces de charbon, humide. Présence d'un horizon de 5 cm de sable moyen homogène.		3	25	66	6.8					PO	Métaux			Bentonite humectée	
1.071		Saturé		4	12	82						PO				Tubage de 51 mm, en CPV, série 40, fileté	
0.321	3	<b>Sable:</b> Sable moyen à grossier avec traces de gravier, gris, saturé, lâche, moyenne odeur d'hydrocarbures pétroliers.		5	7	92	55.4					MO	C10-C50			Crépine de CPV, de 0.25 mm d'ouverture	
-0.439	4	Légère odeur d'hydrocarbures pétroliers.		6	9	100	23.1					LO				Élévation de l'eau: 0.80 m	
-1.199		Fin du sondage															Sable de silice
	5																Bouchon vissable



# JOURNAL DE SONDAGE

Numéro de sondage: PO03-69

**Client:** Transports Canaxla  
**Projet:** Caractérisation environnementale approfondie de la rue du Quai  
**No. de projet:** PR03-38  
**Localisation:** Ville de Gaspé, Québec  
**Méthode de forage:** Forage à tarière évidée  
**Foré par:** Forages Ulysse Roy  
**Secteur:** Lot B5-2

**Élévation du sol:** 3.313 m  
**Élévation de la margelle:** 3.224 m  
**Profondeur du niveau d'eau:** 2.075 m (10-08-03)  
**Coordonnée nord:** 5409723.177  
**Coordonnée est:** 308992.353  
**Diamètre du forage:** 203 mm  
**Date du forage:** 02-08-03

Élévation (m)	Profondeur (m)	Description géologique et environnementale	Symbole	Echantillon				Concentration				Odeur	Analyses de laboratoire Vérifié Sol Analyse	Schéma du puits	Détails de construction du puits	
				Numéro	Type	N	Récupération (%)	COV (ppm)								
								25	75	125	175					
3.313	0	Surface du Sol														
		<b>Remblai:</b> Silt sableux à graveleux avec traces de charbon, gris-brun, sec, très dense, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers. Présence d'un ancien horizon d'asphalte.		1	83	80	7.2					PO			Couvercle protecteur niveau du sol	
	2.553	Dense, légèrement humide.		2	41	9	8.8					PO			Coulis ciment-bentonite	
	1			3	25	16	40.2					PO			Bentonite humectée	
	1.793	Avec un peu de cailloux et présence d'un ancien horizon d'asphalte, compact, humide à saturé.		4	9	33	7.7					PO			Tubage de 51 mm, en CPV, série 40, fileté	
	1.013	Saturé, lâche.		5	6	91	65.3					LO			Crépine de CPV, de 0.25 mm d'ouverture	
	0.263	<b>Sable graveleux:</b> Sable graveleux, gris, saturé, lâche, légère odeur d'hydrocarbures pétroliers.		6	21	100	116.2					MO	C10-C50		Élévation de l'eau: 1.15 m	
	-0.497	Moyenne odeur d'hydrocarbures pétroliers.													Sable de silice	
	-1.257	Fin du sondage													Bouchon vissable	
	5															Analyses d'eau: C10-C50



# JOURNAL DE SONDAGE

Numéro de sondage: PO03-71

**Client:** Transports Canada  
**Projet:** Caractérisation environnementale  
 approfondie de la rue du Quai  
**No. de projet:** PR03-38  
**Localisation:** Ville de Gaspé, Québec  
**Méthode de forage:** Forage à tarière évidée  
**Foré par:** Forages Ulysse Roy  
**Secteur:** Lot B5-2

**Élévation du sol:** 5.216 m  
**Élévation de la margelle:** NA  
**Profondeur du niveau d'eau:** NA  
**Coordonnée nord:** 5409672.613  
**Coordonnée est:** 308906.910  
**Diamètre du forage:** 203 mm  
**Date du forage:** 02-08-03




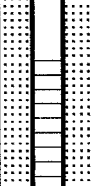




Élévation (m)	Profondeur (m)	Description géologique et environnementale	Echantillon				Concentration  COV (ppm) 25 75 125 175	Odeur	Analyses de laboratoire Vérfié Sol Analyse	Shéma du puits	Détails de construction du puits	
			Symbole	Numéro	Type	N						Récupération (%)
5.216	0	Surface du Sol										
		<b>Remblai:</b> Silt sableux avec gravier, brun-gris, sec, dense, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.		1		50	50	0.5		PO		
4.456		Refus: roc très près de la surface.				50	R					
3.696		Fin du sondage										
	2											
	3											
	4											
	5											

# JOURNAL DE SONDAGE

Numéro de sondage: PO03-72

**Client:** Transports Canada  
**Projet:** Caractérisation environnementale  
 approfondie de la rue du Quai  
**No. de projet:** PR03-38  
**Localisation:** Ville de Gaspé, Québec  
**Méthode de forage:** Forage à tarière évidée  
**Foré par:** Forages Ulysse Roy  
**Secteur:** Lot B6-2

**Élévation du sol:** 9.185 m  
**Élévation de la margelle:** 9.049 m  
**Profondeur du niveau d'eau:** 3.26 m (10-08-03)  
**Coordonnée nord:** 5409631.015  
**Coordonnée est:** 308845.581  
**Diamètre du forage:** 203 mm  
**Date du forage:** 02-08-03

Élévation (m)	Profondeur (m)	Description géologique et environnementale	Symbole	Echantillon				Concentration COV (ppm) 25 75 125 175	Odeur	Analyses de laboratoire Vérifié Sol Analyse	Schéma du puits	Détails de construction du puits
				Numéro	Type	N	Récupération (%)					
9.185	0	Surface du Sol										
		<b>Remblai:</b> Sable silteux avec un peu de gravier, brun-gris, sec, compact, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.		1		28	57		PO			Couvercle protecteur niveau du sol
8.425												Coulis ciment-bentonite
	1	Dense, silt avec un peu de gravier, brun, sec, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.		2		-	0.9		PO			Bentonite humectée
7.665												Tubage de 51 mm, en CPV, série 40, fileté
	2	<b>Roc</b> Shale altéré.										Crépine de CPV, de 0.25 mm d'ouverture
	3											Sable de silice
	4											Élévation de l'eau: 5.79 m
4.585												Bouchon vissable
		Fin du sondage								Analyses d'eau: Métaux		
	5											

# JOURNAL DE SONDAGE

Numéro de sondage: PO03-73

**Client:** Transports Canadia  
**Projet:** Caractérisation environnementale approfondie de la rue du Quai  
**No. de projet:** PR03-38  
**Localisation:** Ville de Gaspé, Québec  
**Méthode de forage:** Forage à tarière évidée  
**Foré par:** Forages Ulysse Roy  
**Secteur:** Lot B6-2

**Élévation du sol:** 9.761 m  
**Élévation de la margelle:** 9.704 m  
**Profondeur du niveau d'eau:** 3.33 m (10-08-03)  
**Coordonnée nord:** 5409594.134  
**Coordonnée est:** 308793.798  
**Diamètre du forage:** 203 mm  
**Date du forage:** 02-08-03

Élévation (m)	Profondeur (m)	Description géologique et environnementale	Symbole	Echantillon				Concentration				Odeur	Analyses de laboratoire Vérifié Sol Analyse	Schéma du puits	Détails de construction du puits	
				Numéro	Type	N	Récupération (%)	COV (ppm)								
								25	75	125	175					
9.761	0	Surface du Sol														
		<b>Remblai:</b> Silt graveleux avec un peu de sable, gris-brun, sec, compact, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.		1			29	78	0				PO			Couvercle protecteur niveau du sol
	1			2			17	82	0.8				PO			Coulis ciment-bentonite
8.491		Silt sableux avec traces de gravier, brun-jaune, légèrement humide, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.														Bentonite humectée
8.241		Humide. Présence d'un ancien horizon d'asphalte.														Tubage de 51 mm, en CPV, série 40, fileté
	2			3			30	54	0.7				PO			Crépines de CPV, de 0.25 mm d'ouverture
7.471		<b>Roc</b> Shale altéré.														Sable de silice
	3															Élévation de l'eau: 6.37 m
	4															
5.161		Fin du sondage														Bouchon vissable
	5															

Analyses d'eau: Métaux

# JOURNAL DE SONDAGE

Numéro de sondage: PO03-74

**Client:** Transports Canada  
**Projet:** Caractérisation environnementale approfondie de la rue du Quai  
**No. de projet:** PR03-38  
**Localisation:** Ville de Gaspé, Québec  
**Méthode de forage:** Forage à tarière évidée  
**Foré par:** Forages Ulysse Roy  
**Secteur:** Lot 17

**Élévation du sol:** 19.686 m  
**Élévation de la margelle:** 19.629 m  
**Profondeur du niveau d'eau:** 2.42 m (10-08-03)  
**Coordonnée nord:** 5409268.416  
**Coordonnée est:** 308549.005  
**Diamètre du forage:** 203 mm  
**Date du forage:** 03-08-03

Élévation (m)	Profondeur (m)	Description géologique et environnementale	Symbole	Echantillon				Concentration				Odeur	Analyses de laboratoire Vérfié Sol Analyse	Schéma du puits	Détails de construction du puits		
				Numéro	Type	N	Récupération (%)	COV (ppm)									
								25	75	125	175						
19.686	0	Surface du Sol															
		<b>Remblai:</b> Silt sableux avec un peu de gravier, brun avec passages de rouille, sec, dense, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.		1	45	72	8.8										
18.926		Légèrement humide à saturé en profondeur, dense à compact.		2	32	66	6.9										
	1			3	33	86	6.2										
17.086		Présence d'un horizon organique		4	15	59	12.1										
16.636	3			5	25	58	7.4										
		<b>Silt:</b> Silt avec traces de gravier, sable et argile, gris, saturé, compact, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.		6	39	66	6.1										
15.876		Dense. Présence de fragments de roc.															
15.386	4																
15.116		<b>Roc</b> Shale altéré															
		Fin du sondage															
	5																

Mélange des échantillons 1, 2 et 3 = 1a: Métaux  
Dup de 1a = 7: Métaux

Élévation de l'eau: 17.21 m

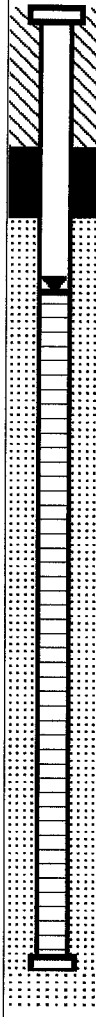
Analyses d'eau: Métaux

# JOURNAL DE SONDAGE

Numéro de sondage: PO03-75

**Client:** Transports Canada  
**Projet:** Caractérisation environnementale approfondie de la rue du Quai  
**No. de projet:** PR03-38  
**Localisation:** Ville de Gaspé, Québec  
**Méthode de forage:** Forage à tarière évidée  
**Foré par:** Forages Ulysse Roy  
**Secteur:** Lot C1-3

**Élévation du sol:** 10.718 m  
**Élévation de la margelle:** 10.623 m  
**Profondeur du niveau d'eau:** 1.12 m (10-08-03)  
**Coordonnée nord:** 5409406.938  
**Coordonnée est:** 308533.545  
**Diamètre du forage:** 203 mm  
**Date du forage:** 03-08-03

Élévation (m)	Profondeur (m)	Description géologique et environnementale	Symbole	Echantillon				Concentration				Odeur	Analyses de laboratoire Vérfié Sol Analyse	Schéma du puits	Détails de construction du puits	
				Numéro	Type	N	Récupération (%)	COV (ppm)								
								25	75	125	175					
10.718	0	Surface du Sol														
9.958	0	<b>Remblai:</b> Silt graveleux avec traces d'argile et d'asphalte, brun-gris, légèrement humide, très dense, légère odeur d'hydrocarbures pétroliers.  Dup de 1 = 7		1	57		76			77.9		LO	(1) C10-C50, Métaux (7) Métaux		Couvercle protecteur niveau du sol Coulis ciment-bentonite Bentonite humectée	
9.198	1	Sable moyen avec traces de gravier, brun, humide à saturé, compact, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.		2	30		82			6.2		PO	HAM		Tubage de 51 mm, en CPV, série 40, fileté Élévation de l'eau: 9.50 m	
7.668	2	Saturé.		3	13		86			5.1		PO			Crépine de CPV, de 0.25 mm d'ouverture	
	3			4	13		79			4.3		PO				
	4	<b>Sable:</b> Sable grossier et gravier fin avec traces de cailloux arrondis, gris, saturé, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.		5	4		92			4.3		PO			Sable de silice	
6.148	4			6	6		100			6.1		PO			Bouchon vissable	
	5	Fin du sondage											Analyses d'eau: Métaux			

**Responsable:** Isabelle Desjardins

**Approuvé par:** David Morin

**Feuille:** 1 de 1

# JOURNAL DE SONDAGE

Numéro de sondage: PO03-76

**Cliant:** Transports Canada  
**Projet:** Caractérisation environnementale approfondie de la rue du Quai  
**No. de projet:** PR03-38  
**Localisation:** Ville de Gaspé, Québec  
**Méthode de forage:** Forage à tarière évidée  
**Foré par:** Forages Ulysse Roy  
**Secteur:** Lot C1-3

**Élévation du sol:** 10.157 m  
**Élévation de la margelle:** 10.025 m  
**Profondeur du niveau d'eau:** 0.32 m (10-08-03)  
**Coordonnée nord:** 5409423.177  
**Coordonnée est:** 308568.348  
**Diamètre du forage:** 203 mm  
**Date du forage:** 03-08-03

Élévation (m)	Profondeur (m)	Description géologique et environnementale	Symbole	Echantillon				Concentration				Odeur	Analyses de laboratoire Vérfié Sol Analyse	Schéma du puits	Détails de construction du puits	
				Numéro	Type	N	Récupération (%)	COV (ppm)								
								25	75	125	175					
10.157	0	Surface du Sol														
		<b>Remblai:</b> Sable silteux avec un peu de gravier, brun-gris, saturé, dense, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers. Présence de morceaux de bois à la base de l'horizon.		1	31		72	0.8					PO			Couvercle protecteur niveau du sol Coulis ciment-bentonite Élévation de l'eau: 9.71 m
9.257	1	<b>Silt sableux:</b> Silt sableux, gris, saturé, compact, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.		2	11		64	0					PO			Bentonite humectée
8.637	2	Avec traces de gravier et d'argile, saturé, lâche.		3	6		75	0.9					PO			Crépine de CPV, de 0.25 mm d'ouverture
7.867	3	<b>Sable:</b> Sable moyen à grossier, brun, saturé, compact, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.		4	18		75	2.8					PO			Sable de silice
5.587	4															Bouchon vissable
	5	Fin du sondage												Analyses d'eau: Métaux		

**Responsable:** Isabelle Desjardins

**Approuvé par:** David Morin

**Feuille:** 1 de 1



# JOURNAL DE SONDAGE

Numéro de sondage: PO03-77

**Client:** Transports Canada  
**Projet:** Caractérisation environnementale approfondie de la rue du Quai  
**No. de projet:** PR03-38  
**Localisation:** Ville de Gaspé, Québec  
**Méthode de forage:** Forage à tarière évidée  
**Foré par:** Forages Ulysse Roy  
**Secteur:** Lot C1-3

**Élévation du sol:** 9.894 m  
**Élévation de la margelle:** 9.751 m  
**Profondeur du niveau d'eau:** 0.23 m (10-08-03)  
**Coordonnée nord:** 5409443.617  
**Coordonnée est:** 308598.574  
**Diamètre du forage:** 203 mm  
**Date du forage:** 03-08-03

Élévation (m)	Profondeur (m)	Description géologique et environnementale	Symbole	Echantillon				Concentration				Odeur	Analyses de laboratoire Vérifié Sol Analyse	Schéma du puits	Détails de construction du puits	
				Numéro	Type	N	Récupération (%)	COV (ppm)								
								25	75	125	175					
9.894	0	Surface du Sol														
		<b>Remblai:</b> Silt graveleux avec un peu de sable, gris avec taches de rouille, saturé, dense, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.		1	48	53	3.5						PO		Couvercle protecteur niveau du sol Élévation de l'eau: 9.52 m Coulis ciment-bentonite Bentonite humectée Tubage de 51 mm, en CPV, série 40, fileté Crépine de CPV, de 0.25 mm d'ouverture Sable de silice Bouchon vissable	
9.134		Sable graveleux avec silt, humide, compact, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.		2	19	9	1.6					PO				
8.374		Lâche.		3	5	13	12.2					PO				
7.894	2	<b>Horizon organique:</b> Horizon organique, noir, saturé, lâche, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.		4	6	64	0.1					PO				
7.444		<b>Silt:</b> Silt, gris, saturé, lâche, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.		5	3	80						PO				
6.844	3	<b>Sable silteux:</b> Sable fin silteux, gris, saturé, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.		6	8	100	1.1					PO				
5.324		Fin du sondage											Analyses d'eau: Métaux			

**Responsable:** Isabelle Desjardins

**Approuvé par:** David Morin

**Feuille:** 1 de 1

# JOURNAL DE SONDAGE

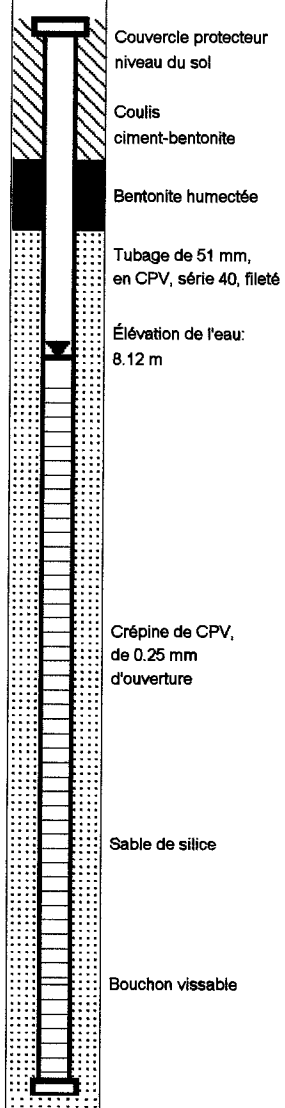
Numéro de sondage: PO03-78

**Client:** Transports Canada  
**Projet:** Caractérisation environnementale approfondie de la rue du Quai  
**No. de projet:** PR03-38  
**Localisation:** Ville de Gaspé, Québec  
**Méthode de forage:** Forage à tarière évidée  
**Foré par:** Forages Ulysse Roy  
**Secteur:** Lot C2-2

**Élévation du sol:** 9.558 m  
**Élévation de la margelle:** 9.489 m  
**Profondeur du niveau d'eau:** 1.37 m (10-08-03)  
**Coordonnée nord:** 5409520.021  
**Coordonnée est:** 308699.982  
**Diamètre du forage:** 203 mm  
**Date du forage:** 04-08-03

Élévation (m)	Profondeur (m)	Description géologique et environnementale	Symbole	Echantillon				Concentration				Odeur	Analyses de laboratoire Vérifié Sol Analyse	Schéma du puits	Détails de construction du puits
				Numéro	Type	N	Récupération (%)	COV (ppm)							
								25	75	125	175				
9.558	0	Surface du Sol													
		<b>Remblai:</b> Silt sableux graveleux, gris, sec, très dense, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.	▨	1		75	63	19.9							
8.798															
		Sable avec traces de gravier et silt, gris, légèrement humide à saturé à la base, dense, présence d'un horizon organique à la base, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.	▩	2		39	45	10							
8.038															
		<b>Argile:</b> Argile, gris, saturé, lâche, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.	▧	3		3	34	14.2							
7.268															
		Compact	▩	4		11	100	14.1							
				5		11	92	15.5							
5.748															
4.988															
		Fin du sondage													

Analyses d'eau: Métaux  
Dureté  
C10-C50



**Responsable:** Isabelle Desjardins

**Approuvé par:** David Morin

**Feuille:** 1 de 1

# JOURNAL DE SONDAGE

Numéro de sondage: PO03-79

**Cliant:** Transports Canada  
**Projet:** Caractérisation environnementale approfondie de la rue du Quai  
**No. de projet:** PR03-38  
**Localisation:** Ville de Gaspé, Québec  
**Méthode de forage:** Forage à tarière évidée  
**Foré par:** Forages Ulysse Roy  
**Secteur:** Lot C1-3

**Élévation du sol:** 9.784 m  
**Élévation de la margelle:** 9.641 m  
**Profondeur du niveau d'eau:** 0.42 m (10-08-03)  
**Coordonnée nord:** 5409470.922  
**Coordonnée est:** 308636.998  
**Diamètre du forage:** 203 mm  
**Date du forage:** 04-08-03

Élévation (m)	Profondeur (m)	Description géologique et environnementale	Symbole	Echantillon				Concentration COV (ppm)	Odeur	Analyses de laboratoire Vérifié Sol Analyse	Schéma du puits	Détails de construction du puits				
				Numéro	Type	N	Récupération (%)						COV (ppm)			
													25	75	125	175
9.784	0	Surface du Sol														
		<b>Remblai:</b> Silt sableux graveleux, gris, sec à saturé, très dense, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.  Dup de 1 = 6	[Symbol]	1	58	86	9.9		PO		Couvrete protecteur niveau du sol Coulis ciment-bentonite Élévation de l'eau: 9.22 m Bentonite humectée Tubage de 51 mm, en CPV, série 40, fileté Crépine de CPV, de 0.25 mm d'ouverture Sable de silice Bouchon vissable					
8.984	1	<b>Horizon organique:</b> Horizon organique, noir, saturé, compact, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.	[Symbol]	2	14	33	9.5		PO							
8.264	2	<b>Argile:</b> Argile avec un peu de silt et traces de gravier et sable, gris, saturé, lâche, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.	[Symbol]	3	9	20	11.4		PO							
7.4946		Compact, trace de racines	[Symbol]	4	15	86	17.8		PO							
6.734	3	<b>Argile silteuse:</b> Argile silteuse, gris, saturé, lâche, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers. Présence d'un mince horizon de sable (2 cm).	[Symbol]	5	6	86	2.1		PO							
5.974	4															
5.214		Fin du sondage								Analyses d'eau: Métaux						
	5															

**Responsable:** Isabelle Desjardins

**Approuvé par:** David Morin

**Feuille:** 1 de 1

**Client:** Transports Canada  
**Projet:** Caractérisation environnementale approfondie de la rue du Quai  
**No. de projet:** PR03-38  
**Localisation:** Ville de Gaspé, Québec  
**Méthode de forage:** Forage à tarière évidée  
**Foré par:** Forages Ulysse Roy  
**Secteur:** Lot 1-4

**Élévation du sol:** 2.583 m  
**Élévation de la margelle:** 2.478 m  
**Profondeur du niveau d'eau:** 2.80 m (10-08-03)  
**Coordonnée nord:** 5409730.644  
**Coordonnée est:** 309110.192  
**Diamètre du forage:** 203 mm  
**Date du forage:** 04-08-03

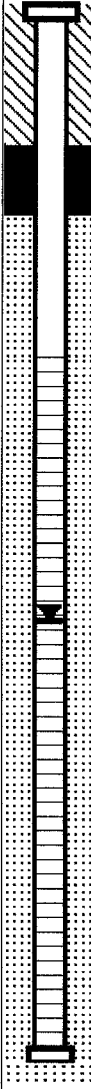
Élévation (m)	Profondeur (m)	Description géologique et environnementale	Symbole	Echantillon				Concentration				Odeur	Analyses de laboratoire Vérifié Sol Analyse	Schéma du puits	Détails de construction du puits	
				Numéro	Type	N	Récupération (%)	COV (ppm)								
								25	75	125	175					
2.583	0	Surface du Sol														
		<b>Remblai:</b> Silt sableux gris avec un peu de gravier, sec, très dense, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.		1	>50		39	4.5					PO			Couvercle protecteur niveau du sol
1.723	1	Sable moyen avec traces de gravier et charbon, brun-gris avec rouille, légèrement humide, compact, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.		2		17	79	3.3					PO			Coulis ciment-bentonite
1.0593		Humide, lâche		3		8	75	4.7					PO	Métaux		Bentonite humectée
0.30122	2	Gravier avec un peu de sable, saturé, compact, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.		4		13	33	3.1					PO			Tubage de 51 mm, en CPV, série 40, fileté
-0.467	3	<b>Sable:</b> Sable avec un peu de gravier et traces de silt, gris foncé, compact, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers. Dup de 5 = 7		5		13	79	10.3					PO			Crépine de CPV, de 0.25 mm d'ouverture
-1.417	4	Odeur d'acide sulfurique		6		12	41	1.8					PO			Élévation de l'eau: -0.32 m
-1.987		Fin du sondage														Sable de silice
	5															Bouchon vissable
																Analyses d'eau: Métaux C10-C50

# JOURNAL DE SONDAGE

Numéro de sondage: PO03-81

**Client:** Transports Canada  
**Projet:** Caractérisation environnementale approfondie de la rue du Quai  
**No. de projet:** PR03-38  
**Localisation:** Ville de Gaspé, Québec  
**Méthode de forage:** Forage à tarière évidée  
**Foré par:** Forages Ulysse Roy  
**Secteur:** Lot 1-4

**Élévation du sol:** 2.839 m  
**Élévation de la margelle:** 2.692 m  
**Profondeur du niveau d'eau:** 2.47 m (10-08-03)  
**Coordonnée nord:** 5409714.987  
**Coordonnée est:** 309083.822  
**Diamètre du forage:** 203 mm  
**Date du forage:** 04-08-03

Élévation (m)	Profondeur (m)	Description géologique et environnementale	Symbole	Echantillon				Concentration COV (ppm)	Odeur	Analyses de laboratoire Vérfifié Sol Analyse	Schéma du puits	Détails de construction du puits				
				Numéro	Type	N	Récupération (%)						COV (ppm)			
													25	75	125	175
2.839	0	Surface du Sol														
		<b>Remblai:</b> Sable graveleux avec un peu de silt, brun-gris, légèrement humide, dense, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.		1	33	67	4.3		PO			Couverture protecteur niveau du sol Coulis ciment-bentonite Bentonite humectée				
2.079	1	Silt sableux avec un peu de gravier, brun, pas d'odeur d'hydrocarbures pétroliers.		2(7)	36	79	3.1		PO	(2) Métaux (7) Métaux	Tubage de 51 mm, en CPV, série 40, fileté					
1.319	2	Compact		3	18	58	4.2		PO		Crépine de CPV, de 0.25 mm d'ouverture					
0.549	3	Sable avec traces de gravier, silt et bois, gris foncé, compact, moyenne odeur d'hydrocarbures pétroliers. Saturé.		4	13	68	108.4		MO	C10-C50 HAP	Élévation de l'eau 0.23 m					
-0.211	4	Forte odeur de créozote. La foreuse doit creuser au travers d'un pilier de bois de l'ancien quai.		5	-	-		296.1	FO		Sable de silice					
-0.971	4	<b>Silt sableux:</b> Silt sableux avec traces de bois, gris foncé, saturé, forte odeur de créozote.		6	-	-		257	FO	C10-C50						
-1.731		Fin du sondage								Analyses d'eau: Métaux: C10-C50 HAM, HAP	Bouchon vissable					
	5															

**Responsable:** Isabelle Desjardins

**Approuvé par:** David Morin

**Feuille:** 1 de 1

**ANNEXE E**

**FICHES D'ÉCHANTILLONNAGE ET D'ACQUISITION  
DE DONNÉES**

## PARAMÈTRES D'ÉCHANTILLONNAGE



Site: Rue du Quai, ville de Gaspé No de projet: PR03-38  
 Localisation: Lot 17 No d'échantillon: PO03-74  
 Numéro du puits: PO03-74  
 Date: 2003-08-12 Heure: AM Météo: 25°C, ensoleillé  
 Type d'échantillons:  ponctuel  composite (ds le temps)  composite (ds l'espace)  
 Méthodologie (références): \_\_\_\_\_  
 Type d'échantillonneur: Échantillonneur à bille  
 Type de puits (diamètre): 0,051 m Profondeur de la base: 4,27  
 Niveau d'eau statique (prof): 2,42 m Hauteur de la colonne d'eau (m): 1,85  
 Zone crépinée: 1,27 - 4,27 m Volume d'eau dans le puits: \_\_\_\_\_  
 Volume de la purge: 20 L

Heure	AM				
pH (terrain)	7,3				
Température (terrain)(°C)	11,5				
Conductivité (terrain) (mS)	1,8				
Potentiel redox (terrain) (mV)	-100				
Oxygène (terrain) (mg/L)	3,11				
Turbidité (0 - limpide)	4				
(4 - opaque)					
Couleur	Brun				
Odeur d'hydrocarbures	non				
Commentaires					

Volume prélevé pour l'échantillonnage 250 ml Succion d'air durant l'échantillonnage \_\_\_\_\_

Paramètres d'analyse	Contenant	Volume du contenant	Préservatifs	Filtré
Métaux (13)	Plastique	250ml	NON	NON

Commentaires: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

**PARAMÈTRES D'ÉCHANTILLONNAGE**



Site: Rue du Quai, ville de Gaspé No de projet: PR03-38  
 Localisation: Lot 17 No d'échantillon: PZ-96  
 Numéro du puits: PZ-96  
 Date: 2003-08-12 Heure: AM Météo: 25°C, ensoleillé  
 Type d'échantillons:  ponctuel  composite (ds le temps)  composite (ds l'espace)  
 Méthodologie (références): \_\_\_\_\_  
 Type d'échantillonneur: Échantillonneur à bille  
 Type de puits (diamètre): 0,051 m Profondeur de la base (m): \_\_\_\_\_  
 Niveau d'eau statique (prof en): 0,99 Hauteur de la colonne d'eau (m): \_\_\_\_\_  
 Zone crépinée: \_\_\_\_\_ Volume d'eau dans le puits: \_\_\_\_\_  
 Volume de la purge: 20 L

Heure	AM				
pH (terrain)	7,4				
Température (terrain)(°C)	12,8				
Conductivité (terrain) (µS)	1,3				
Potentiel redox (terrain) (mV)	314				
Oxygène (terrain) (mg/L)	5,68				
Turbidité (0 - limpide)	3				
(4 - opaque)					
Couleur	Brun				
Odeur d'hydrocarbures	non				
Commentaires					

Volume prélevé pour l'échantillonnage 250 ml Succion d'air \_\_\_\_\_  
 durant l'échantillonnage

Paramètres d'analyse	Contenant	Volume du contenant	Préservatifs	Filtré
Métaux (13)	Plastique	250ml	NON	NON

Commentaires: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_



## PARAMÈTRES D'ÉCHANTILLONNAGE



Site: Rue du Quai, ville de Gaspé No de projet: PR03-38  
 Localisation: Lot 17 No d'échantillon: PO-1  
 Numéro du puits: PO-1  
 Date: 2003-08-12 Heure: AM Météo: 25°C, ensoleillé  
 Type d'échantillons:  ponctuel  composite (ds le temps)  composite (ds l'espace)  
 Méthodologie (références): \_\_\_\_\_  
 Type d'échantillonneur: Échantillonneur à bille  
 Type de puits (diamètre): 0,051 m Profondeur de la base: \_\_\_\_\_  
 Niveau d'eau statique (prof): 1,57 m Hauteur de la colonne d'eau (m): \_\_\_\_\_  
 Zone crépinée: \_\_\_\_\_ Volume d'eau dans le puits: \_\_\_\_\_  
 Volume de la purge: 20 L

Heure	AM				
pH (terrain)	6,8				
Température (terrain)(°C)	14,4				
Conductivité (terrain) (µS)	5,4				
Potentiel redox (terrain) (mV)	255				
Oxygène (terrain) (mg/L)	2,83				
Turbidité (0 - limpide)	2				
(4 - opaque)					
Couleur	Brun				
Odeur d'hydrocarbures	NON				
Commentaires					

Volume prélevé pour l'échantillonnage 250 ml Succion d'air \_\_\_\_\_  
 durant l'échantillonnage

Paramètres d'analyse	Contenant	Volume du contenant	Préservatifs	Filtré
Métaux (13) et dureté	Plastique	250ml	NON	NON

Commentaires: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

**PARAMÈTRES D'ÉCHANTILLONNAGE**



Site: Rue du Quai, ville de Gaspé No de projet: PR03-38  
 Localisation: Lot 17 No d'échantillon: PZ-92  
 Numéro du puits: PZ-92  
 Date: 2003-08-12 Heure: AM Météo: 25°C, ensoleillé  
 Type d'échantillons:  ponctuel  composite (ds le temps)  composite (ds l'espace)  
 Méthodologie (références): \_\_\_\_\_  
 Type d'échantillonneur: Échantillonneur à bille  
 Type de puits (diamètre): 0,051 m Profondeur de la base: \_\_\_\_\_  
 Niveau d'eau statique (prof): 0,81 m Hauteur de la colonne d'eau (m): \_\_\_\_\_  
 Zone crépinée: \_\_\_\_\_ Volume d'eau dans le puits: \_\_\_\_\_  
 Volume de la purge: 20 L

Heure	AM				
pH (terrain)	7,2				
Température (terrain)(°C)	9,3				
Conductivité (terrain) (µS)	0,7				
Potentiel redox (terrain) (mV)	137				
Oxygène (terrain) (mg/L)	0,92				
Turbidité (0 - limpide)	1				
(4 - opaque)					
Couleur	beige				
Odeur d'hydrocarbures	non				
Commentaires					

Volume prélevé pour l'échantillonnage 250 ml Succion d'air durant l'échantillonnage \_\_\_\_\_

Paramètres d'analyse	Contenant	Volume du contenant	Préservatifs	Filtré
Métaux (13)	Plastique	250ml	NON	NON

Commentaires: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

## PARAMÈTRES D'ÉCHANTILLONNAGE



Site: Rue du Quai, ville de Gaspé No de projet: PR03-38  
 Localisation: Lot 50 No d'échantillon: PO03-63  
 Numéro du puits: PO03-63  
 Date: 2003-08-12 Heure: AM Météo: 25°C, ensoleillé  
 Type d'échantillons:  ponctuel  composite (ds le temps)  composite (ds l'espace)  
 Méthodologie (références): \_\_\_\_\_  
 Type d'échantillonneur: Échantillonneur à bille  
 Type de puits (diamètre): 0,051 m Profondeur de la base: 4,27 m  
 Niveau d'eau statique (prof): 0,46 m Hauteur de la colonne d'eau (m): 3,81  
 Zone crépinée: 1,27 - 4,27 m Volume d'eau dans le puits: \_\_\_\_\_  
 Volume de la purge: 20 L

Heure	AM				
pH (terrain)	7,1				
Température (terrain)(°C)	18,7				
Conductivité (terrain) (µS)	1,1				
Potentiel redox (terrain) (mV)	320				
Oxygène (terrain) (mg/L)	1,2				
Turbidité (0 - limpide)	2				
(4 - opaque)					
Couleur	Brun				
Odeur d'hydrocarbures	non				
Commentaires					

Volume prélevé pour l'échantillonnage 250 ml Succion d'air durant l'échantillonnage \_\_\_\_\_

Paramètres d'analyse	Contenant	Volume du contenant	Préservatifs	Filtré
Métaux (13)	Plastique	250ml	NON	NON

Commentaires: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

## PARAMÈTRES D'ÉCHANTILLONNAGE



Site: Rue du Quai, ville de Gaspé No de projet: PR03-38  
 Localisation: Lot C1-3 No d'échantillon: PO03-75  
 Numéro du puits: PO03-75  
 Date: 2003-08-11 Heure: AM Météo: 25°C, ensoleillé  
 Type d'échantillons:  ponctuel  composite (ds le temps)  composite (ds l'espace)  
 Méthodologie (références): \_\_\_\_\_  
 Type d'échantillonneur: Échantillonneur à bille  
 Type de puits (diamètre): 0,051 m Profondeur de la base: 4,27 m  
 Niveau d'eau statique (prof): 1,12 m Hauteur de la colonne d'eau (m): 3,15  
 Zone crépinée: 1,27 - 4,27 m Volume d'eau dans le puits: \_\_\_\_\_  
 Volume de la purge: 20 L

Heure	AM				
pH (terrain)	7,3				
Température (terrain)(°C)	12,5				
Conductivité (terrain) (µS)	1,4				
Potentiel redox (terrain) (mV)	295				
Oxygène (terrain) (mg/L)	1,82				
Turbidité (0 - limpide)	2				
(4 - opaque)					
Couleur	Brun				
Odeur d'hydrocarbures	non				
Commentaires					

Volume prélevé pour l'échantillonnage 250 ml Succion d'air durant l'échantillonnage \_\_\_\_\_

Paramètres d'analyse	Contenant	Volume du contenant	Préservatifs	Filtré
Métaux (13)	Plastique	250ml	NON	NON

Commentaires: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

## PARAMÈTRES D'ÉCHANTILLONNAGE



Site: Rue du Quai, ville de Gaspé No de projet: PR03-38  
 Localisation: Lot C1-3 No d'échantillon: PO03-76  
 Numéro du puits: PO03-76  
 Date: 2003-08-11 Heure: AM Météo: 25°C, ensoleillé  
 Type d'échantillons:  ponctuel  composite (ds le temps)  composite (ds l'espace)  
 Méthodologie (références): \_\_\_\_\_  
 Type d'échantillonneur: Échantillonneur à bille  
 Type de puits (diamètre): 0,051 m Profondeur de la base: 4,27 m  
 Niveau d'eau statique (prof): 0,32 m Hauteur de la colonne d'eau (m): 3,95  
 Zone crépinée: 1,27 - 4,27 m Volume d'eau dans le puits: \_\_\_\_\_  
 Volume de la purge: 20 L

Heure	AM				
pH (terrain)	6,6				
Température (terrain)(°C)	17,1				
Conductivité (terrain) (µS)	2,2				
Potentiel redox (terrain) (mV)	-100				
Oxygène (terrain) (mg/L)	1,25				
Turbidité (0 - limpide)	3				
(4 - opaque)					
Couleur	Brun				
Odeur d'hydrocarbures	non				
Commentaires					

Volume prélevé pour l'échantillonnage 250 ml Succion d'air durant l'échantillonnage \_\_\_\_\_

Paramètres d'analyse	Contenant	Volume du contenant	Préservatifs	Filtré
Métaux (13)	Plastique	250ml	NON	NON

Commentaires: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

## PARAMÈTRES D'ÉCHANTILLONNAGE



Site: Rue du Quai, ville de Gaspé No de projet: PR03-38  
 Localisation: Lot C1-3 No d'échantillon: PO03-77  
 Numéro du puits: PO03-77  
 Date: 2003-08-12 Heure: AM Météo: 25°C, ensoleillé  
 Type d'échantillons:  ponctuel  composite (ds le temps)  composite (ds l'espace)  
 Méthodologie (références): \_\_\_\_\_  
 Type d'échantillonneur: Échantillonneur à bille  
 Type de puits (diamètre): 0,051 m Profondeur de la base: 4,27 m  
 Niveau d'eau statique (prof): 0,23 m Hauteur de la colonne d'eau (m): 4,04  
 Zone crépinée: 1,27 - 4,27 m Volume d'eau dans le puits: \_\_\_\_\_  
 Volume de la purge: 20 L

Heure	AM				
pH (terrain)	7,1				
Température (terrain)(°C)	10,2				
Conductivité (terrain) (µS)	2,3				
Potentiel redox (terrain) (mV)	-3				
Oxygène (terrain) (mg/L)	1,1				
Turbidité (0 - limpide)	2				
(4 - opaque)					
Couleur	Brun				
Odeur d'hydrocarbures	non				
Commentaires					

Volume prélevé pour l'échantillonnage 250 ml Succion d'air durant l'échantillonnage \_\_\_\_\_

Paramètres d'analyse	Contenant	Volume du contenant	Préservatifs	Filtré
Métaux (13)	Plastique	250ml	NON	NON

Commentaires: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

## PARAMÈTRES D'ÉCHANTILLONNAGE



Site: Rue du Quai, ville de Gaspé No de projet: PR03-38  
 Localisation: Lot C1-3 No d'échantillon: PO03-79  
 Numéro du puits: PO03-79  
 Date: 2003-08-12 Heure: AM Météo: 25°C, ensoleillé  
 Type d'échantillons:  ponctuel  composite (ds le temps)  composite (ds l'espace)  
 Méthodologie (références): \_\_\_\_\_  
 Type d'échantillonneur: Échantillonneur à bille  
 Type de puits (diamètre): 0,051 m Profondeur de la base: 4,27 m  
 Niveau d'eau statique (prof): 0,42 m Hauteur de la colonne d'eau (m): 3,85  
 Zone crépinée: 1,27 - 4,27 m Volume d'eau dans le puits: \_\_\_\_\_  
 Volume de la purge: 20 L

Heure	AM				
pH (terrain)	7,4				
Température (terrain)(°C)	13,6				
Conductivité (terrain) (µS)	2				
Potentiel redox (terrain) (mV)	225				
Oxygène (terrain) (mg/L)	6,02				
Turbidité (0 - limpide)	1				
(4 - opaque)					
Couleur	beige				
Odeur d'hydrocarbures	non				
Commentaires					

Volume prélevé pour l'échantillonnage 250 ml Succion d'air durant l'échantillonnage \_\_\_\_\_

Paramètres d'analyse	Contenant	Volume du contenant	Préservatifs	Filtré
Métaux (13)	Plastique	250ml	NON	NON

Commentaires: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

**PARAMÈTRES D'ÉCHANTILLONNAGE**



Site: Rue du Quai, ville de Gaspé No de projet: PR03-38  
 Localisation: Lot C2-2 No d'échantillon: PO03-78  
 Numéro du puits: PO03-78  
 Date: 2003-08-12 Heure: AM Météo: 25°C, ensoleillé  
 Type d'échantillons:  ponctuel  composite (ds le temps)  composite (ds l'espace)  
 Méthodologie (références): \_\_\_\_\_  
 Type d'échantillonneur: Échantillonneur à bille  
 Type de puits (diamètre): 0,051 m Profondeur de la base: 4,27 m  
 Niveau d'eau statique (prof): 1,37 m Hauteur de la colonne d'eau (m): 2,9  
 Zone crépinée: 1,27 - 4,27 m Volume d'eau dans le puits: \_\_\_\_\_  
 Volume de la purge: 20 L

Heure	AM				
pH (terrain)	6,4				
Température (terrain)(°C)	9,4				
Conductivité (terrain) (µS)	2,6				
Potentiel redox (terrain) (mV)	180				
Oxygène (terrain) (mg/L)	1,27				
Turbidité (0 - limpide)	2				
(4 - opaque)					
Couleur	Brun				
Odeur d'hydrocarbures	non				
Commentaires					

Volume prélevé pour l'échantillonnage 1,250 L Succion d'air durant l'échantillonnage \_\_\_\_\_

Paramètres d'analyse	Contenant	Volume du contenant	Préservatifs	Filtré
C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub>	Verre ambré	1L	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	NON
Métaux (13) et dureté	Plastique	250ml	NON	NON

Commentaires: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_



**PARAMÈTRES D'ÉCHANTILLONNAGE**



Site: Rue du Quai, ville de Gaspé No de projet: PR03-38  
 Localisation: Lot B6-2 No d'échantillon: PZ-70  
 Numéro du puits: PZ-70  
 Date: 2003-08-12 Heure: AM Météo: 25°C, ensoleillé  
 Type d'échantillons:  ponctuel  composite (ds le temps)  composite (ds l'espace)  
 Méthodologie (références): \_\_\_\_\_  
 Type d'échantillonneur: Échantillonneur à bille  
 Type de puits (diamètre): 0,051 m Profondeur de la base: \_\_\_\_\_  
 Niveau d'eau statique (prof): 1,05 m Hauteur de la colonne d'eau (m): \_\_\_\_\_  
 Zone crépinée: \_\_\_\_\_ Volume d'eau dans le puits: \_\_\_\_\_  
 Volume de la purge: 20 L

Heure	AM				
pH (terrain)	7,1				
Température (terrain)(°C)	15,1				
Conductivité (terrain) (µS)	1,8				
Potentiel redox (terrain) (mV)	248				
Oxygène (terrain) (mg/L)	0,92				
Turbidité (0 - limpide)	3				
(4 - opaque)					
Couleur	Brun				
Odeur d'hydrocarbures	non				
Commentaires					

Volume prélevé pour l'échantillonnage 250 ml Succion d'air \_\_\_\_\_  
 durant l'échantillonnage

Paramètres d'analyse	Contenant	Volume du contenant	Préservatifs	Filtré
Métaux (13)	Plastique	250ml	NON	NON

Commentaires: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

**PARAMÈTRES D'ÉCHANTILLONNAGE**



Site: Rue du Quai, ville de Gaspé No de projet: PR03-38  
 Localisation: Lot B6-2 No d'échantillon: PO-10  
 Numéro du puits: PO-10  
 Date: 2003-08-12 Heure: AM Météo: 25°C, ensoleillé  
 Type d'échantillons:  ponctuel  composite (ds le temps)  composite (ds l'espace)  
 Méthodologie (références): \_\_\_\_\_  
 Type d'échantillonneur: Échantillonneur à bille  
 Type de puits (diamètre): 0,051 m Profondeur de la base: \_\_\_\_\_  
 Niveau d'eau statique (prof): 1,05 m Hauteur de la colonne d'eau (m): \_\_\_\_\_  
 Zone crépinée: \_\_\_\_\_ Volume d'eau dans le puits: \_\_\_\_\_  
 Volume de la purge: 20 L

Heure	AM				
pH (terrain)	6,5				
Température (terrain)(°C)	11,4				
Conductivité (terrain) (µS)	5,7				
Potentiel redox (terrain) (mV)	305				
Oxygène (terrain) (mg/L)	0,9				
Turbidité (0 - limpide)	2				
(4 - opaque)					
Couleur	Brun				
Odeur d'hydrocarbures	non				
Commentaires					

Volume prélevé pour l'échantillonnage 250 ml Succion d'air durant l'échantillonnage \_\_\_\_\_

Paramètres d'analyse	Contenant	Volume du contenant	Préservatifs	Filtré
Métaux (13)	Plastique	250ml	NON	NON

Commentaires: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

## PARAMÈTRES D'ÉCHANTILLONNAGE



Site: Rue du Quai, ville de Gaspé No de projet: PR03-38  
 Localisation: Lot B6-2 No d'échantillon: PO03-73  
 Numéro du puits: PO03-73  
 Date: 2003-08-12 Heure: AM Météo: 25°C, ensoleillé  
 Type d'échantillons:  ponctuel  composite (ds le temps)  composite (ds l'espace)  
 Méthodologie (références): \_\_\_\_\_  
 Type d'échantillonneur: Échantillonneur à bille  
 Type de puits (diamètre): 0,051 m Profondeur de la base: 4,57 m  
 Niveau d'eau statique (prof): 3,33 m Hauteur de la colonne d'eau (m): 1,24  
 Zone crépinée: 1,57 - 4,57 m Volume d'eau dans le puits: \_\_\_\_\_  
 Volume de la purge: 20 L

Heure	AM				
pH (terrain)	6,9				
Température (terrain)(°C)	9,7				
Conductivité (terrain) (µS)	6,1				
Potentiel redox (terrain) (mV)	99				
Oxygène (terrain) (mg/L)	3,25				
Turbidité (0 - limpide)	1				
(4 - opaque)					
Couleur	Brun				
Odeur d'hydrocarbures	non				
Commentaires					

Volume prélevé pour l'échantillonnage 250 ml Succion d'air durant l'échantillonnage \_\_\_\_\_

Paramètres d'analyse	Contenant	Volume du contenant	Préservatifs	Filtré
Métaux (13)	Plastique	250ml	NON	NON

Commentaires: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

## PARAMÈTRES D'ÉCHANTILLONNAGE



Site: Rue du Quai, ville de Gaspé No de projet: PR03-38  
 Localisation: Lot B6-2 No d'échantillon: PO03-72  
 Numéro du puits: PO03-72  
 Date: 2003-08-12 Heure: 12h Météo: 25°C, ensoleillé  
 Type d'échantillons:  ponctuel  composite (ds le temps)  composite (ds l'espace)  
 Méthodologie (références): \_\_\_\_\_  
 Type d'échantillonneur: Échantillonneur à bille  
 Type de puits (diamètre): 0,051 m Profondeur de la base: 4,57m  
 Niveau d'eau statique (prof): 3,26 m Hauteur de la colonne d'eau (m): 1,31  
 Zone crépinée: 1,57 - 4,57 m Volume d'eau dans le puits: \_\_\_\_\_  
 Volume de la purge: 20 L

Heure	12h				
pH (terrain)	7,5				
Température (terrain)(°C)	11,7				
Conductivité (terrain) (µS)	4				
Potentiel redox (terrain) (mV)	293				
Oxygène (terrain) (mg/L)	2,07				
Turbidité (0 - limpide)	0				
(4 - opaque)					
Couleur	limpide				
Odeur d'hydrocarbures	non				
Commentaires					

Volume prélevé pour l'échantillonnage 250 ml Succion d'air \_\_\_\_\_  
 durant l'échantillonnage

Paramètres d'analyse	Contenant	Volume du contenant	Préservatifs	Filtré
Métaux (13)	Plastique	250ml	NON	NON

Commentaires: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

## PARAMÈTRES D'ÉCHANTILLONNAGE



Site: Rue du Quai, ville de Gaspé No de projet: PR03-38  
 Localisation: Lot B5-2 No d'échantillon: PZ-84  
 Numéro du puits: PZ-84  
 Date: 2003-08-12 Heure: 12h15 Météo: 25°C, ensoleillé  
 Type d'échantillons:  ponctuel  composite (ds le temps)  composite (ds l'espace)  
 Méthodologie (références): \_\_\_\_\_  
 Type d'échantillonneur: Échantillonneur à bille  
 Type de puits (diamètre): 0,051 m Profondeur de la base: 4,00 m  
 Niveau d'eau statique (prof): 2,20 m Hauteur de la colonne d'eau (m): 1,8 m  
 Zone crépinée: \_\_\_\_\_ Volume d'eau dans le puits: \_\_\_\_\_  
 Volume de la purge: 20 L

Heure	12h15				
pH (terrain)	7				
Température (terrain)(°C)	14				
Conductivité (terrain) (µS)	2,3				
Potentiel redox (terrain) (mV)	203				
Oxygène (terrain) (mg/L)	0,26				
Turbidité (0 - limpide)	1				
(4 - opaque)					
Couleur	beige				
Odeur d'hydrocarbures	non				
Commentaires					

Volume prélevé pour l'échantillonnage 1,250 L Succion d'air durant l'échantillonnage \_\_\_\_\_

Paramètres d'analyse	Contenant	Volume du contenant	Préservatifs	Filtré
Sulfures (SH <sub>2</sub> )	Verre	1L	ZnAc/NaOH	NON
Métaux (13)	Plastique	250ml	NON	NON

Commentaires: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

## PARAMÈTRES D'ÉCHANTILLONNAGE



Site: Rue du Quai, ville de Gaspé No de projet: PR03-38  
 Localisation: Lot B5-2 No d'échantillon: PO03-70  
 Numéro du puits: PO03-70  
 Date: 2003-08-12 Heure: PM Météo: 25°C, ensoleillé  
 Type d'échantillons:  ponctuel  composite (ds le temps)  composite (ds l'espace)  
 Méthodologie (références): \_\_\_\_\_  
 Type d'échantillonneur: Échantillonneur à bille  
 Type de puits (diamètre): 0,051 m Profondeur de la base: 4,27 m  
 Niveau d'eau statique (prof): 2,12 m Hauteur de la colonne d'eau (m): 2,15  
 Zone crépinée: 1,27 - 4,27 m Volume d'eau dans le puits: \_\_\_\_\_  
 Volume de la purge: 20 L

Heure	PM				
pH (terrain)	7,1				
Température (terrain)(°C)	14,3				
Conductivité (terrain) (µS)	2,5				
Potentiel redox (terrain) (mV)	315				
Oxygène (terrain) (mg/L)	2,61				
Turbidité (0 - limpide)	0				
(4 - opaque)					
Couleur	Limpide				
Odeur d'hydrocarbures	non				
Commentaires					

Volume prélevé pour l'échantillonnage 1,250 L Succion d'air durant l'échantillonnage \_\_\_\_\_

Paramètres d'analyse	Contenant	Volume du contenant	Préservatifs	Filtré
Sulfures (SH <sub>2</sub> )	Verre	1L	ZnAc/NaOH	NON
Métaux (13)	Plastique	250ml	NON	NON

Commentaires: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

**PARAMÈTRES D'ÉCHANTILLONNAGE**



Site: Rue du Quai, ville de Gaspé No de projet: PR03-38  
 Localisation: Lot B5-2 No d'échantillon: PZ-75  
 Numéro du puits: PZ-75  
 Date: 2003-08-12 Heure: PM Météo: 25°C, ensoleillé  
 Type d'échantillons:  ponctuel  composite (ds le temps)  composite (ds l'espace)  
 Méthodologie (références): \_\_\_\_\_  
 Type d'échantillonneur: Échantillonneur à bille  
 Type de puits (diamètre): 0,051 m Profondeur de la base: \_\_\_\_\_  
 Niveau d'eau statique (prof): 2,07 m Hauteur de la colonne d'eau (m): \_\_\_\_\_  
 Zone crépinée: \_\_\_\_\_ Volume d'eau dans le puits: \_\_\_\_\_  
 Volume de la purge: 20 L

Heure	PM				
pH (terrain)	6,8				
Température (terrain)(°C)	-				
Conductivité (terrain) (µS)	3,5				
Potentiel redox (terrain) (mV)	205				
Oxygène (terrain) (mg/L)	-				
Turbidité (0 - limpide)	2				
(4 - opaque)					
Couleur	Brun				
Odeur d'hydrocarbures	légère				
Commentaires	Film d'hydrocarbure				

Volume prélevé pour l'échantillonnage 2,250 L Succion d'air durant l'échantillonnage \_\_\_\_\_

Paramètres d'analyse	Contenant	Volume du contenant	Préservatifs	Filtré
C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub>	Verre ambré	1L	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	NON
Métaux (13)	Plastique	250ml	NON	NON
Sulfures (SH <sub>2</sub> )	Verre	1L	ZnAc/NaOH	NON

Commentaires: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

**PARAMÈTRES D'ÉCHANTILLONNAGE**



Site: Rue du Quai, ville de Gaspé No de projet: PR03-38  
 Localisation: Lot B5-2 No d'échantillon: PO03-69  
 Numéro du puits: PO03-69  
 Date: 2003-08-11 Heure: AM Météo: 25°C, ensoleillé  
 Type d'échantillons:  ponctuel  composite (ds le temps)  composite (ds l'espace)  
 Méthodologie (références): \_\_\_\_\_  
 Type d'échantillonneur: Échantillonneur à bille  
 Type de puits (diamètre): 0,051 m Profondeur de la base: 4,27 m  
 Niveau d'eau statique (prof): 2,075 m Hauteur de la colonne d'eau (m): 2,195  
 Zone crépinée: 1,27 - 4,27 m Volume d'eau dans le puits: \_\_\_\_\_  
 Volume de la purge: 20 L

Heure	AM				
pH (terrain)	7,1				
Température (terrain)(°C)	-				
Conductivité (terrain) (µS)	2,6				
Potentiel redox (terrain) (mV)	115				
Oxygène (terrain) (mg/L)	-				
Turbidité (0 - limpide)	1				
(4 - opaque)					
Couleur	beige				
Odeur d'hydrocarbures	légère				
Commentaires					

Volume prélevé pour l'échantillonnage 1 L Succion d'air durant l'échantillonnage \_\_\_\_\_

Paramètres d'analyse	Contenant	Volume du contenant	Préservatifs	Filtré
C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub>	Verre ambré	1L	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	NON

Commentaires: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_



**PARAMÈTRES D'ÉCHANTILLONNAGE**



Site: Rue du Quai, ville de Gaspé No de projet: PR03-38  
 Localisation: Lot 1-1-1 No d'échantillon: PZ-81  
 Numéro du puits: PZ-81  
 Date: 2003-08-12 Heure: PM Météo: 25°C, ensoleillé  
 Type d'échantillons:  ponctuel  composite (ds le temps)  composite (ds l'espace)  
 Méthodologie (références): \_\_\_\_\_  
 Type d'échantillonneur: Échantillonneur à bille  
 Type de puits (diamètre): 0,051 m Profondeur de la base: 3,54 m  
 Niveau d'eau statique (prof): 1,05 m Hauteur de la colonne d'eau (m): 2,49 m  
 Zone crépinée: \_\_\_\_\_ Volume d'eau dans le puits: \_\_\_\_\_  
 Volume de la purge: 20 L

Heure	PM				
pH (terrain)	6,9				
Température (terrain)(°C)	-				
Conductivité (terrain) (µS)	2,5				
Potentiel redox (terrain) (mV)	78				
Oxygène (terrain) (mg/L)	-				
Turbidité (0 - limpide)	1				
(4 - opaque)					
Couleur	Brun				
Odeur d'hydrocarbures	moyenne				
Commentaires	Film d'hydrocarbure				

Volume prélevé pour l'échantillonnage 1,5 L Succion d'air durant l'échantillonnage \_\_\_\_\_

Paramètres d'analyse	Contenant	Volume du contenant	Préservatifs	Filtré
C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub>	Verre ambré	1L	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	NON
Métaux (13)	Plastique	250ml	NON	NON
HAM	Verre clair	2 x 40 ml	Aucun	NON

Commentaires: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

**PARAMÈTRES D'ÉCHANTILLONNAGE**



Site: Rue du Quai, ville de Gaspé No de projet: PR03-38  
 Localisation: Lot B5-2 No d'échantillon: PO03-68  
 Numéro du puits: PO03-68  
 Date: 2003-08-12 Heure: PM Météo: 25°C, ensoleillé  
 Type d'échantillons:  ponctuel  composite (ds le temps)  composite (ds l'espace)  
 Méthodologie (références): \_\_\_\_\_  
 Type d'échantillonneur: Échantillonneur à bille  
 Type de puits (diamètre): 0,051 m Profondeur de la base: 4,27 m  
 Niveau d'eau statique (prof): 2,505 m Hauteur de la colonne d'eau (m): 1,765  
 Zone crépinée: 1,27 - 4,27 m Volume d'eau dans le puits: \_\_\_\_\_  
 Volume de la purge: 20 L

Heure	PM				
pH (terrain)	7,1				
Température (terrain)(°C)	12,4				
Conductivité (terrain) (µS)	2				
Potentiel redox (terrain) (mV)	269				
Oxygène (terrain) (mg/L)	0,56				
Turbidité (0 - limpide)	2				
(4 - opaque)					
Couleur	Brun				
Odeur d'hydrocarbures	non				
Commentaires					

Volume prélevé \_\_\_\_\_ Succion d'air \_\_\_\_\_  
 pour l'échantillonnage \_\_\_\_\_ durant l'échantillonnage \_\_\_\_\_

Paramètres d'analyse	Contenant	Volume du contenant	Préservatifs	Filtré
C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub>	Verre ambré	1L	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	NON
Métaux (13)	Plastique	250ml	NON	NON
Sulfures (SH <sub>2</sub> )	Verre	1L	ZnAc/NaOH	NON

Commentaires: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

**PARAMÈTRES D'ÉCHANTILLONNAGE**



Site: Rue du Quai, ville de Gaspé No de projet: PR03-38  
 Localisation: Lot B5-2 No d'échantillon: PZ-78  
 Numéro du puits: PZ-78  
 Date: 2003-08-12 Heure: AM Météo: 25°C, ensoleillé  
 Type d'échantillons:  ponctuel  composite (ds le temps)  composite (ds l'espace)  
 Méthodologie (références): \_\_\_\_\_  
 Type d'échantillonneur: Échantillonneur à bille  
 Type de puits (diamètre): 0,051 m Profondeur de la base: \_\_\_\_\_  
 Niveau d'eau statique (prof): 1,81 m Hauteur de la colonne d'eau (m): \_\_\_\_\_  
 Zone crépinée: \_\_\_\_\_ Volume d'eau dans le puits: \_\_\_\_\_  
 Volume de la purge: 20 L

Heure	AM				
pH (terrain)	7,4				
Température (terrain)(°C)	-				
Conductivité (terrain) (µS)	2,9				
Potentiel redox (terrain) (mV)	290				
Oxygène (terrain) (mg/L)	-				
Turbidité (0 - limpide)	4				
(4 - opaque)					
Couleur	Brun				
Odeur d'hydrocarbures	légère				
Commentaires					

Volume prélevé pour l'échantillonnage 1L Succion d'air durant l'échantillonnage \_\_\_\_\_

Paramètres d'analyse	Contenant	Volume du contenant	Préservatifs	Filtré
C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub>	Verre ambré	1L	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	NON

Commentaires: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

## PARAMÈTRES D'ÉCHANTILLONNAGE



Site: Rue du Quai, ville de Gaspé No de projet: PR03-38  
 Localisation: Lot B5-2 No d'échantillon: PZ-76  
 Numéro du puits: PZ-76  
 Date: 2003-08-11 Heure: AM Météo: 25°C, ensoleillé  
 Type d'échantillons:  ponctuel  composite (ds le temps)  composite (ds l'espace)  
 Méthodologie (références): \_\_\_\_\_  
 Type d'échantillonneur: Échantillonneur à bille  
 Type de puits (diamètre): 0,051 m Profondeur de la base: \_\_\_\_\_  
 Niveau d'eau statique (prof): 1,99 m Hauteur de la colonne d'eau (m): \_\_\_\_\_  
 Zone crépinée: \_\_\_\_\_ Volume d'eau dans le puits: \_\_\_\_\_  
 Volume de la purge: 20 L

Heure	AM				
pH (terrain)	6,9				
Température (terrain)(°C)	-				
Conductivité (terrain) (µS)	2,6				
Potentiel redox (terrain) (mV)	301				
Oxygène (terrain) (mg/L)	-				
Turbidité (0 - limpide)	2				
(4 - opaque)					
Couleur	Brun				
Odeur d'hydrocarbures	moyenne				
Commentaires	film d'hydrocarbure				

Volume prélevé pour l'échantillonnage 2,5 L

Succion d'air durant l'échantillonnage \_\_\_\_\_

Paramètres d'analyse	Contenant	Volume du contenant	Préservatifs	Filtré
C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub>	Verre ambré	1L	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	NON
HAP	Verre ambré	1L	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	NON
HAM	Verre clair	2 x 40 ml	Aucun	NON

Commentaires: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

**PARAMÈTRES D'ÉCHANTILLONNAGE**



Site: Rue du Quai, ville de Gaspé No de projet: PR03-38  
 Localisation: Lot B5-2 No d'échantillon: PO-49  
 Numéro du puits: PO-49  
 Date: 2003-08-11 Heure: AM Météo: 25°C, ensoleillé  
 Type d'échantillons:  ponctuel  composite (ds le temps)  composite (ds l'espace)  
 Méthodologie (références): \_\_\_\_\_  
 Type d'échantillonneur: Échantillonneur à bille  
 Type de puits (diamètre): 0,051 m Profondeur de la base: \_\_\_\_\_  
 Niveau d'eau statique (prof): 2,60 m Hauteur de la colonne d'eau (m): \_\_\_\_\_  
 Zone crépinée: \_\_\_\_\_ Volume d'eau dans le puits: \_\_\_\_\_  
 Volume de la purge: 20 L

Heure	AM				
pH (terrain)	7				
Température (terrain)(°C)	-				
Conductivité (terrain) (µS)	2,4				
Potentiel redox (terrain) (mV)	140				
Oxygène (terrain) (mg/L)	-				
Turbidité (0 - limpide)	2				
(4 - opaque)					
Couleur	Brun				
Odeur d'hydrocarbures	moyenne				
Commentaires					

Volume prélevé pour l'échantillonnage 1 L Succion d'air durant l'échantillonnage \_\_\_\_\_

Paramètres d'analyse	Contenant	Volume du contenant	Préservatifs	Filtré
C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub>	Verre ambré	1L	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	NON

Commentaires: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

**PARAMÈTRES D'ÉCHANTILLONNAGE**



Site: Rue du Quai, ville de Gaspé No de projet: PR03-38  
 Localisation: Rue du Chantier Maritime No d'échantillon: PZ-000  
 Numéro du puits: PZ-000  
 Date: 2003-08-12 Heure: PM Météo: 25°C, ensoleillé  
 Type d'échantillons:  ponctuel  composite (ds le temps)  composite (ds l'espace)  
 Méthodologie (références): \_\_\_\_\_  
 Type d'échantillonneur: Échantillonneur à bille  
 Type de puits (diamètre): 0,051 m Profondeur de la base: 2,65 m  
 Niveau d'eau statique (prof): 1,27 m Hauteur de la colonne d'eau (m): 1,38  
 Zone crépinée: 2,65 - 0 m Volume d'eau dans le puits: \_\_\_\_\_  
 Volume de la purge: 20 L

Heure	PM				
pH (terrain)	7,4				
Température (terrain)(°C)	14,4				
Conductivité (terrain) (µS)	0,8				
Potentiel redox (terrain) (mV)	279				
Oxygène (terrain) (mg/L)	1,08				
Turbidité (0 - limpide)	3				
(4 - opaque)					
Couleur	Brun				
Odeur d'hydrocarbures	non				
Commentaires					

Volume prélevé pour l'échantillonnage 1,250 L Succion d'air durant l'échantillonnage \_\_\_\_\_

Paramètres d'analyse	Contenant	Volume du contenant	Préservatifs	Filtré
C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub>	Verre ambré	1L	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	NON
Métaux (13)	Plastique	250ml	NON	NON

Commentaires: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

## PARAMÈTRES D'ÉCHANTILLONNAGE



Site: Rue du Quai, ville de Gaspé No de projet: PR03-38  
 Localisation: Lot B5-2 No d'échantillon: PO-17  
 Numéro du puits: PO-17  
 Date: 2003-08-12 Heure: PM Météo: 25°C, ensoleillé  
 Type d'échantillons:  ponctuel  composite (ds le temps)  composite (ds l'espace)  
 Méthodologie (références): \_\_\_\_\_  
 Type d'échantillonneur: Échantillonneur à bille  
 Type de puits (diamètre): 0,051 m Profondeur de la base: \_\_\_\_\_  
 Niveau d'eau statique (prof): 2,09 m Hauteur de la colonne d'eau (m): \_\_\_\_\_  
 Zone crépinée: \_\_\_\_\_ Volume d'eau dans le puits: \_\_\_\_\_  
 Volume de la purge: 20 L

Heure	PM				
pH (terrain)	7,4				
Température (terrain)(°C)	11,8				
Conductivité (terrain) (µS)	2,9				
Potentiel redox (terrain) (mV)	270				
Oxygène (terrain) (mg/L)	1,28				
Turbidité (0 - limpide)	4				
(4 - opaque)					
Couleur	Brun				
Odeur d'hydrocarbures	non				
Commentaires					

Volume prélevé pour l'échantillonnage 4 L Succion d'air durant l'échantillonnage \_\_\_\_\_

Paramètres d'analyse	Contenant	Volume du contenant	Préservatifs	Filtré
C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub>	Verre ambré	1L	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	NON
Métaux (13) + Na + K	Plastique	250ml	NON	NON
DBO5		500 ml	aucun	NON
DCO	Verre	250 ml	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	NON
COT	Verre ambré	1L	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	NON
Nitrites, nitrates (NO <sub>3</sub> )	Plastique	250 ml	aucun	NON
Sulfures anions et chlorures	Plastique	250 ml	aucun	NON
Fer ferrique et ferreux	Plastique	250 ml	NON	NON

Commentaires: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

## PARAMÈTRES D'ÉCHANTILLONNAGE



Site: Rue du Quai, ville de Gaspé No de projet: PR03-38  
 Localisation: Lot B5-1-1 No d'échantillon: PO03-62  
 Numéro du puits: PO03-62  
 Date: 2003-08-12 Heure: PM Météo: 25°C, ensoleillé  
 Type d'échantillons:  ponctuel  composite (ds le temps)  composite (ds l'espace)  
 Méthodologie (références): \_\_\_\_\_  
 Type d'échantillonneur: Échantillonneur à bille  
 Type de puits (diamètre): 0,051 m Profondeur de la base: 4,27 m  
 Niveau d'eau statique (prof): 1,83 m Hauteur de la colonne d'eau (m): 2,44  
 Zone crépinée: 1,27 - 4,27 m Volume d'eau dans le puits: \_\_\_\_\_  
 Volume de la purge: 20 L

Heure	PM				
pH (terrain)	7,3				
Température (terrain)(°C)	-				
Conductivité (terrain) (µS)	2,1				
Potentiel redox (terrain) (mV)	291				
Oxygène (terrain) (mg/L)	-				
Turbidité (0 - limpide)	4				
(4 - opaque)					
Couleur	Brun				
Odeur d'hydrocarbures	légère				
Commentaires	film d'hydrocarbure				

Volume prélevé pour l'échantillonnage 6,5 L Succion d'air durant l'échantillonnage \_\_\_\_\_

Paramètres d'analyse	Contenant	Volume du contenant	Préservatifs	Filtré
C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub>	Verre ambré	1L	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	NON
Métaux (13) + Na + K	Plastique	250ml	NON	NON
HAP	Verre ambré	1L	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	NON
HAM	Verre clair	2 x 40 ml	Aucun	NON
Bactérie hydrocarbonoclastes	polypropylène	100 ml	1% thiosulfate Na	NON
DBO5		500 ml	aucun	NON
DCO	Verre	250 ml	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	NON
COT	Verre ambré	1L	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	NON
Nitrites, nitrates (NO3)	Plastique	250 ml	aucun	NON
Sulfures anions et chlorures	Plastique	250 ml	aucun	NON
Azote ammoniacale (NH3)	Verre	250 ml	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	NON
Phosphore tot (PO4)	Verre ambré	1L	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	NON
Fer ferrique et ferreux	Plastique	250 ml	NON	NON
Alcalinité	Plastique	250 ml	aucun	NON

Commentaires: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_



## PARAMÈTRES D'ÉCHANTILLONNAGE



Site: Rue du Quai, ville de Gaspé No de projet: PR03-38  
 Localisation: Lot B5-2 No d'échantillon: PO03-65  
 Numéro du puits: PO03-65  
 Date: 2003-08-12 Heure: PM Météo: 25°C, ensoleillé  
 Type d'échantillons:  ponctuel  composite (ds le temps)  composite (ds l'espace)  
 Méthodologie (références): \_\_\_\_\_  
 Type d'échantillonneur: Échantillonneur à bille  
 Type de puits (diamètre): 0,051 m Profondeur de la base: 4,27 m  
 Niveau d'eau statique (prof): 2,43 m Hauteur de la colonne d'eau (m): 1,84  
 Zone crépinée: 1,27 - 4,27 m Volume d'eau dans le puits: \_\_\_\_\_  
 Volume de la purge: 20 L

Heure	PM				
pH (terrain)	7,3				
Température (terrain)(°C)	-				
Conductivité (terrain) (µS)	2,4				
Potentiel redox (terrain) (mV)	180				
Oxygène (terrain) (mg/L)	-				
Turbidité (0 - limpide)	4				
(4 - opaque)					
Couleur	Brun				
Odeur d'hydrocarbures	légère				
Commentaires					

Volume prélevé pour l'échantillonnage 6L Succion d'air durant l'échantillonnage \_\_\_\_\_

Paramètres d'analyse	Contenant	Volume du contenant	Préservatifs	Filtré
C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub>	Verre ambré	1L	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	NON
Métaux (13) + Na + K	Plastique	250ml	NON	NON
HAP	Verre ambré	1L	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	NON
Triméthylbenzène (COV)	Verre clair	2 x 40 ml	Aucun	NON
Bactérie hydrocarbonoclastes	polypropylène	100 ml	1% thiosulfate Na	NON
DBO5		500 ml	aucun	NON
DCO	Verre	250 ml	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	NON
COT	Verre ambré	1L	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	NON
Nitrites, nitrates (NO <sub>3</sub> )	Plastique	250 ml	aucun	NON
Sulfures anions et chlorures	Plastique	250 ml	aucun	NON
Fer ferrique et ferreux	Plastique	250 ml	NON	NON
Alcalinité	Plastique	250 ml	aucun	NON

Commentaires: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

**PARAMÈTRES D'ÉCHANTILLONNAGE**



Site: Rue du Quai, ville de Gaspé No de projet: PR03-38  
 Localisation: Lot 1-1-1 No d'échantillon: PO03-66  
 Numéro du puits: PO03-66  
 Date: 2003-08-12 Heure: PM Météo: 25°C, ensoleillé  
 Type d'échantillons:  ponctuel  composite (ds le temps)  composite (ds l'espace)  
 Méthodologie (références): \_\_\_\_\_  
 Type d'échantillonneur: Échantillonneur à bille  
 Type de puits (diamètre): 0,051 m Profondeur de la base: 4,27 m  
 Niveau d'eau statique (prof): 1,43 m Hauteur de la colonne d'eau (m): 2,84  
 Zone crépinée: 1,27 - 4,27 m Volume d'eau dans le puits: \_\_\_\_\_  
 Volume de la purge: 20 L

Heure	PM				
pH (terrain)	7,4				
Température (terrain)(°C)	-				
Conductivité (terrain) (µS)	2,6				
Potentiel redox (terrain) (mV)	238				
Oxygène (terrain) (mg/L)	-				
Turbidité (0 - limpide)	2				
(4 - opaque)					
Couleur	Brun				
Odeur d'hydrocarbures	légère				
Commentaires	film d'hydrocarbure				

Volume prélevé pour l'échantillonnage 1,5 L Succion d'air durant l'échantillonnage \_\_\_\_\_

Paramètres d'analyse	Contenant	Volume du contenant	Préservatifs	Filtré
C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub>	Verre ambré	1L	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	NON
Métaux (13)	Plastique	250ml	NON	NON
Triméthylbenzène (COV)	Verre clair	2 x 40 ml	Aucun	NON

Commentaires: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

**PARAMÈTRES D'ÉCHANTILLONNAGE**



Site: Rue du Quai, ville de Gaspé No de projet: PR03-38  
 Localisation: Lot 1-1-1 No d'échantillon: PO03-67  
 Numéro du puits: PO03-67  
 Date: 2003-08-12 Heure: PM Météo: 25°C, ensoleillé  
 Type d'échantillons:  ponctuel  composite (ds le temps)  composite (ds l'espace)  
 Méthodologie (références): \_\_\_\_\_  
 Type d'échantillonneur: Échantillonneur à bille  
 Type de puits (diamètre): 0,051 m Profondeur de la base: 4,27 m  
 Niveau d'eau statique (prof): 1,81 m Hauteur de la colonne d'eau (m): 2,46  
 Zone crépinée: 1,27 - 4,27 m Volume d'eau dans le puits: \_\_\_\_\_  
 Volume de la purge: 20 L

Heure	PM				
pH (terrain)	7,1				
Température (terrain)(°C)	-				
Conductivité (terrain) (µS)	2,1				
Potentiel redox (terrain) (mV)	237				
Oxygène (terrain) (mg/L)	-				
Turbidité (0 - limpide)	4				
(4 - opaque)					
Couleur	Brun				
Odeur d'hydrocarbures	légère				
Commentaires	film d'hydrocarbure				

Volume prélevé pour l'échantillonnage 1,5L Succion d'air durant l'échantillonnage \_\_\_\_\_

Paramètres d'analyse	Contenant	Volume du contenant	Préservatifs	Filtré
C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub>	Verre ambré	1L	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	NON
Métaux (13)	Plastique	250ml	NON	NON
Triméthylbenzène (COV)	Verre clair	2 x 40 ml	Aucun	NON

Commentaires: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

## PARAMÈTRES D'ÉCHANTILLONNAGE



Site: Rue du Quai, ville de Gaspé No de projet: PR03-38  
 Localisation: Lot 1-1-1 No d'échantillon: PZ-115  
 Numéro du puits: PZ-115  
 Date: 2003-08-12 Heure: PM Météo: 25°C, ensoleillé  
 Type d'échantillons:  ponctuel  composite (ds le temps)  composite (ds l'espace)  
 Méthodologie (références): \_\_\_\_\_  
 Type d'échantillonneur: Échantillonneur à bille  
 Type de puits (diamètre): 0,051 m Profondeur de la base: \_\_\_\_\_  
 Niveau d'eau statique (prof): 2,43 m Hauteur de la colonne d'eau (m): \_\_\_\_\_  
 Zone crépinée: \_\_\_\_\_ Volume d'eau dans le puits: \_\_\_\_\_  
 Volume de la purge: 20 L

Heure	PM				
pH (terrain)	7				
Température (terrain)(°C)	12				
Conductivité (terrain) (µS)	3				
Potentiel redox (terrain) (mV)	273				
Oxygène (terrain) (mg/L)	1,87				
Turbidité (0 - limpide)	4				
(4 - opaque)					
Couleur	Brun				
Odeur d'hydrocarbures	non				
Commentaires					

Volume prélevé pour l'échantillonnage 1,5 L Succion d'air durant l'échantillonnage \_\_\_\_\_

Paramètres d'analyse	Contenant	Volume du contenant	Préservatifs	Filtré
C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub>	Verre ambré	1L	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	NON
Métaux (13)	Plastique	250ml	NON	NON

Commentaires: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

**PARAMÈTRES D'ÉCHANTILLONNAGE**



Site: Rue du Quai, ville de Gaspé No de projet: PR03-38  
 Localisation: Lot 1-4 No d'échantillon: PZ-79  
 Numéro du puits: PZ-79  
 Date: 2003-08-12 Heure: PM Météo: 25°C, ensoleillé  
 Type d'échantillons:  ponctuel  composite (ds le temps)  composite (ds l'espace)  
 Méthodologie (références): \_\_\_\_\_  
 Type d'échantillonneur: Échantillonneur à bille  
 Type de puits (diamètre): 0,051 m Profondeur de la base: 3,74 m  
 Niveau d'eau statique (prof): 2,46 m Hauteur de la colonne d'eau (m): 1,28 m  
 Zone crépinée: \_\_\_\_\_ Volume d'eau dans le puits: \_\_\_\_\_  
 Volume de la purge: 20 L

Heure	PM				
pH (terrain)	6,9				
Température (terrain)(°C)	11,4				
Conductivité (terrain) (µS)	8,8				
Potentiel redox (terrain) (mV)	249				
Oxygène (terrain) (mg/L)	0,52				
Turbidité (0 - limpide)	2				
(4 - opaque)					
Couleur	Brun				
Odeur d'hydrocarbures	légère				
Commentaires					

Volume prélevé pour l'échantillonnage 2,250 L Succion d'air durant l'échantillonnage \_\_\_\_\_

Paramètres d'analyse	Contenant	Volume du contenant	Préservatifs	Filtré
C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub>	Verre ambré	1L	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	NON
Métaux (13)	Plastique	250ml	NON	NON
Sulfures (SH <sub>2</sub> )	Verre	1L	ZnAc/NaOH	NON

Commentaires: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

**PARAMÈTRES D'ÉCHANTILLONNAGE**



Site: Rue du Quai, ville de Gaspé No de projet: PR03-38  
 Localisation: Lot 1-4 No d'échantillon: PO03-60  
 Numéro du puits: PO03-60  
 Date: 2003-08-12 Heure: PM Météo: 25°C, ensoleillé  
 Type d'échantillons:  ponctuel  composite (ds le temps)  composite (ds l'espace)  
 Méthodologie (références): \_\_\_\_\_  
 Type d'échantillonneur: Échantillonneur à bille  
 Type de puits (diamètre): 0,051 m Profondeur de la base: 4,42 m  
 Niveau d'eau statique (prof): 2,87 m Hauteur de la colonne d'eau (m): 1,55  
 Zone crépinée: 1,42 - 4,42 m Volume d'eau dans le puits: \_\_\_\_\_  
 Volume de la purge: 20 L

Heure	PM				
pH (terrain)	7,2				
Température (terrain)(°C)	10,4				
Conductivité (terrain) (µS)	11,1				
Potentiel redox (terrain) (mV)	233				
Oxygène (terrain) (mg/L)	2,72				
Turbidité (0 - limpide)	3				
(4 - opaque)					
Couleur	Brun				
Odeur d'hydrocarbures	non				
Commentaires					

Volume prélevé pour l'échantillonnage 1,250 L Succion d'air durant l'échantillonnage \_\_\_\_\_

Paramètres d'analyse	Contenant	Volume du contenant	Préservatifs	Filtré
C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub>	Verre ambré	1L	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	NON
Métaux (13)	Plastique	250ml	NON	NON

Commentaires: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

**PARAMÈTRES D'ÉCHANTILLONNAGE**



Site: Rue du Quai, ville de Gaspé No de projet: PR03-38  
 Localisation: Lot 1-4 No d'échantillon: PZ-110  
 Numéro du puits: PZ-110  
 Date: 2003-08-11 Heure: PM Météo: 25°C, ensoleillé  
 Type d'échantillons:  ponctuel  composite (ds le temps)  composite (ds l'espace)  
 Méthodologie (références): \_\_\_\_\_  
 Type d'échantillonneur: Échantillonneur à bille  
 Type de puits (diamètre): 0,051 m Profondeur de la base: \_\_\_\_\_  
 Niveau d'eau statique (prof): 2,74 m Hauteur de la colonne d'eau (m): \_\_\_\_\_  
 Zone crépinée: \_\_\_\_\_ Volume d'eau dans le puits: \_\_\_\_\_  
 Volume de la purge: 20 L

Heure	PM				
pH (terrain)	7,1				
Température (terrain)(°C)	10,1				
Conductivité (terrain) (µS)	17,5				
Potentiel redox (terrain) (mV)	227				
Oxygène (terrain) (mg/L)	2,09				
Turbidité (0 - limpide)	2				
(4 - opaque)					
Couleur	Brun				
Odeur d'hydrocarbures	non				
Commentaires					

Volume prélevé pour l'échantillonnage 1L Succion d'air durant l'échantillonnage \_\_\_\_\_

Paramètres d'analyse	Contenant	Volume du contenant	Préservatifs	Filtré
C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub>	Verre ambré	1L	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	NON

Commentaires: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

**PARAMÈTRES D'ÉCHANTILLONNAGE**



Site: Rue du Quai, ville de Gaspé No de projet: PR03-38  
 Localisation: Lot 1-4 No d'échantillon: PO-24  
 Numéro du puits: PO-24  
 Date: 2003-08-12 Heure: PM Météo: 25°C, ensoleillé  
 Type d'échantillons:  ponctuel  composite (ds le temps)  composite (ds l'espace)  
 Méthodologie (références): \_\_\_\_\_  
 Type d'échantillonneur: Échantillonneur à bille  
 Type de puits (diamètre): 0,051 m Profondeur de la base: \_\_\_\_\_  
 Niveau d'eau statique (prof): 2,56 m Hauteur de la colonne d'eau (m): \_\_\_\_\_  
 Zone crépinée: \_\_\_\_\_ Volume d'eau dans le puits: \_\_\_\_\_  
 Volume de la purge: 20 L

Heure	PM				
pH (terrain)	7,3				
Température (terrain)(°C)	10,5				
Conductivité (terrain) (µS)	17,4				
Potentiel redox (terrain) (mV)	229				
Oxygène (terrain) (mg/L)	7,78				
Turbidité (0 - limpide)	3				
(4 - opaque)					
Couleur	Brun				
Odeur d'hydrocarbures	non				
Commentaires					

Volume prélevé pour l'échantillonnage 1,250 L Succion d'air durant l'échantillonnage \_\_\_\_\_

Paramètres d'analyse	Contenant	Volume du contenant	Préservatifs	Filtré
C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub>	Verre ambré	1L	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	NON
Métaux (13)	Plastique	250ml	NON	NON

Commentaires: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_



**PARAMÈTRES D'ÉCHANTILLONNAGE**



Site: Rue du Quai, ville de Gaspé No de projet: PR03-38  
 Localisation: Lot 1-4 No d'échantillon: PO03-80  
 Numéro du puits: PO03-80  
 Date: 2003-08-12 Heure: PM Météo: 25°C, ensoleillé  
 Type d'échantillons:  ponctuel  composite (ds le temps)  composite (ds l'espace)  
 Méthodologie (références): \_\_\_\_\_  
 Type d'échantillonneur: Échantillonneur à bille  
 Type de puits (diamètre): 0,051 m Profondeur de la base: 4,27 m  
 Niveau d'eau statique (prof): 2,8 m Hauteur de la colonne d'eau (m): 1,47  
 Zone crépinée: 1,27 - 4,27 m Volume d'eau dans le puits: \_\_\_\_\_  
 Volume de la purge: 20 L

Heure	PM				
pH (terrain)	7,1				
Température (terrain)(°C)	11,2				
Conductivité (terrain) (µS)	17,4				
Potentiel redox (terrain) (mV)	220				
Oxygène (terrain) (mg/L)	3,8				
Turbidité (0 - limpide)	3				
(4 - opaque)					
Couleur	Brun				
Odeur d'hydrocarbures	non				
Commentaires					

Volume prélevé pour l'échantillonnage 1,250 L Succion d'air durant l'échantillonnage \_\_\_\_\_

Paramètres d'analyse	Contenant	Volume du contenant	Préservatifs	Filtré
C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub>	Verre ambré	1L	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	NON
Métaux (13)	Plastique	250ml	NON	NON

Commentaires: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

**PARAMÈTRES D'ÉCHANTILLONNAGE**



Site: Rue du Quai, ville de Gaspé No de projet: PR03-38  
 Localisation: Lot 1-4 No d'échantillon: PZ-100  
 Numéro du puits: PZ-100  
 Date: 2003-08-12 Heure: PM Météo: 25°C, ensoleillé  
 Type d'échantillons:  ponctuel  composite (ds le temps)  composite (ds l'espace)  
 Méthodologie (références): \_\_\_\_\_  
 Type d'échantillonneur: Échantillonneur à bille  
 Type de puits (diamètre): 0,051 m Profondeur de la base: \_\_\_\_\_  
 Niveau d'eau statique (prof): 2,66 m Hauteur de la colonne d'eau (m): \_\_\_\_\_  
 Zone crépinée: \_\_\_\_\_ Volume d'eau dans le puits: \_\_\_\_\_  
 Volume de la purge: 20 L

Heure	PM				
pH (terrain)	7,1				
Température (terrain)(°C)	10,8				
Conductivité (terrain) (µS)	4,1				
Potentiel redox (terrain) (mV)	242				
Oxygène (terrain) (mg/L)	1,6				
Turbidité (0 - limpide)	3				
(4 - opaque)					
Couleur	Brun				
Odeur d'hydrocarbures	non				
Commentaires					

Volume prélevé pour l'échantillonnage 1,250 L Succion d'air durant l'échantillonnage \_\_\_\_\_

Paramètres d'analyse	Contenant	Volume du contenant	Préservatifs	Filtré
C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub>	Verre ambré	1L	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	NON
Métaux (13)	Plastique	250ml	NON	NON

Commentaires: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

**PARAMÈTRES D'ÉCHANTILLONNAGE**



Site: Rue du Quai, ville de Gaspé No de projet: PR03-38  
 Localisation: Lot 1-4 No d'échantillon: PO-27  
 Numéro du puits: PO-27  
 Date: 2003-08-12 Heure: PM Météo: 25°C, ensoleillé  
 Type d'échantillons:  ponctuel  composite (ds le temps)  composite (ds l'espace)  
 Méthodologie (références): \_\_\_\_\_  
 Type d'échantillonneur: Échantillonneur à bille  
 Type de puits (diamètre): 0,051 m Profondeur de la base: \_\_\_\_\_  
 Niveau d'eau statique (prof): 1,67 m Hauteur de la colonne d'eau (m): \_\_\_\_\_  
 Zone crépinée: \_\_\_\_\_ Volume d'eau dans le puits: \_\_\_\_\_  
 Volume de la purge: 20 L

Heure	PM				
pH (terrain)	6,9				
Température (terrain)(°C)	11,7				
Conductivité (terrain) (µS)	9,6				
Potentiel redox (terrain) (mV)	201				
Oxygène (terrain) (mg/L)	0,63				
Turbidité (0 - limpide)	4				
(4 - opaque)					
Couleur	Brun				
Odeur d'hydrocarbures	non				
Commentaires					

Volume prélevé pour l'échantillonnage 1,250 L Succion d'air durant l'échantillonnage \_\_\_\_\_

Paramètres d'analyse	Contenant	Volume du contenant	Préservatifs	Filtré
C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub>	Verre ambré	1L	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	NON
Métaux (13) et dureté	Plastique	250ml	NON	NON

Commentaires: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

**PARAMÈTRES D'ÉCHANTILLONNAGE**



Site: Rue du Quai, ville de Gaspé No de projet: PR03-38  
 Localisation: Lot 1-4 No d'échantillon: PO03-81  
 Numéro du puits: PO03-81  
 Date: 2003-08-12 Heure: PM Météo: 25°C, ensoleillé  
 Type d'échantillons:  ponctuel  composite (ds le temps)  composite (ds l'espace)  
 Méthodologie (références): \_\_\_\_\_  
 Type d'échantillonneur: Échantillonneur à bille  
 Type de puits (diamètre): 0,051 m Profondeur de la base: 4,57 m  
 Niveau d'eau statique (prof): 2,47 m Hauteur de la colonne d'eau (m): 1,8  
 Zone crépinée: 1,57 - 4,57 m Volume d'eau dans le puits: \_\_\_\_\_  
 Volume de la purge: 20 L

Heure	PM				
pH (terrain)	6,8				
Température (terrain)(°C)	-				
Conductivité (terrain) (µS)	9,6				
Potentiel redox (terrain) (mV)	222				
Oxygène (terrain) (mg/L)	-				
Turbidité (0 - limpide)	4				
(4 - opaque)					
Couleur	Brun				
Odeur de créozote	moyenne				
Commentaires					

Volume prélevé pour l'échantillonnage 2 L Succion d'air durant l'échantillonnage \_\_\_\_\_

Paramètres d'analyse	Contenant	Volume du contenant	Préservatifs	Filtré
C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub>	Verre ambré	1L	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	NON
Métaux (13)	Plastique	250ml	NON	NON
HAM	Verre clair	2 x 40 ml	Aucun	NON

Commentaires: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

**PARAMÈTRES D'ÉCHANTILLONNAGE**



Site: Rue du Quai, ville de Gaspé No de projet: PR03-38  
 Localisation: Lot 1-4 No d'échantillon: PZ-111  
 Numéro du puits: PZ-111  
 Date: 2003-08-11 Heure: PM Météo: 25°C, ensoleillé  
 Type d'échantillons:  ponctuel  composite (ds le temps)  composite (ds l'espace)  
 Méthodologie (références): \_\_\_\_\_  
 Type d'échantillonneur: Échantillonneur à bille  
 Type de puits (diamètre): 0,051 m Profondeur de la base: \_\_\_\_\_  
 Niveau d'eau statique (prof): 2,15 m Hauteur de la colonne d'eau (m): \_\_\_\_\_  
 Zone crépinée: \_\_\_\_\_ Volume d'eau dans le puits: \_\_\_\_\_  
 Volume de la purge: 20 L

Heure	PM				
pH (terrain)	7,1				
Température (terrain)(°C)	13,3				
Conductivité (terrain) (µS)	6,2				
Potentiel redox (terrain) (mV)	258				
Oxygène (terrain) (mg/L)	1,2				
Turbidité (0 - limpide)	2				
(4 - opaque)					
Couleur	Brun				
Odeur d'hydrocarbures	non				
Commentaires					

Volume prélevé pour l'échantillonnage 1L Succion d'air durant l'échantillonnage \_\_\_\_\_

Paramètres d'analyse	Contenant	Volume du contenant	Préservatifs	Filtré
C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub>	Verre ambré	1L	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	NON

Commentaires: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

## PARAMÈTRES D'ÉCHANTILLONNAGE



Site: Rue du Quai, ville de Gaspé No de projet: PR03-38  
 Localisation: Lot 1-4 No d'échantillon: PZ-112  
 Numéro du puits: PZ-112  
 Date: 2003-08-11 Heure: PM Météo: 25°C, ensoleillé  
 Type d'échantillons:  ponctuel  composite (ds le temps)  composite (ds l'espace)  
 Méthodologie (références): \_\_\_\_\_  
 Type d'échantillonneur: Échantillonneur à bille  
 Type de puits (diamètre): 0,051 m Profondeur de la base: \_\_\_\_\_  
 Niveau d'eau statique (prof): 1,77 m Hauteur de la colonne d'eau (m): \_\_\_\_\_  
 Zone crépinée: \_\_\_\_\_ Volume d'eau dans le puits: \_\_\_\_\_  
 Volume de la purge: 20 L

Heure	PM				
pH (terrain)	7,2				
Température (terrain)(°C)	12,1				
Conductivité (terrain) (µS)	2,8				
Potentiel redox (terrain) (mV)	250				
Oxygène (terrain) (mg/L)	0,93				
Turbidité (0 - limpide)	1				
(4 - opaque)					
Couleur	beige				
Odeur d'hydrocarbures	non				
Commentaires					

Volume prélevé pour l'échantillonnage 1L Succion d'air durant l'échantillonnage \_\_\_\_\_

Paramètres d'analyse	Contenant	Volume du contenant	Préservatifs	Filtré
C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub>	Verre ambré	1L	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	NON

Commentaires: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

**PARAMÈTRES D'ÉCHANTILLONNAGE**



Site: Rue du Quai, ville de Gaspé No de projet: PR03-38  
 Localisation: Lot 1-4 No d'échantillon: PZ-113  
 Numéro du puits: PZ-113  
 Date: 2003-08-11 Heure: PM Météo: 25°C, ensoleillé  
 Type d'échantillons:  ponctuel  composite (ds le temps)  composite (ds l'espace)  
 Méthodologie (références): \_\_\_\_\_  
 Type d'échantillonneur: Échantillonneur à bille  
 Type de puits (diamètre): 0,051 m Profondeur de la base: \_\_\_\_\_  
 Niveau d'eau statique (prof): 2,34 m Hauteur de la colonne d'eau (m): \_\_\_\_\_  
 Zone crépinée: \_\_\_\_\_ Volume d'eau dans le puits: \_\_\_\_\_  
 Volume de la purge: 20 L

Heure	PM				
pH (terrain)	7,3				
Température (terrain)(°C)	11,2				
Conductivité (terrain) (µS)	3,6				
Potentiel redox (terrain) (mV)	238				
Oxygène (terrain) (mg/L)	0,65				
Turbidité (0 - limpide)	1				
(4 - opaque)					
Couleur	beige				
Odeur d'hydrocarbures	légère				
Commentaires					

Volume prélevé pour l'échantillonnage 1L Succion d'air durant l'échantillonnage \_\_\_\_\_

Paramètres d'analyse	Contenant	Volume du contenant	Préservatifs	Filtré
C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub>	Verre ambré	1L	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	NON

Commentaires: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

**PARAMÈTRES D'ÉCHANTILLONNAGE**



Site: Rue du Quai, ville de Gaspé No de projet: PR03-38  
 Localisation: Lot 1-4 No d'échantillon: PO03-61  
 Numéro du puits: PO03-61  
 Date: 2003-08-11 Heure: PM Météo: 25°C, ensoleillé  
 Type d'échantillons:  ponctuel  composite (ds le temps)  composite (ds l'espace)  
 Méthodologie (références): \_\_\_\_\_  
 Type d'échantillonneur: Échantillonneur à bille  
 Type de puits (diamètre): 0,051 m Profondeur de la base: 4,27 m  
 Niveau d'eau statique (prof): 3,27 m Hauteur de la colonne d'eau (m): 1  
 Zone crépinée: 1,27 - 4,27 m Volume d'eau dans le puits: \_\_\_\_\_  
 Volume de la purge: 20 L

Heure	PM				
pH (terrain)	7,1				
Température (terrain)(°C)	11,6				
Conductivité (terrain) (µS)	11,6				
Potentiel redox (terrain) (mV)	241				
Oxygène (terrain) (mg/L)	1,23				
Turbidité (0 - limpide)	4				
(4 - opaque)					
Couleur	Brun				
Odeur d'hydrocarbures	non				
Commentaires					

Volume prélevé pour l'échantillonnage \_\_\_\_\_ Succion d'air durant l'échantillonnage \_\_\_\_\_

Paramètres d'analyse	Contenant	Volume du contenant	Préservatifs	Filtré
C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub>	Verre ambré	1L	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	NON
Sulfures (SH <sub>2</sub> )	Verre	1L	ZnAc/NaOH	NON

Commentaires: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_



**PARAMÈTRES D'ÉCHANTILLONNAGE**



Site: Rue du Quai, ville de Gaspé No de projet: PR03-38  
 Localisation: Lot B5-1-1 No d'échantillon: PZ-117  
 Numéro du puits: PZ-117  
 Date: 2003-08-11 Heure: PM Météo: 25°C, ensoleillé  
 Type d'échantillons:  ponctuel  composite (ds le temps)  composite (ds l'espace)  
 Méthodologie (références): \_\_\_\_\_  
 Type d'échantillonneur: Échantillonneur à bille  
 Type de puits (diamètre): 0,051 m Profondeur de la base: \_\_\_\_\_  
 Niveau d'eau statique (prof): 1,82 m Hauteur de la colonne d'eau (m): \_\_\_\_\_  
 Zone crépinée: \_\_\_\_\_ Volume d'eau dans le puits: \_\_\_\_\_  
 Volume de la purge: 20 L

Heure	PM				
pH (terrain)	6,9				
Température (terrain)(°C)	11,2				
Conductivité (terrain) (µS)	1,6				
Potentiel redox (terrain) (mV)	215				
Oxygène (terrain) (mg/L)	0,25				
Turbidité (0 - limpide)	3				
(4 - opaque)					
Couleur	Brun				
Odeur d'hydrocarbures	non				
Commentaires					

Volume prélevé pour l'échantillonnage 1L Succion d'air durant l'échantillonnage \_\_\_\_\_

Paramètres d'analyse	Contenant	Volume du contenant	Préservatifs	Filtré
C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub>	Verre ambré	1L	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	NON

Commentaires: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

**PARAMÈTRES D'ÉCHANTILLONNAGE**



Site: Rue du Quai, ville de Gaspé No de projet: PR03-38  
 Localisation: Lot 1-1-1 No d'échantillon: PZ-83  
 Numéro du puits: PZ-83  
 Date: 2003-08-11 Heure: PM Météo: 25°C, ensoleillé  
 Type d'échantillons:  ponctuel  composite (ds le temps)  composite (ds l'espace)  
 Méthodologie (références): \_\_\_\_\_  
 Type d'échantillonneur: Échantillonneur à bille  
 Type de puits (diamètre): 0,051 m Profondeur de la base: \_\_\_\_\_  
 Niveau d'eau statique (prof): 2,22 m Hauteur de la colonne d'eau (m): \_\_\_\_\_  
 Zone crépinée: \_\_\_\_\_ Volume d'eau dans le puits: \_\_\_\_\_  
 Volume de la purge: 20 L

Heure	PM				
pH (terrain)	6,8				
Température (terrain)(°C)	13,4				
Conductivité (terrain) (µS)	9,7				
Potentiel redox (terrain) (mV)	141				
Oxygène (terrain) (mg/L)	1,03				
Turbidité (0 - limpide)	2				
(4 - opaque)					
Couleur	Brun				
Odeur d'hydrocarbures	légère				
Commentaires					

Volume prélevé pour l'échantillonnage 1L Succion d'air durant l'échantillonnage \_\_\_\_\_

Paramètres d'analyse	Contenant	Volume du contenant	Préservatifs	Filtré
C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub>	Verre ambré	1L	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	NON

Commentaires: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

**ANNEXE F**

**DONNÉES ET GRAPHIQUES D'INTERPRÉTATION  
DES ESSAIS DE PERMÉABILITÉ**

**TABLEAU F-1**

<b>ESSAI DE PERMÉABILITÉ</b>				<b>PROJET: <u>PR03-38</u></b>	
Date : 07-août-03				Page: 1 de 1	
Durée: 21 + 16 min					
<b>Puits pompé et mesuré:</b>		<b>PO03-62</b>		Longueur crépiné : 2,71 m	
Rayon du puits :		0,0255 m		Hauteur de la colonne d'eau : 1,925 m	
Profondeur du puits :		3,91 m		Rayon effectif (r <sub>eff</sub> ) : 0,063 m	
Débit pompé ou volume d'eau retiré :		1,48 GUSPM			
Profondeur stat. Eau :		1,985 m			
Heure	Minutes depuis le début du pompage	Minutes depuis l'arrêt du pompage	Profondeur du niveau d'eau (m)	Rabatement résiduel (m)	Remarques
	21	0	2,280	0,295	Le débit ne peut être augmenté car la génératrice ne le tient pas constant.
		0,25	2,180	0,195	
		0,5	2,050	0,065	
		0,75	2,030	0,045	
	22	1	2,000	0,015	
		1,5	2,015	0,03	
	23	2	2,010	0,025	
		2,5	2,005	0,02	
	24	3	2,000	0,015	
		3,5	2,000	0,015	
	25	4	2,000	0,015	
		4,5	2,000	0,015	
	26	5	2,000	0,015	
	27	6	2,000	0,015	
	28	7	2,000	0,015	
	29	8	2,000	0,015	
	30	9	2,000	0,015	
	31	10	1,995	0,010	
	33	12	1,995	0,010	
	35	14	1,995	0,010	
	37	16	1,995	0,010	

**Responsable:** Isabelle Desjardins et Mélanie Denoncourt

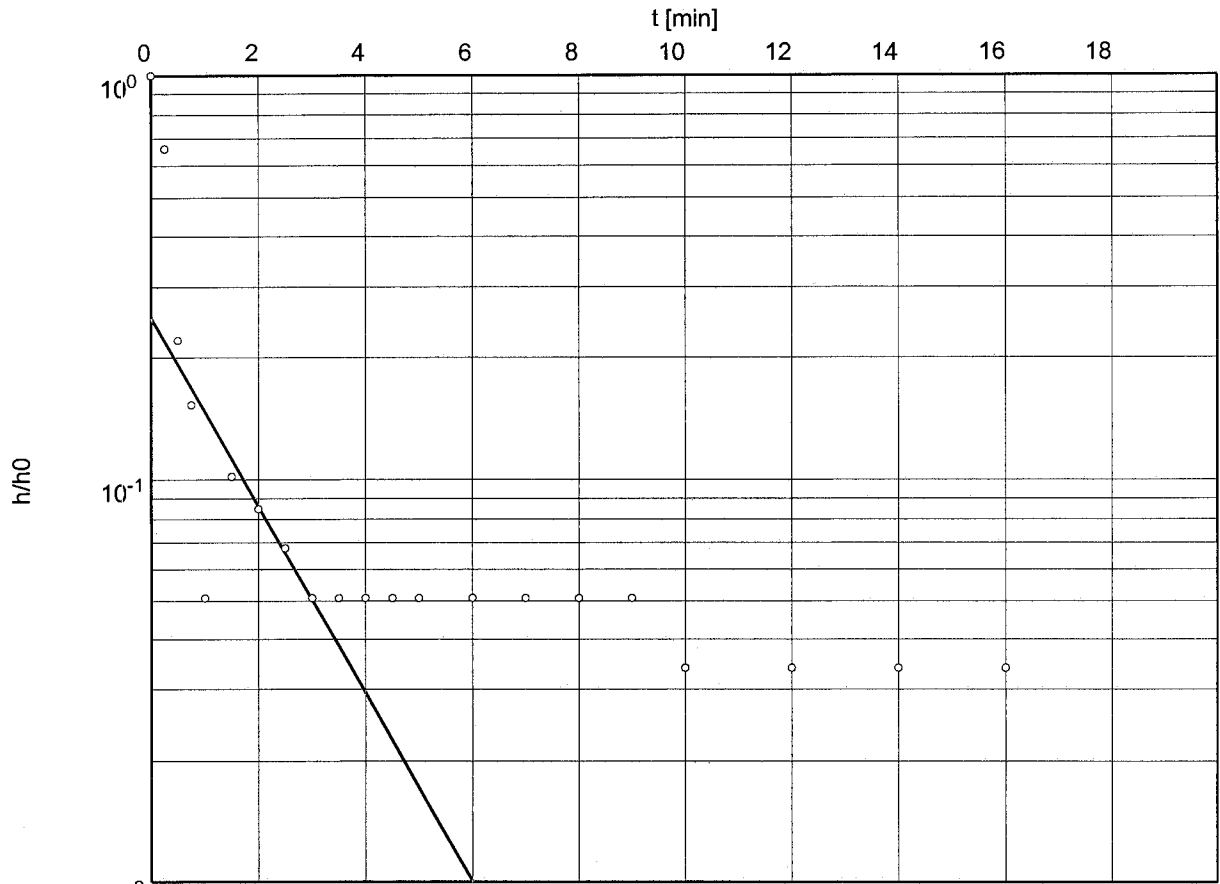
**Notes :**

$r_{\text{eff}} = [r^2 (1-n) + nR^2]^{1/2}$       n = porosité de la lanterne

Essai #. de perméabilité

Réalisé le : 7 août 2003

PO03-62



PO03-62

Conductivité hydraulique [m/min]:  $9,11 \times 10^4$

Conductivité hydraulique :  $1.52 \times 10^{-5}$  m/s

Correspond à la valeur théorique du sable homogène au sable silteux.

Puits crépiné dans un remblai de silt sableux, suivi d'un sable moyen avec horizon de gravier, suivi d'un sable graveleux.

**TABLEAU F-2**

<b>ESSAI DE PERMÉABILITÉ</b>				<b>PROJET: PR03-38</b>	
Date : 07-août-03				Page: 1 de 1	
Durée: 15 + 20 min					
<b>Puits pompé et mesuré: PO03-67</b>				Longueur crépiné : 2,69 m	
Rayon du puits : 0,0255 m				Hauteur de la colonne d'eau : 2,045 m	
Fond du puits : 3,89 m				Rayon effectif (r <sub>eff</sub> ) : 0,063 m	
Débit pompé ou volume d'eau retiré : 1,53 GUSPM					
Profondeur stat. Eau : 1,845 m					
Heure	Minutes depuis le début du pompage	Minutes depuis l'arrêt du pompage	Profondeur du niveau d'eau (m)	Rabattement résiduel (m)	Remarques
	15	0	2,045	0,200	Le débit ne peut être augmenté car la génératrice ne le tient pas constant.
		0,25	1,900	0,055	
		0,5	1,885	0,040	
		0,75	1,875	0,030	
	16	1	1,870	0,025	
		1,5	1,865	0,020	
	17	2	1,865	0,020	
		2,5	1,862	0,017	
	18	3	1,860	0,015	
		3,5	1,860	0,015	
	19	4	1,857	0,012	
	20	5	1,855	0,010	
	21	6	1,853	0,008	
	22	7	1,853	0,008	
	23	8	1,853	0,008	
	24	9	1,853	0,008	
	25	10	1,850	0,005	
	27	12	1,850	0,005	
	29	14	1,850	0,005	
	31	16	1,850	0,005	
	33	18	1,850	0,005	
	35	20	1,850	0,005	

**Responsable:** Mélanie Denoncourt et Isabelle Desjardins

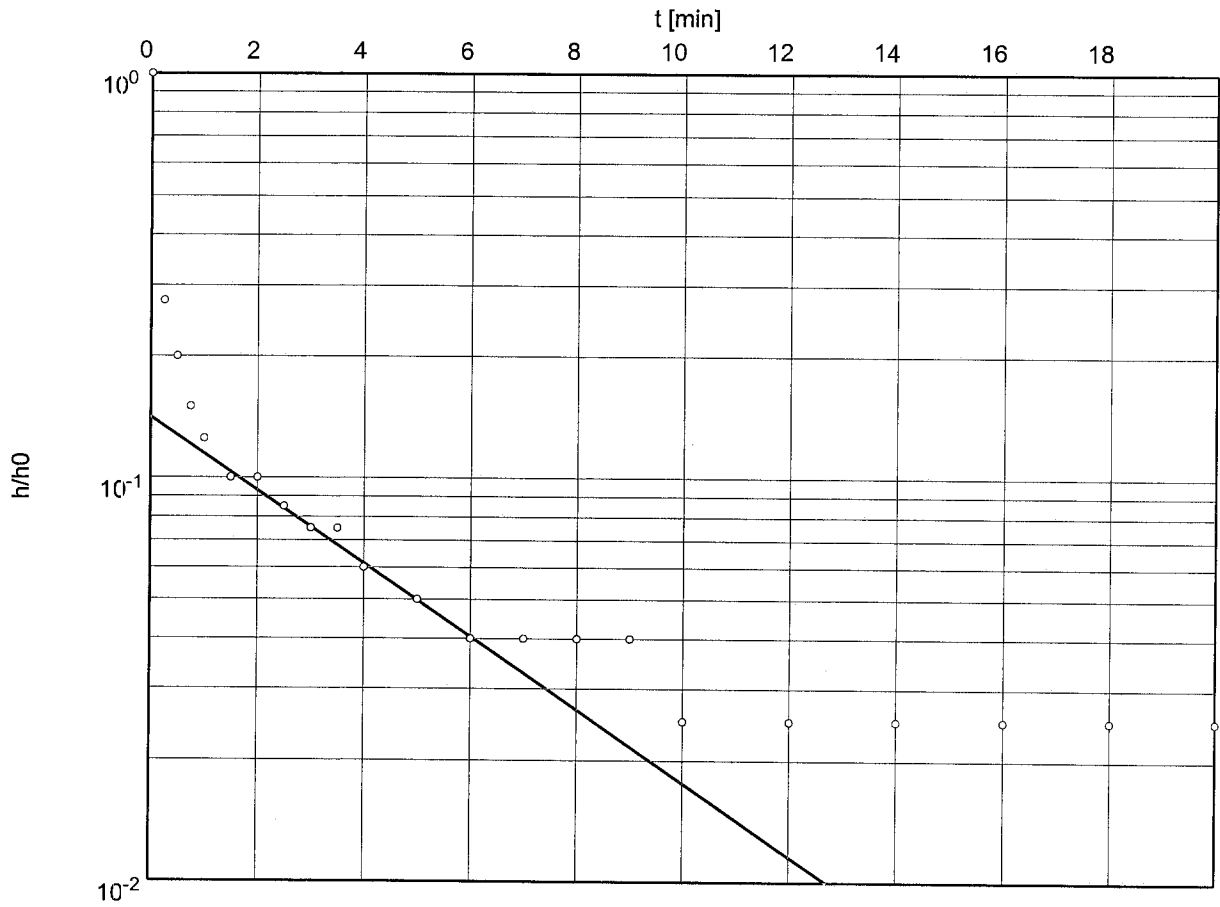
**Notes :**

$r_{\text{eff}} = [r^2 (1-n) + nR^2]^{1/2}$       n = porosité de la lanterne

Essai #. de perméabilité

Réalisé le : 7 août 2003

PO03-67



o PO03-67

Conductivité hydraulique [m/min]:  $3,62 \times 10^4$

Conductivité hydraulique :  $5.95 \times 10^{-6}$  m/s

Correspond à la valeur théorique d'un sable silteux.

Le puits est crépiné dans un sable silteux suivi d'un sable fin à moyen.





**TABLEAU F-4**

<b>ESSAI DE PERMÉABILITÉ</b>				<b>PROJET: <u>PRO3-38</u></b>	
Date : 08-août-03				Page: 1 de 1	
Durée: 25 + 20 min					
<b>Puits pompé et mesuré:</b>					
<b>PO03-73</b>					
Rayon du puits :				Longueur crépiné : <u>3,00 m</u>	
Profondeur du puits :				Hauteur de la colonne d'eau : <u>1,195 m</u>	
Débit pompé ou volume d'eau retiré :				Rayon effectif ( $r_{eff}$ ) : <u>0,063 m</u>	
Profondeur stat. Eau :					
<u>3,355 m</u>					
Heure	Minutes depuis le début du pompage	Minutes depuis l'arrêt du pompage	Profondeur du niveau d'eau (m)	Rabattement résiduel (m)	Remarques
	25	0	3,680	0,325	
		0,25	3,570	0,215	
		0,5	3,530	0,175	
		0,75	3,510	0,155	
26	1		3,500	0,145	
		1,5	3,485	0,130	
27	2		3,465	0,110	
		2,5	3,455	0,100	
28	3		3,445	0,090	
		3,5	3,435	0,080	
29	4		3,425	0,070	
		4,5	3,415	0,060	
30	5		3,410	0,055	
31	6		3,400	0,045	
32	7		3,395	0,040	
33	8		3,390	0,035	
34	9		3,390	0,035	
35	10		3,380	0,025	
37	12		3,370	0,015	
39	14		3,365	0,010	
40	16		3,360	0,005	
42	18		3,360	0,005	
45	20		3,355	0,000	

**Responsable:** Isabelle Desjardins et Mélanie Denoncourt

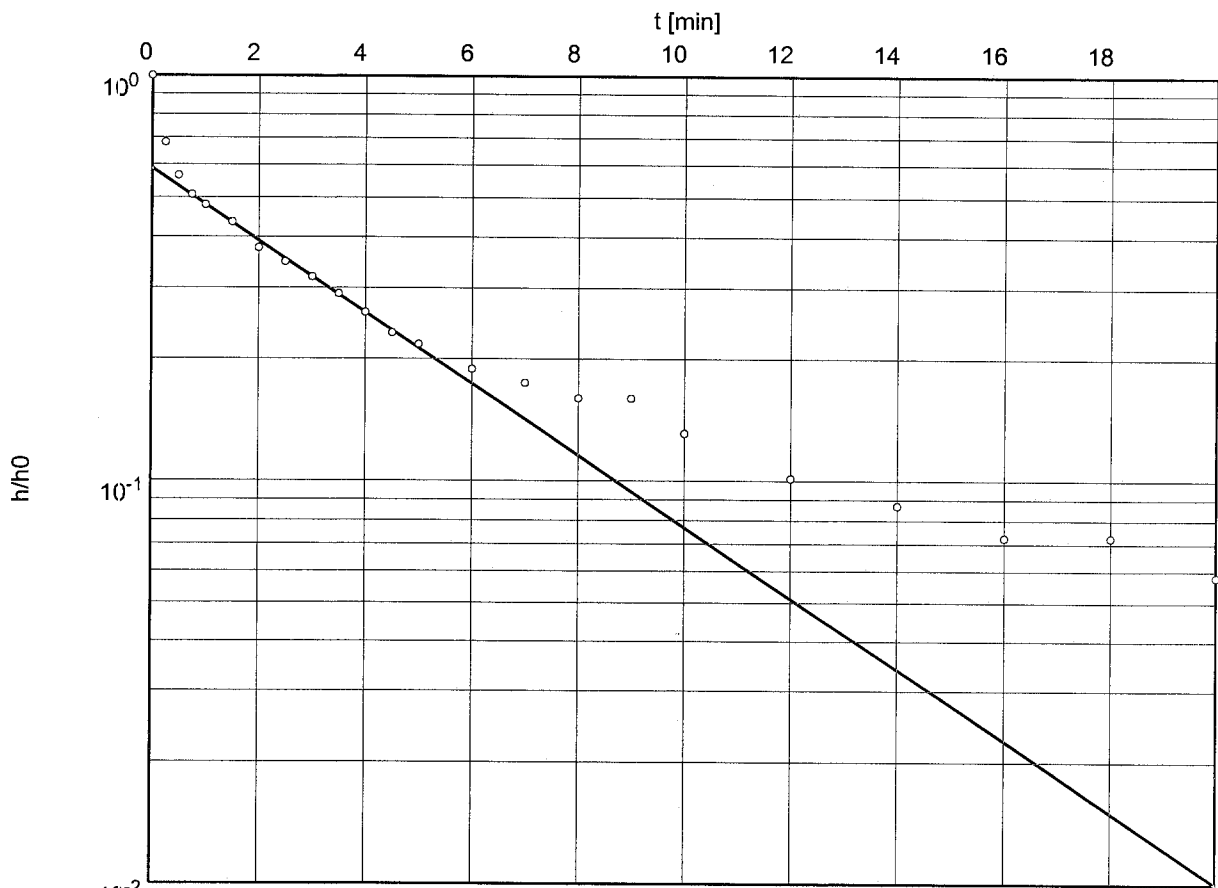
**Notes :**

$$r_{eff} = [r^2 (1-n) + nR^2]^{1/2} \quad n = \text{porosité de la lanterne}$$

Essai #. de perméabilité

Réalisé le : 8 août 2003

PO03-73



o PO03-73

Conductivité hydraulique [m/min]:  $2,70 \times 10^4$

Conductivité hydraulique #1:  $4.50 \text{ E } -06 \text{ m/s}$

Correspond à la valeur théorique du sable silteux ou du silt.

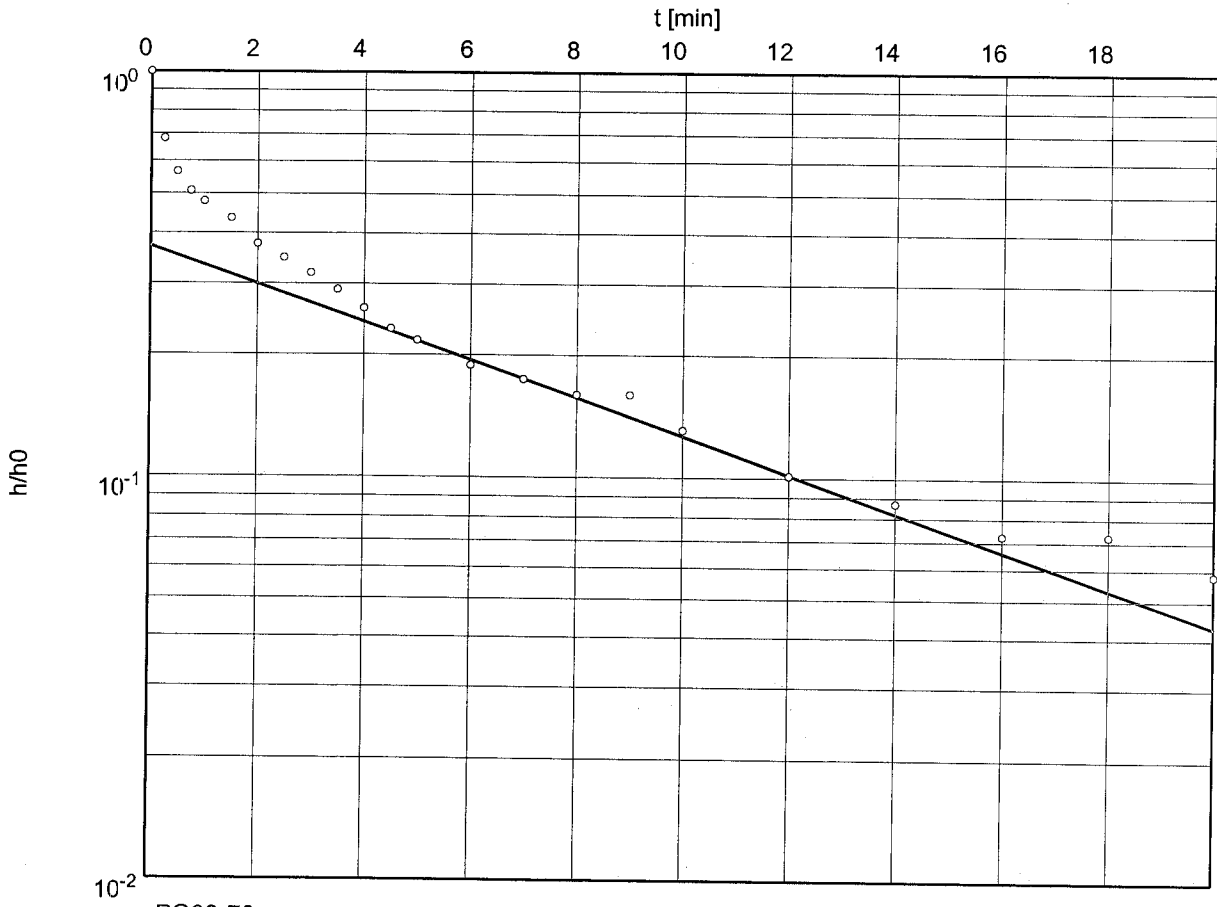
Le puits est crépiné dans le silt sableux et le roc.

Moyenne des conductivités hydrauliques #1 et #2 :  $3.44 \text{ E } -06 \text{ m/s}$

Essai #. de perméabilité

Réalisé le : 8 août 2003

PO03-73



o PO03-73

Conductivité hydraulique [m/min]:  $1,43 \times 10^{-4}$

Conductivité hydraulique #2 :  $2.38 \times 10^{-6}$  m/s

Correspond à la valeur théorique du sable silteux ou du silt.

Le puits est crépiné dans le silt sableux et le roc.

Moyenne des conductivités hydrauliques #1 et #2 :  $3.44 \times 10^{-6}$  m/s

TABLEAU F-5

<b>ESSAI DE PERMÉABILITÉ</b>			<b>PROJET: <u>PR03-38</u></b>		
Date : 06-août-03			Page: 1 de 1		
Durée: 12 min					
<b>Puits pompé et mesuré:</b>			<b>PO03-76</b>		
Rayon du puits :			0,025 m		
Profondeur du puits :			3,98 m		
Débit pompé ou volume d'eau retiré :			20 Litres		
Profondeur stat. Eau :			0,68 m		
			Longueur crépiné : 3,00 m		
			Hauteur de la colonne d'eau : 3,30 m		
			Rayon effectif (r <sub>eff</sub> ) : ne s'applique pas		
Heure	Minutes depuis le début du pompage	Minutes depuis l'arrêt du pompage	Profondeur du niveau d'eau (m)	Rabattement résiduel (m)	Remarques
	0	0	1,110	0,430	
		0,25	1,030	0,350	
		0,5	1,000	0,320	
		0,75	0,970	0,290	
		1	0,910	0,230	
		1,5	0,860	0,180	
		2	0,830	0,150	
		2,5	0,820	0,140	
		3	0,800	0,120	
		3,5	0,785	0,105	
		4	0,770	0,090	
		4,5	0,760	0,080	
		5	0,760	0,080	
		6	0,740	0,060	
		7	0,730	0,050	
		8	0,720	0,040	
		9	0,706	0,026	
		10	0,700	0,020	
		12	0,690	0,010	

Responsable: Mélanie Denoncourt

Notes :

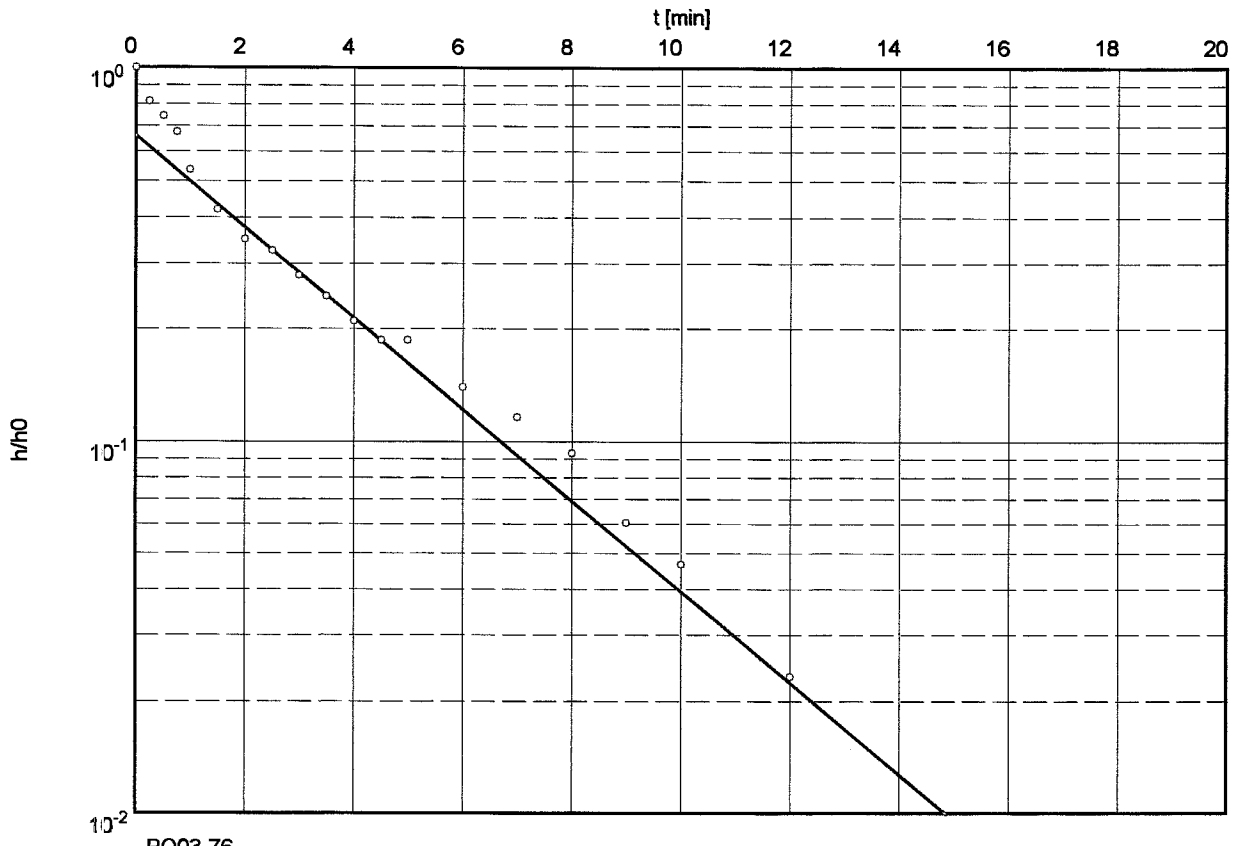
r<sub>eff</sub> = [r<sup>2</sup> (1-n) + nR<sup>2</sup> ]<sup>1/2</sup>

n = porosité de la lanterne

Essai #. de perméabilité

Réalisé le : 6 août 2002

PO03-76



o PO03-76

Conductivité hydraulique [m/min]:  $7,40 \times 10^{-5}$

Conductivité hydraulique :  $1.23 \text{ E } -07 \text{ m/s}$

Correspond à la valeur théorique du silt.

Le puits est crépiné dans un silt sableux suivi d'un sable moyen à grossier.

**TABLEAU F-6**

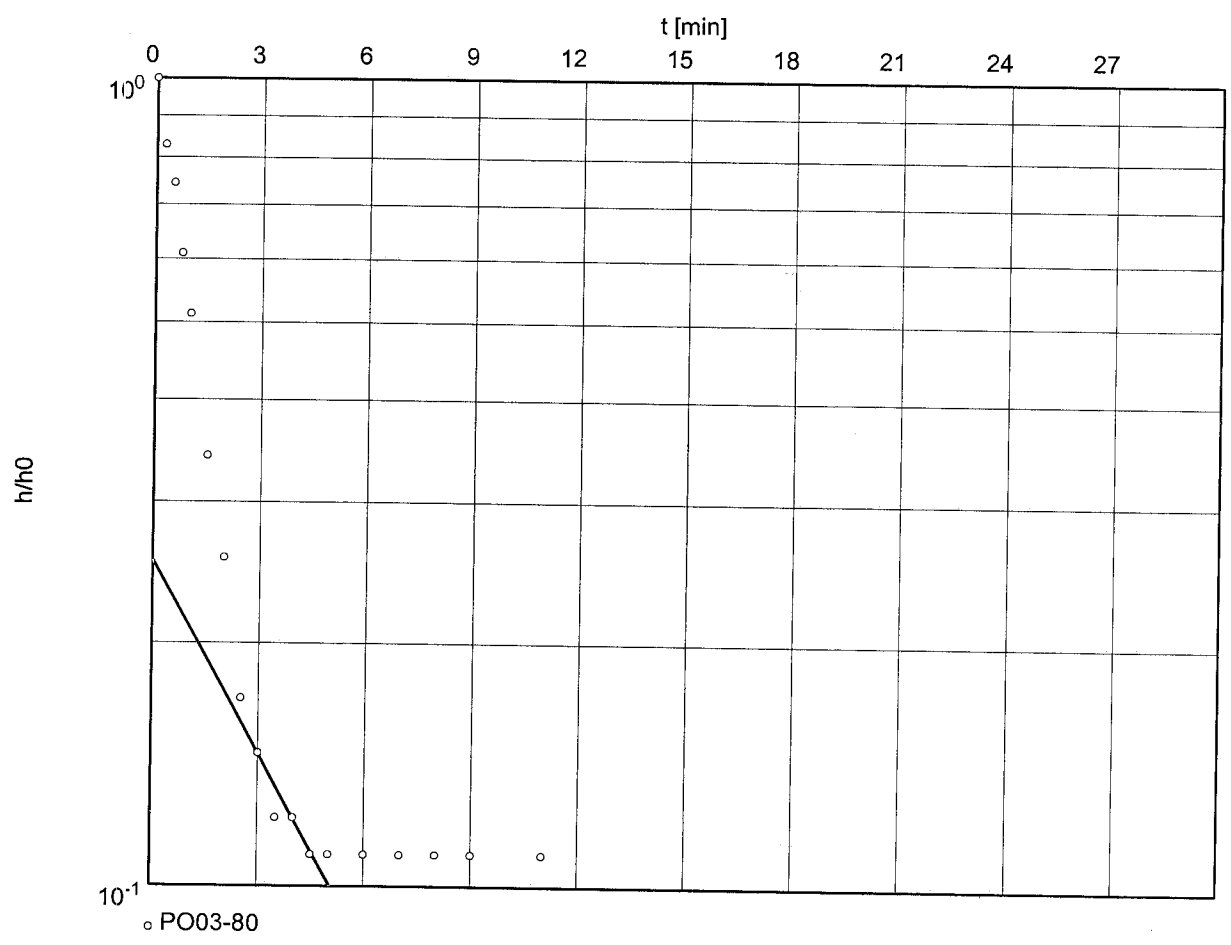
<b>ESSAI DE PERMÉABILITÉ</b>				<b>PROJET: <u>PR03-38</u></b>	
Date : 07-août-03				Page: 1 de 1	
Durée: 15 + 25 min					
<b>Puits pompé et mesuré: PO03-80</b>					
Rayon du puits : 0,0255 m				Longueur crépiné : 3,00 m	
Profondeur du puits : 4,12 m				Hauteur de la colonne d'eau : 1,32 m	
Débit pompé ou volume d'eau retiré : 0,50 GUSPM				Rayon effectif (r <sub>eff</sub> ) : 0,063 m	
Profondeur stat. Eau : 2,80 m					
Heure	Minutes depuis le début du pompage	Minutes depuis l'arrêt du pompage	Profondeur du niveau d'eau (m)	Rabattement résiduel (m)	Remarques
	15	0	3,210	0,410	
		0,25	3,140	0,340	
		0,5	3,105	0,305	
		0,75	3,050	0,250	
16	1		3,010	0,210	
		1,5	2,940	0,140	
17	2		2,905	0,105	
		2,5	2,870	0,070	
18	3		2,860	0,060	
		3,5	2,850	0,050	
19	4		2,850	0,050	
		4,5	2,845	0,045	
20	5		2,845	0,045	
21	6		2,845	0,045	
22	7		2,845	0,045	
23	8		2,845	0,045	
24	9		2,845	0,045	
26	11		2,845	0,045	
27	12		2,850	0,050	
31	16		2,855	0,055	le niveau d'eau remonte !
40	25		2,865	0,065	

**Responsable:** \_\_\_\_\_

**Notes :**

$r_{\text{eff}} = [r^2 (1-n) + nR^2]^{1/2}$       n = porosité de la lanterne

Essai #. de perméabilité	Réalisé le : 7 août 2003
PO03-80	



Conductivité hydraulique [m/min]:  $2,53 \times 10^{-4}$

Conductivité hydraulique :  $4.22 \times 10^{-6}$  m/s

Correspond à la valeur théorique d'un sable silteux.

Le puits est crépiné dans un sable moyen avec un peu de gravier.

**TABLEAU F-7**

<b>ESSAI DE PERMÉABILITÉ</b>				<b>PROJET: <u>PR03-38</u></b>	
Date : 06-août-03				Page: 1 de 1	
Durée: 5 min					
<b>Puits pompé et mesuré:</b>					
<b>PO03-81</b>					
Rayon du puits :				Longueur crépiné : 3,00 m	
Profondeur du puits :				Hauteur de la colonne d'eau : 1,21 m	
Débit pompé ou volume d'eau retiré :				Rayon effectif ( $r_{eff}$ ) : 0,063 m	
Profondeur stat. Eau :					
Heure	Minutes depuis le début du pompage	Minutes depuis l'arrêt du pompage	Profondeur du niveau d'eau (m)	Rabattement résiduel (m)	Remarques
	0	0	3,130	0,470	Remontée excessivement rapide du niveau d'eau essai non interprétable. Conductivité hydraulique > $10^{-4}$ m/s
		0,5	2,900	0,240	
		1	2,800	0,140	
		1,5	2,750	0,090	
		2	2,720	0,060	
		2,5	2,700	0,040	
		3	2,690	0,030	
		3,5	2,670	0,010	
		4	2,660	0,000	

**Responsable:** Mélanie Denoncourt

**Notes:**

$r_{eff} = [r^2 (1-n) + nR^2]^{1/2}$      n = porosité de la lanterne



**TABLEAU F-8**

<b>ESSAI DE PERMÉABILITÉ</b>				<b>PROJET: <u>PR03-38</u></b>	
Date : 06-août-03				Page: 1 de 1	
Durée: 56 min					
<b>Puits pompé et mesuré:</b>			<b>PO-1</b>	Longueur crépiné : <u>1,00 m*</u>	
Rayon du puits :			<u>0,025 m</u>	Hauteur de la colonne d'eau : <u>0,29 m</u>	
Profondeur du puits :			<u>2,13 m</u>	Rayon effectif ( $r_{eff}$ ) : <u>0,063 m</u>	
Débit pompé ou volume d'eau retiré :			<u>4 litres</u>		
Profondeur stat. Eau :			<u>1,84 m</u>		
Heure	Minutes depuis le début du pompage	Minutes depuis l'arrêt du pompage	Profondeur du niveau d'eau (m)	Rabattement résiduel (m)	Remarques
07:30	0	0	2,130	0,290	
		0,25	2,070	0,230	
		0,5	2,080	0,240	
		0,75	2,070	0,230	
		1	2,060	0,220	
		1,5	2,060	0,220	
		2	2,050	0,210	
		2,5	2,050	0,210	
		3	2,040	0,200	
		3,5	2,040	0,200	
		4	2,040	0,200	
		4,5	2,040	0,200	
		5	2,030	0,190	
		6	2,020	0,180	
		7	2,018	0,178	
		8	2,015	0,175	
		9	2,010	0,170	
		10	2,000	0,160	
		12	2,000	0,160	
		14	1,990	0,150	
		16	1,980	0,140	
		18	1,970	0,130	
		20	1,962	0,122	
		25	1,950	0,110	
		30	1,938	0,098	
		35	1,920	0,080	
		40	1,910	0,070	
		50	1,890	0,050	
		56	1,880	0,040	

**Responsable:** Mélanie Denoncourt

**Notes :**

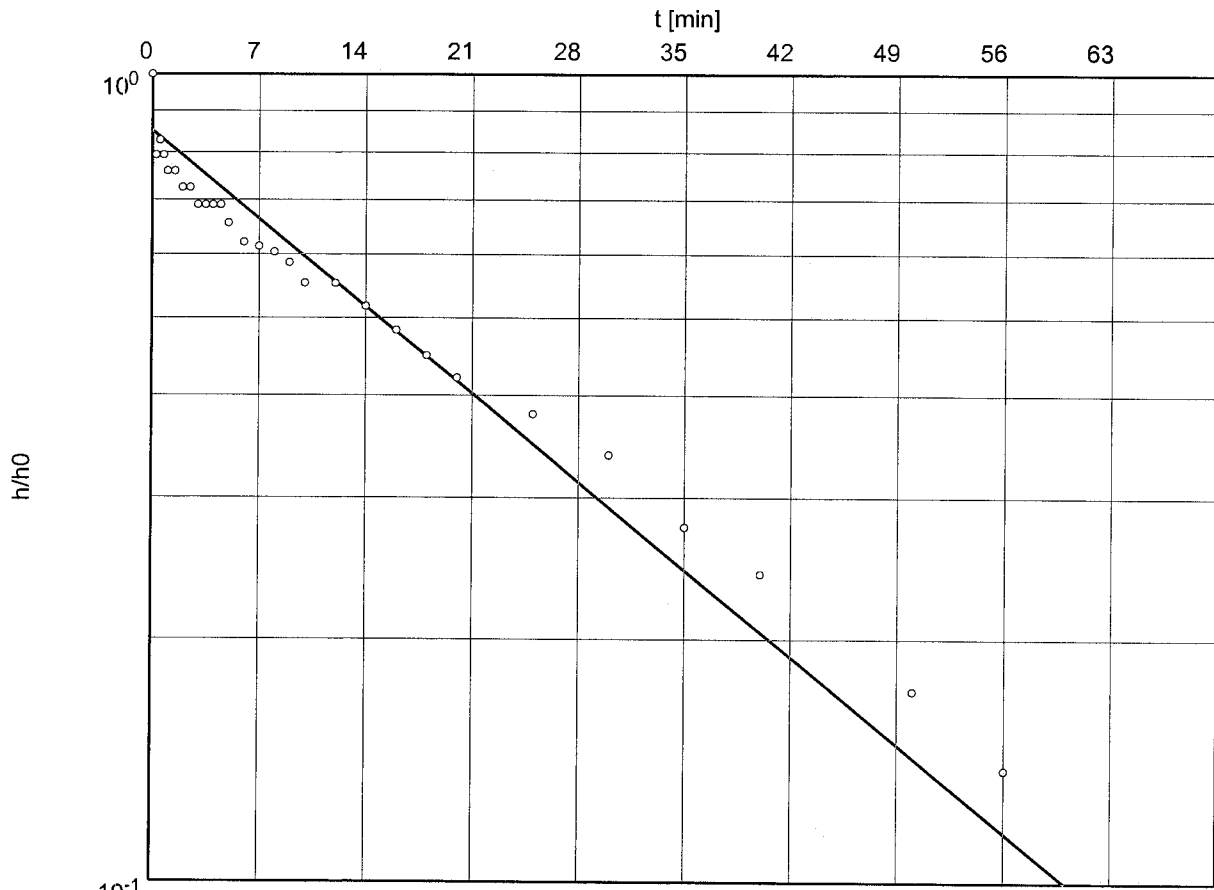
$r_{eff} = [r^2 (1-n) + nR^2]^{1/2}$       n = porosité de la lanterne

\* : Longueur crépiné estimée

Essai #. de perméabilité

Réalisé le : 6 août 2003

PO-1



PO-1

Conductivité hydraulique [m/min]:  $6,07 \times 10^{-5}$

Conductivité hydraulique :  $1.01 \text{ E } -06 \text{ m/s}$

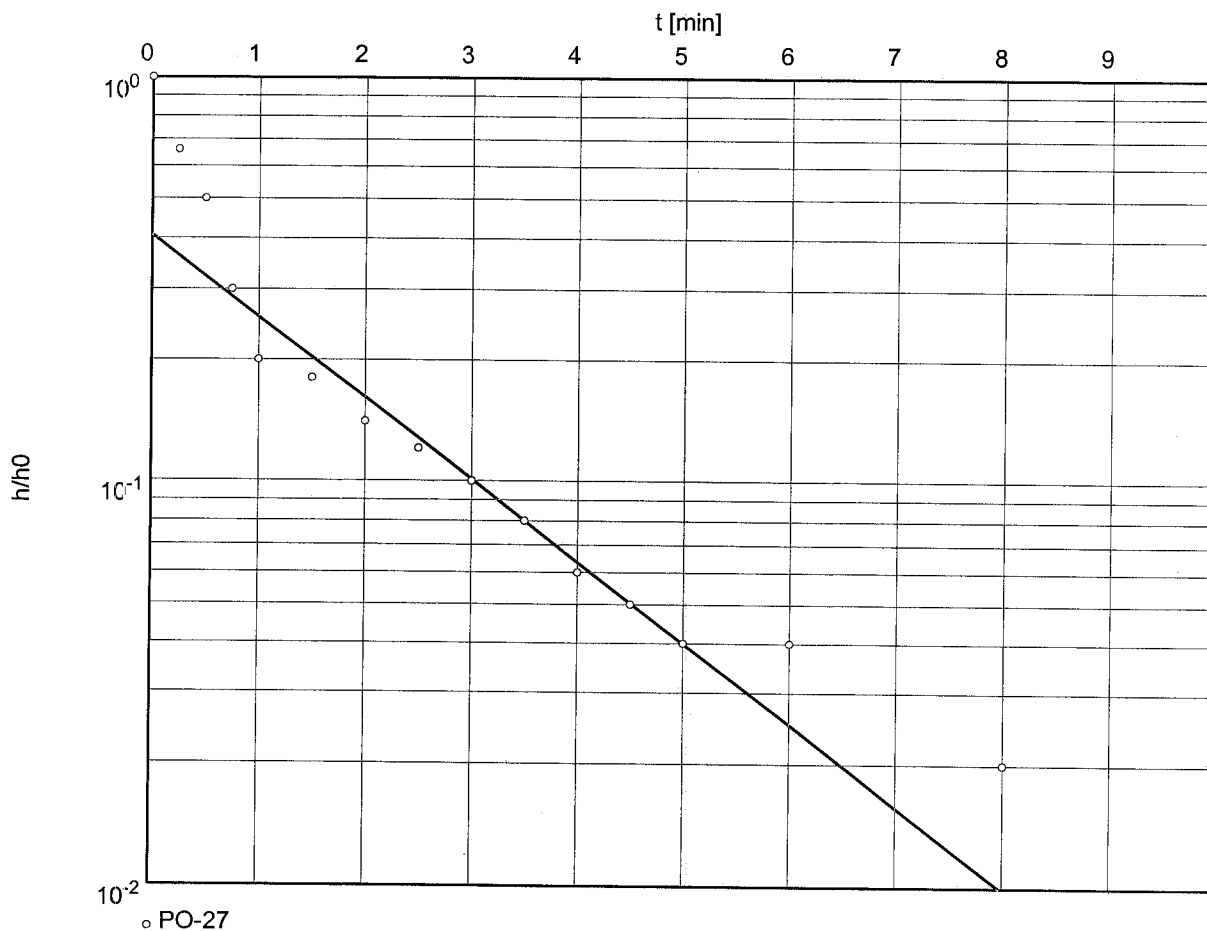
Correspond à la valeur théorique d'un silt à sable silteux.



Essai #. de perméabilité

Réalisé le : 6 août 2003

PO-27



Conductivité hydraulique [m/min]:  $8,78 \times 10^4$

conductivité hydraulique :  $1.46 \times 10^{-5}$  m/s

Correspond à la valeur théorique du sable homogène au sable silteux.

**ANNEXE H**  
**DONNÉES D'ARPENTAGE**

# Points

## Projet : Technorem

<b>Nom de l'utilisateur</b>	Robert Connolly a.-g.	<b>Date et heure</b>	16:01:59 03-08-07
<b>Système de coordonnées</b>	Canada	<b>Zone</b>	Mercator TM Zone 5
<b>Datum du projet</b>	NAD 1983 (Canada)		
<b>Datum vertical</b>		<b>Modèle de géoïde</b>	GDS95_QC
<b>Unités de coordonnées</b>	Mètres		
<b>Unités de distance</b>	Mètres		
<b>Unités de hauteur</b>	Mètres		

### Liste des points

Nom	Nord	Est	Élévations	Code de Caractéristiques	Description
RRC6	5410996.253	305399.274	172.687	4	POINT DE BASE
SANATORIUM ROSS					
1	5409268.416	308549.005	19.629	236	P00374
2	5409268.460	308549.124	19.686	94	
3	5409297.520	308536.426	15.973	236	PZ96
4	5409297.458	308536.689	16.076	94	
5	5409292.895	308549.905	16.871	94	TP94
6	5409282.126	308553.523	18.098	94	TP95
7	5409319.476	308537.555	14.572	236	P01
8	5409319.512	308537.678	14.570	94	
9	5409336.077	308518.231	13.273	236	PZ92
10	5409336.108	308518.278	13.118	94	
11	5409318.211	308524.160	14.425	94	TP97
12	5409337.263	308534.391	13.136	94	TP93
13	5409354.237	308526.083	12.149	94	TP91
14	5409368.281	308498.467	11.570	94	TP60
15	5409378.829	308511.314	11.110	236	P00363
16	5409378.836	308511.486	11.244	94	
17	5409379.418	308521.128	10.963	94	TP61
18	5409386.094	308498.671	10.823	94	TP62
19	5409393.628	308500.597	10.677	94	TP90
20	5409407.381	308548.376	10.256	94	TP63
21	5409406.938	308533.545	10.623	236	P00375
22	5409407.200	308533.444	10.718	94	
23	5409428.533	308563.096	9.992	94	TP89
24	5409421.596	308565.960	10.131	236	P05
25	5409421.746	308565.891	10.153	94	
26	5409423.177	308568.348	10.025	236	P00376
27	5409423.359	308568.225	10.157	94	
28	5409427.759	308581.609	9.937	94	TP64
29	5409455.522	308601.190	9.427	94	TP88
30	5409443.617	308598.574	9.751	236	P00377
31	5409443.779	308598.443	9.894	94	

32	5409449.302	308624.666	9.219	94	TP65
33	5409468.160	308633.380	9.721	236	P07
34	5409468.367	308633.298	9.728	94	
35	5409483.289	308636.674	9.239	94	TP87
36	5409470.922	308636.998	9.641	236	P00379
37	5409471.030	308636.896	9.784	94	
38	5409480.769	308668.219	9.142	94	TP66
39	5409497.732	308672.950	9.582	236	F8
40	5409503.261	308697.510	8.871	236	PZ67
41	5409503.092	308697.461	8.942	94	
42	5409520.021	308699.982	8.489	236	P00378
43	5409520.144	308700.141	9.558	94	
44	5409542.781	308738.205	8.673	94	TP68
45	5409554.489	308743.069	9.530	236	PO10
46	5409554.398	308743.149	9.616	94	
47	5409562.695	308738.826	9.313	94	TP98
48	5409553.608	308762.051	8.491	94	TP69
49	5409570.446	308783.420	7.984	236	PZ70
50	5409570.615	308783.238	8.055	94	
51	5409575.882	308770.367	9.591	236	F11
52	5409586.021	308767.032	9.208	94	TP86
53	5409594.134	308793.798	9.704	236	P00373
54	5409593.925	308793.853	9.761	94	
55	5409614.261	308805.766	9.639	94	TP85
56	5409609.106	308813.777	9.701	236	F13
57	5409627.577	308862.094	6.131	94	TP73
58	5409640.249	308879.655	5.856	94	TP72
59	5409631.015	308845.581	9.049	236	P00372
60	5409631.206	308845.526	9.185	94	
61	5409672.613	308906.910	5.216	236	P00371
62	5409680.385	308934.794	3.953	94	TP71
63	5409678.886	308913.216	4.810	236	F15
64	5409694.245	308921.830	3.547	236	PZ84
65	5409694.135	308921.971	3.634	94	
66	5409699.233	308946.041	3.443	236	P00370
67	5409699.416	308945.917	3.556	94	
68	5409700.765	308948.604	3.423	236	F16
69	5409707.123	308968.185	3.414	94	TP74
70	5409724.990	308968.120	2.292	94	TP80
71	5409714.193	308973.127	3.256	236	PO17
72	5409714.366	308973.061	3.325	94	
73	5409712.426	309006.794	2.960	236	PZ78
74	5409712.713	309006.739	3.070	94	
75	5409713.638	309003.035	3.078	232	
76	5409712.201	308983.253	3.232	236	PZ75
77	5409712.422	308983.137	3.309	94	
78	5409730.073	309010.282	3.306	236	P00368
79	5409730.360	309010.190	3.371	94	
80	5409730.393	309012.224	3.251	236	PO18
81	5409723.177	308992.353	3.224	236	P00369
82	5409723.359	308992.326	3.313	94	
83	5409726.736	309019.785	3.180	94	TP77
84	5409746.047	309034.291	2.531	94	TP116
85	5409756.106	309048.200	2.137	94	PP114
86	5409731.358	309034.344	3.042	236	P00365
87	5409731.628	309034.350	3.161	94	
88	5409726.217	309034.092	2.626	236	PZ76

89	5409726.335	309034.510	2.786	94	
90	5409733.682	309040.993	3.031	236	P049
91	5409733.850	309040.923	3.083	94	
92	5409731.807	309054.330	2.569	236	PZ79
93	5409731.690	309054.139	2.650	94	
94	5409735.846	309073.079	2.894	236	P00361
95	5409735.585	309073.054	2.976	94	
96	5409741.321	309068.161	3.024	232	
97	5409738.515	309065.363	3.044	232	
98	5409737.798	309063.220	3.049	240	
99	5409752.118	309078.203	2.798	236	P00360
100	5409751.940	309078.289	2.970	94	
101	5409714.987	309083.822	2.692	236P00381	
102	5409714.659	309083.885	2.839	94	
103	5409696.541	309087.628	2.574	94TP102	
104	5409684.383	309101.290	2.425	94TP103	
105	5409672.703	309103.606	2.338	94TP107	
106	5409677.177	309116.131	2.285	94TP106	
107	5409658.249	309129.350	2.087	94TP158	
108	5409665.937	309144.431	2.232	94TP109	
109	5409683.637	309130.057	2.315	94TP105	
110	5409690.135	309122.263	2.398	94TP104	
111	5409704.531	309117.018	2.460	94TP100	
112	5409699.459	309101.542	2.630	94TP101	
113	5409663.258	309118.789	2.082	236P027	
114	5409663.661	309118.858	2.225	94	
115	5409727.443	309118.021	2.492	94TP99	
116	5409744.593	309110.104	2.693	94P00364	
117	5409745.390	309134.696	2.577	232	
118	5409742.414	309136.081	2.599	232	
119	5409735.620	309128.902	2.233	233	
120	5409705.669	309116.100	2.404	236PZ100	
121	5409706.055	309116.142	2.479	94	
122	5409730.644	309110.192	2.478	236P00380	
123	5409730.373	309110.276	2.583	94	
124	5409755.026	309102.876	2.497	236P024	
125	5409754.612	309102.908	2.688	94	
126	5409756.754	309098.227	2.858	159	
127	5409761.212	309101.742	2.527	236PZ110	
128	5409760.638	309101.767	2.614	94	
129	5409761.828	309073.025	2.066	236PZ111	
130	5409761.643	309073.378	2.188	94	
131	5409761.362	309060.554	1.744	236PZ112	
132	5409761.450	309060.993	1.885	94	
133	5409755.221	309067.525	2.507	236PZ113	
134	5409755.057	309067.197	2.519	94	
135	5409747.528	309049.118	2.597	236PZ115	
136	5409747.524	309049.533	2.698	94	
137	5409761.233	309040.630	1.656	236P00366	
138	5409761.302	309040.872	1.684	94	
139	5409746.534	309035.201	2.524	94TP116	
140	5409755.698	309032.696	2.111	236P00367	
141	5409755.770	309033.033	2.127	94	
142	5409743.609	309021.941	2.351	236PZ117	
143	5409743.384	309021.552	2.494	94	
144	5409763.648	309015.838	2.482	236PZ83	
145	5409761.720	309016.412	1.404	94	



146	5409741.099	309001.359	2.587	236P00362	
147	5409740.744	309001.589	2.840	94	
148	5409755.311	309003.724	3.260	94	TP82
149	5409734.944	308993.978	2.769	232	
150	5409734.577	308989.043	2.310	236	SHELL #1
151	5409734.814	308989.189	2.270	94	
152	5409733.742	308974.784	2.105	236	SHELL #2
153	5409733.962	308974.999	2.095	94	
154	5409760.713	308993.673	1.504	236	PZ81
155	5409761.056	308993.866	1.600	94	
156	5409721.295	309008.209	3.249	177	BORD DU RAIL
157	5409719.976	309009.007	3.227	177	BORD DU RAIL
158	5409673.829	308925.021	4.635	24	TUYAU D'ACIDE
159	5409684.076	308902.279	8.800	232	
160	5409668.361	308723.347	11.553	232	
161	5409665.707	308730.141	11.025	236	PZ00
162	5409666.074	308730.089	10.975	94	
163	5409564.485	308745.527	8.708	24	CONDUITE DE GAZ
164	5409536.677	308733.292	9.014	177	BORD DU RAIL
165	5409535.456	308734.189	9.037	177	BORD DU RAIL
166	5409552.555	308912.178	7.694	236	PZ000
167	5409553.108	308912.195	7.833	94	
168	5409562.906	308911.716	7.655	94	
169	5409407.023	308523.365	10.752	176	CENTRE RUE CHANTIER
170	5409386.046	308511.065	10.982	177	BORD DU RAIL
171	5409384.648	308511.658	11.038	177	BORD DU RAIL
172	5409264.160	308547.506	20.162	233	GRILLE
173	5409749.768	309137.911	2.810	236	SÉPARATEUR ULTRAMAR
174	5409751.132	309140.814	2.726	236	SÉPARATEUR IRVING

Code	Description	Code	Description	Code	Description	Code	Description
1	Visée arrière	64	Clôture perche	138	Patio-terrasse	201	Tuyau
2	Visée avant	65	Clôture pieu	139	Pilier	202	Roc en surface
3	Clocher	66	Début fossé	140	Piscine creusée	205	Prolongement
4	Clou p.k.	67	Fin fossé	141	Piscine hors-terre	206	Centre maison
5	Clou chemini de fer	68	Fossé-fossé	142	Pompte à essence	207	Bord coffr.
6	Clou divers	69	Centre fossé	143	Poteau enseigne	211	P.E.
7	Monument béton	70	Bord fossé	144	Soutènement	212	P.T
8	Piquet-Hub/bois	71	Occupation	145	Tour d'antenne	213	P.E.T.
9	Point géo. 1 ordre	72	Occupation approx.	146	Silo	214	Poteau guide
10	Point géo. 2 ordre	73	Prolongement	147	Quai	215	P.E.
11	Point géo. 3 ordre	74	Limite théorique	148	Phare	216	P.E.TR.
12	Point géo. 4 ordre	75	Bord boisé	149	Dormant	217	P.E.L.
13	Point intersecté	76	Bord d'eau	150	Croix	218	P.E.T.L.
14	Repère altimétrique	77	CL. cours d'eau	151	Statue	219	P.E.L.TR.
15	Repère arp. primitif	78	Ligne haut-eaux	152	Chalet	220	P.E.T.L.TR.
16	Rep. chem. iden.	79	Bord haie	153	Poteau corde linge	221	Hauban
17	Rep. chem. mult.	80	Centre haie	154	Bord.béton\pierre	222	Massif tirage
18	Rep. chem. niveau	81	Haut talus	155	Champs épuration	223	Pylône
19	Repère planté	82	Bas talus	156	Patio	224	Lampa. simple
20	Repère trouvé	83	Mur de béton	157	Galerie	225	Lampa. double
21	Repère trouvé id.	84	Mur de bois	158	Barrage	226	Lampa. multiple
22	Station clou	85	Mur de pierre	159	Fosse septique	227	Lampa. promenade
23	Station piquet	86	Mur pierre-clôture	160	Balcon	229	Fut feux circ.
24	Tige de fer	87	Mur mitoyen	161	Enseigne	230	Fut circ. éclair.
25	Tuyau de fer	88	Mur de soutènement	162	Perron (béton)	231	Puisard
26	Arbre plaqué	89	Roc	163	Poteau garde-fou	232	Regard
27	Marque gravée	90	Plantation	165	C.C.	233	Regard-puisard
28	Balise	91	Bathymétrique	166	Coin trottoir	234	Puisard (18x36)
29	Piquet clôture	92	Hautes eaux	167	C.L. proposé	235	Fosse septique
30	inter clôture-emprise	93	Eaux extrêmes	168	C.rond-point	236	Puits
31	inter clôture-fossé	94	Pt cote en Z	169	Bord asphalte	237	Réservoir
32	inter clôture-haie	107	Antenne	170	C.L. rue	238	Bouche incendie
33	inter clôture-clôture	108	Maison solage	171	P.I	239	Bouche inc. Mét
34	Extrémité d'une clôture	109	Footing	172	T.C.	240	Valve aqueduc
35	inter piquets-emprise	110	Bâtiment	173	C.T.	241	Valve de gaz
36	inter piquets-fossé	111	Cabanon	174	Centre chemin	242	Re. cab. tél. sout.
37	inter piquets-haie	112	École	175	Centre pavage	243	Rep. con. gaz. sout
38	inter piquets-clôture	113	Église	176	Centre gravier	244	Passage à niveau
40	inter pote-emprise	114	Entrepôt	177	Centre rails	245	Pass. Niveau. lum
41	inter haie-fossé	115	Garage	178	Début courbure	246	Barr. chemin.fer
42	inter haie-haie	116	Grange	179	Fin courbure	247	Aiguillage
43	inter haie-clôture	117	Hangar	180	Centre d'entrée	248	Cabine tél.
44	Extrémité d'une haie	118	Hôtel	181	Bord pavage	249	Poteau télégramm
45	inter mur-emprise	119	Laiterie	182	Bord gravier	250	Trans. l. e. sout.
46	inter mur-fossé	120	Magasin	183	Bord d'entrée	251	Aqueduc sout.
47	inter mur-haie	121	Maison	184	Centre-centre	252	Égout
48	inter mur-mur	122	Maison mitoyenne	185	Bordure-revét.	253	Boîte jonc. Telus
49	Extrémité d'un mur	123	Maison mobile	186	Accotement	254	Boîte aux lettres
50	Calcul	124	Poulailler	187	Trottoir int.	255	Débarcadère
51	Ligne de lot ordinaire	125	Porcherie	188	Trottoir ext.	256	Gazoduc/oléoduc
52	Ligne de lot subd.	126	Remise	189	Centre pont	257	Bord du boisé
53	Lim.cad./mun.	127	Restaurant	190	Pont	280	Divers
54	Ligne rang/conc.	128	Serre	191	Glissière acier	281	Arbre
55	Ligne de front	129	Usine	192	Glissière câble	282	Arbuste
56	Rangée d'arbres	130	Vestige	193	Stationnement	283	Marécage
57	Début clôture	131	Base béton	194	Bas trottoir	284	Souche
58	Fin clôture	132	Crib à maïs	195	Tuyau plastique	285	Croix de chemin
59	Coin clôture	133	Escalier	196	T.B.A.	298	Résection
60	Clôture-clôture	134	Fondation	197	T.T.O.G.	299	Mauvais code
61	Clôture	135	Fontaine	198	Viaduc	300	Aucun calcul
62	Clôture bois	136	Jardin potager	199	Ponceau		
63	Clôture type Frost	137	Mât	200	Barrière		
En jaune pour calcul reno seulement							