

Le Conseil canadien des ministres de l'environnement

STANDARD PANCANADIEN

relatif

***AUX HYDROCARBURES PÉTROLIERS (HCP)
DANS LE SOL***

Supplément technique

Janvier 2008

**STANDARD PANCANADIEN relatif AUX HYDROCARBURES PÉTROLIERS (HCP)
DANS LE SOL**

Supplément technique

TABLE DES MATIÈRES

SURVOL DU PRÉSENT SUPPLÉMENT TECHNIQUE.....	3
SECTION 1 : ÉTABLISSEMENT DES NIVEAUX GÉNÉRIQUES DE QUALITÉ DES SOLS DU 1^{ER} VOLET	5
<i>MÉTHODE UTILISÉE À L'ÉGARD DES HCP</i>	<i>5</i>
<i>NIVEAUX FONDÉS SUR LA SANTÉ HUMAINE.....</i>	<i>6</i>
<i>Sommaire du protocole</i>	<i>6</i>
<i>Base toxicologique</i>	<i>6</i>
<i>Élaboration des niveaux du 1^{er} volet.....</i>	<i>7</i>
<i>NIVEAUX FONDÉS SUR L'ENVIRONNEMENT</i>	<i>8</i>
<i>Objectifs en matière de protection</i>	<i>8</i>
<i>Contact des récepteurs écologiques avec le sol – Végétaux et invertébrés terrestres</i>	<i>8</i>
<i>Exposition attribuable aux eaux souterraines – vie aquatique et abreuvement du bétail</i>	<i>10</i>
<i>Exposition par ingestion de sol et de nourriture – bétail et espèces sauvages.....</i>	<i>11</i>
<i>LIMITES AUX FINS DE LA GESTION.....</i>	<i>11</i>
<i>INTÉGRATION DES NIVEAUX AXÉS SUR LA PROTECTION DE LA SANTÉ HUMAINE ET DE L'ENVIRONNEMENT AINSI QUE LA GESTION</i>	<i>11</i>
SECTION 2 : CADRE D'ÉVALUATION ET DE GESTION DES LIEUX CONTAMINÉS AUX HCP À TROIS VOLETS	21
<i>CARACTÉRISATION DU LIEU</i>	<i>21</i>
<i>ÉVALUATION ET GESTION DU 1^{ER} VOLET</i>	<i>22</i>
<i>ÉVALUATION ET GESTION DU 2^E VOLET</i>	<i>23</i>
<i>3^E VOLET : ÉVALUATION DES RISQUES PROPRES AU LIEU.....</i>	<i>27</i>
<i>ANALYSE DE CONFIRMATION</i>	<i>28</i>
SECTION 3 : ANALYSE SOCIO-ÉCONOMIQUE.....	29
SECTION 4 : ANALYSE DES HYDROCARBURES PÉTROLIERS DANS LE SOL, MÉTHODE DU CCME DU 1^{ER} VOLET	35
RÉFÉRENCES	36

Survol du présent supplément technique

Le SP–HCP est un standard correcteur à trois volets, fondé sur le risque, qui s’applique à quatre utilisations génériques du terrain – agricole, résidentielle/parc, commerciale et industrielle. Le présent supplément technique explique les fondements scientifiques et socio-économiques du standard et indiquent de quelle façon l’appliquer dans le cas des lieux contaminés par les HCP au Canada.

Le fait que le SP–HCP soit fondé sur le risque signifie que, pour chaque utilisation du terrain, toutes les valeurs devant être protégées (formes de vie ou *récepteurs*, propriétés des écosystèmes) sont explicitement documentées, de même que les contaminants désignés comme étant des HCP et les voies par lesquelles les HCP peuvent avoir une incidence sur ces valeurs. Cette approche est d’une grande flexibilité; elle permet d’assurer l’évaluation et la gestion d’une utilisation du terrain donnée sous différentes conditions et même d’étendre le standard aux autres catégories d’utilisation du terrain (p. ex., les régions sauvages). La vision, ou *scénario d’exposition*, associée à chaque utilisation du terrain est le cœur du SP–HCP.

Terrain à vocation agricole : où l’activité primaire est la culture ou l’élevage. Cette catégorie inclut également les terres agricoles qui fournissent des habitats à la faune résidente ou migratrice ainsi qu’à la flore indigène. Un terrain à vocation agricole peut comporter une maison de ferme.

Résidentielle/parc : où l’activité primaire est résidentielle ou récréative. L’approche fondée sur l’écologie présume que les parcs sont utilisés comme zones tampons entre les zones résidentielles. Cette catégorie n’inclut pas les régions sauvages telles que les parcs nationaux ou provinciaux, à l’exception des terrains de camping.

Commerciale : où l’activité primaire est commerciale (p. ex., un centre commercial) et où tout le public, y compris les tout-petits, ont libre accès. Cette catégorie inclut, par exemple, les garderies dans des centres commerciaux. Elle exclut toutefois les activités associées à la culture des aliments.

Industrielle : où l’activité primaire englobe la production, la fabrication ou la construction de biens. L’accès du public est restreint et les tout-petits ne peuvent avoir accès aux lieux ni les occuper de façon continue.

La section 1 décrit la méthode scientifique, les sources de données et les hypothèses particulières formulées en ce qui concerne les récepteurs et leurs interactions avec les lieux contaminés, selon le scénario d’exposition applicable à chaque utilisation du terrain. La section 2 décrit comment atteindre de manière efficace les objectifs de gestion environnementale sur lesquels reposent les niveaux du 1^{er} volet, grâce à l’acquisition et à l’application de données propres au lieu contaminé aux 2^e et 3^e volets. La section 3 décrit les principaux avantages et coûts associés au SP–HCP tel qu’appliqué au 1^{er} volet. La section 4 résume la méthode d’analyse à la base du SP–HCP.

Sommaire des principaux changements par rapport à la version de 2001

Lorsque le SP-HCP a été mis en œuvre en 2001, le CCME a pris l'engagement de considérer toutes les nouvelles données et observations scientifiques recueillies après la publication du standard, et de modifier celui-ci en conséquence au bout de cinq ans. Trois sous-groupes consultatifs ont été chargés d'analyser les commentaires des parties intéressées et de faire part de leurs conclusions au CCME et de recommander des modifications au standard. Les rapports des sous-groupes sont présentés dans trois documents distincts (CCME, 2006b,c,d). Se fondant sur les recommandations des trois sous-groupes consultatifs, le CCME a décidé de modifier le SP-HCP comme suit :

- On a combiné deux voies d'exposition pour les humains, soit l'ingestion de sol et le contact cutané, conformément au protocole actuel (CCME, 2006a).
- Plusieurs paramètres du modèle du devenir et du transport ont été modifiés de manière à ce qu'ils reflètent les connaissances scientifiques actuelles.
- Les valeurs traduisant le contact des récepteurs écologiques avec le sol ont été mises à jour d'après les résultats des essais toxicologiques et des études sur le terrain qui ont été effectués depuis la mise en œuvre du SP-HCP.
- Les tableaux relatifs au sous-sol ont été retirés de la plupart des rapports se rattachant au standard en raison des différences entourant leur mise en œuvre par les autorités concernées et des doutes entretenus à l'égard de l'approche utilisée. En remplacement de ces tableaux, des limites aux fins de la gestion fondées sur des considérations expliquées clairement qui étaient auparavant intégrées aux recommandations relatives au sous-sol ont été établies. Par souci de cohérence avec la version 2001 du SC-HCP, les tableaux relatifs au sous-sol ont été inclus dans le supplément technique.
- Conformément à l'approche privilégiée dans la version 2001 du SC-HCP, les critères relatifs aux récepteurs écologiques des sols de surface continueront de s'appliquer à tous les sites dont la profondeur sous la surface du sol varie entre 0 et 1,5 mètre. Pour les profondeurs supérieures à 3 mètres, une limite aux fins de la gestion remplace maintenant les critères relatifs aux récepteurs écologiques des sols de surface. En raison des différences notées dans l'interprétation des exigences se rattachant aux pratiques de gestion, le CCME n'énonce aucune recommandation pour les profondeurs de 1,5 à 3 mètres. Aux fins de l'application des critères, les autorités concernées pourront établir leurs propres directives pour ces profondeurs.

Section 1 : Établissement des niveaux génériques de qualité des sols du 1^{er} volet

Méthode utilisée à l'égard des HCP

Les niveaux du 1^{er} volet associés à chaque utilisation du terrain sont dérivés d'une évaluation systématique de toutes les voies d'exposition qui s'appliquent aux récepteurs d'intérêt identifiés pour cette utilisation du terrain. Un compte rendu détaillé de l'application de ce procédé à l'élaboration des recommandations pour la qualité des sols est présenté dans CCME (1996a, 2006a). Une description simplifiée de l'application de ce procédé à l'élaboration du 1^{er} volet du SP-HCP est présentée ci-après. L'emphase est mise sur les zones où des changements ont été apportés aux procédés et/ou aux décisions présentées dans CCME (2006a). Le tableau 1 présente un résumé des combinaisons récepteur/voie d'exposition considérées par le SP-HCP pour chaque utilisation du terrain. Chaque combinaison est abordée plus en détail dans la section pertinente du présent supplément technique. Des lacunes dans la documentation sur le devenir et les effets environnementaux ont fait qu'il n'a pas été possible d'examiner explicitement toutes les combinaisons récepteur/voie d'exposition.

Tableau 1 : Utilisation du sol, récepteurs clés et voies d'exposition

Voie d'exposition	Agricole	Résidentielle/ parc	Commerciale	Industrielle
Contact avec le sol	Cycle des substances nutritives Invertébrés dans le sol Cultures Humain (tout-petit)	Cycle des substances nutritives Invertébrés Plantes Humain (tout-petit)	Cycle des substances nutritives Invertébrés Plantes Humain (tout-petit)	Cycle des substances nutritives Invertébrés Plantes Humain (adulte)
Ingestion de sol	Herbivores Humain (tout-petit)	(espèces sauvages)* Humain (tout-petit)	(espèces sauvages)* Humain (tout-petit)	(espèces sauvages)* Humain (adulte)
Eau souterraine / eau de surface	Vie aquatique Abreuvement du bétail Humain (tout-petit)	Vie aquatique Humain (tout-petit)	Vie aquatique Humain (tout-petit)	Vie aquatique Humain (adulte)
Inhalation de vapeurs (humains seulement)	Tout-petit, à l'intérieur**	Tout-petit, à l'intérieur	Tout-petit, à l'intérieur	Adulte, à l'intérieur
Produits du jardin, viande et lait produits sur place (humains seulement)	Tout-petit	Tout-petit (produits du jardin seulement)		
Migration du sol / de la poussière hors-site			Humain/écologique	Humain/écologique

* Les données sur l'ingestion et le contact dermique chez les animaux sauvages peuvent revêtir une importance spéciale pour les HCP (p. ex., le mazoutage des plumes, etc., bien qu'il faille, à cet égard, effectuer une évaluation initiale de la présence de liquides non aqueux), mais elles sont probablement insuffisantes pour établir des recommandations spécifiques à cette voie d'exposition.

** Par inhalation à l'intérieur, on entend l'inhalation lorsque la personne se trouve dans une maison de ferme.

Les niveaux du 1^{er} volet du SP-HCP intègrent les combinaisons voie/récepteur présentées plus haut – seule la voie d'exposition principale est donc présentée. Dans les faits, toutefois, les utilisateurs recueilleront de l'information sur les voies d'exposition pertinentes et auront fréquemment besoin d'information sur les voies qui, normalement, ne sont pas prépondérantes au 1^{er} volet. L'information du 1^{er} volet sur ces voies est présentée dans le guide technique accompagnant le présent standard (CCME 2007a, 2007b).

Outre les risques toxiques visés dans les analyses récepteur-voie, d'autres considérations de gestion doivent être prises en compte, dont les suivantes :

- la formation en phase libre;
- l'exposition des travailleurs dans les tranchées aux vapeurs de HCP;
- les dangers d'incendie et d'explosion;
- les effets sur les infrastructures enfouies;
- les questions d'ordre esthétique.

Considérant que le but principal du SP-HCP est la prévention des effets toxiques chez les récepteurs du tableau 1, il peut arriver, dans certains cas, que ces voies de contamination ne constituent pas une préoccupation immédiate et que la gestion des HCP soit alors centrée sur ces considérations de gestion et d'autres facteurs stratégiques.

Niveaux fondés sur la santé humaine

Sommaire du protocole

Les hydrocarbures pétroliers sont regroupés selon leurs propriétés physico-chimiques en quatre fractions, selon le nombre d'atomes de carbone que compte leur chaîne. Les propriétés toxicologiques et physico-chimiques des groupes sont utilisées afin d'estimer les concentrations d'hydrocarbures pétroliers du sol qui, multipliées par un coefficient relatif au sol traduisant l'exposition attribuable aux autres matières contaminées présentes dans le site, ne causent pas, par les trois principales voies d'exposition – inhalation des vapeurs, contact direct avec le sol contaminé (contact cutané et ingestion accidentelle de sol) et ingestion d'eau souterraine contaminée par transfert – une exposition dépassant l'indice de risque de 1. Les mêmes voies et les mêmes équations d'exposition sont utilisées pour toutes les utilisations du terrain; cependant, la durée et la fréquence d'exposition varient selon l'utilisation, et seule l'exposition des adultes est prise en compte dans le cas de l'utilisation industrielle du terrain. On utilise des valeurs représentatives pour la plupart des paramètres et caractéristiques; une fois combinées, ces valeurs produisent, avec le principe de prudence qui caractérise les valeurs de référence toxicologiques, les scénarios d'exposition et les modèles utilisés, un résultat à fonction pratique et protectrice. Les données sont insuffisantes pour évaluer l'exposition aux hydrocarbures pétroliers d'un bout à l'autre de la chaîne alimentaire. Selon le peu de données disponibles, l'assimilation des hydrocarbures pétroliers par les plantes et l'exposition subséquente à des niveaux trophiques plus élevés ne sont pas préoccupantes.

Base toxicologique

Les impacts de l'exposition aux hydrocarbures pétroliers diffèrent suivant les composés ou les mélanges en cause, l'intensité, la fréquence et la durée de l'exposition ainsi que la voie

d'exposition. Bien que certains hydrocarbures pétroliers soient des cancérogènes reconnus (p. ex., le benzène et le benzo[*a*]pyrène), ceux-ci demeurent rares; toutefois, lorsqu'ils sont présents dans un lieu donné, ils sont traités séparément, en fonction de recommandations ou d'évaluations des risques propres aux composés. Il est reconnu que la plupart des hydrocarbures pétroliers agissent comme des toxines à seuil et déclenchent des symptômes généraux de narcose.

La toxicologie des hydrocarbures pétroliers a été revue en profondeur par le US Total Petroleum Hydrocarbons Working Group (TPHCWG), qui a été mis sur pied par le ministère américain de la Défense au milieu des années 1990. Le TPHCWG a défini 14 sous-fractions aromatiques et aliphatiques chez les hydrocarbures pétroliers, selon la similarité de leurs propriétés physico-chimiques. Différentes doses de référence orales (DR) et concentrations de référence par inhalation (CR) ont été présentées pour chaque sous-fraction aromatique ou aliphatique figurant dans le système du TPHCWG. Ces DR et CR ont été considérées dans le cadre de l'examen technique quinquennal du SP-HCP. Le SP-HCP tient compte des sous-fractions établies par le TPHCWG, qui sont regroupées en quatre fractions pratiques – F1 : nC6 – nC10; F2 : > nC10 – C16; F3 : > nC16 – nC34; F4 : > nC34. Selon l'analyse de certains produits hydrocarbonés représentatifs, le rapport entre les composantes aromatiques et aliphatiques est présumé être de 20/80 à l'intérieur d'une sous-fraction du TPHCWG. Ces analyses ont également été utilisées afin de déterminer les proportions relatives des différents intervalles de carbone à l'intérieur d'une fraction du SP-HCP. L'information toxicologique pour chaque sous-fraction du TPHCWG est combinée à l'information sur la masse probable de chaque sous-fraction afin de produire un indice de référence toxicologique pour chaque fraction du SP-HCP.

Un relevé de l'exposition de fond de la population canadienne est pris en compte dans l'établissement des niveaux du 1^{er} volet. Une revue de la littérature n'a pas permis de recueillir de l'information générale sur la présence des fractions F2, F3 ou F4 de HCP dans l'air, l'eau ou la nourriture. Cela est probablement attribuable à leur faibles volatilité et solubilité dans l'eau. Selon les données disponibles sur les composantes F1, seules les expositions par inhalation sont généralement significatives. L'inclusion de ces données a réduit la CR applicable de 0,5 à 2 % pour les hydrocarbures aliphatiques volatils et de 20 % pour les hydrocarbures aromatiques volatils.

Élaboration des niveaux du 1^{er} volet

Les équations d'exposition de chaque voie sont remaniées de manière à tenir compte de la concentration dans le sol entraînant une exposition équivalente à la répartition appropriée de la CR ou de la DR (fractions 2, 3 et 4) ou au rapport « résiduel » CR/DR modifié en fonction de l'exposition de fond non reliée à la contamination du sol par les HCP. Une fois que toutes les voies de contamination ont été évaluées, la valeur de base est reportée dans le tableau de référence du 1^{er} volet.

Les valeurs relatives au contact direct avec le sol (ingestion de sol et contact cutané) sont calculées à l'aide d'une équation générale de calcul de l'exposition présentée dans CCME (2006a, 2007a). Ces valeurs sont indépendantes de la texture du sol.

Les niveaux d'exposition par inhalation du 1^{er} volet se basent sur une application du modèle de Johnson et Ettinger (1991) concernant l'intrusion de vapeurs dans un espace clos (immeuble). Dans le cas des terrains à vocation résidentielle, l'immeuble par défaut est une habitation

unifamiliale munie d'un sous-sol ou une construction dalle sur terre-plein et, dans le cas des terrains à vocation commerciale et industrielle, une construction dalle sur terre-plein. Les sols à texture grossière et fine, définis comme ayant une granulométrie médiane $> 75 \mu\text{m}$ et $< 75 \mu\text{m}$ respectivement, sont présentés comme deux cas différents, puisque le transport de la vapeur pour le premier résulte de l'advection et non de la diffusion, comme c'est le cas pour les sols à texture fine. L'équation 21 de l'article de Johnson et Ettinger est utilisée pour calculer les facteurs d'atténuation correspondant aux sols à texture grossière et aux sols à texture fine, cela à partir des propriétés pertinentes des sols telles qu'elles sont décrites dans CCME (2007a), et ces facteurs sont ensuite jumelés à la CR appropriée afin d'extrapoler une concentration acceptable dans le sol. Les principales variables à considérer dans le cas des sols incluent la distance entre la source de la contamination et les fondations de l'immeuble, établie à 30 cm pour tenir compte des pratiques courantes de remblayage, et la teneur du sol en carbone organique, établie à 0,5 % pour tenir compte des conditions moyennes du sous-sol canadien. Ces deux valeurs peuvent être modifiées au 2^e volet (voir CCME, 2007b). Lorsque la contamination se trouve à moins de 30 cm d'un immeuble, le promoteur est tenu d'effectuer une évaluation du 2^e ou du 3^e volet. Les détails concernant le transport, les caractéristiques de l'immeuble et l'exposition sont fournis dans CCME (2007a).

Le risque potentiel d'exposition humaine aux HCP par l'ingestion de l'eau est pris en compte en définissant la limite en aval d'un lieu contaminé aux HCP comme étant le point de conformité pour définir la potabilité de l'eau souterraine. Encore une fois, les textures des sols sont traitées séparément en raison des diverses caractéristiques de transport. En ce qui concerne les détails relatifs au modèle des eaux souterraines, aux caractéristiques des lieux contaminés, les régimes hydrologiques et les références de conformité, ils sont fournis dans CCME (2006a, 2007a). Le modèle possède une composante d'advection-dispersion pouvant être exploitée dans les volets supérieurs aux fins de la gestion hors site de l'eau souterraine contaminée aux HCP.

Niveaux fondés sur l'environnement

Objectifs en matière de protection

Les niveaux du 1^{er} volet sont établis afin de protéger les principaux récepteurs écologiques qui soutiennent les activités courantes des quatre catégories d'utilisation du terrain définies plus haut : agricole, résidentielle/parc, commerciale et industrielle. En vue d'établir les niveaux du 1^{er} volet applicables aux récepteurs écologiques, on a mis l'accent sur les effets des HCP sur les composantes biotiques d'un écosystème terrestre. Plus particulièrement, on a évalué le potentiel d'effets néfastes découlant de l'exposition aux HCP dans le sol au point de contact ou de façon indirecte (p. ex., les voies de contamination entre le sol et l'eau souterraine, le transfert à la chaîne alimentaire). D'autres détails sur la manière dont les objectifs en matière de protection ont été réalisés pour les différentes voies d'exposition suivent ci-dessous.

Contact des récepteurs écologiques avec le sol – Végétaux et invertébrés terrestres

Dans le cas des récepteurs écologiques, pour le contact avec le sol, l'établissement des niveaux du 1^{er} volet est basé sur des données toxicologiques relatives aux plantes vasculaires et aux invertébrés vivant dans le sol. Des données toxicologiques ont été sollicitées en vue de la rédaction du SCP-HCP en 2000. Depuis, d'autres recherches sur la toxicité des diverses fractions pour les végétaux et les invertébrés du sol ont été menées à terme. On dispose notamment de

données provenant d'études écotoxicologiques effectuées en laboratoire et sur le terrain. Parmi les paramètres examinés dans le cadre des études en laboratoire, mentionnons les réactions chroniques et subchroniques (p. ex., le développement racinaire, la croissance des pousses, ainsi que la reproduction des invertébrés) ainsi que les réactions aiguës et mortelles (p. ex., la germination des graines et la survie des invertébrés). Les études sur le terrain portaient principalement sur des paramètres indicateurs de la toxicité chronique comme la biomasse végétale et l'abondance des populations d'invertébrés.

La démarche globale adoptée pour établir les recommandations du 1^{er} volet relatives à la présence de HCP dans les sols, aux fins de la protection des récepteurs écologiques exposés par contact avec le sol, a consisté à utiliser la méthode du « poids de la preuve » décrite dans le plus récent protocole du CCME (2006a), sous réserve de certaines modifications, lorsqu'elles s'imposaient, et dans la mesure où les objectifs globaux du CCME étaient respectés (2006a). Une telle démarche était nécessaire pour tirer le meilleur possible des données écotoxicologiques disparates dont on disposait. Selon la méthode du poids de la preuve du CCME (2006a), on emploie le 25^e centile d'une distribution de données sur la CI/CE/CL₂₅ dans le cas des terrains à vocation agricole ou résidentielle/parc, et le 50^e centile de cette même distribution pour les terrains dont on fait une utilisation commerciale/industrielle. Cette démarche s'écarte de celle qui avait été privilégiée dans la version 2001 du SC-HCP : à l'époque, l'établissement des recommandations reposait sur une distribution de valeurs de CI/CE/CL₅₀.

La littérature scientifique indique que la texture des sols peut avoir un impact sur la toxicité des HCP dans ce compartiment environnemental. Lorsque les données le permettaient, les sols à texture grossière et les sols à texture fine ont fait l'objet d'examen distincts, et des recommandations spécifiques ont été formulées à l'égard de chaque type de sols, si besoin était. Les recommandations relatives à l'exposition à la fraction F1 de HCP par contact avec le sol ont été élaborées à partir des données écotoxicologiques dont on disposait sur cette fraction et sur l'essence automobile (Mogas). La base de données sur l'essence automobile était plus vaste, mais son champ d'application était plus restreint étant donné que l'essence automobile, même si elle est composée principalement de HCP appartenant à la fraction F1, contient également des HCP de la fraction F2. Par conséquent, on a privilégié les données relatives à la fraction F1, et les données concernant l'essence automobile n'ont été employées que dans les cas où l'on ne disposait pas de données sur la fraction F1. Les recommandations ont été élaborées en conformité avec le protocole du CCME (2006a), comme on l'a mentionné précédemment. Les données existantes ne justifiaient pas l'établissement de recommandations distinctes pour les sols à texture fine et les sols à texture grossière, et la même recommandation s'applique donc aux deux types de texture.

Les recommandations relatives à l'exposition à la fraction F2 de HCP par contact avec le sol ont été élaborées à partir des données écotoxicologiques dont on disposait sur cette fraction. Les recommandations ont été élaborées en conformité avec le protocole du CCME (2006a), comme dans le cas de la fraction F1. Comme les données existantes ne justifiaient pas l'établissement de recommandations distinctes pour les sols à texture fine et les sols à texture grossière, la même recommandation s'applique aux deux types de texture.

L'analyse des données existantes sur la fraction F3 a nécessité l'adoption d'une démarche différente. On disposait d'une gamme d'études effectuées en laboratoire et sur le terrain, et les

données tirées de toutes ces études ont été scrupuleusement examinées. Cependant, on a accordé plus de poids aux résultats des études de terrain étant donné i) que celles-ci sont plus pertinentes en contexte écologique ou agricole réel; ii) qu'elles visaient un plus grand nombre d'espèces, en particulier d'espèces d'invertébrés, dont il a été démontré qu'ils sont souvent plus sensibles aux HCP de la fraction F3 que les végétaux; iii) que les mesures des concentrations d'exposition aux HCP de la fraction F3 étaient, dans certaines études de laboratoire, associées à une marge d'incertitude notable. La méthodologie employée pour établir des recommandations à partir des résultats obtenus sur le terrain a notamment exigé de définir la distribution de la réponse de chaque espèce et les seuils d'effet enregistrés chez les témoins. Si le 25^e centile (utilisation agricole ou résidentielle/parc du terrain) ou le 50^e centile (utilisation commerciale ou industrielle du terrain) de la distribution dénotait une diminution de moins de 25 % par rapport aux témoins, on jugeait que l'exposition aux concentrations de HCP de la fraction F3 présentes dans le sol, lors de l'étude de terrain concernée, était certes de nature à entraîner des effets, tout en respectant les objectifs fixés dans le protocole du CCME en matière de protection (2006a). On disposait d'études de terrain distinctes sur les sols à texture fine et les sols à texture grossière, et l'analyse des bases de données tirées de ces études a montré qu'il était nécessaire d'établir des recommandations différentes pour l'exposition à la fraction F3 dans ces deux types de sols.

Bien que l'on reconnaisse, de manière générale, que la méthodologie employée est la plus indiquée pour refléter avec fidélité la réponse réelle, la réaction des lombrics dans les sols récemment contaminés et la possibilité que les données traduisent un certain degré d'altération climatique ont suscité certaines préoccupations. Veuillez vous reporter au document CCME (2007a) pour obtenir davantage de renseignements à cet égard.

Dans le SP-HCP publié en 2001, les recommandations relatives à l'exposition aux HCP appartenant à la fraction F4 par contact avec les sols à texture grossière et les sols à texture fine avaient été élaborées à partir d'essais écotoxicologiques portant sur le pétrole brut. Depuis, des données ont été publiées au sujet de l'écotoxicité des HCP de la fraction F4. Ces nouvelles données ont été examinées conformément au protocole du CCME (2006a), mais les résultats ainsi obtenus ne différaient pas substantiellement de ceux qui avaient été générés précédemment; par conséquent, les recommandations en vigueur à l'égard des HCP de la fraction F4 sont maintenues dans le présent document.

Exposition attribuable aux eaux souterraines – vie aquatique et abreuvement du bétail

Les concentrations de HCP dans le sol qui ne devraient pas constituer une menace pour les récepteurs écologiques/agricoles via les voies d'exposition associées aux eaux souterraines ont été évaluées grâce à la modélisation du transport à partir du sol, par les eaux souterraines, jusqu'à un point de rejet en aval. Par défaut, la distance en aval du point de rejet utilisée pour l'établissement des recommandations du 1^{er} volet relatives à la vie aquatique a été fixée à 10 m. On a fait l'hypothèse que, dans la plupart des cas, la distance séparant le sol contaminé du plan d'eau de surface le plus proche serait supérieure à 10 m, et que, en outre, cette distance, pour un site donné, serait peu susceptible de changer de manière considérable au fil du temps. Les sites contaminés se trouvant à moins de 10 m d'un plan d'eau de surface devront faire l'objet d'une analyse particulière. Pour ce qui est de l'abreuvement des animaux, la distance en aval par défaut a été fixée à 0 m, ceci en se fondant sur l'hypothèse que, dans l'avenir, un puits ou une fosse-réservoir pourraient être aménagés en n'importe quel endroit.

L'évaluation toxicologique visant à établir des recommandations propres à assurer la protection de la vie aquatique a été fondée sur un grand nombre d'études signalant une association, chez les invertébrés aquatiques, entre la présence de résidus d'hydrocarbures dans l'organisme et un effet de narcose généralisé. Les seuils d'effet des fractions des HCP dans l'eau ont été estimés à partir de ces données. En ce qui concerne les recommandations relatives à l'abreuvement du bétail, elles ont été établies à partir des données sur la toxicité du pétrole brut pour les bovins.

Exposition par ingestion de sol et de nourriture – bétail et espèces sauvages

L'exposition du bétail et des espèces sauvages aux contaminants par ingestion de sol contaminé et par transmission des contaminants le long de la chaîne alimentaire est prise en compte dans le scénario d'exposition défini par la plus récente version du protocole du CCME (2006a). Cependant, aucune recommandation ne figurait dans le SP-HCP (2001) à ce chapitre, faute de données suffisantes pour permettre une évaluation satisfaisante de cette voie d'exposition, et compte tenu de l'hypothèse suivant laquelle les HCP sont peu susceptibles de se bioconcentrer/bioamplifier de manière significative dans les aliments consommés par le bétail et les espèces sauvages. Aucune nouvelle donnée qui aurait permis de raffiner l'évaluation des valeurs recommandables pour cette voie d'exposition n'a été publiée depuis 2001 et, par conséquent, le présent document ne contient aucune recommandation à cet égard. On continue de penser qu'il est peu probable que cette voie d'exposition soit déterminante pour la prise des décisions relatives à la gestion des risques aux sites contaminés par des HCP.

Limites aux fins de la gestion

Outre la toxicité chronique que posent les HCP pour les récepteurs humains et écologiques, d'autres effets de la contamination par les HCP sont pris en considération, notamment les suivants :

- la formation en phase libre;
- l'exposition des travailleurs dans les tranchées aux vapeurs de HCP;
- les dangers d'incendie et d'explosion;
- les effets sur les infrastructures enfouies;
- les questions d'ordre esthétique.

À partir de ces effets potentiels et de facteurs techniques, on a établi aux fins de la gestion des fractions de HCP des limites qui sont réputées s'appliquer indépendamment de la profondeur du sol; cependant, elles ne peuvent faire l'objet d'ajustements en vue de leur utilisation au 2^e volet.

Intégration des niveaux axés sur la protection de la santé humaine et de l'environnement ainsi que la gestion

Dans le cadre du SP-HCP, les niveaux du 1^{er} volet représentent les plus faibles valeurs établies aux fins de la protection de la santé humaine et de l'environnement ainsi que de la gestion, si bien que l'application des niveaux du 1^{er} volet permettent d'atteindre ces trois objectifs. Les résultats détaillés pour toutes les combinaisons potentielles récepteur/voie de contamination sont présentés dans les tableaux 2 et 3 ci-dessous pour les sols à texture fine et les sols à texture

grossière. Les méthodes des 2^e et 3^e volets devraient mettre l'accent sur la condition dominante pour une fraction donnée.

Les critères relatifs au sous-sol, qui étaient présents dans le SP-HCP de 2001, ont été retirés des tableaux des niveaux du 1^{er} volet; cependant, ils ont été remplacés par un facteur aux fins de la gestion du sol qui a été ajouté au tableau du 1^{er} volet. On s'attend à ce que les critères relatifs aux récepteurs écologiques des sols de surface ne s'appliquent plus aux profondeurs supérieures à 3 mètres; par contre, les facteurs fixés aux fins de la gestion demeurent pertinents pour l'assainissement des sites.

Tableau 2**Niveaux du 1^{er} volet (mg/kg de sol) pour les HCP dans les sols de surface à texture fine**

Utilisation du sol	Voies d'exposition	F1	F2	F3	F4	
		(C6-C10)	(> C10-C16)	(> C16-C34)	(> C34)	
Agricole	Contact direct (ingestion + contact cutané)	12 000	6 800	15 000	21 000	
	Inhalation de vapeurs (à l'intérieur, dans le sous-sol)	710	3 600	S.O.	S.O.	
	Inhalation de vapeurs (à l'intérieur, dalle sur terre-plein)	610	3 100	S.O.	S.O.	
	Protection de l'ES potable ¹	170	230	S.O.	S.O.	
	Protection de l'ES pour la vie aquatique ²	RES	RES	S.O.	S.O.	
	Protection de l'ES pour l'abreuvement du bétail ³	4 200	10 000	S.O.	S.O.	
	Cycle des substances nutritives	NC	NC	NC	NC	
	Contact avec le sol - écologique ⁴	210	150	1 300	5 600	
	Ingestion de sol - écologique	NC	NC	NC	NC	
	Produits du jardin, viande et lait	NC	NC	NC	NC	
	Limites aux fins de la gestion ⁵	800	1 000	3 500	10 000	
Résidentielle	Contact direct (ingestion + contact cutané)	12 000	6 800	15 000	21 000	
	Inhalation de vapeurs (à l'intérieur, dans le sous-sol)	710	3 600	S.O.	S.O.	
	Inhalation de vapeurs (à l'intérieur, dalle sur terre-plein)	610	3 100	S.O.	S.O.	
	Protection de l'ES potable ¹	170	230	S.O.	S.O.	
	Protection de l'ES pour la vie aquatique ²	RES	RES	S.O.	S.O.	
	Cycle des substances nutritives	4 200	10 000	S.O.	S.O.	
	Contact avec le sol - écologique ⁴	NC	NC	NC	NC	
	Produits du jardin	210	150	1 300	5 600	
	Limites aux fins de la gestion ⁵	800	1 000	3 500	10 000	
	Commerciale	Contact direct (ingestion + contact cutané)	19 000	10 000	RES	RES
		Inhalation de vapeurs (à l'intérieur)	4 600	23 000	S.O.	S.O.
Protection de l'ES potable ¹		170	230	S.O.	S.O.	
Protection de l'ES pour la vie aquatique ²		RES	RES	S.O.	S.O.	
Cycle des substances nutritives		NC	NC	NC	NC	
Contact avec le sol - écologique ⁴		320	260	2 500	6 600	
Migration hors du lieu contaminé		S.O.	S.O.	19 000	RES	
Limites aux fins de la gestion ⁵		800	1 000	5 000	10 000	
Industrielle	Contact direct (ingestion + contact cutané)	RES	RES	RES	RES	
	Inhalation de vapeurs (à l'intérieur)	4 600	23 000	S.O.	S.O.	
	Protection de l'ES potable ¹	170	230	S.O.	S.O.	
	Protection de l'ES pour la vie aquatique ²	RES	RES	S.O.	S.O.	
	Cycle des substances nutritives	NC	NC	NC	NC	
	Contact avec le sol - écologique ⁴	320	260	2 500	6 600	
	Migration hors du lieu contaminé	S.O.	S.O.	19 000	RES	
	Limites aux fins de la gestion ⁵	800	1 000	5 000	10 000	

S.O. = Sans objet. La valeur calculée dépasse 1 000 000 mg/kg, ou alors la voie est exclue.

RES = Formation de HCP résiduels. La valeur calculée dépasse 30 000 mg/kg et la limite de solubilité pour la fraction de HCP.

NC = Non calculé. Manque de données pour effectuer le calcul.

1 = Présume que le lieu repose sur une eau souterraine potable de qualité, d'un rendement suffisant (K de 10⁻⁴ cm/s ou plus).

- 2 = Présume que le plan d'eau de surface est à 10 m du lieu contaminé.
- 3 = Généralement applicable pour cette utilisation du sol lorsque associée à des fosses-réservoirs et à des puits pour alimenter le bétail en eau.
- 4 = Pour les profondeurs de 0 à 1,5 mètre, il faut tenir compte des voies d'exposition des récepteurs écologiques terrestres. Une limite établie aux fins de la gestion pour les HCP doit être appliquée à toutes les profondeurs en cas d'exclusion des voies d'exposition propres aux récepteurs écologiques. Le CCME n'énonce aucune recommandation pour les profondeurs de 1,5 à 3 m.
- 5 = Des facteurs complémentaires tels que la formation en phase libre, les dangers d'explosion ainsi que les effets sur les infrastructures enfouies sont pris en compte.

Tableau 3**Niveaux du 1^{er} volet (mg/kg de sol) pour les HCP dans les sols de surface à texture grossière**

Utilisation du sol	Voies d'exposition	F1	F2	F3	F4
		(C6-C10)	(>C10-C16)	(>C16-C34)	(>C34)
Agricole	Contact direct (ingestion + contact cutané)	12 000	6 800	15 000	21 000
	Inhalation de vapeurs (à l'intérieur, dans le sous-sol)	40	190	S.O.	S.O.
	Inhalation de vapeurs (à l'intérieur, dalle sur terre-plein)	30	150	S.O.	S.O.
	Protection de l'ES potable	240	320	S.O.	S.O.
	Protection de l'ES pour la vie aquatique ¹	1 800	600	S.O.	S.O.
	Protection de l'ES pour l'abreuvement du bétail ²	5 300	14 000	S.O.	S.O.
	Cycle des substances nutritives	NC	NC	NC	NC
	Contact avec le sol - écologique ³	210	150	300	2 800
	Ingestion de sol - écologique	NC	NC	NC	NC
	Produits du jardin, viande et lait	NC	NC	NC	NC
	Limites aux fins de la gestion ⁴	700	1 000	2 500	10 000
	Résidentielle	Contact direct (ingestion de sol + contact cutané)	12 000	6 800	15 000
Inhalation de vapeurs (à l'intérieur, sous-sol)		40	190	S.O.	S.O.
Inhalation de vapeurs (à l'intérieur, dalle sur terre-plein)		30	150	S.O.	S.O.
Protection de l'ES potable		240	320	S.O.	S.O.
Protection de l'ES pour la vie aquatique ¹		1 800	600	S.O.	S.O.
Cycle des substances nutritives		NC	NC	NC	NC
Contact avec le sol - écologique ³		210	150	300	2 800
Produits du jardin		NC	NC	NC	NC
Limites aux fins de la gestion ⁴		700	1 000	2 500	10 000
Commerciale		Contact direct (ingestion de sol + contact cutané)	19 000	10 000	23 000
	Inhalation de vapeurs (à l'intérieur)	320	1 700	S.O.	S.O.
	Protection de l'ES potable	240	320	S.O.	S.O.
	Protection de l'ES pour la vie aquatique ¹	1 800	600	S.O.	S.O.
	Cycle des substances nutritives	NC	NC	NC	NC
	Contact avec le sol - écologique ³	320	260	1 700	3 300
	Migration hors du lieu contaminé	S.O.	S.O.	4 300	RES
	Limites aux fins de la gestion ⁴	700	1 000	3 500	10 000
Industrielle	Contact direct (ingestion de sol + contact cutané)	RES	RES	RES	RES
	Inhalation de vapeurs (à l'intérieur)	320	1700	S.O.	S.O.
	Protection de l'ES potable	240	320	S.O.	S.O.
	Protection de l'ES pour la vie aquatique ¹	1 800	600	S.O.	S.O.
	Cycle des substances nutritives	NC	NC	NC	NC
	Contact avec le sol - écologique ³	320	260	1 700	3 300
	Migration hors du lieu contaminé	S.O.	S.O.	4 300	RES
	Limites aux fins de la gestion ⁴	700	1 000	3 500	10 000

S.O. = Sans objet.

RES = Formation de HCP résiduels. La valeur calculée excède 30 000 mg/kg et la limite de solubilité pour la fraction de HCP.

NC = Non calculé. Manque de données pour effectuer le calcul.

- 1 = Présume que le plan d'eau de surface est à 10 m du lieu contaminé.
- 2 = Comprend l'utilisation de fosses-réservoirs et de puits pour alimenter le bétail en eau.
- 3 = Pour les profondeurs de 0 à 1,5 mètre, il faut tenir compte des voies d'exposition des récepteurs écologiques terrestres. Une limite établie aux fins de la gestion pour les HCP doit être appliquée à toutes les profondeurs en cas d'exclusion des voies d'exposition propres aux récepteurs écologiques. Le CCME n'énonce aucune recommandation pour les profondeurs de 1,5 à 3 m.
- 4 = Des facteurs complémentaires tels que la formation en phase libre, les dangers d'explosion ainsi que les effets sur les infrastructures enfouies sont pris en compte

Tableau 4**Niveaux du 1^{er} volet (mg/kg de sol) pour les HCP dans les sous-sols à texture fine***

Utilisation du sol	Voies d'exposition	F1	F2	F3	F4	
		(C6-C10)	(> C10-C16)	(> C16-C34)	(> C34)	
Agricole	Contact direct (ingestion + contact cutané)	S.O.	S.O.	S.O.	S.O.	
	Inhalation de vapeurs (à l'intérieur, dans le sous-sol)	710	3 600	S.O.	S.O.	
	Inhalation de vapeurs (à l'intérieur, dalle sur terre-plein)	610	3 100	S.O.	S.O.	
	Protection de l'ES potable ¹	170	230	S.O.	S.O.	
	Protection de l'ES pour la vie aquatique ²	RES	RES	S.O.	S.O.	
	Protection de l'ES pour l'abreuvement du bétail ³	4 200	10 000	S.O.	S.O.	
	Cycle des substances nutritives	NC	NC	NC	NC	
	Contact avec le sol - écologique ⁴	S.O.	S.O.	S.O.	S.O.	
	Ingestion de sol - écologique	NC	NC	NC	NC	
	Produits du jardin, viande et lait	NC	NC	NC	NC	
	Limites aux fins de la gestion ⁵	800	1 000	3 500	10 000	
Résidentielle	Contact direct (ingestion + contact cutané)	S.O.	S.O.	S.O.	S.O.	
	Inhalation de vapeurs (à l'intérieur, dans le sous-sol)	710	3 600	S.O.	S.O.	
	Inhalation de vapeurs (à l'intérieur, dalle sur terre-plein)	610	3 100	S.O.	S.O.	
	Protection de l'ES potable ¹	170	230	S.O.	S.O.	
	Protection de l'ES pour la vie aquatique ²	RES	RES	S.O.	S.O.	
	Cycle des substances nutritives	NC	NC	NC	NC	
	Contact avec le sol - écologique ⁴	S.O.	S.O.	S.O.	S.O.	
	Produits du jardin	NC	NC	NC	NC	
	Limites aux fins de la gestion ⁵	800	1 000	3 500	10 000	
	Commerciale	Contact direct (ingestion + contact cutané)	S.O.	S.O.	S.O.	RES
		Inhalation de vapeurs (à l'intérieur)	4 600	23 000	S.O.	S.O.
Protection de l'ES potable ¹		170	230	S.O.	S.O.	
Protection de l'ES pour la vie aquatique ²		RES	RES	S.O.	S.O.	
Cycle des substances nutritives		NC	NC	NC	NC	
Contact avec le sol - écologique ⁴		S.O.	S.O.	S.O.	S.O.	
Migration hors du lieu contaminé		S.O.	S.O.	19 000	S.O.	
Limites aux fins de la gestion ⁵		800	1 000	5 000	10 000	
Industrielle	Contact direct (ingestion + contact cutané)	S.O.	S.O.	S.O.	S.O.	
	Inhalation de vapeurs (à l'intérieur)	4 600	23 000	S.O.	S.O.	
	Protection de l'ES potable ¹	170	230	S.O.	S.O.	
	Protection de l'ES pour la vie aquatique ²	RES	RES	S.O.	S.O.	
	Cycle des substances nutritives	NC	NC	NC	NC	
	Contact avec le sol - écologique ⁴	S.O.	S.O.	S.O.	S.O.	
	Migration hors du lieu contaminé	S.O.	S.O.	19 000	S.O.	
	Limites aux fins de la gestion ⁵	800	1 000	5 000	10 000	

* = Les critères relatifs au sous-sol reflètent les décisions prises pour une profondeur minimale de 3 mètres sous la surface du sol. Les autorités concernées pourront décider d'imposer des conditions concernant l'interprétation des tableaux relatifs au sous-sol.

S.O. = Sans objet. La valeur calculée dépasse 1 000 000 mg/kg, ou alors la voie est exclue.

RES = Formation de HCP résiduels. La valeur calculée dépasse 30 000 mg/kg et la limite de solubilité pour la fraction de HCP.

NC = Non calculé. Manque de données pour effectuer le calcul.

- 1 = Présume que le lieu repose sur une eau souterraine potable de qualité, d'un rendement suffisant (K de 10^{-4} cm/s ou plus).
- 2 = Présume que le plan d'eau de surface est à 10 m du lieu contaminé.
- 3 = Généralement applicable pour cette utilisation du sol lorsque associée à des fosses-réservoirs et à des puits pour alimenter le bétail en eau.
- 4 = Pour les profondeurs de 0 à 1,5 mètre, il faut tenir compte des voies d'exposition des récepteurs écologiques terrestres. Une limite établie aux fins de la gestion pour les HCP doit être appliquée à toutes les profondeurs en cas d'exclusion des voies d'exposition propres aux récepteurs écologiques. Le CCME n'énonce aucune recommandation pour les profondeurs de 1,5 à 3 m.
- 5 = Des facteurs complémentaires tels que la formation en phase libre, les dangers d'explosion ainsi que les effets sur les infrastructures enfouies sont pris en compte.

Tableau 5
Niveaux du 1^{er} volet (mg/kg de sol) pour les HCP dans les sous-sols à texture grossière*

Utilisation du sol	Voies d'exposition	F1	F2	F3	F4
		(C6-C10)	(>C10-C16)	(>C16-C34)	(>C34)
Agricole	Contact direct (ingestion + contact cutané)	S.O.	S.O.	S.O.	S.O.
	Inhalation de vapeurs (à l'intérieur, dans le sous-sol)	40	190	S.O.	S.O.
	Inhalation de vapeurs (à l'intérieur, dalle sur terre-plein)	30	150	S.O.	S.O.
	Protection de l'ES potable	240	320	S.O.	S.O.
	Protection de l'ES pour la vie aquatique ¹	970	380	S.O.	S.O.
	Protection de l'ES pour l'abreuvement du bétail ²	5 300	14 000	S.O.	S.O.
	Cycle des substances nutritives	NC	NC	NC	NC
	Contact avec le sol - écologique ³	S.O.	S.O.	S.O.	S.O.
	Ingestion de sol - écologique	NC	NC	NC	NC
	Produits du jardin, viande et lait	NC	NC	NC	NC
	Limites aux fins de la gestion ⁴	700	1 000	2 500	10 000
Résidentielle	Contact direct (ingestion de sol + contact cutané)	S.O.	S.O.	S.O.	S.O.
	Inhalation de vapeurs (à l'intérieur, sous-sol)	40	190	S.O.	S.O.
	Inhalation de vapeurs (à l'intérieur, dalle sur terre-plein)	30	150	S.O.	S.O.
	Protection de l'ES potable	240	320	S.O.	S.O.
	Protection de l'ES pour la vie aquatique ¹	1 800	600	S.O.	S.O.
	Cycle des substances nutritives	NC	NC	NC	NC
	Contact avec le sol - écologique ³	S.O.	S.O.	S.O.	S.O.
	Produits du jardin	NC	NC	NC	NC
	Limites aux fins de la gestion ⁴	700	1 000	2 500	10 000
Commerciale	Contact direct (ingestion de sol + contact cutané)	S.O.	S.O.	S.O.	S.O.
	Inhalation de vapeurs (à l'intérieur)	320	1 700	S.O.	S.O.
	Protection de l'ES potable	240	320	S.O.	S.O.
	Protection de l'ES pour la vie aquatique ¹	1 800	600	S.O.	S.O.
	Cycle des substances nutritives	NC	NC	NC	NC
	Contact avec le sol - écologique ³	S.O.	S.O.	S.O.	S.O.
	Migration hors du lieu contaminé	S.O.	S.O.	4 300	RES
	Limites aux fins de la gestion ⁴	700	1 000	3 500	10 000
Industrielle	Contact direct (ingestion de sol + contact cutané)	RES	RES	RES	RES
	Inhalation de vapeurs (à l'intérieur)	320	1700	S.O.	S.O.
	Protection de l'ES potable	240	320	S.O.	S.O.
	Protection de l'ES pour la vie aquatique ¹	1 800	600	S.O.	S.O.
	Cycle des substances nutritives	NC	NC	NC	NC
	Contact avec le sol - écologique ³	N/A	N/A	N/A	N/A
	Migration hors du lieu contaminé	S.O.	S.O.	4 300	RES
	Limites aux fins de la gestion ⁴	700	1 000	3 500	10 000

* = Les critères relatifs au sous-sol reflètent les décisions prises pour une profondeur minimale de 3 mètres sous la surface du sol. Les autorités concernées pourront décider d'imposer des conditions concernant l'interprétation des tableaux relatifs au sous-sol.

S.O. = Sans objet.

RES = Formation de HCP résiduels. La valeur calculée excède 30 000 mg/kg et la limite de solubilité pour la fraction de HCP.

NC = Non calculé. Manque de données pour effectuer le calcul.

1 = Présume que le plan d'eau de surface est à 10 m du lieu contaminé.

2 = Comprend l'utilisation de fosses-réservoirs et de puits pour alimenter le bétail en eau.

3 = Pour les profondeurs de 0 à 1,5 mètre, il faut tenir compte des voies d'exposition des récepteurs écologiques terrestres. Une limite établie aux fins de la gestion pour les HCP doit être appliquée à toutes les profondeurs en cas d'exclusion des voies d'exposition propres aux récepteurs écologiques. Le CCME n'énonce aucune recommandation pour les profondeurs de 1,5 à 3 m.

4 = Des facteurs complémentaires tels que la formation en phase libre, les dangers d'explosion ainsi que les effets sur les infrastructures enfouies sont pris en compte

Section 2 : Cadre d'évaluation et de gestion des lieux contaminés aux HCP à trois volets

Le présent cadre est une synthèse des cadres d'évaluation et de gestion des lieux contaminés de l'American Society for Testing and Materials (ASTM, 1995) et du CCME (2006a), qui incorpore les volets suivants : 1) l'application des niveaux génériques (nationaux) du 1^{er} volet qui protègent la santé humaine et l'environnement; 2) les ajustements aux niveaux du 1^{er} volet en fonction du lieu afin de calculer des niveaux de 2^e volet qui tiennent compte des caractéristiques uniques du lieu et 3) les niveaux de 3^e volet, qui seront établis à partir d'une évaluation des risques pour la santé humaine ou l'environnement spécifiques au lieu, lorsque les hypothèses inhérentes aux valeurs du 1^{er} volet ne sont pas pertinentes pour un lieu donné. Le niveau de protection offert et les principes directeurs fondamentaux sont maintenus d'un bout à l'autre de ce processus à trois volets. La méthode à trois volets permet simplement d'accroître le niveau de précision de l'évaluation d'un lieu contaminé, en tenant compte des caractéristiques particulières au lieu. Dans le cadre de l'application du SP-HCP, il importe également de recommander une méthode d'analyse de la contamination des sols aux HCP qui soit conforme aux niveaux de qualité des sols ambiants et qui en permette l'application.

Le SP a pour but de promouvoir un niveau élevé et uniforme de protection de la santé humaine et de l'environnement, grâce à l'assainissement des lieux contaminés. Néanmoins, lors du calcul d'un niveau particulier à un lieu donné aux 2^e et 3^e volets, les décisions prises peuvent être si spécifiques (p. ex., la distance à un immeuble) que l'apport de modifications, même mineures, à une utilisation spécifique du terrain (c.-à-d. le déménagement d'une maison, son agrandissement ou l'ajout d'une nouvelle maison sur un terrain situé dans une zone résidentielle) peut avoir une incidence sur la protection que fournit le niveau de qualité recommandé pour les sols ambiants. Le niveau de qualité recommandé pour les sols ambiants devrait être considéré comme propre à protéger un lieu donné *sans conditions* uniquement dans le cas des caractéristiques stables d'un lieu (la profondeur de la nappe phréatique, p. ex.), qui ne changeront pas en fonction des modifications apportées à l'utilisation du terrain, ou encore dans le cas de l'utilisation des niveaux du 1^{er} volet. Autrement, des *conditions* peuvent être associées à la gestion du lieu contaminé (p. ex., la surveillance, des limites à l'utilisation du terrain, l'utilisation de l'eau souterraine). Dans les cas où des contrôles techniques ou institutionnels sont utilisés pour maintenir les risques à des niveaux acceptables, la fermeture du lieu pourrait également être conditionnelle (c.-à-d. nécessiter une surveillance).

Caractérisation du lieu

L'objectif de la caractérisation d'un lieu est de décrire adéquatement les conditions du lieu afin de déterminer les options d'évaluation et de gestion.

Dans le cadre de l'évaluation prévue au présent SP, les exigences minimales en matière de données sont les suivantes :

- la description du lieu (emplacement, dimensions, etc.);
- l'utilisation du terrain – historique, existante et prévue – et les utilisations potentielles du terrain et des terrains voisins, incluant la présence/l'absence d'habitats sauvages critiques;

- la proximité de l'eau de surface et de réserves d'eau potable (présence et nature de tout habitat aquatique ou marin à proximité);
- la profondeur de la nappe phréatique (mesurée ou déduite à partir de relevés);
- les récepteurs humains;
- les récepteurs écologiques;
- les voies d'exposition directe;
- la stratigraphie et les propriétés des matières de surface (spécialement la texture des sols);
- la profondeur de la contamination et la distance des points d'exposition / de conformité;
- l'environnement aménagé – la présence et le type d'immeubles, les corridors et les conduits des services publics;
- la caractérisation et la délimitation de la contamination (incluant la présence ou la présence soupçonnée de fluides non aqueux), au besoin, aux fins de comparaison avec les niveaux pour la qualité des sols du 1^{er} volet, dans le cas des HCP, et avec les recommandations pour la qualité des sols, dans le cas d'autres contaminants d'intérêt. Des directives concernant les méthodes d'analyse pertinentes dans le cadre de l'application du standard relatif aux HCP sont présentées dans CCME (2001b).

Évaluation et gestion du 1^{er} volet

On recueille et analyse l'information susmentionnée pour déterminer si le lieu contaminé correspond généralement à l'une ou l'autre des quatre catégories d'utilisation du terrain. S'il ne correspond à aucune de ces utilisations ni à une variante hybride de ces utilisations, il doit être traité au 3^e volet.

En supposant que le lieu se prête à une évaluation générique, les concentrations des fractions pertinentes de HCP sont déterminées et comparées aux niveaux de référence appropriés du 1^{er} volet afin d'identifier tout dépassement. Il est très important de recueillir les données de base de la caractérisation du lieu, sinon l'enquêteur risque de mal interpréter les tableaux de référence et d'occasionner des erreurs de gestion. Par exemple, le 1^{er} volet prévoit des niveaux pour les sols à texture grossière et fine. En l'absence d'information sur la texture du sol, il est possible de sous-gérer la contamination en appliquant les valeurs du 1^{er} volet visant les terrains à texture fine à des terrains à texture grossière, ou encore de « surgérer » la contamination en appliquant les valeurs du 1^{er} volet visant les terrains à texture grossière à des terrains à texture fine. Le promoteur a donc avantage à posséder de l'information sur la texture du sol, car s'il n'en a pas, l'organisme de réglementation pourrait insister sur l'utilisation de la valeur par défaut la plus stricte.

Si aucun dépassement n'est détecté lors de l'évaluation du 1^{er} volet, l'enquête cesse et le lieu peut être déclaré conforme au SP-HCP. À l'opposé, si des dépassements sont observés, il y a deux solutions. La première solution est l'assainissement du lieu par l'élimination des dépassements. La seconde est de colliger des données additionnelles sur le lieu contaminé afin de faire une meilleure estimation de l'exposition et du risque dans le cadre d'une évaluation du 2^e volet. À la suite de l'évaluation, on pourrait conclure que le lieu doit faire l'objet d'une gestion moins rigoureuse, qui n'exige « aucune mesure d'action supplémentaire ». Le choix de la solution dépendra d'un certain nombre de facteurs, notamment des concentrations et de l'étendue de la contamination aux HCP, de la limitation des voies d'exposition, des caractéristiques

physiques du site, de la disponibilité et du coût de la technologie ainsi que des besoins en matière de réduction de la responsabilité.

En règle générale, il incombe au promoteur d'identifier et de prendre des mesures à l'égard de tous les facteurs inhérents au lieu contaminé ou aux récepteurs susceptibles d'accroître l'exposition ou le risque à un niveau supérieur à celui prévu au scénario d'exposition du 1^{er} volet; l'existence de tels facteurs rend habituellement nécessaire une évaluation du 2^e ou du 3^e volet. Parmi ces facteurs, on peut mentionner (sans en exclure d'autres) les suivants :

- contamination dans un rayon de 30 cm des fondations d'un immeuble;
- contamination à une distance de 10 m d'un plan d'eau de surface;
- conductivité hydraulique de beaucoup supérieure à 10^{-5} m/s;
- contamination dans la roche-mère fracturée;
- récepteurs écologiques hautement sensibles ou de grande valeur socio-économique;
- fréquence d'exposition des humains ou des récepteurs écologiques plus grande que la normale.

Évaluation et gestion du 2^e volet

Dans le cadre du 1^{er} volet, on a formulé des hypothèses raisonnablement conservatrices concernant les facteurs de contamination du lieu, les récepteurs et les contaminants pour s'assurer que l'assainissement en fonction des niveaux établis atteindra les objectifs de gestion de l'environnement. Dans le cas des lieux contaminés individuels, il est souvent avantageux de remplacer les hypothèses émises par défaut par des données réelles sur certains paramètres déterminants. L'évaluation du 2^e volet décrit ces procédures. De plus, il est possible de réduire l'utilisation des modèles en remplaçant les prévisions des modèles par des mesures relevées au point d'exposition ou près du point d'exposition.

Les options techniques du 2^e volet ne sont pas illimitées. Les procédures approuvées pour le 2^e volet doivent satisfaire à plusieurs critères, notamment les suivants :

1. Les procédures doivent être basées sur des facteurs influençant l'exposition, qui peuvent être mesurés et vérifiés.
 - Dans le cadre des évaluations, il ne faut pas s'encombrer d'information technique sur des facteurs qui ont peu d'influence sur la décision de gestion.
 - Les paramètres et les hypothèses doivent être modifiés en fonction de données qui peuvent être mesurées et confirmées relativement facilement, s'il y a lieu.
2. Elles doivent permettre de prendre des décisions claires sur l'utilisation du terrain et de l'eau.
 - Il convient de déterminer clairement les conséquences de tout ajustement sur le plan de la gestion future du lieu contaminé.
 - L'objectif est de conserver ou de récupérer le maximum d'options en matière d'utilisation du terrain et de l'eau – lorsque les options sont restreintes, il faut expliquer clairement la situation aux parties concernées.
3. Elles doivent assurer la clarté et la simplicité de l'évaluation.
 - Les parties concernées, y compris les organismes de réglementation, exigent que les évaluations du 2^e volet puissent être examinées et approuvées sans

investissements majeurs. Cela signifie, pour les intervenants autres que les organismes de réglementation, un délai d'examen plus court et des transactions foncières plus efficaces.

Pris ensemble, ces critères signifient que les procédures du 2^e volet applicables à la *protection de la santé humaine* mettront l'accent sur des aspects relativement stables du lieu et des contaminants et sur la façon dont ces mêmes aspects influencent l'exposition le long des « voies d'exposition secondaires » où il y a transport de HCP (principalement l'exposition par inhalation et l'ingestion d'eau souterraine contaminée). *Les caractéristiques des récepteurs, notamment le poids corporel, le rythme de la respiration et le temps passé dans le lieu, ne peuvent pas faire l'objet de modifications au 2^e volet puisqu'elles ne peuvent être ni prédites ni contrôlées d'une manière générique. La modification des caractéristiques de l'exposition (par exemple, le temps passé au site) devrait normalement entraîner l'application de restrictions au site et générer des responsabilités permanentes en matière de gestion du site, ce que les organismes de réglementation n'approuveront pas nécessairement au 2^e volet.*

L'application des critères susmentionnés aux fins de la protection de l'environnement indique que les voies d'exposition secondaires (p. ex., le transport de HCP jusqu'à un plan d'eau adjacent) peuvent être traitées, de même que les facteurs qui influencent la biodisponibilité des HCP pour les organismes vivant dans le sol. *Comme c'est le cas pour la protection de la santé humaine, les modifications aux scénarios d'exposition qui modifient le comportement, la distribution ou l'abondance des récepteurs écologiques ne sont pas effectuées dans le 2^e volet. Ces modifications imposent généralement des limites sur le plan de l'utilisation du terrain et des responsabilités continues en matière de gestion des risques. Si nécessaire, il est préférable d'apporter ces modifications au 3^e volet.*

La section suivante décrit les principales sources de données pertinentes pour le 2^e volet et explique comment appliquer ces données à la gestion du site au 2^e volet. Il convient de mentionner qu'aucune procédure d'ajustement continu n'est prévue pour les combinaisons voie/récepteur où l'incorporation de données ou de facteurs qualitatifs ou semi-quantitatifs (par exemple les niveaux de gestion) repose sur un jugement professionnel. À titre d'exemple, aucun ajustement n'est prévu dans le cas du contact direct chez les récepteurs écologiques. Dans ce cas, la solution de rechange est de reproduire la série d'essais biologiques utilisée dans le cadre de l'élaboration des standards du 1^{er} volet, en utilisant les sols du lieu contaminé en cause et des échantillons représentatifs des groupes d'organismes; cela constitue normalement une procédure du 3^e volet.

PROCÉDURES TECHNIQUES BASÉES SUR LES DONNÉES

Les procédures suivantes peuvent être appliquées sans entraîner de restriction à l'utilisation du sol et de l'eau. Le détail de ces procédures est fourni dans CCME (2007b).

- a) Mouvement de poussières hors-site (utilisation industrielle du terrain seulement)

- Les niveaux du 1^{er} volet applicables aux sols de surface en terrain à vocation industrielle sont assortis d'une vérification de l'érosion / des dépôts destinée à protéger tout terrain adjacent fragile. En l'absence d'un tel terrain, la vérification peut être supprimée.
- b) Fraction de carbone organique dans les sols
La fraction de carbone organique dans le sol est déterminée par analyse chimique et le résultat est inséré dans le modèle de partition utilisé dans les modèles de transport de vapeurs et de solutés.
 - c) Profondeur/Distance de la contamination
Cette distance est importante pour déterminer les concentrations de F1 et de F2 dans le sol qui protégeront les espaces clos contre l'intrusion de vapeurs. L'information est recueillie grâce à un échantillonnage en profondeur et à une analyse menée lors des évaluations de routine. L'exposition attribuable à l'infiltration de vapeurs peut être exclue pour les distances supérieures à 30 m, à moins qu'il existe des facteurs empêchant ce phénomène à des distances moindres, par exemple la faible perméabilité de la surface ou la présence de voies de migration préférentielles entre la source et l'emplacement du récepteur. Néanmoins, la décision de ne pas tenir compte de cette voie d'exposition, si elle se fonde uniquement sur des critères de distance, peut entraîner des restrictions quant à l'utilisation du terrain.
 - d) Conductivité et gradient hydrauliques
Ces paramètres influencent le mouvement latéral des HCP dans l'eau souterraine. Les paramètres du modèle de mélange / de dilution choisis par défaut peuvent être remplacés par des mesures ou des estimations propres au lieu contaminé.
 - e) Recharge hydraulique
Ce paramètre affecte le degré de dilution du lixiviat dans l'eau souterraine et est calculé pour assurer la protection de l'environnement canadien en général. Les régions recevant peu de précipitations et ayant un haut taux d'évapotranspiration auront un degré de dilution plus favorable. Le taux de recharge peut être calculé à partir des données locales de précipitation, d'évapotranspiration et de ruissellement.
 - f) Distance horizontale entre la source de contamination et le plan d'eau de surface en aval
Cette distance est spécifiée par défaut dans le modèle de l'eau souterraine; elle peut être remplacée par des données propres au lieu contaminé.
 - g) Observations des points d'exposition dans l'air du sol et dans l'eau souterraine
Dans le 1^{er} volet, l'exposition intérieure potentielle est basée sur une atténuation modélisée des vapeurs provenant d'une source située à proximité, dans le sol. Si on dispose d'information sur les concentrations réelles de vapeur dans l'espace poral du sol, alors une relation de dilution plus simple peut être utilisée pour calculer l'exposition intérieure potentielle. Ces mesures doivent s'appuyer sur la preuve que les concentrations de vapeur mesurées n'augmenteront pas avec le temps. De même, dans le 1^{er} volet, on effectue des calculs d'évaluation à l'aide d'un modèle de dilution simple, afin d'estimer les concentrations dans le sol propres à protéger l'eau souterraine. Les observations sur l'eau souterraine représentent le meilleur type d'information, pourvu que l'on puisse prouver que les concentrations mesurées n'augmenteront pas avec le temps. On trouve davantage d'information sur l'utilisation des mesures de la vapeur dans le sol et de variables relatives à l'eau souterraine dans le guide d'utilisation (CCME, 2007b).
 - h) Proportion réelle des sous-fractions du TPHCWG en masse selon les résultats de l'analyse particulière au lieu contaminé (%)

Le rapport hypothétique 80/20 pour les hydrocarbures aliphatiques/aromatiques peut être remplacé par de l'information propre au lieu contaminé. De plus, l'équilibre entre les sous-fractions de chaînes carbonées de diverses longueurs peut être modifié.

- i) La profondeur de l'eau souterraine et les dimensions des sources
- Le modèle décrivant le mouvement des HCP du sol vers l'eau souterraine jusqu'à un point d'exposition inclut la distance, en profondeur, entre la source de contamination du sol et l'eau souterraine. L'hypothèse émise par défaut suppose que le sol contaminé s'étend jusqu'à un aquifère libre. La distance de séparation et les dimensions de la source peuvent être modifiées par des mesures propres au lieu contaminé.

Il est essentiel d'obtenir des données adéquates à l'appui de toute modification au 2^e volet. On trouve davantage d'information sur les exigences en matière de données et sur les méthodes appropriées pour déterminer les paramètres du modèle dans le guide d'utilisation (CCME, 2007b).

D'autres procédures peuvent être acceptables dans le 2^e volet, selon la juridiction. Les éléments suivants peuvent toutefois limiter l'application de procédures additionnelles :

- trop complexes sur le plan technique pour être considérées dans le 2^e volet (appropriées pour le 3^e volet);
- l'ajustement modifie les objectifs de gestion des risques et demande une gestion des risques hors-site;
- le mécanisme d'ajustement n'est pas pleinement éprouvé ni démontré.

Certaines procédures peuvent être acceptables au 2^e volet, mais risquent d'être affectées par les contraintes pratiques énumérées ci-dessus. Ces procédures sont les suivantes :

- a) La présence de composés volatils dans les gaz souterrains suivant l'application de la Loi de Raoult
- L'information sur les concentrations de HCP dans toutes les fractions présentes peut être utilisée afin d'estimer un fractionnement plus réaliste des HCP volatils parmi les solides du sol, l'humidité du sol, l'air dans le sol et les HCP résiduels. La caractérisation analytique doit être effectuée dans la zone de contamination maximale. Les concentrations recalculées de HCP en phase vapeur sont insérées dans le modèle de transport des vapeurs.
- b) Point de conformité pour la protection des eaux souterraines à l'extérieur de la limite de propriété
- On utilise des modèles dynamiques advectifs-dispersifs de transport de l'eau souterraine et des mesures de surveillance pour justifier la gestion du panache de HCP débutant en un lieu donné et s'étendant à un autre. Le propriétaire de la propriété en aval doit accepter de ne pas utiliser l'eau souterraine à certaines fins tant que la situation persiste.

En général, l'information particulière à un lieu contaminé aux HCP, lorsqu'elle porte sur la voie principale d'exposition, permet de créer une « marge de sécurité » pour le promoteur. Les données propres au lieu portant sur les voies d'exposition non limitatives peuvent faciliter la compréhension de la solution de gestion, mais ne la modifient en rien.

La gestion de 2^e volet peut entraîner des considérations en matière de gestion du risque, qui ont pour effet de rendre les parties responsables de la surveillance, de la protection et du contrôle du lieu contaminé et, éventuellement, de nécessiter des mesures de contrôle techniques et/ou institutionnelles. La nécessité de telles mesures dépend de nombreux facteurs, comme nous le verrons plus loin.

3^e volet : évaluation des risques propres au lieu

Dans certains cas, une évaluation du risque écologique (ÉÉRÉ) et/ou une évaluation du risque pour la santé humaine (ERSH) peuvent être justifiées. L'évaluation du risque est un processus important pour évaluer et prévoir l'impact actuel et potentiel de substances toxiques et d'autres perturbations sur l'écosystème et ses composantes (c.-à-d. les espèces, les populations, les collectivités), y compris la santé humaine.

En comparaison des recommandations pour la qualité de l'environnement, l'évaluation du risque est une méthode complexe et exigeante lorsqu'il s'agit d'établir des objectifs d'assainissement particuliers à un lieu donné. Le devenir et le comportement des contaminants ainsi que l'exposition aux contaminants peuvent faire l'objet de différentes descriptions. Tous les modèles applicables au lieu en cause doivent être étalonnés et validés. Il convient d'effectuer une évaluation du risque propre au lieu lorsque, par exemple, les objectifs basés sur les recommandations (c.-à-d. les niveaux du 1^{er} et du 2^e volets qui ont été modifiés afin de tenir compte des facteurs propres au lieu) ne sont pas adaptés à l'usage qui est fait du lieu contaminé, lorsque les objectifs basés sur les recommandations ne conviennent pas compte tenu des conditions propres au lieu, lorsque des récepteurs d'intérêt significatifs ou sensibles ont été identifiés ou encore lorsque la situation suscite de grandes préoccupations chez le public.

Plusieurs cadres d'évaluation du risque élaborés au Canada (par exemple, CCME, 1996b; Santé Canada, 2006; BC MELP, 1993, 1998) sont pertinents pour l'évaluation et la gestion des lieux contaminés par le pétrole. Ces cadres ont plusieurs éléments en commun, notamment la formulation du problème / la caractérisation des récepteurs, l'évaluation de l'exposition et du risque / de la toxicité ainsi que la caractérisation des risques.

Le Cadre pour l'évaluation du risque écotoxicologique au Canada (CCME, 1996b) fournit une base cohérente pour aborder ce processus potentiellement complexe. Le cadre fournit des directives, qui permettent de déterminer, grâce à une série de questions et d'autres facteurs pertinents, s'il y a lieu d'effectuer une évaluation du risque écotoxicologique (ÉÉRÉ). De plus, il décrit les principaux points à considérer et les principales étapes à franchir lors de la planification et de l'exécution d'une ÉÉRÉ, depuis l'établissement des buts et des objectifs initiaux jusqu'à la production de rapports sur les résultats, en passant par la sélection des seuils d'effets et d'évaluation appropriés.

Dans la grande majorité des cas, on procède à une évaluation du risque propre à un lieu contaminé parce que l'assainissement du lieu est contrecarré par des obstacles techniques ou socio-économiques. Cela signifie que la méthode de gestion du risque proposée a généralement recours à des mesures de contrôle techniques et/ou institutionnelles pour gérer l'exposition. De telles mesures de contrôle sont nécessaires lorsque les parties concernées par un lieu contaminé (propriétaires, exploitants, propriétaires de terrains adjacents) doivent modifier leur activité ou

annoncent qu'elles ne prendront pas de mesures ultérieures pour empêcher l'exposition (p. ex., l'installation et l'entretien de pare-vapeurs, le non-usage de l'eau souterraine).

Analyse de confirmation

Une fois que l'on a choisi une méthode (1^{er}, 2^e ou 3^e volet) et convenu des niveaux de contamination du sol aux HCP, il convient de fournir des données d'analyse pour prouver que les concentrations visées ont été atteintes.

Section 3 : Analyse socio-économique

2001

L'Analyse socio-économique du standard pancanadien relatif aux hydrocarbures pétroliers dans le sol tient compte du fait que l'application des standards du 1^{er} volet assurera la protection de la santé humaine et de l'environnement. L'analyse socio-économique est une analyse des coûts associés à l'application des standards, qui présume que tous les lieux contaminés aux HCP, peu importe l'échelle et la gravité de la contamination, seront remis en état en fonction des niveaux du 1^{er} volet. Dans la pratique, les lieux contaminés de plus grande dimension et plus gravement touchés par la contamination sont abordés dans le cadre des 2^e et 3^e volets.

L'analyse socio-économique a été entreprise parallèlement à d'autres travaux scientifiques effectués pour le compte du Comité d'élaboration (CÉ) sur les HCP. L'examen des impacts socio-économiques, effectué dans le cadre de l'analyse, s'inspire directement des travaux sur la santé humaine et sur l'écotoxicité du CÉ. Le CÉ a préparé des recommandations pour des standards provisoires, qui se fondent sur ces travaux parallèles et sur les connaissances acquises lors de l'analyse socio-économique. Par conséquent, le CÉ a fourni un ensemble de « valeurs de base » pour quatre catégories d'utilisation du terrain (agricole, résidentielle, commerciale, et industrielle), deux textures de sol (grossière et fine) et des conditions qui incluaient ou excluaient la protection de l'eau souterraine. Ces valeurs représentent des estimations approximatives de standards qui, selon les analyses préliminaires, devraient protéger la santé humaine et l'environnement. Pour estimer les coûts associés à l'assainissement des sols (en volume) en fonction des valeurs de base, on a supposé l'emploi de technologies courantes et efficaces. L'analyse socio-économique traite de la variation du rapport coûts-avantages en fonction de différents niveaux de protection, en supposant des valeurs équivalentes à cinq fois la valeur de base (c.-à-d. moins stricte) et à un cinquième de la valeur de base (plus stricte). Le Comité d'élaboration a déclaré clairement que les valeurs de base n'avaient aucune valeur réglementaire et qu'il ne fallait pas penser que ces valeurs étaient plus susceptibles que d'autres d'être recommandées aux ministres de l'environnement à titre de standards.

Dans le cadre de l'analyse socio-économique, on a examiné 11 scénarios de contamination du sol, qui couvrent la plupart des situations touchant les secteurs en amont, en aval et de post-consommation. En outre, on a considéré les volumes caractéristiques de contamination associés à chaque scénario. On a ensuite estimé les coûts associés à l'assainissement de ces volumes de sol contaminé en supposant l'emploi de technologies courantes et efficaces. Dans le cadre de chaque scénario, les volumes de sol à assainir ont été déterminés en fonction de la combinaison la plus pertinente des facteurs suivants : l'utilisation du terrain, la texture du sol et le besoin potentiel en matière de protection des eaux souterraines.

L'analyse socio-économique s'est également penchée sur les avantages potentiels associés à l'application des SP. Elle n'a pas attribué de valeur économique aux avantages pour la santé, mais elle a estimé la valeur monétaire de certaines catégories d'avantages, notamment la réduction des dommages agricoles et l'augmentation de la valeur des terrains. Il n'a pas été possible d'attribuer une valeur monétaire à certains impacts écologiques, notamment la réduction potentielle de la capacité à cultiver des plantes non agricoles ou les effets sur la faune vivante

dans le sol, qui avaient fait l'objet d'une évaluation scientifique au sein du CÉ ou du Groupe consultatif technique sur l'écologie.

Conclusions fondamentales

L'analyse confirme qu'il existe une différence significative entre les coûts d'assainissement associés aux valeurs de base et les coûts associés à des standards plus stricts ou moins stricts que les valeurs de base. La fourchette de coûts s'étend de plusieurs milliards à quelques dizaines de milliards de dollars. Le tableau ci-dessous présente les coûts estimés pour l'assainissement de tous les lieux contaminés en fonction de chacun des trois niveaux de protection, selon différents échéanciers d'assainissement. Le premier échéancier (nettoyage immédiat de tous les lieux contaminés aux HCP) n'est pas réaliste, mais permet de mettre les autres échéanciers en perspective.

	<u>moins strict</u>	<u>valeur de base</u>	<u>plus strict</u>
Tous immédiatement (milliards \$)	7,8	15,6	22,8
10 % des lieux/an pendant 10 ans (MM \$)	6,0	12,1	17,6
10 %/an pendant 5 ans, reste différé (MM \$)	4,9	9,7	14,2

Les coûts différentiels associés au passage de la valeur la moins stricte à la valeur de base et de la valeur de base à la valeur la plus stricte sont indiqués ci-dessous.

	De la valeur la moins stricte à la valeur de base	De la valeur de base à la valeur la plus stricte
Tous immédiatement (milliards \$)	7,8	7,2
10 % des lieux/an pendant 10 ans (MM \$)	6,1	5,5
10 %/an pendant 5 ans, reste différé (MM \$)	4,8	4,5

Les coûts ont été actualisés en fonction d'un taux d'escompte public (5 %). Le rythme des travaux d'assainissement a une grande influence sur les coûts.

Il a été possible d'estimer la valeur monétaire de certaines catégories d'avantages. Parmi ces catégories, mentionnons les suivantes : les dommages agricoles susceptibles d'être évités (la valeur des récoltes), l'augmentation de la valeur d'une propriété par suite de l'assainissement du sol, la dépréciation de certains terrains à vocation résidentielle évitée (les effets de la contamination aux HCP sur la valeur des terrains résidentiels adjacents) et la valeur d'option des nouveaux terrains (une préférence sociale pour le nettoyage d'un lieu contaminé plutôt que pour l'aménagement d'un terrain non encore aménagé).

Les valeurs monétaires estimées des avantages sont les suivantes :

	<u>moins strict</u>	<u>valeur de base</u>	<u>plus strict</u>
Tous immédiatement (milliards \$)	3,4	5,7	9,5
10 % des lieux/an pendant 10 ans (MM \$)	2,7	4,5	7,4
10 %/an pour 5 ans, reste différé (MM \$)	2,2	3,6	6,0

Ces valeurs monétaires ne tiennent pas compte des avantages pour la santé ni des avantages en matière de protection de l'environnement.

Le rapport entre les « avantages monétaires » et les coûts monétaires est d'environ 40 %, bien qu'on note certaines variations (de 0,37 : 1 à 0,45 : 1), selon le taux d'assainissement et la rigueur du standard.

Il est possible de présenter les coûts et les avantages monétaires selon leur distribution géographique au Canada.

	<u>% coûts</u>	<u>% avantages monétaires</u>
Ouest (C.-B., Alb., Sask.)	70	27
Est	23	69
Nord	5	4

Cette ventilation géographique n'inclut pas les avantages pour la santé humaine; s'ils étaient inclus, ils seraient répartis par région, suivant une proportion pratiquement équivalente à celle de la population totale.

Dans la plupart des scénarios de contamination examinés, on a présumé que l'assainissement d'un lieu contaminé en fonction de l'une ou l'autre des trois valeurs (valeur de base, moins stricte et plus stricte) protégerait la santé humaine. Dans certains cas, cependant, la marge de sécurité (basée sur les travaux du CÉ concernant la santé humaine) associée aux valeurs les moins strictes peut sembler petite. Ces marges de sécurité étant conservatrices, il est fort probable qu'elles protègent la santé humaine, même si elles sont petites.

Ces analyses ont été effectuées en présumant que les valeurs du 1^{er} volet s'appliquent à la pleine profondeur de la contamination. Selon l'utilisation du terrain, la texture du sol, la fraction de HCP et la profondeur, les valeurs finales du 1^{er} volet recommandées par le Comité d'élaboration diffèrent plus ou moins des valeurs de base. Dans l'ensemble, les niveaux du 1^{er} volet tendent à se situer entre les valeurs de base et la valeur la plus stricte.

Il est très important de prendre note que l'analyse socio-économique porte uniquement sur l'application des niveaux du 1^{er} volet. En règle générale, les 2^e et 3^e volets sont utilisés dans les cas, nombreux, où la contamination des lieux est plus complexe, compte tenu que l'utilisation de données particulières aux lieux permet souvent de prendre des décisions plus éclairées. En outre, l'emploi de données particulières aux lieux entraîne souvent des coûts d'assainissement inférieurs à ceux découlant de l'application des standards du 1^{er} volet. La réduction des coûts associée à l'application des standards du 2^e ou du 3^e volet n'est pas encore quantifiée (principalement parce que la proportion de lieux contaminés qui sera traitée à chacun des trois niveaux dépendra de l'apport des parties concernées et de l'approbation des organismes de réglementation), mais cette réduction est susceptible d'être appréciable.

Examen de 2007

Une analyse socio-économique de la version révisée du standard pancanadien relatif aux hydrocarbures pétroliers dans le sol a été entreprise en vue d'évaluer les coûts directs des mesures d'assainissement et les coûts et les avantages socio-économiques connexes découlant de l'assainissement de tous les lieux contaminés aux HCP conformément aux niveaux du 1^{er} volet du SP-HCP. Cette analyse présume que tous les lieux contaminés aux HCP, peu importe l'échelle et la gravité de la contamination, seront remis en état en fonction des niveaux du 1^{er} volet. Dans la pratique, les lieux contaminés de plus grande dimension et plus gravement touchés par la contamination seront abordés dans le cadre des 2^e et 3^e volets.

L'analyse socio-économique portait sur les valeurs numériques proposées du 1^{er} volet établies au terme de l'examen quinquennal du standard. Bien que des facteurs socio-économiques qualitatifs comme la capacité pratique d'atteindre les objectifs de gestion environnementale et le niveau de protection de la santé humaine et de l'environnement aient été pris en compte dans l'évaluation des incertitudes relevées durant l'établissement des valeurs révisées du 1^{er} volet, une analyse quantitative a été entreprise subséquemment pour évaluer les coûts globaux découlant de l'application du standard et les conséquences financières de l'abandon des niveaux originaux de 2000 au profit des valeurs révisées de 2007. L'analyse des coûts et des avantages socio-économiques a été menée à bien principalement de façon qualitative.

Une analyse socio-économique a été réalisée précédemment dans le cadre de l'élaboration de la version 2000 du standard. Les résultats de la présente analyse n'ont pas été comparés directement à ceux de l'analyse précédente, car des sources de données différentes ont été utilisées pour estimer les exigences et les coûts liés à l'assainissement des lieux contaminés par des HCP. Bon nombre des considérations socio-économiques générales examinées au cours de l'analyse précédente demeurent valides. Les principaux objectifs de la présente analyse consistaient toutefois à obtenir des estimations à jour des obligations globales des divers secteurs industriels canadiens relatives à l'assainissement des lieux contaminés par les HCP et d'évaluer l'impact des modifications proposées, en termes de différence de coût d'assainissement, en se fondant sur des données récentes propres aux sites représentatives des conditions de contamination aux HCP selon le type d'établissement et les secteurs industriels.

La présente analyse a été réalisée sous la direction du Groupe de travail sur les recommandations pour la qualité des sols (GTRQS) en consultation avec l'Association canadienne des producteurs pétroliers (ACPP) et l'Institut canadien des produits pétroliers (ICPP). Vingt-deux scénarios distincts correspondant à diverses combinaisons de type d'établissement, de mode d'utilisation du terrain, de texture du sol et de mode d'utilisation des eaux souterraines jugées représentatives des conditions les plus fréquemment observées au Canada dans les sites contaminés par les HCP ont été considérés aux fins de l'analyse. Les sociétés membres de l'ACPP et de l'ICPP ont été invitées à participer à cet exercice en soumettant des données sur les volumes de sol contaminés (déterminés en fonction des niveaux proposés en 2000 et en 2007) obtenues de sites conformes aux scénarios retenus. Des données sur le sol provenant de 90 sites ont été utilisées pour la constitution d'environ 340 ensembles de données représentant 22 scénarios. Ces ensembles de données, combinés aux données de l'industrie sur les coûts d'assainissement, ont permis d'estimer les montants requis aux fins de l'application des standards de 2000 et de 2007 selon différents scénarios.

Prenant en compte les différences géographiques et les variations propres aux différents secteurs industriels des conditions reflétées par les différents scénarios, l'analyse a permis de déterminer pour chaque scénario les exigences et les coûts d'assainissement à l'échelle régionale et de regrouper ces données par secteur industriel et à l'échelle nationale en vue de déterminer le coût global des mesures requises pour nettoyer tous les sites actuellement contaminés par des HCP selon les standards de 2000 et de 2007. On a ensuite comparé les coûts totaux ainsi estimés aux données de l'industrie relatives aux mesures d'assainissement pour déterminer la capacité de l'industrie de nettoyer les sites contaminés et d'évaluer les échéanciers requis pour ce faire. Les retombées des mesures d'assainissement, non seulement pour le secteur de l'assainissement mais aussi pour les exploitants, les propriétaires fonciers, les municipalités et les particuliers, ont été prises en compte, essentiellement de façon qualitative.

Les résultats de l'analyse socio-économique indiquent que les modifications proposées au SP-HCP en 2007 auront un impact relativement faible sur les coûts totaux d'assainissement des sites contaminés par des HCP au Canada. L'application de ces modifications devraient faire grimper les coûts totaux d'assainissement pour tous les secteurs industriels confondus, en dollars constants de 2006, de 40,1 à 40,6 milliards de dollars, ce qui équivaut à une augmentation d'environ 1,4 %. Les coûts d'assainissement des sites des secteurs en amont représentent environ 82 % des coûts totaux et devraient augmenter légèrement (1,0 %). Les coûts d'assainissement des sites des secteurs en aval et autres sites représentent respectivement 6 % et 12 % des coûts totaux; on s'attend à ce que ces coûts augmentent de 2,6 % et de 3,1 %, respectivement.

La très faible augmentation des coûts d'assainissement des sites des secteurs en amont est attribuée à une augmentation des critères visant la fraction F3 et à une réduction des critères visant la fraction F2 pour un certain nombre de combinaisons de type de sol, d'utilisation du terrain et d'utilisation de l'eau. Il s'ensuit une transition de la fraction déterminante de F3 à F2. Pour les sites des secteurs en aval, l'augmentation légèrement supérieure des coûts s'explique en partie par une réduction des critères visant les fractions F2 et F1 pour certains scénarios.

On s'attend à ce que l'ampleur estimée des travaux d'assainissement requis pour nettoyer les sites contaminés par des HCP (40,6 milliards de dollars) soit 57 fois supérieure à la capacité annuelle actuelle de l'industrie de l'assainissement. À supposer que ce secteur connaisse une croissance raisonnable, on estime qu'il faudra environ 30 ans pour nettoyer tous les sites contaminés existants à l'échelle nationale. Toutefois, ce sont les provinces où les secteurs amont des industries pétrolière et gazière sont les plus actifs qui présentent les plus lourdes obligations à l'égard de l'assainissement des sites contaminés par des HCP. Dans ces provinces, l'industrie de l'assainissement est d'une ampleur relativement modeste en comparaison des besoins de décontamination estimés, et une redistribution des ressources pourrait se révéler nécessaire pour répondre à la demande.

Outre les retombées directes retirées par l'industrie de l'assainissement, les principaux avantages tangibles ou monétaires sont l'élimination ou l'allègement des obligations des exploitants à l'égard de l'assainissement des sites contaminés et l'augmentation de la valeur des terrains et/ou des revenus tirés des terrains productifs. La différence de valeur de marché entre un terrain contaminé et le même terrain non contaminé ou décontaminé est généralement tenue pour

équivalente au coût des mesures d'assainissement. Dans la plupart des cas, l'augmentation de la valeur du terrain est égale au coût d'assainissement. En conséquence, l'assainissement d'un terrain contaminé n'entraîne généralement aucun avantage monétaire net pour l'économie considérée dans son ensemble, quoique les avantages découlant de la contamination puissent être transférés entre les partenaires. Dans certains cas, toutefois, les coûts d'assainissement peuvent être supérieurs à la valeur de marché du terrain ou, inversement, l'assainissement peut accroître la valeur marchande d'un terrain en permettant la réaffectation de ce terrain à une utilisation plus intensive ou plus profitable, notamment à la construction d'immeubles de faible (commerces) à forte densité (tour d'habitation).

Comme les coûts et les avantages s'équivalent dans la plupart des cas et qu'il est difficile d'évaluer les situations exceptionnelles selon une approche générique, les avantages nets résultant de l'augmentation de la valeur de marché des terrains ont été considérés de façon qualitative et n'ont pas été quantifiés. Les autres retombées pour la société incluent l'amélioration de la santé et de la qualité de l'environnement, la jouissance accrue des terrains, l'élimination ou la réduction de l'état de délabrement des terrains et l'allègement des responsabilités éventuelles associées au risque d'effets néfastes. Ces avantages ne sont habituellement pas considérés comme des avantages monétaires.

L'estimation du coût global des mesures d'assainissement est assortie d'un certain nombre d'incertitudes découlant de la variabilité de l'état des terrains et des besoins en matière d'assainissement d'un site et d'une région à l'autre et de la variabilité des coûts unitaires des mesures d'assainissement. Les principaux facteurs qui contribuent à la variabilité du coût global sont les coûts unitaires des mesures d'assainissement, en particulier pour les sites des secteurs amont, et les volumes estimés de sol à assainir selon les différents scénarios. La variabilité de certains de ces facteurs a été estimée à l'aide de données réelles et intégrée à l'analyse probabiliste des coûts.

Section 4 : Analyse des hydrocarbures pétroliers dans le sol, méthode du CCME du 1^{er} volet

Une méthode d'analyse a été élaborée en conjonction avec le standard pancanadien (SP) relatif aux hydrocarbures pétroliers dans le sol (HCP) pour deux raisons. Premièrement, les méthodes utilisées auparavant quantifient différentes fractions de HCP généralement présents dans le sol et, deuxièmement, une méthode d'analyse doit être utilisée de manière cohérente pour produire des résultats cohérents. Une étude interlaboratoire, qui a été effectuée au début du processus des SP, a confirmé ce qui précède, en arrivant à des résultats qui varient par des facteurs de 40.

Aux fins de l'élaboration de la méthode, on a formé un groupe consultatif technique sur les méthodes d'analyse (GCTMA), composé de représentants des gouvernements provinciaux et fédéral, de l'industrie pétrolière et de laboratoires privés. Grâce à des efforts considérables, les membres ont atteint un consensus sur une méthode provisoire, qui a ensuite été soumise à des essais pilotes, puis à une étude interlaboratoire à l'été 1999. Enfin, la méthode a ensuite été finalisée en fonction des commentaires transmis par les participants à l'étude et par le Comité d'élaboration du SP-HCP (CCME, 2001).

La méthode combine des éléments axés sur la performance et des procédures obligatoires. On a déployé des efforts pour garantir que la méthode, si elle est appliquée correctement, produise des résultats qui faciliteront l'application du SP aux lieux contaminés par des HCP. L'utilisation d'une méthode de rechange n'est pas recommandée, sauf si une comparaison statistique exhaustive des deux méthodes a été effectuée. Aucun protocole d'échantillonnage n'a été élaboré, mais des renvois sont faits aux ressources existantes du CCME, de la US EPA et de l'ASTM.

La méthode couvre les hydrocarbures de nC6 à plus de nC50 ainsi que le pourcentage d'humidité. Les fractions analytiques sélectionnées satisfont aux exigences du SP. Les fractions sont les suivantes : nC6 à nC10 (F1), >nC10 à nC16 (F2), >nC16 à nC34 (F3) et >nC34 à nC50 (F4). Il est probable que l'hydrocarbure nC50 soit l'hydrocarbure au plus haut poids moléculaire pouvant être chromatographié avec de l'équipement de laboratoire courant. De plus, on a élaboré une sous-méthode gravimétrique pour les hydrocarbures lourds afin de tenir compte de la fraction supérieure à nC50. Il est recommandé d'utiliser le résultat de la sous-méthode s'il est supérieur à celui de la fraction nC34 à nC50.

Au cours de l'étude interlaboratoire, on a constaté que les laboratoires offraient une meilleure performance s'ils avaient déjà acquis une certaine expérience de la méthode. Il est donc recommandé de poursuivre les études interlaboratoires en cours. Dans un premier temps, les études permettraient aux laboratoires de mieux comprendre et de mieux utiliser cette méthode complexe. Elles permettraient également de définir les caractéristiques de performance, notamment la limite de détection de la méthode, qui est actuellement évaluée par une étude de validation à laboratoire unique. Une fois que le SP aura été incorporé dans des règlements ou des recommandations, ces études pourront constituer un moyen d'évaluer la performance des laboratoires.

Références

- ASTM (American Society for Testing and Materials). 1995. Standard Guide for Risk-based Corrective Action Applied at Petroleum Release Sites. ASTM E1739-95.
- Atlantic PIRI. 1999. Atlantic RBCA (Risk-Based Corrective Action) Reference Documentation For Petroleum Impacted Sites Version 1.0, April 1999
- B.C. Ministry of Environment, Lands and Parks. 1993. Quantitative Human Health Risk Assessment. Phase I – Review of Methods and Framework Recommendation.
- B.C. Ministry of Environment, Lands and Parks. 1998. Recommended Guidance and Checklist for Tier 1 Ecological Risk Assessment of Contaminated Sites in British Columbia.
- CCME. 1996a. Protocole d'élaboration de recommandations pour la qualité des sols en fonction de l'environnement et de la santé humaine. CCME-EPC-101F.
- CCME. 1996b. Cadre pour l'évaluation du risque écotoxicologique : orientation générale.
- CCME. 2001. Méthode de référence pour l'analyse des hydrocarbures pétroliers dans le sol.
- CCME. 2006a. Protocole d'élaboration de recommandations pour la qualité des sols en fonction de l'environnement et de la santé humaine. Groupe de travail sur les recommandations pour la qualité des sols, Winnipeg. (http://www.ccme.ca/publications/ceqg_rcqe.fr.html?category_id=125).
- CCME. 2006b. Five-year review of the Canada-Wide Standards for Petroleum Hydrocarbons (PHC CWS): Ecological, Direct Soil Contact Guidance. Report to the Canadian Council of Ministers of Environment (CCME) Soil Quality Guidelines Task Group (SQGTG) by the Ecological Criteria Advisory Subgroup. March 2006.
- CCME. 2006c. 2005 Review of Canada-Wide Standards for Petroleum Hydrocarbons in Soil: Report of the Model Parameter Advisory (MPA) Sub Group. February 2006.
- CCME. 2006d. 2005 Review of Canada-Wide Standards for Petroleum Hydrocarbons in Soil: Report of the Toxicity Reference Value (TRV) Advisory Sub Group. February 2006.
- CCME. 2008a. Canada-wide Standard for Petroleum Hydrocarbons in Soil: Scientific Rationale. ISBN 978-1-896997-77-3 PDF. Publication Number 1399.
- CCME. 2008b. Canada-wide Standard for Petroleum Hydrocarbons in Soil: User Guidance. ISBN 978-1-896997-78-0. PDF Publication Number 1398
- Santé Canada. 2006 (ébauche). Évaluation du risque pour les lieux contaminés fédéraux au Canada, Partie V : Guide des lieux complexes propres à l'évaluation du risque à la santé humaine des produits chimiques.
- Johnson, P.C. and R.A. Ettinger. 1991. Heuristic model for predicting intrusion rate of contaminant vapors into buildings. Environ. Sci. Technol. 25:1445-1452.