



Gouvernement
du Canada

Government
of Canada

Canada



Plan d'action pour les sites contaminés fédéraux (PASCF)

**Lignes directrices fédérales
pour l'épandage contrôlé de
sols contaminés par des
hydrocarbures pétroliers**

**Mars 2006
(Mise à jour éditoriale 2013)**

BIBLIOTHÈQUE ET ARCHIVES CANADA - CATALOGAGE AVANT PUBLICATION

Plan d'action pour les sites contaminés fédéraux (PASCFC): Lignes directrices fédérales pour l'épandage contrôlé de sols contaminés par des hydrocarbures pétroliers

Publié aussi en anglais sous le titre :

Federal Contaminated Sites Action Plan (FCSAP): Federal Guidelines for Landfarming Petroleum Hydrocarbon Contaminated Soils

N° ISBN - 978-0-660-20899-2

N° de cat. -En14-19/3-2013F-PDF

AVERTISSEMENT

Sa Majesté n'est pas responsable de l'exactitude et de l'intégralité des renseignements contenus dans le matériel reproduit. Sa Majesté doit en tout temps être indemnisée et tenue exempte du paiement de toute réclamation qui découle de la négligence ou d'un autre manquement dans l'utilisation des renseignements contenus dans cette publication ou dans ce produit.

Les renseignements présentés dans le présent document ne constituent en aucune façon un avis ayant valeur juridique; le fait d'appliquer les présentes directives n'assure pas automatiquement la conformité aux exigences réglementaires du gouvernement fédéral et des gouvernements provinciaux et autres. En cas de divergence entre les présents renseignements et toute loi fédérale, tout particulièrement la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement* (1999), la *Loi sur les pêches* ou les règlements pris en vertu de ces lois, ces lois et règlements ont préséance. Nonobstant toute autre exigence réglementaire ou d'obtention de permis, il faut savoir que tout dépôt, émission ou rejet associé à vos activités ou à vos opérations doit être conforme à toutes les lois et à tous les règlements fédéraux applicables.

DROITS D'AUTEUR

Le contenu de cette publication ou de ce produit peut être reproduit, en tout ou en partie et par quelque moyen que ce soit, sous réserve que la reproduction soit effectuée uniquement à des fins personnelles ou publiques, mais non commerciales, sans frais ni autre permission, à moins d'avis contraire.

On vous demande seulement :

- De faire preuve de diligence afin d'assurer l'exactitude du matériel reproduit;
- D'indiquer le titre complet du matériel reproduit et de l'organisation d'origine;
- D'indiquer que la reproduction est une copie d'un document officiel publié par le gouvernement du Canada et que la reproduction n'a pas été faite en affiliation avec le gouvernement du Canada ni avec son aval.

La reproduction et la distribution à des fins commerciales sont interdites sans l'autorisation écrite de l'administrateur des droits d'auteur de la Couronne du gouvernement du Canada, Travaux publics et Services gouvernementaux Canada (TPSGC). Pour de plus amples renseignements, veuillez communiquer avec TPSGC au 613-996-6886 ou à l'adresse droitdauteur.copyright@tpsgc-pwgsc.gc.ca.

© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, représentée par le ministre de l'Environnement, 2013.

Also available in English.

RÉSUMÉ

Les lignes directrices énoncées dans le présent rapport fournissent des renseignements sur la sélection du site, la conception, les mesures opérationnelles et la surveillance des sites d'épandage contrôlé pour l'assainissement de sols contaminés par des hydrocarbures pétroliers sur des sites fédéraux contaminés. L'épandage contrôlé est un procédé de bioassainissement *ex situ* utilisé pour le traitement des sols contaminés. Il consiste à excaver le sol d'un site contaminé, puis à l'épandre en minces couches d'épaisseur uniforme ou en andains. L'assainissement résulte de la manipulation de diverses conditions qui stimulent l'activité microbienne. Recommandé pour l'assainissement des sols contaminés par des hydrocarbures pétroliers, l'épandage contrôlé convient bien aux régions éloignées du Canada à cause de sa simplicité et de la nécessité d'utiliser de vastes terrains.

TABLE DES MATIÈRES

1	PRÉAMBULE.....	1
2	INTRODUCTION.....	1
3	BUT.....	3
4	PORTÉE.....	3
5	CONSIDÉRATIONS EN MATIÈRE DE SANTÉ ET DE SÉCURITÉ.....	3
6	APPLICABILITÉ GÉNÉRALE DE L'ÉPANDAGE CONTRÔLÉ.....	4
7	NORMES APPLICABLES.....	5
8	LIGNES DIRECTRICES.....	6
8.1	Évaluation du site et de la pertinence du procédé d'épandage contrôlé.....	6
8.1.1	Type de contaminant et restrictions liées à la concentration.....	6
8.1.2	Caractéristiques optimales du sol.....	8
8.1.3	Disponibilité des terres.....	8
8.1.4	Caractérisation du site.....	8
8.2	Emplacement du site.....	11
8.2.1	Distance d'une zone résidentielle.....	11
8.2.2	Distance d'un plan d'eau de surface.....	11
8.2.3	Distance d'un puit d'eau souterraine potable.....	11
8.2.4	Restrictions concernant les zones sensibles.....	11
8.2.5	Géologie sous-jacente et sol indigène.....	11
8.2.6	Pente du site.....	11
8.2.7	Hydrologie.....	12
8.3	Conception et construction du système.....	12
8.3.1	Évaluation des exigences concernant la conception et les mesures opérationnelles.....	12
8.3.2	Envergure des opérations.....	12

8.3.3	Disponibilité de l'équipement.....	12
8.3.4	Qualifications requises pour les entrepreneurs.....	13
8.3.5	Contrôle des émissions.....	13
8.3.6	Sécurité du site	13
8.3.7	Bermes	14
8.3.8	Contrôle du lixiviat.....	14
8.3.9	Barrières ou membranes d'étanchéité.....	14
8.3.10	Épandage contrôlé du sol sur le site	14
8.3.11	Procédures de fermeture du site	14
8.4	Exploitation et maintenance	15
8.4.1	Période d'exploitation.....	15
8.4.2	Surveillance de la densité de la population microbienne	15
8.4.3	Teneur en pH.....	15
8.4.4	Surveillance de la teneur en eau	15
8.4.5	Exigences en matière d'ajout de nutriments.....	16
8.4.6	Travail du sol.....	16
8.4.7	Maintenance du système	16
8.4.8	Surveillance et fermeture du site	17
9	RÉFÉRENCES.....	19

ANNEXE A – Plan de santé et de sécurité (PSS) : exigences concernant l'épandage contrôlé sur les sites fédéraux contaminés.....	A-1
---	-----

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 – Analyses recommandées selon la contamination présumée du sol	7
Tableau 2 – Caractéristiques optimales du sol pour l'épandage contrôlé	10
Tableau 3 : Résumé des normes relatives à l'épandage contrôlé pour les sites fédéraux contaminés.....	18

1 PRÉAMBULE

Les *Lignes directrices fédérales pour l'épandage contrôlé de sols contaminés par des hydrocarbures pétroliers* fournissent des renseignements préliminaires de la section 2 à la section 4, des sections sur les considérations de santé et de sécurité (section 5), sur l'utilisation générale de l'épandage contrôlé (section 6) et sur les normes applicables (section 7). Les lignes directrices elles-mêmes sont énoncées à la section 8. Des sous-sections permettent aux lecteurs de comprendre le processus d'épandage contrôlé en déterminant d'abord si cette méthode convient bien au site contaminé en question (sous-section 8.1) puis en examinant la sélection d'un emplacement (sous-section 8.2), la conception et la construction (sous-section 8.3) et les mesures opérationnelles, la maintenance, la surveillance et la fermeture du site (sous-section 8.4). Enfin, un organigramme illustre le processus d'épandage contrôlé, depuis l'évaluation environnementale du site contaminé jusqu'à la fermeture du site d'épandage (voir figure 1-1).

2 INTRODUCTION

L'épandage contrôlé est un procédé de bioassainissement *ex situ* utilisé pour le traitement des sols contaminés. Il consiste à excaver le sol d'un site contaminé, puis à l'épandre en minces couches d'épaisseur uniforme ou en andains. La bioassainissement des contaminants résulte de la manipulation de diverses conditions qui stimulent l'activité microbienne aérobie, dont :

- l'aération (p. ex., le travail du sol);
- la teneur en eau (p. ex., l'irrigation ou l'irrotation);
- le pH (p. ex., tamponner ou neutraliser par l'ajout de chaux);
- l'amendement des sols (p. ex., ajout d'amendements comme des agents gonflants, des nutriments, etc.)

En outre, l'épandage contrôlé est connu sous les noms de traitement des terres, épandage sur le sol ou bioassainissement en cellules. Ces deux derniers termes sont des types plus spécifiques d'épandage contrôlé, puisque l'épandage sur le sol est toujours passif (absence d'aération) et que la bioassainissement en cellules fait appel à des cellules de traitement spécialement conçues et constituées d'une membrane.

Les mécanismes inhérents au procédé d'épandage contrôlé qui s'exercent à différents degrés sont : la volatilisation, la dissolution dans les eaux de surface et les eaux souterraines, la sorption dans les sols en subsurface et la biodégradation. La contribution relative de chacun de ces mécanismes au traitement du sol varie en fonction de la composition des contaminants, des caractéristiques du sol et des méthodes de contrôle utilisées. Cependant, un procédé d'assainissement efficace tel que l'épandage contrôlé doit viser à maximiser la biodégradation, à réduire au minimum la volatilisation; de plus, les eaux de surface contaminées sont traitées ou recirculées et des membranes d'étanchéité sont utilisées pour prévenir la contamination des eaux souterraines.

La figure 1-1 trace les grandes lignes des étapes requises pour choisir, concevoir et gérer correctement une aire d'épandage contrôlé. Les étapes illustrées forment la base des lignes directrices pour l'épandage contrôlé.

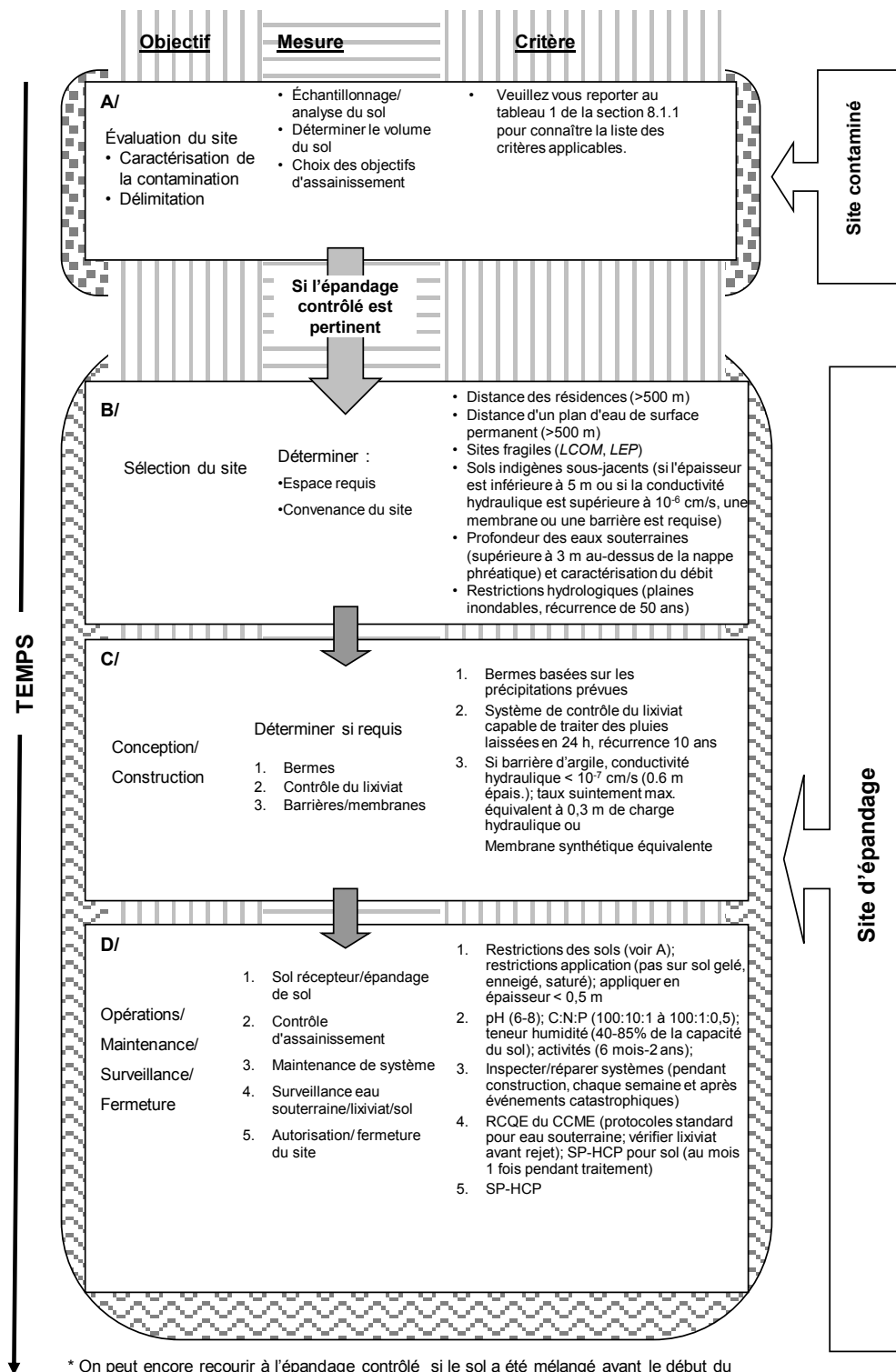


Figure 1-1 Processus pertinent aux lignes directrices visant l'utilisation de l'épandage contrôlé sur les sites fédéraux contaminés

3 BUT

Les *Lignes directrices fédérales pour l'épandage contrôlé de sols contaminés par des hydrocarbures pétroliers* proposent une approche systématique et complète en matière d'épandage contrôlé afin de donner l'assurance que chaque site fédéral contaminé est géré de la même façon partout au Canada, tout en prenant en compte les différences et les exigences régionales. En offrant une liste de vérification des principaux paramètres ou recommandations touchant la sélection du site, la conception, les mesures opérationnelles, la surveillance et la fermeture d'une aire d'épandage contrôlé, les lignes directrices ont été conçues pour aider dans leurs tâches les ministères fédéraux responsables des sites contaminés. Bien que nous nous soyons concentrés sur les sites fédéraux dans le cadre de notre projet, le présent document peut s'avérer utile pour les gouvernements provinciaux et territoriaux et les administrations municipales, les entrepreneurs en assainissement et les autres intervenants.

4 PORTÉE

Les *Lignes directrices fédérales pour l'épandage contrôlé de sols contaminés par des hydrocarbures pétroliers* s'appliquent aux sites fédéraux contaminés par des hydrocarbures pétroliers. Elles concernent les sols des sites fédéraux contaminés et l'épandage contrôlé de ces sols sur des terres domaniales (y compris les cas où l'épandage contrôlé est réalisé sur une propriété distincte).

Pour les sites contaminés dans les provinces ou les territoires qui ont déjà établi des directives concernant l'épandage contrôlé, l'assainissement des sites contaminés non fédéraux devrait être fait selon ces directives.

Les *Lignes directrices fédérales pour l'épandage contrôlé de sols contaminés par des hydrocarbures pétroliers* prennent en compte les lois et règlements applicables, dont la *Loi sur les pêches*, la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement*, la *Loi canadienne sur l'évaluation environnementale*, la *Loi sur la convention concernant les oiseaux migrateurs* et la *Loi sur les espèces en péril*. Lors de l'application des lignes directrices concernant l'épandage contrôlé, on doit respecter la législation fédérale de même que toutes les exigences provinciales et territoriales applicables (émission de permis, tenue de registres, surveillance). Aucune exigence réglementaire additionnelle n'est associée aux lignes directrices; de plus, aucune législation ne régit leur application, et elles devraient être considérées comme des outils permettant d'assurer un assainissement efficace et uniforme partout au Canada.

5 CONSIDÉRATIONS EN MATIÈRE DE SANTÉ ET DE SÉCURITÉ

L'expert-conseil chargé de mener à bien l'évaluation environnementale du site ou de construire et d'exploiter les installations d'épandage contrôlé sera également responsable d'assurer la santé et la sécurité de tous ses employés, sous-traitants et toute autre personne présente sur le site, selon la partie II du *Code canadien du travail* (L.R.C., 1985, ch. L-2) et la législation fédérale et provinciale applicable.

Les consultants engagés pour concevoir, construire, exploiter ou fermer les installations d'épandage contrôlé devraient élaborer un plan de santé et de sécurité auquel toutes les personnes présentes sur le site devront se conformer. Les exigences relatives à ce type de plan sont énoncées à l'annexe A.

6 APPLICABILITÉ GÉNÉRALE DE L'ÉPANDAGE CONTRÔLÉ

L'épandage contrôlé s'est révélé efficace pour réduire les concentrations de divers constituants des produits pétroliers, tels que les composés ayant une fraction volatile significative, comme l'essence (GOWen Environmental Limited. 2002; USEPA. 1994; Poland *et autres* 2003), les composés semi-volatils, comme le diesel (Chatham. 2003), et les composés essentiellement non volatils, comme le mazout et les huiles de graissage (USEPA. 1994; Poland *et autres* 2003). L'épandage contrôlé n'est toutefois pas approprié aux sols contaminés par des huiles très lourdes ou du goudron. (Poland *et autres* 2003).

Parmi les moyens les plus abordables et les plus pratiques pour décontaminer les sols, l'épandage contrôlé convient particulièrement bien aux régions éloignées, puisque c'est une technique simple qui ne requiert pas de connaissances avancées pour être utilisée efficacement. En général, une plus grande surface de terrain est nécessaire pour l'épandage contrôlé que pour d'autres procédés, mais, dans les régions éloignées du Canada, ce ne sont pas les terres disponibles qui manquent.

L'efficacité de l'épandage contrôlé dépend des caractéristiques des contaminants, des caractéristiques du sol et de la disponibilité des terres. On devrait d'abord déterminer ces paramètres afin d'évaluer la pertinence de l'épandage contrôlé pour le site contaminé. Si les paramètres ne sont pas optimaux, l'épandage contrôlé peut tout de même être un moyen efficace si on apporte certains ajustements à la conception et au mode opératoire, par exemple, des amendements du sol pour modifier le pH. L'applicabilité de cette technique dans des conditions qui ne sont pas optimales dépend donc de ces mesures de contrôle additionnelles qui, pour la plupart, augmenteront les coûts de construction, d'opération et de maintenance.

Les conditions climatiques, telles que les froids et les précipitations extrêmes, ont des conséquences sur le temps requis pour l'assainissement. Une plus longue période est nécessaire dans des conditions froides parce que la biodégradation est ralentie par la baisse de la température. Par contre, contrairement à ce que l'on pourrait penser, l'activité biologique ne cesse pas dans un sol gelé. Des chercheurs ont démontré que la biodégradation des hydrocarbures pétroliers peut avoir lieu à des températures sous 0 °C (Whyte et Greer, 1999; Whyte *et autres*, 2001 et 2003, Rike *et autres*, 2003). L'activité biologique dans les régions froides peut être accrue par l'ajout de nutriments, tels qu'un engrais riche en azote (Rike *et autres*, 2003). Dans les régions où les précipitations sont abondantes, les sols peuvent avoir besoin de plus de temps pour atteindre un certain degré de sécheresse et un niveau d'oxygène optimal pour la biodégradation.

7 NORMES APPLICABLES

L'assainissement d'un site fédéral contaminé par des hydrocarbures pétroliers doit suivre les étapes d'évaluation environnementale définies dans les normes indiquées ci-après :

- Conseil canadien des ministres de l'environnement (CCME) *Standards pancanadiens relatifs aux hydrocarbures pétroliers dans le sol* (SP-HCP) (CCME, 2008);
- Association canadienne de normalisation (CSA). Normes relatives à l'évaluation environnementale de site, Phase 1 (Z768-01, 2001) et Phase 2 (Z769-00, 2000);

Ces documents sont mis à jour périodiquement; veuillez contacter le CCME et la CSA pour obtenir les versions les plus récentes. Si l'on sait que le site est contaminé principalement par des hydrocarbures pétroliers, il est recommandé de suivre la démarche prévue dans le SP-HCP, laquelle repose sur une évaluation du risque. Les directives ont été élaborées afin qu'elles soient conformes avec le SP-HCP. Il peut s'agir d'une évaluation de volet 2 ou 3 (SP-HCP) ou d'une évaluation réalisée au moyen d'autres outils assurant une protection égale, voire meilleure, comme les Mesures correctives axées sur le risque (MCAR). Pour de plus amples renseignements sur le SP-HCP et la documentation connexe, consulter le site du CCME à http://www.ccme.ca/publications/list_publications.html.

Des critères d'assainissement généraux ou propres au site, établis conformément aux Recommandations canadiennes pour la qualité de l'environnement (RCQE) du CCME ou au SP-HCP, doivent être utilisés pour délimiter le sol qui doit être traité sur le site et, lors de l'opération d'épandage contrôlé, pour surveiller la mesure dans laquelle le sol a été restauré à un niveau acceptable. Les paramètres servant à l'évaluation environnementale du site doivent être analysés conformément à ces recommandations afin de déterminer les produits chimiques préoccupants qui devront faire l'objet d'un suivi durant les travaux d'assainissement. Selon les Recommandations canadiennes pour la qualité de l'environnement (RCQE) du CCME et les SP-HCP, il faut tenir compte des critères d'application de l'utilisation des terres (p. ex. agricole, résidentiel, parc, commercial ou industriel), pour le site où les sols traités par épandage contrôlé seront finalement situés.

Comme le CCME met à jour périodiquement ses lignes directrices, les critères ne sont pas énoncés ici; consultez la version la plus récente des RCQE du CCME (<http://st-ts.ccme.ca/>) pour obtenir les critères basés sur l'utilisation des terres d'un site contaminé.

Les critères à propos des eaux souterraines et du lixiviat sont applicables lorsque le site d'épandage contrôlé a été choisi. Les Recommandations fédérales intérimaires pour la qualité des eaux souterraines (PASCF, 2012) doivent être prises en compte quand il s'agit d'évaluer la qualité des eaux souterraines.

L'échantillonnage et l'analyse des eaux souterraines doivent être réalisés conformément aux procédures d'échantillonnage du CCME (CCME 1993, CCME 2012). Durant le traitement par épandage contrôlé, une surveillance du lixiviat est effectuée, principalement à des fins de caractérisation, car le lixiviat est souvent recirculé sur le site d'épandage contrôlé comme moyen d'irrigation (ou il est stocké dans un réservoir, au cas où il faudrait irriguer durant la saison d'épandage contrôlé). Si le contenu du réservoir est rejeté dans l'environnement, les RCQE du CCME s'appliquent.

Pour tout rejet qui migre d'un site fédéral vers un site provincial, il est essentiel de se conformer aux lignes directrices provinciales en vigueur.

8 LIGNES DIRECTRICES

La présente section donne un aperçu des principales lignes directrices à suivre lors du choix et de l'application des procédures et des techniques d'épandage contrôlé. Les lignes directrices sont énoncées dans le même ordre que les étapes de la figure 1-1, soit :

- Évaluation du site et de la pertinence du procédé d'épandage contrôlé;
- Sélection du site d'épandage;
- Conception et construction;
- Exploitation, maintenance, surveillance et fermeture.

8.1 Évaluation du site et de la pertinence du procédé d'épandage contrôlé

8.1.1 Type de contaminant et restrictions liées à la concentration

Les présentes lignes directrices ne sont recommandées que pour l'assainissement des sols contaminés par des hydrocarbures pétroliers. Dans le but de réduire les émissions des hydrocarbures plus légers et plus volatils, il est recommandé de recourir à l'épandage contrôlé pour traiter les sols contaminés par des hydrocarbures pétroliers à chaîne moyenne, à moins que des dispositifs anti-émissions ne soient en place. Ce procédé ne convient cependant pas aux sols contaminés par des huiles très lourdes ou du goudron (Poland et autres, 2003). En règle générale, ces composés contiennent des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) qui se dégradent difficilement sans enrichissements. Parmi les contaminants qui ont été traités avec succès par épandage contrôlé, mentionnons le diesel, les mazouts n° 2 et n° 6, le carburant JP-5 et les boues huileuses (FRTR, 2002).

La caractérisation des contaminants et les taux de contamination dans le sol, qui sont déterminés durant l'évaluation environnementale du site, peuvent servir à évaluer l'applicabilité de l'épandage contrôlé. L'évaluation du type et du degré de contamination aide en effet à exclure les composants du sol qui pourraient être toxiques pour certaines espèces de microorganismes, ainsi qu'à déterminer si l'épandage contrôlé constitue la technique d'assainissement qui convient aux contaminants visés. Bien que l'épandage contrôlé soit recommandé pour le traitement de sols contaminés uniquement par des hydrocarbures pétroliers, il est entendu que d'autres contaminants peuvent également être présents. Le tableau 1 indique les types d'analyses recommandées pour la caractérisation des sols contaminés.

Tableau 1 – Analyses recommandées selon la contamination présumée du sol ⁱ

Source	Paramètres analysés								
	Fractions SP-HCP	BTEX	HCP (calculés)	Plomb	Métaux lourds totaux ⁱⁱ	Chrome/ Cadmium	BPC	Phénols	HAP
essence sans plomb									
essence au plomb, essence aviation									
mazout, diesel, kérosène, carburéacteur, huiles/essences minérales, huiles pour moteur									
solvants pétroliers									
pétrole brut, fluides hydrauliques									
déchets de produits pétroliers									

ⁱ Tiré de : Environnement Canada, 1993.

ⁱⁱ L'analyse des métaux lourds requise en vue de déterminer si les constituants sont présents dans des concentrations inférieures aux niveaux toxiques pour les micro-organismes (c.-à-d. que les concentrations totales en métaux lourds doivent être inférieures à 2500 ppm afin de prévenir les conditions de toxicité des micro-organismes) (USEPA). (USEPA. 1994).

Nous recommandons de respecter les restrictions suivantes pour prévenir les conditions de toxicité pour les microorganismes :

- Hydrocarbures pétroliers totaux (HPT) ou hydrocarbures extractibles totaux (HET) < 3 % (Yukon, 2004a et 2004b);
- Concentrations totales en métaux lourds < 2 500 ppm (USEPA, 1994)¹;
- Conductivité électrique (EC) < 4 dS/m;
- Rapport d'adsorption du sodium < 6 (Alberta EUB, 1996).

Si les niveaux détectés dépassent ces limites maximales, le sol contaminé devrait être considéré comme un déchet dangereux et traité comme tel. L'épandage contrôlé n'est pas recommandé pour ce type de sol contaminé.

Comme il a été mentionné à la section 7, les limites d'assainissement des RCQE du CCME et du SP-HCP devraient être utilisées pour délimiter le sol qui requiert un traitement.

8.1.2 Caractéristiques optimales du sol

Avant d'entreprendre la conception de l'aire d'épandage contrôlé, une évaluation des caractéristiques du sol (tableau 2) permettra de confirmer que le sol contaminé se prête bien à cette procédure.

8.1.3 Disponibilité des terres

Au Canada, les régions éloignées ont souvent amplement de terres disponibles pour y établir un site d'épandage contrôlé. Pour les régions moins éloignées, la disponibilité des terres devient un facteur dans l'applicabilité de la technique. La surface de terrain requise peut facilement être déterminée à partir du volume de sol excavé et de la profondeur prévue de l'aire d'épandage contrôlé, qui se situe entre 0,30 m et 0,45 m. L'épaisseur maximum recommandée est de 0,50 m. Il peut être nécessaire d'utiliser plus d'une parcelle de terrain. De plus, il faudrait envisager l'utilisation de terres additionnelles autour de l'aire d'épandage contrôlé pour les bermes et le système de contrôle du lixiviat.

8.1.4 Caractérisation du site

Avant la conception de l'aire d'épandage contrôlé, il faut effectuer une caractérisation du site d'épandage afin de déterminer s'il correspond bien aux critères. La caractérisation comprend l'étude du site, l'analyse chimique de référence de l'écoulement et de la direction des eaux souterraines, l'évaluation de la conductivité hydraulique du sol indigène, de même que l'identification, la détermination et le dénombrement de la population microbienne. Elle devrait également inclure l'évaluation des propriétés adjacentes sur lesquelles le processus d'assainissement pourrait avoir des impacts, de même que l'évaluation des distances des

¹ Les sols ayant une concentration plus faible de métaux lourds que ce niveau, mais plus élevée que les critères d'assainissement énoncés plus haut, devront faire l'objet d'un autre traitement après l'épandage contrôlé afin de réduire leur concentration en métaux lourds.

plans d'eau de surface, des bâtiments (et autres structures permanentes) et des collectivités, le cas échéant. Les exigences spécifiques touchant la sélection du site sont résumées à la section 8.2.

Tableau 2 – Caractéristiques optimales du sol pour l'épandage contrôlé

Paramètres d'épandage contrôlé	Caractéristiques optimales
Densité de la population microbienne :	Pour que l'épandage contrôlé soit efficace, le nombre de bactéries hétérotrophes doit être d'au moins 10 ³ CFU/gramme (colonies formant des unités/gramme). Sous ce minimum, l'épandage contrôlé peut tout de même être efficace puisque les bactéries déjà présentes sont stimulées par les nutriments et on peut aussi ajouter des bactéries dans le sol pour en accroître la population (USEPA, 1994). Toutefois, dans ce cas, comme il est mentionné à la sous-section 8.4.2, l'ajout de bactéries non indigènes est peu efficace pour augmenter la dégradation des hydrocarbures pétroliers. Il y a également des restrictions réglementaires concernant l'ajout de bactéries dans le sol (voir la Sous-section 8.4.2).
pH du sol :	Pour favoriser la croissance bactérienne, le pH du sol doit se situer entre 6 et 8. Sinon, l'épandage contrôlé peut tout de même être efficace grâce aux amendements du sol.
Teneur en eau :	Pour croître, les bactéries ont également besoin d'eau, dont la teneur doit se situer idéalement entre 40 et 85 % ¹ (USEPA, 1994). De l'eau peut être ajoutée périodiquement au sol sur lequel se fait l'épandage contrôlé afin d'en maintenir l'humidité. Cependant, il peut aussi s'avérer nécessaire de contrôler l'excès d'eau durant les périodes de précipitations abondantes, à la fonte des neiges ou dans les sols mal drainés. Le drainage peut être amélioré par l'aménagement du site; cependant, l'afflux incontrôlé d'eau pourrait tout simplement se traduire par une prolongation de la durée du traitement par épandage contrôlé.
Concentration de nutriments :	Pour une bonne croissance, les microorganismes ont besoin de nutriments inorganiques, qui peuvent être présents à l'état naturel dans le sol. De l'azote et du phosphore peuvent aussi être ajoutés sous forme d'engrais commerciaux. Pour une biodégradation efficace, le rapport carbone/azote/phosphore doit être compris entre 100/10/1 et 100/1/0,5 (USEPA, 1994). Ce rapport peut être calculé à partir de la densité apparente du sol et de la concentration totale en hydrocarbures.
Type de sol :	Les sols argileux ralentissent la biodégradation à cause de leur faible aération et de la répartition des nutriments et de l'eau. L'amendement du sol, p. ex., avec du gypse ou des agents gonflants tels que la sciure de bois, peut être nécessaire. Les sols grumeleux peuvent aussi demander un prétraitement afin de fragmenter le sol pour rendre l'épandage contrôlé efficace. Les sols à très gros grains ne conviennent pas à l'épandage contrôlé parce qu'ils ne retiennent ni l'eau ni les nutriments (University of Saskatchewan, 2002). Les composés volatils vont également se volatiliser plus rapidement dans les sols à gros grains que dans ceux à grains fins. Les particules du sol de large diamètre ont généralement une faible concentration de contaminants à cause de leur aire de surface plus petite. Ces particules peuvent donc être tamisées avant que le sol ne soit placé dans l'aire d'épandage contrôlé.

¹ La mesure de la teneur en eau la plus fiable est celle exprimée en pourcentage de la capacité du champ (ou du sol). La capacité du champ est le pourcentage maximum par rapport au poids de l'eau que le sol libre et drainé par la gravité peut retenir. Par exemple, un sol sableux avec une capacité du sol de 25 % veut dire qu'un maximum de 250 g d'eau peut être retenu dans 1 000 g (poids sec) de sol libre. Généralement, la teneur en eau à atteindre est exprimée par un pourcentage de la capacité du champ; par exemple, 50 % de la capacité du champ pour le même sol sableux serait de 125 g d'eau par 1 000 g de sol sec.

8.2 Sélection du site

8.2.1 Distance d'une zone résidentielle

Un site d'épandage contrôlé devrait être situé à plus de 500 m d'une limite résidentielle.

8.2.2 Distance d'un plan d'eau de surface

Un site d'épandage contrôlé devrait être situé à plus de 500 m d'un plan d'eau de surface permanent. Ces restrictions s'appliquent à l'eau de surface potable et non potable.

8.2.3 Distance d'un puits d'eau souterraine potable

Un site d'épandage contrôlé devrait être situé à plus de 500 m d'un puits d'eau souterraine potable.

8.2.4 Restrictions concernant les zones sensibles

Lorsque vient le temps de choisir un emplacement pour le site d'épandage contrôlé, les dispositions énoncées dans la *Loi sur la convention concernant les oiseaux migrateurs (LCOM)* et la *Loi sur les espèces en péril (LEP)* devraient être respectées. Même si l'épandage contrôlé n'y est pas mentionné, les dispositions concernent la protection de l'habitat des diverses espèces de la flore et de la faune. De plus, en vertu de la *Loi sur les espèces en péril*, des permis sont requis pour tous les travaux se déroulant dans un endroit qui pourrait abriter une espèce sensible.

On doit également tenir compte de l'importance, pour les peuples autochtones, des zones envisagées. Avant l'installation d'une aire d'épandage contrôlé sur un site, il convient de consulter des représentants des Premières nations, des Métis et des Inuits dont les collectivités sont susceptibles d'être touchées par les travaux d'assainissement.

8.2.5 Géologie sous-jacente et sol indigène

La géologie du site doit être prise en considération (p. ex., épaisseur du sol sous-jacent, présence de substrat rocheux, degré de fracturation) afin de déterminer si une membrane ou une barrière est nécessaire (voir la section 8.3.9). Pour les sites d'épandage contrôlé où l'épaisseur du sol indigène sous-jacent est supérieure à 5 m, et où la conductivité hydraulique est faible ($<10^{-6}$ cm/s), il n'est pas nécessaire d'installer une membrane ou une barrière. On recommande l'installation d'une membrane ou d'une barrière dans les cas où l'épaisseur du sol indigène sous-jacent est inférieure à 5 m et où la conductivité hydraulique est supérieure à 10^{-6} cm/s.

8.2.6 Pente du site

Un site d'épandage contrôlé devrait être localisé à un endroit où il y a une pente naturelle de moins de 5 %; sinon, un travail de nivellement devra être effectué.

8.2.7 Hydrologie

Un site d'épandage contrôlé devrait être situé à un endroit où le niveau supérieur de la nappe phréatique est à plus de 3 m de la surface. Lorsque l'aménagement de l'aire d'épandage contrôlé requiert des travaux d'excavation, il ne faut pas travailler le sol à moins de 3 m du niveau supérieur de la nappe phréatique. En tenant compte des données sur la direction et le débit des eaux souterraines, il est possible de sélectionner le site d'épandage contrôlé de façon à ne pas contaminer les eaux souterraines (sinon, une barrière contre le ruissellement souterrain est nécessaire).

Un site d'épandage contrôlé ne devrait pas être localisé sur une plaine inondable avec récurrence de 50 ans.

8.3 Conception et construction du système

8.3.1 Évaluation des exigences concernant la conception et les mesures opérationnelles

Les exigences quant à l'applicabilité de l'épandage contrôlé, énoncées dans les sections précédentes, doivent être évaluées dans le but de déterminer si l'épandage contrôlé est le traitement le plus approprié au site contaminé. D'autres considérations concernant la conception et les mesures opérationnelles, énumérées plus bas, devraient également être prises en compte avant de choisir l'épandage contrôlé comme technique d'assainissement pour un site contaminé.

- Envergure des opérations
- Disponibilité de l'équipement
- Conception par du personnel qualifié
- Exigences relatives au contrôle des émissions
- Exigences relatives à la sécurité du site
- Exigences relatives au contrôle de l'infiltration et du ruissellement (bermes)
- Exigences relatives au contrôle du lixiviat
- Membrane/barrière d'étanchéité
- Procédures de fermeture

Ces considérations peuvent faire augmenter le coût de l'assainissement, selon le niveau de raffinement à atteindre. Une fois le site choisi, on peut ensuite s'attaquer aux considérations de conception et d'exploitation. Ces exigences sont énoncées en détail dans les sections suivantes.

8.3.2 Envergure des opérations

L'envergure des opérations doit être déterminée avant de concevoir l'aire d'épandage contrôlé. Il peut s'agir d'un seul épandage dans une installation temporaire ou de multiples épandages provenant des différentes sources dans des installations permanentes.

8.3.3 Disponibilité de l'équipement

Souvent, les collectivités éloignées ont peu d'outils de terrassement, ou bien l'équipement n'est pas disponible pour les périodes voulues de construction ou d'exploitation de l'aire d'épandage contrôlé. De plus, il faut prévoir les temps d'arrêt de travail pour cause de bris

ou de réparation d'équipement et en tenir compte dans le plan de construction et d'exploitation.

8.3.4 *Qualifications requises pour les entrepreneurs*

Les qualifications suivantes sont recommandées pour les consultants chargés de concevoir le projet d'assainissement par épandage contrôlé (à partir de Ministère de l'Environnement de l'Ontario, 2004) :

a) Titres professionnels :

- Ingénieur (pour approuver les dessins de conception et y apposer son sceau)
- Géoscientifique professionnel
- Chimiste breveté
- Agronome professionnel

b) Exigence en matière de scolarité : diplôme (programme d'au moins 4 ans) en :

- Science
- Génie ou
- Technologies appliquées

c) Exigence en matière d'expérience :

- doctorat – 5 ans d'expérience;
- maîtrise – 7 ans d'expérience;
- tout autre diplôme – 8 ans d'expérience.

Pour cette période de 5, 7 ou 8 ans, une expérience d'au moins deux ans est requise en assainissement des sols.

d) Exigence en matière d'assurance de responsabilité professionnelle : 1 million de dollars pour toutes les personnes qualifiées.

8.3.5 *Contrôle des émissions*

Les émissions provenant des sites d'épandage contrôlé peuvent causer des inquiétudes, en particulier si des contaminants très volatils sont traités. Si ce type de contaminants requiert des mesures d'assainissement, un système de contrôle des émissions devrait être mis en place afin de limiter ce type de contamination. Comme un tel système accroît le degré de sophistication de la technique d'épandage contrôlé, il n'est souvent pas inclus dans le plan de conception. Il y a toujours un certain degré de volatilisation pendant l'excavation et l'épandage contrôlé; tout doit donc être mis en œuvre pour réduire au minimum les perturbations du sol lors de sa manipulation.

8.3.6 *Sécurité du site*

On doit installer au minimum des piquets et des panneaux d'identification sur le site d'épandage contrôlé. Une clôture est nécessaire si l'accès du public et des animaux sauvages est susceptible de poser des problèmes. Il est recommandé d'ajouter des

panneaux de signalisation indiquant l'autorité responsable, la période d'exploitation et le type de danger (p. ex., sol contaminé par des hydrocarbures pétroliers).

8.3.7 Bermes

Pour gérer l'écoulement à l'intérieur de l'aire d'épandage contrôlé et le ruissellement vers l'extérieur, un système de confinement doit être utilisé. Des bermes ou des fossés naturels ou aménagés autour du périmètre de l'aire de traitement, ou de l'aire choisie, peuvent collecter le ruissellement.

8.3.8 Contrôle du lixiviat

Il peut être nécessaire d'avoir un moyen de collecter et de traiter le ruissellement des sites d'épandage contrôlé. Le cas échéant, un système de contrôle du lixiviat doit être capable de traiter des quantités d'eau laissées en 24 h par un épisode de pluie à récurrence de 10 ans. Le lixiviat peut être recirculé sur la surface du site d'épandage contrôlé comme méthode d'irrigation permettant de maintenir un degré optimal de biodégradation, ou rejeté si l'analyse de l'eau de surface indique que le niveau de contamination est conforme aux RCQE du CCME.

8.3.9 Barrières ou membranes d'étanchéité

Lorsque le sol indigène du site d'épandage contrôlé a une conductivité élevée (voir la section 8.2.5), il convient de placer sous le sol à traiter une barrière ou une membrane ayant un taux de suintement maximum identique à la couche d'argile sous 0,3 m de charge hydraulique ou une conductivité hydraulique de 10^{-7} cm/s à une épaisseur de 0,6 m.

8.3.10 Épandage contrôlé du sol sur le site

Nous recommandons une épaisseur de sol contaminé de moins de 0,50 m, dans une cellule ou un andain. Par contre, l'équipement disponible pour le travail du sol, de même que la disponibilité de terrains, déterminera l'épaisseur du sol, qui varie généralement entre 0,30 et 0,45 m. Le sol contaminé ne devrait pas être épandu sur une couche permanente de neige ou de glace ou sur une terre saturée en eau.

8.3.11 Procédures de fermeture du site

Lors de la phase de conception du système, il est important d'établir les exigences relatives à la fermeture du site lorsque l'assainissement sera mené à terme. En énonçant les procédures de fermeture à l'avance, le responsable signifiera qu'il les aura examinées et acceptées avant le commencement de la construction du système. Le plan de fermeture doit être en accord avec les utilisations des terres en vigueur et il devra déterminer comment les futurs changements d'utilisation ou de propriétaire seront pris en compte après la fermeture du site.

8.4 Exploitation et maintenance

8.4.1 Période d'exploitation

La période d'exploitation d'un site d'épandage contrôlé dépend principalement des conditions climatiques. Bien que certains microorganismes soient capables de dégrader des hydrocarbures pétroliers sous 0 °C (Whyte et Greer, 1999; Whyte *et autres* 2001 et 2003; Rike *et autres* 2003), le gros de la biodégradation s'effectue lorsque les températures sont supérieures au point de congélation. Des recherches ont montré que, même si une bonne partie de la dégradation peut se faire au cours d'un seul été, un deuxième été est habituellement nécessaire pour mener à bien le processus d'assainissement. Il est donc recommandé que le traitement soit effectué sur une période de 6 mois à 2 ans. Cette période permet de respecter les conditions optimales (c.-à-d. travail du sol régulier, maintien de la teneur en eau, ajout de nutriments, si nécessaire). L'échantillonnage et l'analyse du sol sont nécessaires pour confirmer la progression et la fin du traitement.

8.4.2 Surveillance de la densité de la population microbienne

Comme il a été mentionné à la section 8.1.2, l'efficacité de l'épandage contrôlé est assurée par une numération sur plaque des bactéries hétérotrophes d'au moins 10³ CFU/gramme. Une surveillance de la population microbienne devrait être effectuée pendant le traitement si on croit que l'assainissement est ralenti (p. ex., après un gel ou une sécheresse).

Même si l'ajout de bactéries dans le sol a un succès limité (SAIC, 2004), certains inoculants commerciaux peuvent être employés, en particulier dans les régions du sud du Canada. Les microorganismes adaptés au froid, provenant des régions arctiques et subarctiques, ne sont pas encore disponibles. Si les utilisateurs envisagent l'ajout de microbes, ils doivent savoir que les produits contenant des microorganismes – biochimiques (comme des enzymes) ou biopolymères – sont des « produits de biotechnologie » qui peuvent être assujettis au *Règlement sur les renseignements concernant les substances nouvelles*, conformément à la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement(1999)* (CEPA, 1999). (Pour plus de renseignements, consulter le site Web <http://www.chemicalsubstanceschimiques.gc.ca/plan/approach-approche/new-subs-nouvelles-fra.php>)

8.4.3 Teneur en pH

Le pH optimal pour les opérations d'épandage contrôlé se situe entre 6 et 8. On peut augmenter le pH du sol en ajoutant de la chaux ou le réduire en ajoutant du soufre élémentaire.

8.4.4 Surveillance de la teneur en eau

La quantité d'eau dans le sol a un effet sur la biodégradation et devrait donc être surveillée et ajustée dans la mesure du possible, lorsque nécessaire. Si la teneur en eau est trop élevée, le mouvement de l'air dans le sol est restreint, réduisant ainsi la quantité d'oxygène. Le niveau efficace de teneur en eau est entre 40 et 85 % de la capacité de rétention d'eau du sol, mais une teneur entre 20 et 80 % favorisera la culture microbienne. La pulvérisation

d'eau est souvent nécessaire en été, en particulier avant de travailler la terre, afin de réduire l'érosion par le vent. Il est possible d'ajouter des matières organiques dans le sol afin d'augmenter sa capacité de rétention d'eau. La règle de base est que le sol doit être humide, et non sec et poussiéreux ou détrempe

8.4.5 Exigences en matière d'ajout de nutriments

La biodégradation requiert que les microorganismes retrouvent les exigences nutritionnelles. Le taux optimal de carbone/azote/phosphore (C/N/P) se situe entre 100/10/1 et 100/1/0,5. Si les nutriments disponibles dans le sol ne sont pas suffisants, l'amendement du sol avec de l'engrais commercial s'impose. Cependant, l'ajout d'azote peut faire baisser le pH par inadvertance. Les nutriments peuvent être ajoutés sous forme liquide ou solide. Les nutriments solides peuvent être ajoutés directement dans le sol lorsqu'il est mélangé avant d'être épandu ou pendant le travail du sol, une fois le site opérationnel. En ce qui concerne les nutriments liquides, on peut les ajouter au système de pulvérisation d'eau ou au système d'irrigation. La fréquence d'ajout de nutriments peut être réduite en utilisant des nutriments à libération lente.

8.4.6 Travail du sol

Le travail du sol, à l'aide d'un motoculteur ou en retournant le sol avec une pelle rétrocaveuse ou un autre outil similaire, est un moyen d'aérer le sol. Cette technique procure de l'oxygène aux microorganismes et permet de répartir les nutriments et l'eau dans le sol, ce qui favorise la biodégradation. Le travail du sol est recommandé une fois par mois pendant la saison de traitement, à condition que le sol soit humidifié de façon uniforme et qu'il ne soit pas saturé. Travailler le sol lorsqu'il est excessivement mouillé est inutile, et le faire lorsqu'il est trop sec peut causer l'érosion du sol, voir causer d'autres problèmes si la poussière est soulevée par le vent.

Le travail du sol doit être effectué avec soin par un opérateur expérimenté, qui évitera de déplacer ou d'endommager la membrane placée sous le sol contaminé.

8.4.7 Maintenance du système

Le système d'épandage contrôlé fonctionnera efficacement s'il est bien entretenu. Au moment opportun durant la construction du système, il faudra inspecter la membrane ou les membranes synthétiques afin de s'assurer que les coutures et les joints sont étanches et qu'il n'y a pas de perforations, de cloques ou de déchirures. Le sol et les sous-couches d'argile peuvent présenter des imperfections (p. ex., lentilles, fissures, passages). De façon hebdomadaire, pendant le traitement, et immédiatement après une pluie violente ou un événement catastrophique, il convient d'inspecter les systèmes suivants :

- (i) les systèmes de contrôle du drainage pour détecter une détérioration, une défektivité, des fuites ou un mauvais fonctionnement;
- (ii) les systèmes de collecte du lixiviat pour s'assurer qu'ils fonctionnent bien et pour déterminer s'ils génèrent du lixiviat ou si celui-ci s'accumule.

Si des défauts ou des défaillances sont détectés, la réparation immédiate est requise pour maintenir l'intégrité du traitement.

Le système de contrôle du drainage devrait être inspecté au besoin pendant les périodes de précipitations ou au printemps lors du dégel pour s'assurer que des mesures appropriées seront prises quand le système aura presque atteint sa pleine capacité.

8.4.8 Surveillance et fermeture du site

Lors de la surveillance du sol sur le site d'épandage contrôlé, des échantillons devraient être prélevés régulièrement à divers endroits sur le site, selon l'étendue du traitement. Un plan d'échantillonnage devrait indiquer les méthodes d'échantillonnage (grille, méthode composite) et la fréquence (nombre d'échantillons par aire de surface). Puisque l'épaisseur du sol épandu est mince et que le sol est homogénéisé grâce au travail du sol, une seule épaisseur d'échantillon est requise. Les échantillons devraient ensuite être analysés et comparés aux directives d'assainissement énoncées dans les RCQE du CCME et la documentation du SP-HCP. Ces protocoles sont recommandés afin de déterminer si le sol a été décontaminé et si le site peut être fermé. La surveillance du niveau des contaminants dans le lixiviat n'est requise que s'il doit être rejeté dans l'environnement; pendant la recirculation, on peut réaliser des essais dans le but de suivre la progression de l'assainissement. Il est également conseillé d'effectuer une surveillance de l'eau souterraine sur le site et de comparer les données ainsi recueillies avec les RCQE du CCME appropriés. Le tableau 3 résume les critères qui devraient être utilisés pour les divers milieux visés par le procédé d'épandage contrôlé.

On peut juger le sol décontaminé lorsque l'analyse confirme qu'il respecte les RCQE du CCME ou le SP-HCP pour l'utilisation spécifique du terrain de la propriété. Le sol assaini peut alors être utilisé d'une façon qui est conforme et appropriée à l'utilisation du site. Si d'autres niveaux de contaminants (métaux lourds, BPC, etc.) excèdent ceux prescrits par les RCQE du CCME, le sol devrait être décontaminé en utilisant une autre technique d'assainissement.

Tableau 3 – Résumé des normes relatives à l'épandage contrôlé pour les sites fédéraux contaminés

Milieu surveillé	Critères
Sol épandu et sol restant au site délimité (excavation)	Standards pancanadiens relatifs aux hydrocarbures pétroliers dans le sol (SP-HCP) (CCME, 2008).
	Recommandations canadiennes pour la qualité des sols – Protection de l'environnement et de la santé humaine (CCME, 2003)
Eau souterraine	<p>Eau non potable : Recommandations fédérales intérimaires pour la qualité des eaux souterraines (PASCF, 2012).</p> <p>Eau potable : Recommandations pour la qualité de l'eau potable du Canada (Santé Canada, 2012).</p>
Lixiviat	<p>Pour la recirculation – aucun (seulement surveillance du traitement)</p> <p>Rejet dans l'environnement</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Dans les eaux de surface : Recommandations canadiennes pour la qualité de l'environnement (RCQE) du CCME pour la protection de la vie aquatique (CCME, 2003). ▪ Dans les eaux souterraines : aucun; les directives provinciales ou territoriales sont recommandées conformément à l'<i>Approche fédérale en matière de lieux contaminés</i> (Groupe de travail sur la gestion des lieux contaminés [GTGLC], 1999).
Eau de surface	Recommandations canadiennes pour la qualité de l'environnement (RCQE) du CCME pour la protection de la vie aquatique (CCME, 2003) ou Recommandations pour la qualité de l'eau potable du Canada (Santé Canada, 2012) pour l'eau potable.
Air ambiant	Objectifs nationaux afférents à la qualité de l'air ambiant au Canada : processus et état (CCME, 2003)

9 RÉFÉRENCES

Alberta Energy and Utilities Board (EUB). 1996. *Oilfield Waste Management Requirements for the Upstream Petroleum Industry Guide 58*. Novembre 1996.

Alberta Energy and Utilities Board. 1996. *Oilfield Waste Management Requirements for the Upstream Petroleum Industry Guide 58*. Novembre 1996.

Aldridge, Jo-Ann. 2005. Correspondance personnelle. Jo-Ann Aldridge, Scientifique principale du Programme, Environnement Canada, Région du Pacifique et du Yukon. 20 juin 2005.

Association canadienne de normalisation (CSA). 2001. *Évaluation environnementale de site, phase 1*, CAN/CSA Z768-01. Novembre 2002.

Association canadienne de normalisation (CSA). 2001. *Évaluation environnementale de site, phase 11*, CAN/CSA Z769-00. Mars 2002.

Chatham, James R. 2003. « Landfarming on the Alaskan North Slope – Historical Development and Recent Application ». Dixième conférence internationale annuelle sur l'environnement. Du 11 au 14 novembre 2003.

Conseil canadien des ministres de l'Environnement. CCME. 1993. *Guide pour l'échantillonnage, l'analyse des échantillons et la gestion des données des lieux contaminés*. Conseil canadien des ministres de l'Environnement, Winnipeg, Manitoba. http://www.ccme.ca/publications/list_publications.fr.html

Conseil canadien des ministres de l'environnement (CCME). 2012 (ébauche). *Guidance for Environmental Site Characterization in Support of Environmental and Human Health Risk Assessment*, volume 1. Ébauche de rapport pour commentaires du public en 2012, date prévue de finalisation : 2014. Winnipeg (Man.) : Conseil canadien des ministres de l'environnement.

Conseil canadien des ministres de l'Environnement. CCME. 2008. *Standard pancanadien relatif aux hydrocarbures pétroliers (HCP) dans le sol*. Conseil canadien des ministres de l'Environnement, Winnipeg, Manitoba. Accès : http://www.ccme.ca/ourwork/soil.fr.html?category_id=43

Conseil canadien des ministres de l'Environnement. CCME. 2003. Tableau sommaire des recommandations canadiennes pour la qualité de l'environnement. Accès : <http://stats.ccme.ca/>

Environnement Canada. 1993. « Appendix 3 : Guidelines on the Ex-Situ Bioremediation of Petroleum Hydrocarbon Contaminated Soils on Federal Crown Land » (Appendice 3 : Lignes directrices sur le traitement biologique sur terre des sols contaminés par des hydrocarbures sur les terres de la couronne fédérale) dans *Study on the Use of Landfarming and Surface Impoundments in the Management of Hazardous and Non-Hazardous Waste*. Conservation et Protection. 23 juin 1993.

Environnement Canada. 2004. *Landfarming at Federal Facilities (ébauche)*. BAT 30 : BAT sur les sites contaminés. Environnement Canada, Région de l'Ontario. Direction de la protection de l'environnement.

Environnement Canada. 1993. *Study on the Use of Landfarming and Surface Impoundments in the Management of Hazardous and Non-Hazardous Waste*. Programme national d'assainissement des lieux contaminés (document interne). 23 juin 1993.

Federal Remediation Technology Roundtable (FRTR). 2002. « 4.3 Land Treatment » in *Remediation Technologies Screening Matrix and Reference Guide, Version 4.0*. Janvier 2002. http://www.frtr.gov/matrix2/section4/4_3.html

Government of Alberta. 2004. *Code of Practice for the Land Treatment of Soil Containing Hydrocarbons (ébauche)*. Ministère de l'Environnement de l'Alberta. Mai 2004.

Government of Yukon. 2004a. *Land Treatment Facilities (Guidelines for Construction, Operation and Decommissioning)*.
<http://www.environmentyukon.gov.yk.ca/epa/landtreatment.html>

Government of Yukon. 2004b. *Land Treatment Facilities and Landfarming*.
<http://www.environmentyukon.gov.yk.ca/epa/contamltf.shtml>

GOwen Environmental Limited. 2002. *Study on the Use of Landfarming and Surface Impoundments in the Management of Hazardous and Non-hazardous Waste*. Numéro de projet K2237-1-0009. Préparé pour Environnement Canada, Place Vincent Massey, Division des mouvements transfrontières. 29 mars 2002.

Groupe de travail sur la gestion des lieux contaminés (GTGLC). 1999. *Approche fédérale en matière de lieux contaminés*. Mise à jour le : 25 avril 2003.
http://www.ec.gc.ca/etad/csmwg/pub/fed_aprch/fr/toc_f.htm

Ministère de l'Environnement de l'Ontario. 2004. « Ontario's Brownfields Legislation and Records of Site Condition Regulation (Règl. Ontario. 153/04). » Présentation (Chris Lompart), Direction des politiques d'utilisation du sol, ministère de l'Environnement de l'Ontario. 15 septembre 2004.

[PASCFC] Plan d'action pour les sites contaminés fédéraux. 2012. Guidance Document On Federal Interim Groundwater Quality Guidelines. For Federal Contaminated Sites. Plan d'action pour les sites contaminés fédéraux. Date de publication initiale mai 2010, mis à jour en novembre 2012. Disponible sur demande : FCSAP.PASCFC@ec.gc.ca. Poland J. S., M.J. Riddle et B. A. Zeeb. 2003. « Comparison of Assessment and Remediation of Sites in the Canadian Arctic and in Antarctica. » *Edmonton '03 Assessment and Remediation of Contaminated Sites in Arctic and Cold Climates*. Éd. Micheal Nahir, Kevin Biggar et Giselle Cotta. Edmonton, Alberta. p. 159-164.

Rike, A.G., Haugen, K.B., Børresen, M., Kolstad, P., Engene, B. 2003. « In situ Monitoring of Hydrocarbon Biodegradation in the Winter Months at Longyearbyen, Spitsbergen. » *Edmonton '03 Assessment and Remediation of Contaminated Sites in Arctic and Cold Climates*. Éd. Micheal Nahir, Kevin Biggar et Giselle Cotta. Edmonton, Alberta.

SAIC Canada. 2004. *Survey of Site Remediation Technologies Used In Canada*. Préparé pour Environnement Canada. Rapport 9966.B699.G12. Novembre 2004.

SAIC Canada. 2005. *Development of Federal Guidelines for Landfarming Contaminated Soil – Review of Existing Guidelines (ébauche)*. Préparé pour Environnement Canada.

Santé Canada. 1996. *Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada*. Sixième édition. http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/water-eau/guidelines_sixth-rec_f.html

Santé Canada. 2012. *Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada – Tableau sommaire*. Bureau de l'eau, de l'air et des changements climatiques, Direction générale de la santé environnementale et de la sécurité des consommateurs, Santé Canada, Ottawa (Ont.) http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/water-eau/2012-sum_guides_recom/index-fra.php University of Saskatchewan. 2002. « Saskatchewan Interactive : Agriculture : Soils », mis à jour le 19 novembre 2002. <http://interactive.usask.ca/ski/agriculture/soils/soilphys/index.html>

USEPA. 1994. Chapter V in « *How to Evaluate Alternative Cleanup Technologies for Underground Storage Tank Sites : A Guide for Corrective Action Plan Reviewers*. » (EPA 510-B-94-003; EPA 510-B-95-007; et EPA 510-R-04-002). Octobre 1994. <http://www.epa.gov/oust/pubs/tums.htm>

Whyte, L.G., D. Labbé, B. Goalen, J. Buchko, M. Nahir, M. Billowits et C. W. Greer. 2003. « In-Situ Bioremediation of Hydrocarbon Contaminated Soils in the High Arctic. » *Assessment and Remediation of Contaminated Sites in Arctic and Cold Climates (ARCSACCs 2003)*. Edmonton, Alberta.

Whyte, L.G., D. Labbé, B. Goalen, M. Billowits, M. Nahir et C.W. Greer. 2001. « Biodegradation of Petroleum Hydrocarbons in the Arctic by Cold-Adapt Microorganisms. » *Assessment and Remediation of Contaminated Sites in Arctic and Cold Climates (ARCSACCs 2001)*. Edmonton, Alberta.

Whyte, L.G. et G.W. Greer. 1999. « Biodegradation of Petroleum Hydrocarbons at Low Temperatures. » *Assessment and Remediation of Contaminated Sites in Arctic and Cold Climates (ARCSACCs 1999)*. Edmonton, Alberta.

ANNEXE A – Plan de santé et de sécurité (PSS) : exigences concernant l'épandage contrôlé sur les sites fédéraux contaminés

A.1 But et portée

- L'expert-conseil devra assurer la santé et la sécurité de tous ses employés, des sous-consultants et des personnes se trouvant sur les lieux, conformément à la partie II du *Code canadien du travail* (L.R.C., 1985, Ch. L-2) et à la législation provinciale applicable.
- Puisque l'épandage contrôlé est une technique *ex-situ*, elle peut nécessiter l'excavation et le transport de sol contaminé hors site ou à un autre endroit sur la propriété du site contaminé. L'évaluation environnementale du site initial ne s'inscrit donc pas dans la portée.

A.2 Applicabilité du plan

Le PSS est applicable aux

- experts-conseils et à leurs sous-traitants;
- travailleurs, superviseurs et visiteurs sur le site contaminé et le site d'épandage contrôlé, ainsi qu'aux travailleurs transportant le matériel contaminé entre les sites.

Toutes les personnes présentes sur le site doivent être informées à propos des dangers et doivent lire et signer le PSS.

A.3 Contexte

A.3.1 Nom et emplacement du site

A.3.2 Historique du site

A.3.3 Activités sur le site (p. ex., excavation, manipulation de matériel, caractérisation du site d'épandage contrôlé, études hydrologiques, construction d'un système d'épandage contrôlé, exploitation, surveillance, etc.)

A.4 Dangers chimiques

- Contaminants dans le sol énumérés (concentrations dépassant les normes)

A.4.1 Équipement de protection individuel (EPI)

Tous les travailleurs doivent :

- a) Porter des vêtements conçus pour le travail, préférablement une combinaison, et des bottes de sécurité;

- b) Laver leurs vêtements de travail et leurs bottes avant de les ranger à la maison ou au travail;
- c) Porter des gants de nitrile jetables, ou d'un autre matériel approuvé par le responsable de sécurité, lors de la manipulation de sol contaminé ou d'outils potentiellement contaminés;
- d) Prendre une douche après chaque journée de travail lorsqu'ils ont manipulé du sol contaminé;
- e) Se laver les mains et le visage avant de manger, de fumer ou de mâcher de la gomme;
- f) Avoir un accès immédiat à des traitements et de l'équipement de premiers soins, incluant un poste pour le lavage des yeux.

Tous les travailleurs dans la zone d'excavation active sont potentiellement exposés aux vapeurs d'hydrocarbures pétroliers en manipulant le sol; ils doivent donc respecter les exigences ci-dessus, et :

- a) Travailler d'une manière qui réduit l'exposition potentielle à la poussière, comme mouiller périodiquement le site de travail;
- b) Porter un masque HEPA jetable avec des cartouches de filtre organique;
- c) Avoir accès à des lunettes de protection si, selon le responsable de sécurité, le niveau de poussière devient assez élevé pour qu'il y ait un risque important d'exposition des yeux;
- d) Laver les bottes de travail à la fin de chaque journée de travail ou porter des couvre-bottes jetables et les jeter à la fin de chaque journée de travail.

L'EPI ci-dessus a été établi d'après des consultations avec l'Agence d'hygiène et de sécurité au travail de Santé Canada (Nordin, *communication personnelle*, dans Aldridge, *communication personnelle*). Selon les conditions du site, le responsable de sécurité, ou une autre personne désignée, peut augmenter ou réduire les exigences de l'EPI.

A.4.2 Contrôle de la qualité de l'air et seuils d'action

- L'air doit être contrôlé avant et pendant l'excavation;
- Afin d'évaluer les concentrations avant le début des travaux et pendant ceux-ci pour déterminer si la protection individuelle est justifiée.

A.5 Dangers physiques

- Évaluer et réduire les divers dangers physiques (p. ex., la possibilité de trébucher, les dangers en hauteur quand on travaille sous une plateforme, les dangers liés à la perforation ou la lacération de l'équipement d'excavation, le stress thermique).

A.6 Inspections de sécurité sur le site

- Des inspections de sécurité périodiques doivent être effectuées pour identifier tout danger qui n'aurait pas été prévu dans le plan et pour s'assurer que la santé et la sécurité des travailleurs sont protégées adéquatement.

A.7 Modifications du plan de santé et de sécurité HASP

- Le PSS peut être modifié selon les conditions du site.

A.8 À contacter en cas d'urgence

A.9 Signature

- Les représentants désignés en santé et sécurité doivent avoir lu et approuvé le plan de santé et de sécurité, et doivent signer une feuille prouvant qu'ils l'ont fait.

www.ec.gc.ca

Pour obtenir de plus amples renseignements :

Environnement Canada

Informathèque

10, rue Wellington, 23^e étage

Gatineau (Québec) K1A 0H3

Téléphone : 1-800-668-6767 (au Canada seulement) ou 819-997-2800

Télécopieur : 819-994-1412

Téléimprimeur : 819-994-0736

Courriel : enviroinfo@ec.gc.ca