

Le 14 mars 2016

Objet : Réponse aux questions posées par la Commission lors de la séance du 11 mars 2016 en avant-midi

Lors de la séance du 11 mars en avant-midi, la Commission a posé les deux questions suivantes au ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC) :

- 1. Y a-t-il déjà eu des exemples où il a été nécessaire de procéder à la décontamination d'un milieu humide contaminé par des hydrocarbures? Si oui, pourriez-vous décrire le type d'intervention effectué?**

Oui, un tel cas s'est produit lors du déversement d'hydrocarbures dans la tourbière Grande Plée Bleue, à Lévis, par le Canadien National.

Mise en contexte

Le 17 août 2004, il y a eu déraillement d'un convoi ferroviaire transportant 6 440 107 litres d'hydrocarbures répartis dans 68 wagons-citernes. Le contenu de 5 wagons s'est déversé en totalité ou en partie dans l'environnement. La Compagnie des chemins de fer du Canada (CN) évalue qu'une quantité approximative de 225 390 litres d'essence et de diesel s'est déversée dans l'environnement. L'événement est survenu dans le secteur sud de la municipalité de Lévis, soit dans l'extension nord-est de la tourbière nommée La Grande Plée bleue. Lors des travaux de récupération qui se sont déroulés entre le 18 août et le 16 septembre 2004, le CN estime en avoir récupéré 172 638 litres.

La tourbière de la Grande Plée Bleue représente l'une des plus importantes tourbières pratiquement à l'état naturel dans la plaine du Saint-Laurent. Le Ministère a déjà reconnu le caractère exceptionnel de cet écosystème en l'intégrant dans un projet de réserve écologique. Une partie des terrains affectés par le déversement était ciblée par la première phase d'acquisition pour constituer la réserve écologique, mais en raison de la contamination présente, ils en ont été exclus. L'intégration de ces terrains à la réserve ne pourra s'effectuer qu'après une décontamination complète. La superficie contaminée représente cependant moins de 1 % de la tourbière.

Le 4 janvier 2007, le CN a déposé une demande d'approbation de plan de réhabilitation au Ministère. Plusieurs documents et informations manquaient à cette demande et elle

...2

2

a été jugée techniquement inacceptable. Une lettre de fermeture de dossier a donc été acheminée au CN le 9 juin 2008.

Un avis préalable à l'ordonnance, daté du 18 janvier 2012, a été transmis au CN leur demandant de transmettre un plan de réhabilitation prévoyant une approche autre que l'atténuation naturelle.

Un plan de réhabilitation daté du 29 novembre 2012 a été déposé au Ministère de façon volontaire, aucune ordonnance n'a été émise. À la suite des observations du Ministère, le CN a déposé un plan de réhabilitation révisé en date du 20 décembre 2013, lequel a été approuvé le 29 avril 2014.

Contamination et application de la section IV.2.1 de la LQE

Tous les secteurs visés sont touchés par de la contamination des sols ou de la tourbe dont les concentrations sont supérieures aux critères applicables de l'annexe I du *Règlement sur la protection et la réhabilitation des terrains* (RPRT), voir même supérieures aux critères de l'annexe II du RPRT. Les contaminants (>A¹) identifiés sont les hydrocarbures pétroliers (HP) C₁₀-C₅₀, les hydrocarbures aromatiques monocycliques (HAM) ainsi que les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP). Le tableau I présente un résumé de la contamination alors que le tableau II présente le type de réhabilitation pour les zones contaminées ainsi que le type de milieu selon les secteurs touchés.

¹ >A : fait référence à la présence de contamination en concentration supérieure à la limite de quantification pour les paramètres organiques selon la *politique de protection et de réhabilitation des terrains contaminés* (politique).

Tableau I : Contamination en fonction du milieu

Milieu récepteur	Niveau de contamination ²	Type de contamination	Superficie affectée		Volume affecté	
			Nord	Sud	Nord	Sud
			m ²	m ²	m ³	m ³
Sol et tourbe	A-B	HAM, HAP, HP C ₁₀ -C ₅₀	786	30	118	16
	> B	HAP HP C ₁₀ -C ₅₀	5 148	3 706	922	883
Eau souterraine	> AFC > RESIE	HAP HP C ₁₀ -C ₅₀	0	1 900		
Eau de Surface Fossé sud	> CVAC > CVAA	HP C ₁₀ -C ₅₀				
Eau de Surface Autre	< CVAC < CVAA					

Le plan de réhabilitation sera réalisé sur plusieurs lots dont les propriétaires sont différents du demandeur. Ceux-ci affirment avoir pris connaissance du plan de réhabilitation et sont d'accord avec le contenu proposé. Des confirmations écrites sont présentes au dossier conformément aux dispositions de l'article 31.46 de la LQE.

Tableau II : Réhabilitation en fonction du milieu

Secteur	Type de milieu récepteur	Techniques de réhabilitation
Nord	Forêt	Impraticabilité technique
	Fen boisé	Impraticabilité technique
	Fen ouvert	Excavation
Nord	Fen ouvert	Excavation

² A-B : inférieur aux critères applicable, soit l'annexe I du RPRT;

> B : Supérieur aux critères applicable, soit l'annexe I du RPRT;

AFC : Critères pour l'eau de consommation de la politique;

RESIE : Critère pour l'eau de surface et d'infiltration dans les égouts de la politique;

CVAC : Critère de vie aquatique, toxicité chronique;

CVAA : Critère de vie aquatique, toxicité aiguë.

Secteur	Type de milieu récepteur	Techniques de réhabilitation
Voie ferrée		Impraticabilité technique
Sud	Lagg	Impraticabilité technique
	Bog et Bog boisé	Traitement <i>in situ</i>
		Voisin immédiat au traitement <i>in situ</i>

Note : Un fen est un type de tourbière, très humide, alimentée en éléments minéraux provenant de l'écoulement des eaux de drainage des terrains environnants et de la nappe phréatique sous-jacente (Office québécoise de la langue française).

Milieu récepteur

Le déraillement s'est produit dans un secteur où la végétation est formée d'un complexe de tourbières comportant des caractéristiques distinctes sur le type de sol, de matière organique à la surface et d'hydrologie ce qui nécessite des techniques et des considérations différentes pour les travaux de réhabilitation des secteurs touchés.

Les caractérisations ont démontré que les quantités d'hydrocarbures présents dans le sol plus profond que 0,3 m sont limitées. Les traitements *in situ* connus ont été jugés inappropriés au sol de plus de 0,3 m de profond, et ce, en considérant l'efficacité du traitement, l'impact à la végétation et l'incertitude technologique quant à la restauration du site.

Le secteur affecté au nord de la voie ferrée est constitué d'une forêt, d'un fen boisé et d'un fen ouvert. La forêt et le fen boisé sont des milieux plus denses où les méthodes de traitement *in situ* connues ne peuvent être appliquées à cause de leur inefficacité dans ces milieux ou en considérant l'impact à la végétation que causerait un traitement plus agressif. L'excavation de la forêt et du fen boisé a été jugée risquée pour l'équilibre hydrologique et physico-chimique de ces milieux et des milieux en aval. Une impraticabilité a été demandée pour les secteurs de la forêt et du fen boisé au nord de la voie ferrée.

Le fen ouvert est adjacent au nord de la voie ferrée dans le secteur du déraillement. Il correspond à une partie du fen boisé qui avait été perturbé et déboisé lors d'un déraillement précédent. Le milieu a été jugé inapproprié à l'implantation d'un traitement *in situ* et il a été proposé de procéder à l'excavation et la restauration du milieu afin de permettre le retour à la végétation d'origine.

Le secteur affecté au sud de la voie ferrée est constitué d'un Lagg, d'un Bog et d'un Bog boisé. Le Lagg est un milieu qui fait la transition entre la tourbière et la forêt, soit un

5

environnement relativement boisé avec un système racinaire dense où il est difficile d'appliquer un traitement *in situ* sans endommager la végétation. L'équilibre de la végétation présente dans le Lagg est considéré comme fragile et difficile à rétablir dans le cas d'une excavation. Une impraticabilité a été proposée pour le secteur du Lagg.

Le Bog est caractérisé par une faible portion d'arbres dont la présence est dominée par la sphaigne presque continue et où la nappe phréatique demeure près de la surface. Le Bog boisé est situé à l'ouest du bog et en haut d'une pente faible donnant des conditions plus sèches. Le couvert est caractérisé par la présence d'arbres et d'arbustes ainsi que sphaigne et de mousse discontinue. Le milieu fera l'objet d'un traitement *in situ*.

PLAN DE RÉHABILITATION

1. Objectifs de réhabilitation et description des travaux

Le plan de réhabilitation est subdivisé en trois (3) approches selon les secteurs affectés, soit l'excavation, le traitement *in situ* par biostimulation et l'impraticabilité technique.

Impraticabilité technique

Les contaminants sont laissés en place pour la forêt, le fen boisé, le Lagg et tous les sols plus profonds que 30 cm. La présence de contaminants est identifiée de façon ponctuelle à certains endroits. Les contaminants atteignent des concentrations supérieures à l'annexe I du RPRT, voire même supérieures à l'annexe I du *Règlement sur l'enfouissement des sols contaminés* (RESC). Compte tenu de la dispersion des contaminants et du maintien de la végétation, il a été jugé plus dommageable de traiter ou d'excaver les zones ci-haut mentionnées que de laisser les contaminants en place. Il est estimé que l'impraticabilité technique représente environ 13 % de la masse d'hydrocarbure présente dans le sol sur l'ensemble de l'enclave de contamination établie en 2012. Une évaluation des risques toxicologiques et écotoxicologiques a été réalisée et il a été conclu que la contamination résiduelle, dans les conditions spécifiques du site, présente un risque acceptable pour les personnes et l'environnement. Aucune restriction d'utilisation n'a été recommandée.

Réhabilitation par excavation

La réhabilitation par excavation est le seul mode de réhabilitation proposé au nord de la voie ferrée où se trouvent environ 9 % (≈ 234 kg) de la masse d'hydrocarbures pétroliers restant sur une superficie totale de 5 927 m². L'excavation a été effectuée sur les 30 premiers centimètres de sols dans le Fen ouvert dont la superficie est de

6

1 967 m² et a permis de retirer environ 70 % des contaminants de la portion nord. Les sols ont été disposés dans un site autorisé par le Ministère alors que la tourbe a été acheminée dans un Centre de traitement autorisé par le Ministère. La procédure d'excavation, de manipulation et de disposition des sols contaminés est conforme à la *Grille de gestion des sols contaminés excavés intérimaires* de la politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés, le RESC ainsi que le *Règlement sur le stockage et les centres de transfert de sols contaminés* (RSCTSC). Les parois d'excavation ne feront pas l'objet de caractérisation puisque les limites latérales et sous l'excavation font l'objet d'impraticabilité technique.

Réhabilitation par traitement *in situ* par biostimulation

La masse d'hydrocarbures dans le secteur sud est estimée à 2 282 kg, soit 91 % de la contamination présente. Le traitement *in situ* par biostimulation est situé dans le Bog et le Bog boisé au sud de la voie ferrée. La profondeur d'application du traitement est de 30 centimètres sur une superficie de 3 412 m² alors que l'enclave de contamination de la portion sud est de 3 708 m². Le traitement *in situ* permettrait de ramener un volume de sols contenant 89 % de la masse d'hydrocarbures de la portion sud à des concentrations correspondants aux critères applicables (annexe I du RPRT).

Avant l'implantation du traitement *in situ*, il y a eu des essais pilotes sur 6 % de l'aire de traitement, soit six (6) cellules de 6 m x 6 m. Ces essais permettront dans un premier temps de vérifier la faisabilité du traitement à grande échelle pour atteindre l'objectif de décontamination au critère applicable dans un délai inférieur à 10 ans pour l'ensemble de l'aire contaminée. Dans un second temps, les essais permettent de vérifier les facteurs limitants afin de préciser les paramètres de conception et le programme de suivi à grande échelle.

Le traitement consiste à ajouter de l'oxygène en continu afin de stimuler la dégradation réalisée par les bactéries déjà présentes dans le sol. Un amendement en phosphore pourrait être fait afin de compenser les pertes engendrées par le traitement et ainsi éviter de perturber l'équilibre végétal. Chaque cellule d'essai est munie de 16 pointes d'aération dont le débit de départ est de 0,4 L/min par pointe d'aération à une pression de 3 kPa.

Un programme de suivi vise les paramètres d'opération et les hydrocarbures dans le sol, la tourbe et l'eau souterraine. Un suivi de l'émission des gaz (HAM, le méthane (CH₄), le dioxyde de carbone (CO₂)) et les composés organiques volatils (COV) a été effectué lors des essais pilotes afin de déterminer les conditions d'opération permettant de s'assurer que le traitement *in situ* n'a pas pour effet de transférer les contaminants dans l'atmosphère. Les concentrations de contaminants mesurés sont comparées à ceux du *Règlement sur l'assainissement de*

...7

l'atmosphère (RAA) et aux Critères de qualité de l'atmosphère (CQA) des Normes et critères québécois de qualité de l'atmosphère de 2013 pour les HAM et la famille des naphthalènes. Une chambre de captage des gaz dotée d'un filtre au charbon a été installée et le suivi a été réalisé de façon hebdomadaire pendant le premier mois d'opération et mensuellement par la suite. Un suivi visuel de la végétation a également été réalisé de façon annuelle permettant ainsi de détecter les modifications de croissance, l'apparition de parasites, la coloration, la mortalité, la perte de feuilles et l'établissement de nouvelles espèces.

Les essais pilotes ont eu lieu au cours des étés 2014 et 2015. Un rapport a récemment été déposé par l'initiateur au Ministère et est actuellement en cours d'analyse. Au terme des essais pilotes, si ceux-ci démontrent la possibilité d'atteindre les objectifs, le traitement sera appliqué à grande échelle. Dans le cas contraire, il y aura excavation.

Dans le cas où l'application du traitement *in situ* est possible à grande échelle, la conception finale sera transmise au MDDELCC avant son implantation. Le traitement total se fera sur une période de 5 à 10 ans. La superficie totale à traiter est de 3 412 m². Un total de 6 cellules d'environ 25 m x 25 m sera traité une à la fois. Chaque cellule sera traitée pendant une année d'opération qui se déroulera d'avril à octobre. Les cellules qui présentent de plus fortes concentrations pourront être traitées pendant une période plus longue. Des amendements en azote et en phosphore seront faits en fonction des masses consommées. Un suivi bisannuel sera réalisé sur les sols et l'eau souterraine pour les HAM, HAP, HP C₁₀-C₅₀ et les métaux pour les deux (2) premiers suivis. Les paramètres d'opération feront l'objet d'un suivi qui sera confirmé à la suite de la réalisation des essais pilotes. Il n'est pas prévu d'effectuer le captage des gaz puisque les débits et les pressions d'injection seront adaptés à la suite des résultats des essais pilotes pour minimiser la volatilisation et assurer le respect des normes applicables à la qualité de l'atmosphère (RAA et CQA).

Dans le cas où les essais pilotes ne permettent pas de conclure à l'atteinte des objectifs de décontamination, il y aura excavation des 35 premiers centimètres (5 cm de sphaigne et 30 cm de sol) sur la même superficie que celle prévue par le traitement *in situ*. Le sol sera disposé dans un lieu autorisé par le Ministère et la sphaigne sera mise en réserve pour la restauration. Les dépressions générées par l'excavation seront comblées par du matériel propre. La procédure d'excavation, de manipulation et de disposition des sols contaminés répond aux exigences du Ministère (politique, RESC et RSCTSC). Les parois d'excavation ne feront pas l'objet de caractérisation puisque les limites latérales et sous l'excavation font l'objet d'impraticabilité technique. Afin d'empêcher l'eau issue de l'excavation de se retrouver dans les fossés, une bande de

8

sols de 2 m sera conservée entre l'excavation et le fossé de drainage qui longe la voie ferrée.

Tableau III : Récapitulatif de la réhabilitation

Technique	Secteur	superficie		Masse d'hydrocarbures estimée	
		m ²	% du total (nord et sud)	kg	% du total (nord et sud)
Contamination évaluée avant réhabilitation	Nord	5 927	62 %	234	9 %
	Sud	3 708	38 %	2 282	91 %
Impraticabilité technique	Nord	5 927	62 %	70	2,8%
	Sud	3 708	38 %	251	10,0%
Excavation	Nord	1 967	20 %	164	6,5%
Traitement <i>In situ</i> ou excavation	Sud	3 412	35 %	2 031	80,7 %

2. Gestion de l'eau

Afin d'éviter que l'eau issue de l'excavation se retrouve dans le réseau hydrique, une bande de sols de 2 m sera conservée entre une éventuelle excavation du secteur sud (Bog) et le fossé de drainage sud de la voie ferrée. De plus, des barrages composés d'un mélange de tourbe et de paille seront installés en amont et en aval de la zone d'excavation, si requis des boudins absorbants seront mis en place dans le fossé et toute phase libre sera récupérée et disposée dans un lieu autorisé. Le critère applicable à l'eau de surface est celui de la *protection de la vie aquatique, toxicité aiguë* (CVAA) et de la *protection de la vie aquatique, effet chronique* (CVAC).

Le niveau de la nappe phréatique est près de la surface et l'intercepte par endroits, notamment aux environs du site de déraillement. Les critères applicables sont ceux de *résurgence dans les eaux de surfaces et d'infiltration dans les égouts* (RESIE) et *aux fins de consommation* (AFC).

Le suivi environnemental de l'eau de surface et l'eau souterraine sera effectué à tous les deux (2) ans pendant la période de réhabilitation et une dernière fois 2 ans suivant la fin de la réhabilitation. Vingt-et-un (21) puits d'observation et 5 points d'échantillonnage de l'eau de surface ont été déterminés (figure 11 du plan de réhabilitation). Les paramètres

suivis sont les métaux dissous, HAM, HAP et HP C₁₀-C₅₀, toutefois, l'analyse des métaux dissous et des HAM sera réalisée lors des 2 premiers suivis et s'ils satisfont les critères RESIE pour les 2 suivis, l'analyse de ces paramètres sera retirée.

3. Restauration et suivi de la végétation

Le milieu visé par le présent plan de réhabilitation est une tourbière dont la végétation est particulière selon les secteurs. La végétalisation est une partie intégrante du plan de réhabilitation. Les deux secteurs modifiés par le plan de réhabilitation, soit le fen ouvert (nord) et les bogs (sud) auront un suivi et une restauration végétale distincte.

Le fen ouvert

Le fen ouvert sera excavé sur une épaisseur de 30 cm. Puisque le matériel excavé est composé de matière organique, une épaisseur équivalente de tourbe sera remise en place. La tourbe devra avoir les propriétés chimiques semblables (voir tableau IV ci-dessous). La végétalisation s'effectuera à l'aide de 3 techniques : l'ensemencement avec des fragments de plantes provenant d'une autre tourbière, l'ensemencement à partir d'un mélange de graines spécifiques au fen et la plantation d'espèces arbustives et arborescentes pour accélérer l'évolution vers le fen boisé, soit l'état d'origine.

Le programme de suivi de la végétation s'effectuera sur 5 parcelles de 5 m x 5 m à des endroits permettant de décrire la diversité du site. Les éléments suivants seront vérifiés : liste de toutes les espèces présentes, évaluation visuelle du pourcentage de recouvrement par groupe de plantes ainsi que pour le sol et l'eau libre, la présence d'espèces envahissantes, la microtopographie et la localisation. Les observations seront compilées dans un rapport annuel.

Tableau IV : Propriétés chimiques de la tourbe

Propriété	Intervalle
pH	5,3 à 6,5
phosphore	0,570 à 0,790 mg/g
calcium	2,6 à 10 mg/g

Le Bog et le Bog boisé

Le Bog et le Bog boisé visés par les essais de traitement *in situ* seront excavés s'il n'est pas possible d'atteindre les objectifs de décontamination et dans ce cas, la restauration de la végétation sera requise.

Lors de l'excavation, une couche de sphaigne d'environ 5 cm d'épaisseur sera mise de côté et une épaisseur de 30 cm (profondeur 5-35 cm) de sol organique (tourbe) sera excavée. Une quantité équivalente de tourbe non contaminée sera remise en place afin de recréer les conditions d'origine. La végétation mise en réserve sera replacée à la surface et un suivi de la végétation sera effectué. Des parcelles de 1 m² et de 25 m² disposées à des endroits stratégiques seront observées afin de vérifier la progression de la végétation.

4. Calendrier de réalisation

L'excavation et la restauration du fen ouvert dans le secteur nord et la première année d'essais du traitement *in situ* dans le secteur sud sont prévues pour l'été 2014. Selon les résultats des essais pilotes, l'excavation ou le traitement *in situ* à grande échelle dans la portion sud débiterait à l'été 2016. Le tableau V ci-après détaille la séquence des principaux échéanciers prévus au plan de réhabilitation.

Tableau V : Principaux échéanciers

Tâches		début	fin
Condition	Options		
1 ^{ère} année d'essai pilote de traitement <i>in situ</i>		avril 2014	octobre 2014
Excavation et restauration du fen ouvert (secteur nord)		août 2014	Sept. 2014
Remise du rapport des travaux d'excavation et de restauration au ministère		---	décembre 2014
Remise du rapport d'avancement des essais pilotes de traitement <i>in situ</i> (1 ^{ère} année) au Ministère et rencontre avec le Ministère puis décision de l'option		février 2015	mi-mars 2015
2 ^e année d'essai pilote de traitement <i>in situ</i>		avril 2015	octobre 2015
Remise au Ministère du rapport d'avancement des essais pilotes de traitement <i>in situ</i> (2 ^e année,) et rencontre avec le Ministère		---	février 2016
Un ou l'autre	Traitement <i>in situ</i> secteur sud (Bog et Bog boisé) et restauration végétale	juillet-sept. 2015 ou 2016	juillet-sept. 2025 ou 2026
	Excavation et restauration végétale	août 2015 ou 2016	sept. 2015 ou 2016
Conformément à l'article 31.48 de la LQE, transmettre au Ministère un rapport de réhabilitation attesté par un expert visé à l'article 31.65 de la LQE.		Dès l'achèvement des travaux	

2. **Y a-t-il déjà eu des exemples où il a été nécessaire de procéder à la décontamination d'une nappe d'eau souterraine contaminée par des BTEX (Benzène, Toluène, Éthylbenzène et Xylènes)? Si oui, pourriez-vous décrire le type d'intervention effectué?**

Le Ministère a parfois eu des dossiers où il a été nécessaire de procéder au traitement d'eau souterraine contaminée par des BTEX. Il existe différentes techniques de réhabilitation *in situ* pour traiter l'eau souterraine, telles que l'extraction multiphase, le barbotage, l'oxydation chimique, etc. Certaines de ces techniques génèrent un effluent aqueux et/ou gazeux qu'il est ensuite nécessaire de traiter en surface avant le rejet. Différentes méthodes peuvent alors être utilisées, telles que l'oxydation catalytique, la filtration sur charbon activé, l'envoi vers un centre autorisé, etc.

Il est à noter que le traitement *in situ* d'eau souterraine contaminée requiert un certificat d'autorisation (CA) en vertu de l'article 22 de la Loi sur la qualité de l'environnement (LQE).

Exemple 1 : Cas de décontamination des eaux souterraines à Amos (2015)

Le projet de décontamination consiste à traiter par oxydation chimique les eaux souterraines contaminées au mazout circulant sous un bâtiment principal, afin d'atténuer la migration hors site de ce contaminant.

La cause de la contamination serait un réservoir de mazout souterrain enfoui sous le bâtiment et qui n'est plus utilisé. En 2004, des sols contaminés au-delà du critère C en hydrocarbures pétroliers C₁₀-C₅₀ ont été constatés lors des sondages. À cette époque, le puits d'observation sous le bâtiment révélait une teneur de 69 000 µg/l d'hydrocarbures pétroliers C₁₀-C₅₀ supérieure au critère de rejet dans les eaux de surface et infiltration à l'égout (RESIE : 3 500 µg/l). En 2012, la contamination a diminué à 22 000 µg/l dans ce puits. Par contre, le puits au sud du bâtiment aurait subi une augmentation de la contamination de 110 µg/l (en 2004) à 20 000 µg/l (en 2012). Cette situation suggère la migration des eaux contaminées sous le bâtiment vers le sud-est du terrain, selon le sens d'écoulement des eaux souterraines déterminé lors de la caractérisation de 2004. Aucune phase libre n'a été constatée lors des deux campagnes d'échantillonnage.

Onze puits d'injection seront aménagés en aval hydraulique, au sud du bâtiment et près de la limite sud du terrain, afin de traiter les eaux avant qu'elles ne sortent du terrain du requérant. Le sens d'écoulement des eaux souterraines se fait vers le sud-est.

12

Après l'aménagement des puits, d'une profondeur de 6 m, une première injection de PersulfOx (persulfate de sodium et catalyseur) générant des radicaux libres s'attaquera aux hydrocarbures pétroliers. La solution oxydante sera préparée sur place par l'équipe spécialisée du consultant. Les opérations dureront une semaine afin d'injecter une masse totale de 300 kg de PersulfOx mélangé à l'eau pour former une solution de 10 à 20%. Après l'injection, des cartouches d'oxydant seront ajoutées dans les puits afin de poursuivre le traitement. Il est prévu de répéter l'injection d'oxydant aux 4 mois, même en hiver.

Le suivi du traitement sera fait deux fois par année dans les puits d'observation extérieurs et à l'intérieur du bâtiment.

Deux puits d'observation supplémentaires seront aménagés entre la limite de propriété et la barrière de traitement formée par les puits d'injection pour évaluer l'efficacité du traitement. Ils seront échantillonnés mensuellement pendant les 6 premiers mois du traitement puis sur une base semi-annuelle.

Les paramètres analysés dans les eaux seront les hydrocarbures pétroliers C₁₀-C₅₀.

Exemple 2 : Cas de décontamination des eaux souterraines à Havre-Saint-Pierre (2010)

Suite à la caractérisation des eaux souterraines, le consultant estime que la quantité totale d'hydrocarbure pétrolier C₁₀-C₅₀ trappé dans les eaux souterraines est de l'ordre 20 kilogrammes.

Le traitement consiste à abaisser les concentrations résiduelles d'hydrocarbures dans les sols et dans les eaux souterraines. L'oxydant utilisé (H₂O₂) est reçu à une concentration (v/v) de 50 %. Le peroxyde est dilué de 50 % à 10 % pour les premières injections et des mesures in situ sont prises en parallèle pour évaluer les dégagements de chaleur. Par la suite, les concentrations de peroxyde sont augmentées successivement jusqu'à 25 % et constamment vérifiées. Des mesures in situ sont prises en parallèle pour évaluer les dégagements de chaleur.

Selon les résultats de la dernière caractérisation, il a été possible de déterminer une quantité relative d'hydrocarbures résiduels pour l'ensemble de la zone contaminée. À partir de cette information, à l'aide de calculs, on détermine les quantités d'oxydant et de catalyseur requis pour traiter la zone contaminée. Dans le cas présent, la quantité requise de peroxyde d'hydrogène à 50% est de 4 590 litres pour effectuer le traitement.

La quantité de solution requise sera introduite graduellement dans les piézomètres situés en amont et dans la zone contaminée.

Une réaction chimique exothermique est instantanée. Certains paramètres (CO₂, chaleur, pression) seront mesurés directement dans les piézomètres où les injections ont été effectuées ainsi que dans ceux situés juste à proximité. Les travaux d'injection s'effectueront sur une période de trois jours. Le consultant devra s'assurer que le traitement n'aura pas pour effet de disperser le contaminant. Un suivi sera effectué directement aux piézomètres de la zone contaminée afin de s'assurer qu'il n'y ait pas d'accumulation de contaminant. De plus, en cours de traitement, un suivi des paramètres indicateurs devra être effectué par le consultant. Les paramètres qui seront suivis et inscrits au registre sont l'oxygène dissout, la température, le pH, le potentiel d'oxydoréduction et la pression.

Une semaine suivant les travaux d'injection, un échantillonnage de l'eau souterraine est réalisé pour obtenir un bilan des taux d'oxydation. Il est probable que les concentrations résiduelles en hydrocarbures observées à ce moment aient augmenté dans quelques piézomètres. Cette situation démontre tout simplement une libération du contaminant des sols vers les eaux souterraines dans la zone de traitement. Il faut alors répéter le traitement pour éliminer la concentration résiduelle d'hydrocarbure.

Les eaux souterraines devront respecter le critère d'usage d'eau de surface et d'égout de la Politique de Protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés applicable aux cas de décontamination des eaux souterraines pour les C₁₀-C₅₀, le critère est de 3500 ug/L.

Suivi post-traitement

Une semaine suivant les travaux d'injection, l'ensemble des piézomètres sur le site seront échantillonnés pour évaluer les concentrations résiduelles en hydrocarbures. Si les concentrations résiduelles sont inférieures à 3 500 ug/l, un suivi sera réalisé par la suite (novembre 2010, printemps 2011 et à l'automne 2011). Par contre, si les concentrations résiduelles sont supérieures à l'objectif fixé, des travaux supplémentaires d'injection seront réalisés en considérant les nouvelles quantités requises de peroxyde et un nouvel échancier pour le suivi post-traitement

Le suivi post-traitement doit être acheminé au MDDELCC afin de s'assurer que le terrain est bien réhabilité.

Exemple 3 : Cas de décontamination des eaux souterraines à Québec (2012)

La contamination provenait du dépanneur/station service localisé immédiatement en amont du terrain. La technique choisie pour récupérer les hydrocarbures en phase libre est l'extraction multiphase. Cette technique consiste à extraire sous vaccum le produit libre, l'eau et l'air contenus dans le terrain, dans le roc friable sous un horizon de till dans ce cas-ci.

Au total, douze puits seront aménagés dans la zone affectée, soit neuf puits d'extraction et trois puits d'injection. Le consultant compte sur la pression négative créée aux sept puits d'extraction pour forcer la migration des hydrocarbures contenus dans le terrain vers ces puits pour ensuite les récupérer.

Un réseau de conduites reliera les puits à l'unité de traitement. L'extraction sera assurée par une pompe à vide. L'essence (phase pure), l'eau et l'air seront dirigés vers un séparateur air/liquide. Les hydrocarbures seront accumulés. L'air sera acheminé vers un filtre de charbon actif puis rejetée à l'atmosphère. L'eau sera dirigée vers deux filtres à sédiments, ensuite vers l'unité d'aération et finalement vers un filtre à charbon actif avant d'être rejetée à l'égout sanitaire. L'air issue de l'unité d'aération sera aussi acheminé vers le premier filtre de charbon actif mentionné plus haut.

Les principales composantes du système d'extraction et de traitement (eau et air) sont les suivantes :

- 9 puits d'extraction verticaux;
- 3 puits d'injection d'air verticaux;
- une pompe d'extraction (à vaccum) couplée à un séparateur air/liquide;
- un bassin de décantation (1500 litres);
- une unité de filtration de l'air au charbon actif (2000 livres);
- un système de traitement d'eau composée de filtres à sédiments, d'une unité d'aération et d'un filtre au charbon actif (200 livres);
- une pompe d'injection d'air.

La préparation et l'installation des équipements seront complétés pour le mois d'avril 2013, le démarrage du système et ajustement est prévu au cours des mois d'avril et mai et l'opération du système s'effectuera par la suite pour les mois suivants.

Le programme de suivi de performance du système de traitement comprendra la vérification de la présence de phase libre dans les puits. Le suivi se fera sur une base mensuelle pendant les opérations. À la suite de l'arrêt définitif du système

15

d'extraction, la vérification de la présence de phase libre se fera dans ces puits ainsi que dans les puits d'extraction et d'injection sur une base bimensuelle pour les six mois suivants. L'échantillonnage de l'eau souterraine dans les puits d'observation sera également effectué sur une base mensuelle pendant la récupération et sur une base bimensuelle pour les six mois suivants. Les échantillons seront analysés pour leur contenu en BTEX et C₁₀-C₅₀ lors du premier échantillonnage et pour les subséquents si détectés. Le programme comprendra également la compilation des volumes de phase libre récupérée.

Lors du traitement, un échantillon d'eau sera prélevé avant et après le traitement à raison de 2 fois la première semaine pour ensuite passer à 1 fois par semaine le premier mois puis 1 fois par mois les mois suivants. Les eaux traitées seront éliminées dans le réseau d'égout sanitaire à un débit moyen de 50 m³/jour et devront respecter le Règlement sur la quantité et la qualité des eaux usées, R.V.Q. 416 de la Ville de Québec.

Benzène :	0,5 mg/l;
Toluène :	0,5 mg/l;
Éthylbenzène :	0,4 mg/l;
Xylènes :	0,5 mg/l;
Hydrocarbures pétroliers C ₁₀ -C ₅₀ :	20 mg/l.