

# TERRAINS CONTAMINÉS



## GUIDE DE CARACTÉRISATION DES TERRAINS

# **Guide de caractérisation des terrains 2003**

## **ERRATUM**

### **1. Page IV, Rédaction**

**Ajouter :** Pour la version antérieure (1999) : Louise Anderson, ingénieure  
Pour la version actuelle (2003) : Johanne Laberge, géologue

### **2. Page 74, Tableau 3**

**Deux paramètres doivent être ajoutés dans le tableau 3**

Ligne « Jet fuel B » : ajouter dans la colonne contaminants « **C<sub>10</sub>C<sub>50</sub>** »

Ligne « huile à moteur » : ajouter dans la colonne contaminants « **métaux** »

### **3. Page 75**

**Ajouter à la fin de la première note \* en bas de tableau**

Toutefois, si les sols excavés sont dirigés vers un lieu d'enfouissement, les paramètres à analyser doivent assurer le respect du cadre légal et réglementaire concernant l'enfouissement des sols contaminés.



# **TERRAINS CONTAMINÉS**

## **GUIDE DE CARACTÉRISATION DES TERRAINS**

---

LES PUBLICATIONS DU QUÉBEC  
1500 D, rue Jean-Talon Nord, Sainte-Foy (Québec) G1N 2E5

VENTE ET DISTRIBUTION  
Case postale 1005, Québec (Québec) G1K 7B5  
Téléphone: (418) 643-5150 ou, sans frais, 1 800 463-2100  
Télécopie: (418) 643-6177 ou, sans frais, 1 800 561-3479  
Internet: [www.publicationsduquebec.gouv.qc.ca](http://www.publicationsduquebec.gouv.qc.ca)

**Catalogage avant publication de la Bibliothèque nationale du Canada**

Anderson, Louise, 1963-

Guide de caractérisation des terrains

(Terrains contaminés)

Publ. antérieurement sous le titre : Guide standard de caractérisation de terrains contaminés. 1988.

Comprend des réf. bibliogr.

ISBN 2-551-19621-3

1. Sols – Pollution – Mesure. 2. Eau – Pollution – Mesure. 3. Air – Pollution – Mesure. 4. Substances dangereuses – Évaluation du risque. 5. Sol, Utilisation de – Aspect de l'environnement – Québec (Province). I. Laberge, Johanne, 1962-. II. Québec (Province). Service des lieux contaminés. III. Gaucher, Marcel, 1957-. Guide standard de caractérisation de terrains contaminés. IV. Titre.

TD878.G38 2003

628.5'5'0287

C2003-941026-9

# **TERRAINS CONTAMINÉS**

## **GUIDE DE CARACTÉRISATION DES TERRAINS**

Cette publication a été élaborée par la  
Direction des politiques du secteur industriel,  
Service des lieux contaminés  
du ministère de l'Environnement.

Cette édition a été produite par  
Les Publications du Québec  
1500 D, rue Jean-Talon Nord  
Sainte-Foy (Québec)  
G1N 2E5

### **Conception**

Louise Anderson, ingénieure

Plusieurs personnes ont assisté les auteurs en leur fournissant  
des renseignements précieux et en acceptant de commenter  
l'ouvrage.

Nous tenons à les remercier pour leur apport inestimable à la  
réalisation de ce guide de caractérisation.

Johanne Laberge, géologue  
Pierre Aubé, ingénieur

### **Rédaction**

Louise Anderson, ingénieure  
Johanne Laberge, géologue

Dépôt légal – 2003  
Bibliothèque nationale du Québec  
Bibliothèque nationale du Canada  
ISBN 2-551-19621-3  
ISSN 1204-2072  
© Gouvernement du Québec

## AVANT-PROPOS

Pour faire suite aux orientations annoncées dans la Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés parue en 1998, des modifications ont été apportées en juin 2002 à la section IV.2.1 de la Loi sur la qualité de l'environnement (LQE) portant sur les terrains contaminés. Ces modifications obligent, entre autres, le Ministère à mettre sur pied une liste d'experts, experts qui seront appelés à attester de la conformité avec la Loi des études de caractérisation réalisées en vertu de cette section. Pour baliser la caractérisation et le travail de l'expert, la Loi prévoit également à l'article 31.66 que le Ministère élaborera « un guide énonçant les objectifs et les éléments à prendre en compte dans la réalisation de toute étude de caractérisation d'un terrain ». Le présent document constitue à la fois le guide annoncé à l'article 31.66 de la LQE et une version révisée du *Guide de caractérisation des terrains* édité en 1999.

Le Guide de caractérisation des terrains est destiné aux intervenants engagés dans la réalisation de projets de réhabilitation de terrains contaminés (promoteurs, consultants, experts, propriétaires, institutions financières, etc.) ainsi qu'aux personnes désireuses de connaître la procédure et les méthodes à appliquer pour caractériser un terrain.

Il décrit les étapes à suivre pour réaliser la caractérisation des différents milieux d'un terrain (eau-air-sol) et vise à assurer une uniformité dans les procédures utilisées. Cependant, le Guide ne présente pas les détails des analyses possibles sur les organismes vivants (biotests), ni les techniques d'évaluation des risques toxicologiques\* et écotoxicologiques\*\*.

---

\* Voir à ce sujet le document : Lignes directrices pour la réalisation des évaluations du risque toxicologique pour la santé humaine dans le cadre de la procédure d'évaluation et de l'examen des impacts sur l'environnement et de l'examen des projets de réhabilitation de terrains contaminés, MSSS, 2002.

\*\* Voir à ce sujet le document : Procédure d'évaluation du risque écotoxicologique pour la réhabilitation des terrains contaminés, Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec, 1998.



## TABLE DES MATIÈRES

<b>INTRODUCTION</b> .....	1
<b>1 CARACTÉRISATION PRÉLIMINAIRE (PHASE I)</b> .....	5
1.1 Sources d'information pour réaliser la caractérisation préliminaire de phase I .....	5
1.1.1 Documentation à consulter .....	5
1.1.2 Entrevues avec des personnes connaissant le terrain, son usage actuel ou passé .....	13
1.1.3 Visite du terrain .....	13
1.2 Éléments supplémentaires dont on peut avoir à tenir compte .....	14
1.2.1 Description écologique .....	14
1.2.2 Protection du patrimoine culturel .....	14
1.3 Interprétation des données et rédaction du rapport .....	15
1.4 Suites à donner au dossier .....	15
<b>2 NOTIONS DE BASE POUR LA RÉALISATION D'ÉTUDES DE CARACTÉRISATION PRÉLIMINAIRE (PHASE II) OU EXHAUSTIVE (PHASE III)</b> .....	16
2.1 Transport des contaminants .....	18
2.1.1 Caractéristiques des contaminants .....	18
2.1.2 Caractéristiques des médiums .....	19
2.1.3 Mécanismes de transport .....	21
2.2 Méthodes d'investigation indirecte .....	21
2.2.1 Télédétection .....	22
2.2.2 Méthodes géophysiques .....	23
2.2.3 Méthode radioactive .....	27
2.2.4 Méthode de détection des gaz interstitiels du sol .....	27
2.2.5 Méthode de détection instantanée de câbles, de canalisations et de structures souterraines .....	28
2.3 Méthodes d'investigation directe, planification de la campagne d'échantillonnage .....	29
2.3.1 Stratégie d'échantillonnage .....	30
2.3.1.1 Localisation des stations en plan .....	30
2.3.1.2 Localisation des échantillons en coupe .....	34
2.3.1.3 Type d'échantillonnage .....	36
2.3.1.4 Localisation des échantillons témoins .....	37
2.3.1.5 Nombre d'échantillons à prélever .....	38
2.3.1.6 Cas particuliers .....	38
2.3.1.6.1 Échantillonnage des sols de surface dans le cas de contamination aérotransportée .....	38
2.3.1.6.2 Échantillonnage de sols en piles .....	39
2.3.1.6.3 Échantillonnage des sols et des eaux souterraines contaminés par la fuite de réservoirs souterrains ayant contenu des produits pétroliers .....	39
2.3.1.6.4 Échantillonnage des matériaux de démantèlement .....	40
2.3.1.6.5 Échantillonnage des granulats .....	40
2.3.1.6.6 Échantillonnage de remblai .....	40

2.3.1.6.7	Échantillonnage aux fins de contrôle lors d'excavation de sols contaminés .....	42
2.3.2	Détermination des paramètres analytiques .....	46
2.3.3	Techniques et méthodes d'investigation .....	47
2.3.3.1	Sols .....	47
2.3.3.2	Eaux souterraines .....	48
2.3.3.3	Eaux de surface .....	52
2.3.3.4	Sédiments .....	52
2.3.3.5	Matières résiduelles .....	52
2.3.3.6	Rejets liquides .....	53
2.3.3.7	Air .....	53
2.3.3.8	Biogaz .....	54
2.3.3.9	Matériaux de démantèlement .....	54
2.3.4	Établissement d'un programme d'assurance et de contrôle de la qualité .....	54
2.3.5	Préparation du matériel d'échantillonnage .....	55
2.3.6	Description de la procédure d'échantillonnage .....	55
2.3.7	Demande d'autorisation .....	55
2.3.8	Vérification de la présence d'infrastructures souterraines .....	56
2.3.9	Élaboration d'un programme de santé et sécurité .....	56
2.3.10	Planification d'un échéancier .....	56
2.4	Travaux de terrain .....	57
2.4.1	Localisation des stations d'échantillonnage sur le terrain .....	57
2.4.2	Prélèvement des échantillons sur le terrain .....	57
2.4.2.1	Identification des échantillons .....	57
2.4.2.2	Description des échantillons .....	58
2.4.2.3	Nettoyage des instruments d'échantillonnage .....	58
2.4.2.4	Prise de notes et de photographies .....	58
2.4.3	Conservation et transport des échantillons .....	58
2.4.3.1	Conservation des échantillons .....	58
2.4.3.2	Transport .....	58
2.4.3.3	Cas juridiques : chaîne de possession .....	59
2.5	Analyse des échantillons .....	59
2.5.1	Choix du laboratoire d'analyse .....	59
2.5.2	Programme d'assurance et de contrôle de la qualité en laboratoire .....	60
2.6	Interprétation des données et rédaction du rapport .....	60
2.7	Contenu du résumé .....	61
<b>3</b>	<b>APPLICATIONS PARTICULIÈRES POUR LA CARACTÉRISATION PRÉLIMINAIRE (PHASE II)</b> .....	<b>62</b>
3.1	Stratégie d'échantillonnage .....	62
3.1.1	Sols .....	63
3.1.2	Eaux souterraines .....	63
3.1.3	Eaux de surface .....	64
3.1.4	Sédiments .....	64
3.1.5	Matières résiduelles .....	65

3.1.6	Rejets liquides .....	65
3.1.7	Air .....	65
3.1.8	Évaluation préliminaire du potentiel archéologique du terrain .....	66
3.2	Détermination des paramètres analytiques .....	66
3.3	Interprétation des données et rédaction du rapport .....	66
<b>4</b>	<b>APPLICATIONS PARTICULIÈRES POUR LA CARACTÉRISATION</b>	
	<b>EXHAUSTIVE (PHASE III) .....</b>	<b>68</b>
4.1	Stratégie d'échantillonnage .....	69
4.1.1	Sols .....	69
4.1.2	Eaux souterraines .....	69
4.1.3	Eaux de surface .....	71
4.1.4	Sédiments .....	72
4.1.5	Matières résiduelles .....	72
4.1.6	Air ambiant .....	73
4.1.7	Inventaire biologique .....	73
4.1.8	Archéologie .....	74
4.2	Détermination des paramètres d'analyses .....	74
4.3	Travaux de terrain .....	76
4.4	Interprétation des données et rédaction du rapport .....	76
4.4.1	Résultats des analyses chimiques .....	76
4.4.2	Résultats des essais de terrain .....	77
4.4.3	Rapport .....	77
	<b>RÉFÉRENCES .....</b>	<b>78</b>
	<b>BIBLIOGRAPHIE .....</b>	<b>80</b>

## TABLEAUX

TABLEAU 1 :	Pertinence des méthodes géophysiques pour la localisation de matières résiduelles .....	26
TABLEAU 2 :	Stratégie d'échantillonnage pour une contamination aérotransportée .....	39
TABLEAU 3 :	Paramètres pertinents à vérifier en fonction du type de produits pétroliers .....	74
TABLEAU 4 :	Pertinence d'analyser les HAP et les HAM dans les cas de contamination de sols par du diesel ou de l'huile à chauffage domestique .....	75

## FIGURES

FIGURE 1 :	Cheminement d'une étude de caractérisation .....	3
FIGURE 2 :	Procédure à suivre lors d'une caractérisation préliminaire ou exhaustive .....	17
FIGURE 3 :	Schéma des approches d'échantillonnage .....	32
FIGURE 4 :	Constitution d'un échantillon composé prélevé au fond d'une excavation .....	45
FIGURE 5 :	Constitution d'un échantillon composé prélevé sur la paroi d'une excavation .....	45

## ANNEXES

ANNEXE I :	Publications en relation avec les terrains contaminés .....	83
ANNEXE II :	Liste non exhaustive de documents et de banques de données relatifs aux caractéristiques physiques, chimiques et toxicologiques des composés .....	87
ANNEXE III :	Visite de terrain .....	88
ANNEXE IV :	Équipement de travail sur le terrain utile lors de la campagne d'échantillonnage .	90
ANNEXE V :	Contenu d'un rapport de caractérisation préliminaire de phase I .....	92
ANNEXE VI :	Contenu d'un rapport d'une étude de caractérisation préliminaire de phase II ou exhaustive (phase III) .....	94
ANNEXE VII :	Contenu du résumé de l'étude de caractérisation .....	97

ANNEXE VIII : Différences entre une caractérisation préliminaire et une caractérisation exhaustive .....	98
ANNEXE IX : Liste des contaminants potentiels par secteur d'activité industrielle et commerciale susceptibles de contaminer les sols et les eaux souterraines .....	102



## INTRODUCTION

L'objectif ultime d'une étude de caractérisation est de déterminer la présence et le degré de contamination de l'environnement (eau-air-sol). Comparer les concentrations mesurées dans des échantillons représentatifs aux normes et critères reconnus permet une évaluation générique du risque que représente un terrain contaminé pour la santé humaine et l'environnement.

On peut également faire une étude de caractérisation pour établir la teneur de fond (teneur naturelle) d'un terrain avant la mise sur pied d'une nouvelle activité industrielle ou pour connaître la qualité d'un terrain avant une transaction immobilière, une réutilisation ou lors de la cessation des activités d'une entreprise.

Le guide décrit les différentes étapes nécessaires à la réalisation d'une étude de caractérisation visant à évaluer la qualité des différents médiums (sols, eaux, sédiments, gaz, matières résiduelles) présents sur ou dans un terrain. Certains aspects y sont élaborés en profondeur d'autres font l'objet d'un renvoi à des documents plus détaillés. Une liste des documents nécessaires à l'usage de ce guide est présentée à l'annexe I.

Lorsqu'un projet de caractérisation d'un terrain est mis de l'avant, il est recommandé de procéder par étape de façon à ne pas effectuer des travaux inutilement et à optimiser les actions subséquentes tout en considérant l'aspect économique. Il est important de préciser dès le départ les **objectifs visés** afin de cerner l'étude. L'ampleur de la caractérisation sera donc fonction des objectifs poursuivis, de la complexité du cas et du degré de précision recherché.

Ce guide présente une planification en trois étapes, ou **phases** bien distinctes qui aideront les utilisateurs dans le cheminement de leur étude :

- Caractérisation préliminaire (phase I)
- Caractérisation préliminaire (phase II)
- Caractérisation exhaustive (phase III)

La première section présente la caractérisation préliminaire de phase I. La phase I consiste à faire une revue de l'information existante ainsi qu'à établir l'historique du terrain et des activités qui ont eu lieu. L'objectif de cette phase est de se familiariser avec le lieu et de définir la problématique du terrain à partir des données disponibles. Lorsque les données de la première étape donnent suffisamment d'indices pour soupçonner la présence d'une contamination, la phase II doit alors être amorcée.

La deuxième section présente la procédure à suivre ainsi que les éléments et aspects communs dont on doit tenir compte lors d'une étude de caractérisation des différents médiums. Qu'il s'agisse d'une caractérisation préliminaire de phase II ou d'une caractérisation exhaustive de phase III.

Les sections 3 et 4 présentent respectivement les objectifs et particularités associés à une caractérisation préliminaire de phase II et une caractérisation exhaustive de phase III.

La **phase II** représente une étape de caractérisation exploratoire. L'objectif de cette phase est de confirmer la présence ou l'absence de contaminants, de chercher la ou les sources de contamination, de déterminer les secteurs et les médiums contaminés et d'évaluer l'ampleur de la contamination. Cette phase se traduit

par la réalisation de tranchées ou sondages et le prélèvement d'échantillons et, selon le cas, par l'utilisation de techniques d'investigation indirecte.

Lorsque la présence d'une contamination est confirmée en phase II, une caractérisation exhaustive est fortement recommandée. Cette caractérisation, correspondant à la **phase III**, a pour objectifs d'établir les limites de la contamination avec plus de certitude, de déterminer les volumes de matériaux contaminés, de constater les impacts de la contamination sur l'environnement ainsi que d'évaluer les risques potentiels pour la santé humaine, la faune et la flore. La caractérisation exhaustive se veut beaucoup plus détaillée que la caractérisation préliminaire et requiert une investigation complète des différents médiums contaminés afin de définir les mesures d'intervention appropriées. Cette phase nécessite habituellement le prélèvement et l'analyse d'un grand nombre d'échantillons.

Il peut s'avérer nécessaire d'effectuer des études complémentaires ou particulières afin d'obtenir des données pertinentes à l'évaluation spécifique du risque ou à la planification du scénario d'intervention choisi (ex. des données pour le choix d'une technique de traitement ou pour effectuer une évaluation du risque toxicologique ou écotoxicologique).

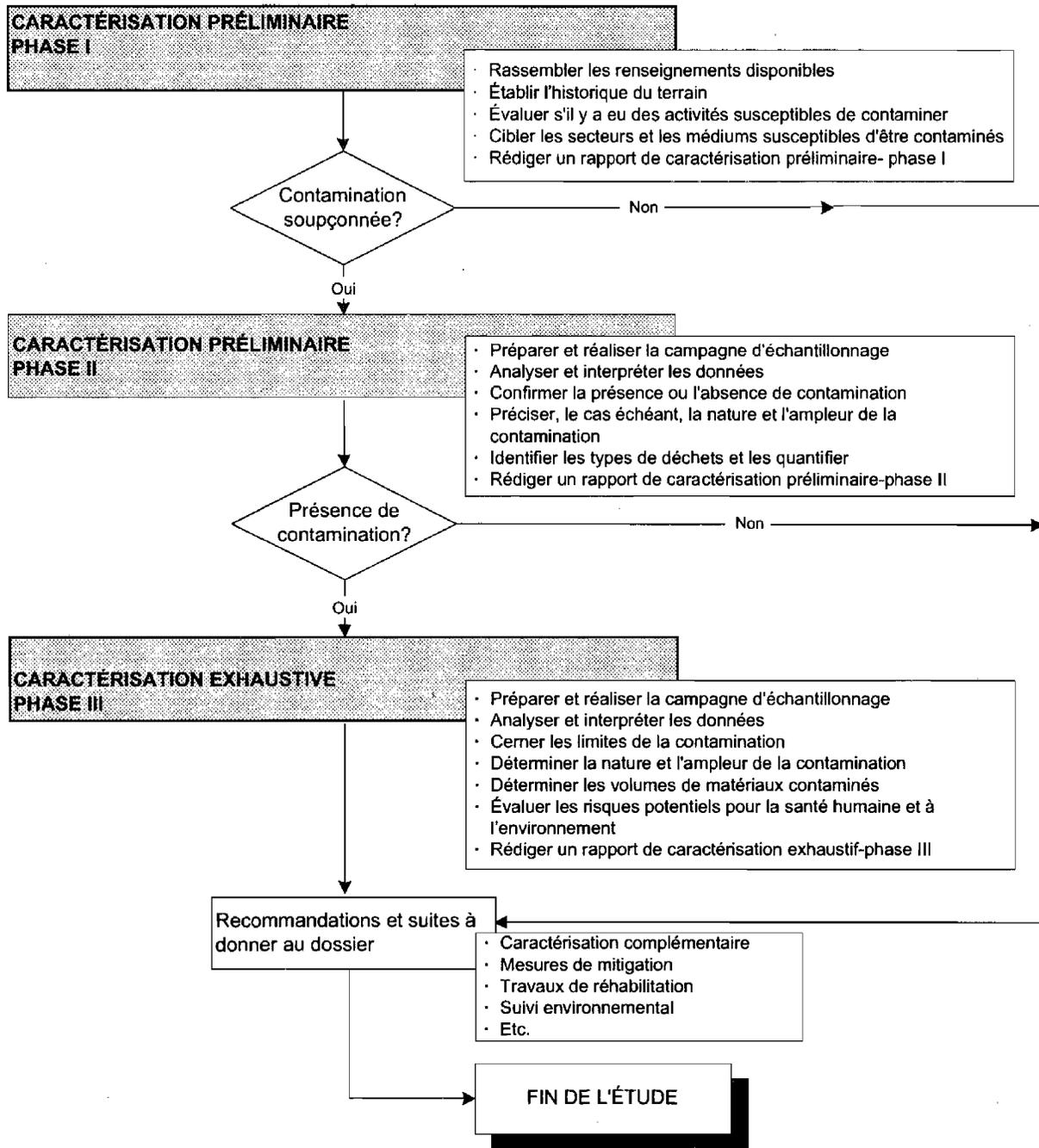
La réalisation d'une étude de caractérisation doit être confiée à du personnel spécialisé dans le domaine de l'environnement pour assurer un travail de qualité fait selon les règles de l'art.

**Toute étude de caractérisation réalisée en application des dispositions de la section IV.2.1 de la Loi sur la qualité de l'environnement (article 31.67) doit être faite conformément aux exigences du présent Guide de caractérisation des terrains et attestée par un expert concerné à l'article 31.65. Il est possible d'utiliser des façons de faire différentes de celles qui sont exigées dans le guide, par exemple pour tenir compte de caractéristiques particulières d'un terrain. Cependant, ces variations devront être clairement définies et justifiées dans le rapport de caractérisation.**

Les études de caractérisation qui doivent être attestées par un expert sont celles qui découlent : d'une ordonnance prise en fonction de l'article 31.49; d'une cessation définitive des activités industrielles ou commerciales appartenant à l'une des catégories désignées par règlement selon l'article 31.51; ou d'un changement d'usage d'un terrain appartenant à l'une des catégories désignées par règlement selon l'article 31.53 de la L.Q.E.

La figure 1 présente le cheminement à suivre pour réaliser une étude de caractérisation.

**Figure 1**  
**Cheminement d'une étude de caractérisation**





## **1 CARACTÉRISATION PRÉLIMINAIRE (PHASE I)**

La caractérisation préliminaire de phase I est une étape indispensable à toute étude de caractérisation. Elle consiste en la revue de l'information existante et à faire l'historique du terrain.

Les objectifs d'une étude de caractérisation de phase I sont les suivants :

- se familiariser avec le terrain;
- définir la problématique du lieu à partir des données disponibles;
- évaluer s'il y a eu des activités susceptibles de contaminer les médiums;

et le cas échéant :

- cibler les secteurs et les médiums susceptibles d'être contaminés;
- déterminer le type de contamination potentielle;
- définir les besoins de renseignements supplémentaires.

Certains documents qui se rapportent à des travaux réalisés dans la localité ou la région où se situe le terrain à l'étude peuvent donner des renseignements pertinents. Les renseignements obtenus lors de cette recherche permettront de mieux orienter les travaux sur le terrain, et ainsi épargner temps et argent.

### **1.1 Sources d'information pour réaliser la caractérisation préliminaire de phase I**

#### **1.1.1 Documentation à consulter**

Les terrains peuvent avoir été contaminés de différentes façons selon l'utilisation qui en a été faite (exploitation industrielle, commerciale, institutionnelle ou résidentielle). Ils peuvent également avoir été contaminés par des activités inadéquates d'entreposage et de transbordement de matières premières ou de résidus, des activités d'élimination de déchets industriels sur le terrain (dépotoir), l'utilisation de remblais souillés par des débris (matériaux de construction et de démolition, cendres d'incinérateur et mâchefer et toutes autres matières résiduelles), par des déversements accidentels, par des fuites de réservoirs souterrains ou hors-terre, par des actes de vandalisme ou par le transport aérien ou souterrain de contaminants provenant d'une activité industrielle ou commerciale à proximité.

Chaque terrain a un passé et la connaissance de l'historique du terrain permet de mieux adapter l'étude de caractérisation. Cela permet, entre autres, d'établir la problématique du terrain, de déterminer les sources potentielles, le type de contamination, les zones d'activités, etc. La recherche sur l'utilisation chronologique (historique) du terrain doit remonter à la toute première activité (ex. : industrielle, commerciale, de remblayage) ayant pu influencer sa qualité, dans la mesure où les renseignements sont disponibles.

Plusieurs sources d'information peuvent s'avérer très utiles pour connaître l'histoire d'un terrain et en déduire sa problématique. La liste suivante présente les documents qui doivent être obligatoirement consultés, que ce soit pour un terrain résidentiel, institutionnel, commercial ou industriel, ainsi que les documents dont la consultation est recommandée mais facultative selon la disponibilité de l'information.

- **Liste des documents qui doivent obligatoirement être consultés :**

- **registre foncier du terrain inscrit au Bureau de la publicité des droits (chaîne des titres de propriété, avis de contamination, avis de restriction d'utilisation);**
- **le répertoire des terrains contaminés du MENV (Système de gestion des terrains contaminés);**
- **certificat de localisation ou plan d'aménagement actuel du terrain;**
- **photographies aériennes;**
- **cartes topographiques ou cadastrales (limites de la propriété, localisation du terrain, des routes, des cours d'eau, etc. présents dans le secteur).**

- Liste des documents dont la consultation est obligatoire au besoin et s'ils existent :

- répertoires ou archives de l'entreprise présente sur le terrain portant sur ses activités (description des procédés et des équipements connexes, liste des différentes matières utilisées et localisation des zones d'entreposage des matières premières ou résiduelles, des produits intermédiaires et finaux, types de matières résiduelles produites ou éliminées, registres des déversements, fuites ou explosions, relevés de la qualité de l'air, permis et certificats d'autorisation, plans des infrastructures (bâtiments et infrastructures souterraines, etc.);
- plan d'assurance incendie;
- études de caractérisation antérieures du terrain à l'étude;

- Liste des documents et autres sources de renseignements dont la consultation est recommandée au besoin et s'ils existent :

- documentation municipale (schémas d'aménagement et plans d'urbanisme municipaux, cartes de localisation des prises d'eau municipale, des aqueducs, des puits privés, etc.);
- documentation sur la région (études géologiques, géochimiques, hydrogéologiques, géotechniques, géophysiques et données météorologiques);
- système d'information hydrogéologique du ministère de l'Environnement du Québec;
- cartes de vulnérabilité des eaux souterraines à la pollution.

- **La suite de cette section décrit les documents mentionnés précédemment.**

Registre foncier du terrain inscrit au Bureau de la publicité des droits (chaîne des titres de propriété, avis de contamination, avis de restriction d'utilisation)

La recherche sur l'historique d'un terrain doit commencer par la reconstitution de la chaîne des titres de propriété (la liste des propriétaires antérieurs) pour un terrain donné. Les titres de propriété sont disponibles au registre foncier du Bureau de publicité des droits. De plus, à partir de mars 2003, des avis de contamination et de restriction d'usage peuvent avoir été inscrits au registre en respect de certains articles de la LQE.

Répertoire des terrains contaminés du MENV

Le répertoire des terrains contaminés, appelé le Système de gestion des terrains contaminés (GTC), est une banque de données des renseignements généraux et techniques sur les dossiers de terrains contaminés par des activités industrielles et commerciales. L'objectif du système GTC est de rassembler les renseignements concernant les terrains contaminés au Québec dans le but de cerner la problématique; d'élaborer des orientations, des statistiques et des bilans ainsi que de favoriser la diffusion de l'information à la clientèle. Il ne s'agit pas d'un inventaire exhaustif, mais d'une compilation des cas portés à l'attention du Ministère. De façon générale, les terrains répertoriés doivent avoir démontré, lors de leur caractérisation, une contamination des sols supérieure à un critère B ou des eaux souterraines supérieures à un critère d'usage de la *Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés*. Le répertoire des terrains contaminés est un outil de recherche qui permet d'obtenir des renseignements, comme le type de contaminants et les quantités de sols contaminés, pour un lieu ou un propriétaire donné. Il peut être une première source d'information à consulter pour vérifier la présence de contamination. Le répertoire des terrains contaminés peut être consulté sur le site Internet du ministère de l'Environnement du Québec à l'adresse [www.menv.gouv.qc.ca/sol/terrains/terrains-contaminés](http://www.menv.gouv.qc.ca/sol/terrains/terrains-contaminés).

Certificat de localisation du terrain (actuel)

Le certificat de localisation est un document officiel préparé par un arpenteur-géomètre. Il est composé d'un rapport et d'un plan dans lequel l'opinion de l'arpenteur géomètre est exprimée en ce qui a trait à la localisation et à la condition actuelle de la propriété, quant au titre, aux spécifications cadastrales, ainsi qu'aux lois et règlements qui l'affectent. Le plan indique les numéros des lots, les limites et les dimensions exactes du terrain, la localisation exacte des bâtiments et des infrastructures visibles et parfois souterraines. Ce document est une bonne source d'information quel que soit l'usage du terrain (résidentiel, commercial, industriel).

### Photographies aériennes

Quel que soit le terrain à caractériser, l'étude des photographies aériennes est obligatoire. Elles sont utiles pour reconstituer l'histoire du lieu et suivre l'évolution chronologique des activités qui ont eu lieu sur le terrain (activités industrielles, remblais, déblais, enfouissement, etc.). Les photographies aériennes couvrent toutes les régions du Québec sur plusieurs années et elles sont présentées à des échelles variées (1:40 000, 1:20 000, 1:15 000, 1:10 000, etc.). Selon les endroits, les photographies aériennes sont en noir et blanc, en couleur, sous forme infrarouge et en infrarouge couleur ou ultraviolet (télédétection). On peut se procurer les photographies aériennes à la Photocartotheque du ministère des Ressources naturelles du Québec.

### Cartes topographiques

Les cartes topographiques couvrant le Québec existent à l'échelle 1:250 000, 1:50 000 et 1:20 000. La carte à l'échelle 1:20 000 est la plus appropriée pour l'étude d'un secteur en particulier. Cette carte permet de localiser le terrain, d'inventorier les cours d'eau présents dans le secteur, de déterminer la vocation des terrains avoisinants, de localiser la présence de zones sensibles, de prendre note de la topographie du secteur à l'étude et d'estimer l'écoulement des eaux de surface. De plus, des cartes topographiques anciennes renseignent sur des changements topographiques (remblais, déblais). Ces changements peuvent parfois être reliés à des activités d'enfouissement.

### Répertoires ou archives de l'entreprise présente sur le terrain

Plusieurs documents que possède une entreprise peuvent être très utiles pour déterminer les secteurs potentiellement contaminés et la nature d'éventuels contaminants. Mentionnons, entre autres, la description des procédés et des équipements connexes, la liste des différentes matières utilisées, la localisation des zones d'entreposage des matières premières ou résiduelles, des produits intermédiaires et finaux; y a-t-il eu des déversements, des fuites ou des explosions, où sont situées les infrastructures actuelles et antérieures, etc.

Quelques contaminants sont propres à certaines activités industrielles et à leur mode d'alimentation énergétique (électricité, charbon, produits pétroliers). Une liste des contaminants potentiels par secteur d'activité est présentée à l'annexe IX. Cette liste est non exhaustive. Il est possible que, pour un même secteur d'activité, des technologies différentes aient été utilisées. Par conséquent, certains contaminants ne seront pas pertinents à analyser sur un terrain par rapport à un autre terrain. Par contre, d'autres contaminants peuvent aussi être trouvés sur un terrain en raison d'activités industrielles secondaires ou connexes. Par exemple, une contamination par des produits pétroliers est présente sur presque tous les terrains industriels en raison de la présence de réservoirs d'hydrocarbures, du fonctionnement et de l'entretien de machinerie et de véhicules, etc.

## Plan d'assurance incendie

La consultation du plan d'assurance incendie est également une bonne source d'information sur l'historique des terrains où sont érigées des constructions. Ces plans montrent les bâtiments, leur usage et permettent souvent d'établir l'emplacement d'anciens réservoirs d'hydrocarbures ou autres liquides, de même que les zones à risques. On peut consulter ces plans d'assurance dans les bureaux municipaux ou dans les bibliothèques nationales.

## Études de caractérisation disponibles

Les études réalisées antérieurement sont une source majeure de renseignements. À ce stade, toute étude d'ordre environnemental, géologique, hydrogéologique et géotechnique peut fournir des renseignements pertinents. Cependant, on doit faire une mise à jour des données. Entre autres, l'interprétation des données doit être révisée en fonction des nouveaux essais, critères, règlements, etc. Il faut également garder en mémoire que les anciennes mesures (ex. : élévations du terrain) pourraient ne plus être exactes.

### – Caractérisation antérieure du terrain à l'étude

Certains terrains ont pu être caractérisés en partie ou en totalité dans le passé. Il est donc important de bien s'informer auprès des propriétaires actuels et antérieurs pour se procurer les renseignements pertinents.

### – Caractérisation de terrains avoisinants

Des terrains attenants au lieu à l'étude ont pu faire l'objet dans le passé d'études de caractérisation ou géotechniques (ex. : construction d'infrastructures routières). Ces études peuvent révéler des renseignements très pertinents sur la géologie et l'hydrogéologie locales (ex. : nature et épaisseur du sol, type et profondeur du roc) et même sur les types de contaminants présents. Par contre, il se peut que ces études ne soient pas disponibles pour consultation en raison de leur caractère privé ou confidentiel.

### – Caractérisation de terrains à vocation similaire

Des études de caractérisation de terrains ayant la même vocation et le même type d'activités ont probablement déjà été effectuées dans le passé. Ces données peuvent être très utiles dans la détermination de la nature et de l'ampleur de la contamination.

## Documentation municipale

On peut se procurer certaines données pertinentes dans les bureaux municipaux :

- liste des terrains contaminés provenant du registre foncier ou liste des terrains contaminés produite par la municipalité, le cas échéant;
- schémas d'aménagement des MRC (municipalité régionale de comté) ou des communautés urbaines ou métropolitaines;
- plans d'urbanisme des municipalités, pour vérifier la vocation des terrains environnants (résidentielle, commerciale, industrielle, agricole, etc.);
- identification des propriétaires voisins;
- localisation des prises d'eau potable du réseau municipal et des réseaux privés (rayon de 1 km) dans la localité;
- localisation des puits d'eau potable privés à proximité du terrain à l'étude;
- relevés d'arpentage, limites exactes des propriétés;
- cartes cadastrales;
- cartes d'utilisation du territoire (revue des années antérieures);
- cartes des services d'incendie (revue des années antérieures);
- différents rapports techniques selon les travaux qui ont été effectués dans la municipalité;
- registre des incidents survenus dans la municipalité;
- liste des permis de construction délivrés pour la propriété à l'étude, (ex. : réservoir souterrain);
- registres municipaux (rapport de visite, inspection de travaux, etc.);
- lois et règlements municipaux.

## Documents sur la région

En plus des renseignements propres à chaque terrain, des documents plus généraux peuvent aussi être d'une aide appréciable. Certaines régions ont pu faire l'objet d'études géologiques, géochimiques, géotechniques, hydrogéologiques, etc. Ces documents peuvent contenir des renseignements pertinents permettant de mieux planifier une campagne d'échantillonnage.

### - Rapports géologiques

Certains secteurs ont fait l'objet d'études géologiques ou géomorphologiques. Ces études sont effectuées par les gouvernements fédéral et provincial, par des compagnies minières ou de prospection. Des renseignements sur la nature et l'épaisseur des dépôts meubles, la profondeur et le type de roc et certaines données hydrogéologiques y sont colligés. Ces renseignements sur la région permettent d'obtenir des données rapidement et peuvent être très utiles pour évaluer la vulnérabilité des eaux souterraines et la profondeur des forages à effectuer. On peut consulter la plupart de ces rapports au Service de la géoinformation du ministère des Ressources naturelles du Québec.

### - Rapports hydrogéologiques

Certaines municipalités ou villes ont pu faire réaliser une étude hydrogéologique lors de l'établissement de leurs lieux d'enfouissement, de leurs puits d'alimentation ou de leur lieu de traitement des eaux usées. Les résultats de l'étude, lorsqu'ils sont disponibles, peuvent fournir des

renseignements tels que : la nature et la perméabilité des dépôts meubles et du roc, la profondeur de la nappe d'eau souterraine, la présence d'aquifères et leurs caractéristiques hydrauliques, ainsi que la qualité, la direction et la vitesse d'écoulement des eaux souterraines.

– Système d'information hydrogéologique

L'annuaire des puits et forages, publié en 1984 par la Direction des ressources hydriques du ministère de l'Environnement du Québec, n'existe plus dans sa forme originale. Les renseignements hydrogéologiques sont maintenant enregistrés dans le système d'information hydrogéologique (SIH). Plus de 120 000 dossiers dont les premières données remontent à 1967 s'y trouvent. Les données proviennent des rapports de forage transmis par les puisatiers accrédités au Québec. Comme renseignement, on y trouve : la date du forage, le diamètre du forage, les niveaux d'eau statiques et dynamiques, le débit et la profondeur du puits, une description géologique des matériaux recoupés à partir de la surface et leur épaisseur respective, etc. La localisation des puits se fait dans le système *Universal Transverse Mercator* (UTM), *Mercator Transverse Modifiée* (MTM) ou longitude – latitude, et ce, tant dans le datum NAD27 que NAD83. Il est important de préciser que les coordonnées d'origine ont été obtenues à l'aide de la carte 1:50 000. Ainsi, la précision de la localisation ne peut, au mieux, être inférieure à plus ou moins 50 mètres.

Cette banque de données est utile pour obtenir une approximation des caractéristiques hydrogéologiques du terrain à l'étude. Par contre, les descriptions géologiques devraient être utilisées avec réserve puisqu'elles n'ont pas toujours été faites par des géologues. La banque de données SIH peut être consultée sur le site Internet du ministère de l'Environnement, par les employés du ministère qui ont accès à l'Infocentre ou en faisant la demande au Service de l'expertise technique en eau du ministère de l'Environnement du Québec.

– Carte de vulnérabilité des eaux souterraines à la pollution

Les eaux souterraines de certaines MRC ont été évaluées pour en déterminer la vulnérabilité à l'aide de la méthode DRASTIC, de l'U.S. Environmental Protection Agency. Cette méthode tient compte de différents facteurs soit : la profondeur de la nappe, l'infiltration, le milieu aquifère, la pédologie, le relief, l'incidence sur la zone non saturée et la conductivité hydraulique. Ces données ont été mises en carte sous l'appellation « Carte de vulnérabilité des eaux souterraines à la pollution ». Bien que ces cartes aient été dessinées entre 1985 et 1990, plusieurs renseignements sont encore valides. Ces cartes localisent des industries qui sont des sources potentielles de contamination, les prises d'eau municipales (certaines cartes indiquent également les prises d'eau privées et individuelles, si les prises d'eau sont des puits, des rivières ou des lacs) et indiquent la vulnérabilité des terrains de la MRC (faible, modérée ou élevée). Ces cartes existent à l'échelle 1 : 20 000 et 1 : 50 000 en version papier et numérique. On peut les consulter au Service de l'expertise technique en eau, du ministère de l'Environnement du Québec.

#### – Rapports géotechniques

Le ministère des Ressources naturelles a produit des rapports de levés géotechniques de différentes régions du Québec. On peut consulter ces rapports au Service de la géoinformation. Ils rassemblent des données sur les propriétés physiques et mécaniques des sols. Les rapports de certaines régions présentent des études plus détaillées des propriétés mécaniques des sols, principalement sur les argiles, ainsi que des données sur l'hydrogéologie. Ils sont accompagnés d'une carte des dépôts meubles et d'une carte de la géologie du socle rocheux. La carte des dépôts meubles présente la nature, l'étendue et l'épaisseur des dépôts, ainsi que la localisation de gravières et sablières. La carte de la géologie, quant à elle, précise la nature, la topographie et les propriétés mécaniques de la roche en place.

Il se peut que des travaux géotechniques plus spécifiques aient été réalisés antérieurement dans le secteur à l'étude. Ces travaux sont effectués lors de la construction de bâtiments, de routes, de stationnements, etc. par le ministère des Transports du Québec, des entrepreneurs ou des firmes de consultants. Les rapports contiennent des renseignements sur les caractéristiques physiques des sols et du roc selon les essais techniques effectués.

Ces rapports peuvent être très utiles avant d'entreprendre des travaux de caractérisation d'un terrain contaminé, car ils fournissent des renseignements détaillés sur les caractéristiques des sols et du roc.

#### – Rapports géophysiques

Il se peut aussi que des levés géophysiques aient été réalisés dans le secteur à l'étude dans le contexte de travaux de prospection minière, d'études géotechniques ou environnementales. Les données qu'ils renferment varient selon la technique utilisée. Dans la majorité des cas, on peut y trouver la profondeur du roc et la présence de remblais, de contenants ou de débris métalliques enfouis. Un rapport géophysique est accompagné de cartes de localisation des anomalies. Certains rapports géophysiques peuvent être consultés au Service de la géoinformation du ministère des Ressources naturelles du Québec.

#### – Rapports géochimiques

Ces rapports regroupent les résultats des analyses chimiques effectuées sur des échantillons de sédiments de ruisseaux ou de lacs, de sols et d'eaux souterraines. Les anomalies géochimiques sont localisées sur une carte synthèse ainsi que sur des cartes par paramètre chimique dans les eaux et les sols. Ces travaux ont surtout été faits dans les régions où des anomalies chimiques d'origine naturelle dans les sols étaient soupçonnées et principalement dans les régions minières dans l'intention d'y découvrir de nouveaux gisements. Ce type de rapport peut être intéressant à consulter pour évaluer les teneurs de fond de la région dans le cas d'une contamination inorganique.

Les rapports géochimiques peuvent être consultés au Service de la géoinformation du ministère des Ressources naturelles du Québec.

## – Données météorologiques

Des statistiques sur la direction et la vitesse des vents ainsi que sur les précipitations et la température peuvent être indispensables dans certains cas. Par exemple, les données antérieures sur la direction et la vitesse des vents peuvent être utiles pour localiser une contamination issue d'une source d'émissions atmosphériques (ex. : rejet d'une cheminée, émissions diffuses) ou lorsqu'une étude de dispersion atmosphérique est nécessaire. De plus, les données sur les précipitations peuvent être pertinentes à consulter, puisque, dans certains cas, les précipitations influencent le réseau d'écoulement des eaux et, par le fait même, le transport des contaminants.

On peut consulter les données météorologiques à la Direction du suivi de l'état de l'environnement au ministère de l'Environnement du Québec. De plus, grâce au Programme climatologique canadien d'Environnement Canada, du Service de l'environnement atmosphérique, on peut se procurer des statistiques sur les *Normales climatiques au Canada 1951-1980 et Températures et précipitations*.

### Renseignements législatifs et administratifs

Si l'on désire réaliser des travaux sur des terrains contaminés, il est nécessaire au préalable de connaître les lois, les règlements et les directives administratives qui les régissent. Une liste des publications (lois, règlements, directives et politiques) en relation avec les terrains contaminés est présentée à l'annexe I.

#### 1.1.2 Entrevues avec des personnes connaissant le terrain, son usage actuel ou passé

Des entrevues avec des personnes qui connaissent le terrain à titre de propriétaire, locataire, employé actuel ou passé, voisin, inspecteur municipal ou de groupes environnementaux de la région sont des sources de renseignements sur des activités ou des événements du passé qui parfois ne peuvent être trouvés autrement.

#### 1.1.3 Visite du terrain

La visite du terrain s'effectue préférablement en présence d'une personne-ressource qui connaît le terrain et qui peut transmettre des renseignements utiles sur la localisation de secteurs potentiellement contaminés. Cette personne peut être le propriétaire du terrain, une personne qui a travaillé ou qui travaille sur le terrain, un voisin ou un inspecteur municipal. Dans le cas où l'historique d'un terrain présenterait un potentiel archéologique, la visite doit se faire en compagnie d'un archéologue.

Lors de la visite, il est important d'avoir en main un plan à l'échelle du terrain, la carte topographique, les photographies aériennes, un carnet de notes et un appareil photo. Un GPS peut être nécessaire pour déterminer les coordonnées géographiques du terrain, si celles-ci ne sont pas déjà connues. Selon le type de terrain et l'importance de la contamination soupçonnée, des vêtements protecteurs incluant des bottes et un casque de chantier peuvent être nécessaires. Une attention particulière doit être portée à la localisation des secteurs potentiellement dangereux pour la santé et la sécurité des personnes qui travailleront sur le terrain lors des travaux de caractérisation, de démantèlement et de réhabilitation.

La visite du terrain est requise pour vérifier certains éléments qu'il faudra considérer lors de la planification du patron d'échantillonnage et des travaux de caractérisation. De plus, la reconnaissance du terrain est très utile pour tenter de déterminer les voies de migration des contaminants. L'annexe III présente une liste des points à vérifier lors d'une visite de terrain.

## **1.2 Éléments supplémentaires dont on peut avoir à tenir compte**

### **1.2.1 Description écologique**

Lors de la consultation de cartes du territoire et de photographies aériennes, ainsi qu'au cours de la visite sur le terrain, une description écologique préliminaire des milieux doit être effectuée, s'il y a présence de milieux critiques ou sensibles (par exemple : marécage ou habitat prioritaire pour la faune), d'espèces en voie de disparition ou vulnérables sur le terrain, ou si la contamination présente ou suspectée sur le terrain est susceptible de les atteindre. Il faut porter une attention particulière à la présence de ressources importantes ou sensibles pour la diversité biologique dans le terrain et à ses limites. La Direction du patrimoine écologique et du développement durable du ministère de l'Environnement (MENV) présente un inventaire par territoire des milieux sensibles et des espèces en voie de disparition sous l'onglet « Biodiversité- Cadre écologique de référence » sur le site Internet du ministère de l'Environnement.

### **1.2.2 Protection du patrimoine culturel**

La contamination de certains terrains résulte d'activités industrielles passées, comme c'est le cas par exemple des Forges du Saint-Maurice à Trois-Rivières, de la Cité de l'énergie à Shawinigan, et du canal Lachine à Montréal. Certains terrains peuvent aussi contenir des traces d'activités humaines anciennes, par exemple celles des Amérindiens ou des Euroquébécois. Il est donc essentiel d'évaluer le potentiel archéologique du terrain et, le cas échéant, d'en faire l'étude.

L'étude du potentiel archéologique doit être validée par le ministère de la Culture et des Communications du Québec. Des recommandations sur les aires non retenues doivent être intégrées à l'étude du potentiel archéologique pour assurer la protection du patrimoine culturel lors de projets de construction ultérieurs. Lorsque des aires contenant un potentiel archéologique sont visées par des travaux de réhabilitation, une évaluation archéologique sur le terrain doit être planifiée ainsi que les coûts associés à cette intervention.

### **1.3 Interprétation des données et rédaction du rapport**

Lorsque l'inventaire des renseignements sur le terrain à l'étude est terminé, une compilation doit être réalisée. La compilation d'information est présentée dans un rapport de caractérisation de phase I qui doit inclure, entre autres, une localisation et une description du terrain ainsi qu'un historique des activités qui ont eu lieu sur le terrain. La liste des éléments à inclure est présentée à l'annexe V.

S'il y a eu présence d'activités susceptibles de générer de la contamination, il s'agira de déterminer les secteurs et les médiums susceptibles de présenter une certaine contamination, d'établir une liste des contaminants soupçonnés et d'évaluer les besoins en renseignements supplémentaires.

À la suite de l'interprétation des renseignements recueillis, une évaluation de l'incertitude en relation avec les recommandations devrait être présentée. Posséder des photos aériennes ou des cartes qui prouvent l'utilisation antérieure d'un terrain donne un bon niveau de certitude comparé à des renseignements qui sont basés sur de l'information incomplète.

**Les études de caractérisation de phase I réalisées en application des dispositions de la section IV.2.1 de la LQE (article 31.67) doivent être attestées par un expert et contenir les éléments inclus à la grille d'attestation pour une étude de caractérisation de phase I. Cette grille est annexée au *Manuel de l'expert*.**

### **1.4 Suites à donner au dossier**

Le responsable de la caractérisation évalue si la qualité et la quantité des renseignements obtenus permettent de statuer sur la présence possible de contamination, et il détermine les suites à donner. Il fait des recommandations quant à la nécessité de poursuivre l'étude. Il recommande qu'on effectue une caractérisation préliminaire de phase II si une contamination est soupçonnée ou si l'historique du terrain révèle qu'il y a eu des activités susceptibles de contaminer l'environnement. Dans ces cas, il définit certains aspects particuliers à traiter lors de la caractérisation préliminaire de phase II.

## **2 NOTIONS DE BASE POUR LA RÉALISATION D'ÉTUDES DE CARACTÉRISATION PRÉLIMINAIRE (PHASE II) OU EXHAUSTIVE (PHASE III)**

Cette section présente les concepts généraux et les éléments communs des deux étapes de caractérisation se déroulant sur le terrain, soit la caractérisation préliminaire de phase II et la caractérisation exhaustive (phase III).

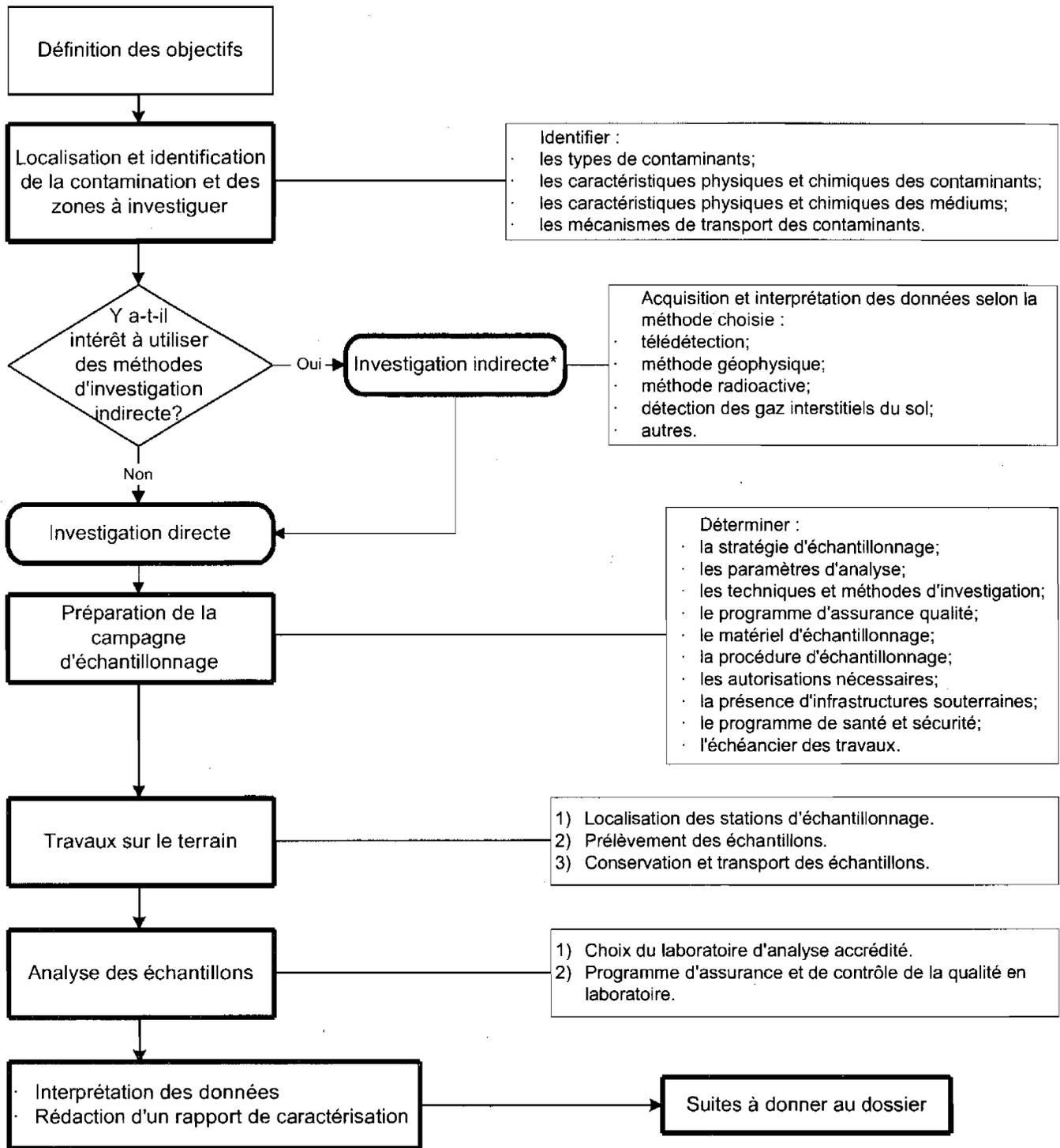
Il est recommandé de suivre une démarche structurée comprenant plusieurs étapes bien spécifiques. La procédure à suivre commence par une détermination claire des objectifs. Une première évaluation de l'identification des contaminants et de leur localisation est idéalement réalisée à la phase I. Si l'on connaît les contaminants susceptibles d'être trouvés, les propriétés physiques et chimiques des contaminants et des médiums ainsi que le mécanisme de transport des contaminants, il est plus facile de déterminer les secteurs et les médiums possiblement contaminés. Les méthodes d'investigation indirecte décrites à la section 2.2 viennent compléter les données relativement à l'identification et à la localisation des contaminants.

Par la suite, la qualité des différents médiums (sols, eaux souterraines, eaux de surface, sédiments, l'air et les biogaz) ainsi que des matériaux de démantèlement, matières résiduelles et rejets liquides, doit être évaluée en fonction de la problématique du milieu. Cela se fait à partir d'une campagne d'échantillonnage planifiée au préalable selon une procédure par étapes définie à la section 2.3. Des analyses sur les organismes vivants (ex. : biotests) peuvent compléter l'évaluation.

Lorsque la planification est terminée, la campagne d'échantillonnage débute sur le terrain par la localisation des stations d'échantillonnage, suivie du prélèvement des échantillons. L'analyse des échantillons choisis doit être effectuée par un laboratoire accrédité par le ministère de l'Environnement. Un rapport de caractérisation comprenant une compilation et une interprétation de toutes les données obtenues lors de l'étude doit être rédigé et signé. Des recommandations concernant les suites à donner au dossier sont incluses au rapport.

La figure 2 présente les différentes étapes de la procédure à suivre lors d'une caractérisation.

**Figure 2**  
**Procédure à suivre lors d'une caractérisation préliminaire ou exhaustive**



\* Ces méthodes peuvent être utilisées en tout temps.

## 2.1 Transport des contaminants

Le transport des contaminants est principalement influencé par leurs caractéristiques physiques et chimiques, ainsi que par la quantité de contaminants rejetés. La migration est également influencée par le type de médiums récepteurs, par ses caractéristiques chimiques (pH, Eh, etc.) et physiques (géologie, topographie, hydrogéologie, présence de chemins préférentiels, etc.) de même que par différents mécanismes de transport (vent, pluie, etc.).

### 2.1.1 Caractéristiques des contaminants

À partir de la revue de l'information disponible (phase I), il est possible de déterminer les types de contaminants potentiellement présents sur le terrain. Chaque contaminant possède des caractéristiques chimiques et physiques particulières qui lui confèrent des comportements qui sont également fonction du milieu ou médium dans lequel il se trouve (sol, eau, sédiment, air, etc.). En vue de localiser les médiums perturbés et d'évaluer l'ampleur de la contamination soupçonnée sur un terrain, il est également important de déterminer les comportements appréhendés qui sont associés aux contaminants.

Le devenir d'une substance chimique dans un médium récepteur (ex. : sol, eau, sédiments) est déterminé par différentes propriétés physico-chimiques notamment :

- Solubilité, miscibilité, coefficient d'adsorption et coefficient de partition

La solubilité est l'une des plus importantes propriétés susceptibles d'affecter le devenir et le transport des contaminants dans l'environnement. Les composés solubles se dissolvent dans les eaux de surface ou souterraines et se dispersent ainsi dans l'environnement. La miscibilité est une propriété équivalente à la solubilité, à la différence qu'elle porte sur l'interaction entre des liquides plutôt qu'entre un liquide et un solide.

Le coefficient d'adsorption ( $K_{oc}$ ) est également un paramètre qui affecte directement la mobilité d'une substance. Il est possible d'exprimer la tendance d'un contaminant à s'adsorber aux sols ou aux autres particules solides par l'entremise de ce paramètre. Le  $K_{oc}$  peut être défini comme le ratio de la quantité d'une substance adsorbée par unité de carbone organique présent dans le sol ou le sédiment sur la concentration de la substance en solution à l'équilibre. En plus de permettre une évaluation de la mobilité d'une substance, le  $K_{oc}$  peut être utile pour en évaluer le devenir par photolyse, hydrolyse, volatilisation ou biodégradation.

Les substances solubles possèdent généralement un  $K_{oc}$  et un facteur de bioconcentration par la vie aquatique relativement faibles. De plus, les substances présentant ces caractéristiques sont assez biodégradables<sup>1</sup>.

Une autre caractéristique des contaminants susceptible de régir leur comportement dans l'environnement est le coefficient de partition octanol-eau ( $K_{ow}$ ). Le  $K_{ow}$  représente la tendance d'une substance à se séparer entre une phase organique (un sol, un poisson, etc.) et une phase aqueuse. Une substance dont le  $K_{ow}$  est inférieur à 10 est considérée comme relativement hydrophile et a tendance à posséder une solubilité élevée, un coefficient d'adsorption faible et un faible facteur de bioconcentration par la vie aquatique. Un  $K_{ow}$  supérieur à  $10^4$  caractérise une substance hydrophobe<sup>1</sup>.

#### – Densité

La densité d'une substance représente le ratio de sa masse sur son volume. Un composé de densité inférieure à  $1 \text{ g/cm}^3$  (densité de l'eau) aura tendance à flotter sur les eaux de surface ou à former une phase flottante à la surface des eaux souterraines. Les composés contenus dans les essences et plusieurs hydrocarbures aliphatiques ont cette caractéristique.

Un composé de densité supérieure à  $1 \text{ g/cm}^3$  aura tendance à se répandre davantage dans la zone saturée et en profondeur dans les sols et les eaux souterraines.

#### – Volatilité

La volatilisation est le procédé par lequel une substance s'évapore dans l'atmosphère à partir d'un médium (comme le sol ou l'eau). Un composé volatil aura tendance à être rapidement libéré dans l'air et pourra dégager une odeur qui en confirmera la présence. Un composé peu volatil aura un temps de résidence plus long dans les sols, les eaux de surface et souterraines. Il pourrait d'ailleurs se retrouver confiné en profondeur dans les eaux souterraines dans les sols ou dans un conduit souterrain.

#### – Constante de la Loi de Henry

Le potentiel d'une substance à passer de l'eau vers l'air peut être déterminé à l'aide de la constante de la Loi de Henry (H). Il s'agit en fait d'un coefficient de partition air/eau. Ce paramètre est également utile pour évaluer la mobilité et le devenir d'une substance dans l'environnement<sup>1</sup>.

Une liste préliminaire des documents et banques de données fournissant de l'information sur les caractéristiques physico-chimiques et sur la toxicité des composés est présentée à l'annexe II.

### 2.1.2 Caractéristiques des médiums

Selon la problématique de la contamination, différents médiums sont susceptibles d'être contaminés tels que :

- les sols et les gaz interstitiels du sol;
- les eaux souterraines (zone saturée et zone non saturée);
- les eaux de surface (fossés, ruisseaux, rivières, étangs, lacs, fleuve);
- les sédiments (fossés, ruisseaux, rivières, étangs, lacs);
- l'air (ambiant ou près des sources de contamination);
- les matériaux de démantèlement, les bâtiments et les structures.

Ces médiums peuvent être contaminés, entre autres, par :

- des matières premières ou résiduelles solides déversées (entreposées hors-terre ou enfouies);
  - des matières premières ou résiduelles semi-liquides et liquides déversées (entreposées ou éliminées dans des lagunes, réservoirs, barils, directement sur le sol, etc.);
  - des rejets liquides (présents dans les égouts, drains, exutoires);
  - des poussières contaminées;
  - des gaz (contamination de l'air et odeurs).
- Caractéristiques chimiques des médiums susceptibles d'influencer le transport des contaminants

Certaines caractéristiques chimiques propres aux médiums affectés par un contaminant sont susceptibles d'influencer son déplacement dans l'environnement. Le pH d'un sol, d'un sédiment ou d'une eau a une influence directe sur la solubilité des métaux et métalloïdes. Le Eh est également un paramètre intéressant puisqu'il représente le potentiel d'oxydoréduction du milieu environnant ou d'un médium. Un milieu réducteur sera favorable à la solubilisation de certains composés alors que pour d'autres, la solubilité sera accrue en milieu oxydant.

La teneur d'un sol en matière organique et son contenu en argile sont également des paramètres régissant la migration potentielle d'un contaminant.

- Caractéristiques physiques des médiums susceptibles d'influencer le transport des contaminants

Le déplacement des contaminants peut se faire selon des chemins préférentiels qu'on appelle aussi voies de migration. **La géologie** du secteur où se trouve le contaminant peut favoriser grandement son déplacement. Par exemple, certains types de sol (unités stratigraphiques) très perméables comme les graviers et les sables, ainsi que le roc fracturé ou altéré, peuvent constituer des chemins préférentiels.

Les contaminants provenant de la surface du sol peuvent percoler dans la zone non saturée et être adsorbés au sol. Dans ce cas, la migration des contaminants est régie principalement par les propriétés du sol (pH, Eh, etc.) et la capacité d'adsorption ( $K_{oc}$ ) des contaminants en cause. Lorsque les contaminants atteignent la nappe d'eau souterraine, les contaminants solubles dans l'eau et ceux plus légers que l'eau ont tendance à migrer suivant **la direction de l'écoulement des eaux souterraines** en déployant un panache de contamination. Par conséquent, la direction et la vitesse d'écoulement de l'eau souterraine en milieu saturé ont une influence sur la concentration d'une substance à un point donné, la profondeur et l'étendue du panache des contaminants dans le sol<sup>2</sup>. Le transport des contaminants par les eaux souterraines représente un facteur de dispersion important qui doit être considéré lors de la planification du patron d'échantillonnage.

**La topographie** est aussi un élément à considérer dans le déplacement des contaminants. Par exemple, un terrain accidenté qui a une pente importante a tendance à déplacer les contaminants plus rapidement qu'un terrain plat. La présence de cours d'eau (ruisseaux, rivières, étangs, lacs) est aussi un élément important de la topographie, car ils peuvent transporter les contaminants sur de grandes distances.

**Des facteurs physiques d'origine anthropique**, très fréquents dans les zones urbaines ou rurales, contribuent aussi à la formation de chemins préférentiels de transport des contaminants. On pense entre autres aux fossés de drainage, aux égouts pluviaux et sanitaires, aux drains en pierre concassée, aux conduites souterraines utilitaires, aux fondations de bâtiments, etc. Généralement, les infrastructures sont installées sur ou entourées d'un remblai très perméable, ce qui favorise le déplacement des contaminants.

### 2.1.3 Mécanismes de transport

Les contaminants peuvent aussi être déplacés à distance par des facteurs physiques comme le vent, la pluie, les cours d'eau et certaines activités humaines.

**Le vent** représente un mécanisme de transport parfois considérable qui a pour effet d'entraîner, par voie aérienne, des composés volatils et des contaminants adsorbés sur des particules. Selon la dimension des particules, celles-ci peuvent rester en suspension et retomber sur le terrain environnant ou être transportées par le vent et se déposer plus loin, engendrant ainsi la contamination de sols de surface à une certaine distance de la source. La détermination de la direction des vents dominants est recommandée lors de la planification d'une étude de caractérisation de sol de surface.

**La pluie** représente aussi un mécanisme de transport important en entraînant des contaminants par les eaux de ruissellement et par infiltration. Sur des surfaces imperméables, les eaux peuvent s'écouler sur de grandes distances pour atteindre des fossés, des ruisseaux, des rivières et des lacs. Selon la vitesse à laquelle les eaux s'écoulent, les contaminants sont entraînés ou déposés au fond des cours d'eau pour ainsi contaminer les sédiments.

Sur un sol perméable, les contaminants sont entraînés par les eaux de pluie dans la zone non saturée (processus d'infiltration) jusqu'à la nappe d'eau souterraine où un panache de contamination est formé.

Le printemps, en raison de **la fonte des neiges** et de la crue des eaux, représente une période très favorable à la dispersion des contaminants. La quantité d'eaux de ruissellement et le niveau des eaux souterraines sont augmentés de façon considérable.

Finalement, dans certains cas, les contaminants peuvent être déplacés par **l'activité humaine**. Par exemple, le remblayage de terrains avec des matériaux contaminés et le passage de véhicules et de piétons sur des terrains contaminés peuvent également déplacer les contaminants et les entraîner sur des terrains avoisinants.

Les mécanismes de transport peuvent être combinés entre eux et associés à des chemins préférentiels rendant l'évaluation du transport des contaminants encore plus complexe. Tous ces facteurs doivent être pris en considération pour localiser les points d'échantillonnage.

## 2.2 Méthodes d'investigation indirecte

Les méthodes d'investigation indirecte sont des moyens par lesquels des renseignements ou des données peuvent être obtenus sur un terrain particulier sans avoir à prélever des échantillons. Ces méthodes ont l'avantage de ne pas être intrusives (méthodes d'auscultation) mais, par contre, les résultats obtenus par

ces méthodes sont généralement qualitatifs. Lorsqu'elles sont applicables, ces méthodes peuvent être utilisées à différentes étapes de réalisation d'une étude de caractérisation. Toutefois, elles sont complémentaires aux méthodes directes comme les forages, les tranchées et l'échantillonnage. Elles ne peuvent en aucun cas les remplacer.

L'utilisation de méthodes d'investigation indirecte dépend beaucoup du terrain à l'étude, du type de contaminants soupçonnés et du type de renseignements recherchés. Par exemple, il sera approprié d'utiliser une méthode indirecte dans le cas d'un terrain de grande dimension ou d'un terrain dont les renseignements obtenus lors de la revue de l'information existante ne permettent pas de cerner des secteurs potentiellement contaminés ou des déchets enfouis. Ces techniques sont employées, entre autres, pour cibler des secteurs présentant des anomalies afin de mieux situer les stations d'échantillonnage, pour localiser certaines structures enfouies (réservoirs, fondations, tuyauteries) ou pour déterminer la profondeur du roc ou d'une couche argileuse. Elles sont également utiles pour la caractérisation d'un terrain sous des bâtiments. Lorsque les contaminants sont connus ou soupçonnés, des techniques spécifiques peuvent être utilisées.

Les méthodes d'investigation indirecte sont variées, mais les plus courantes sont présentées dans cette section : la télédétection, les méthodes géophysiques, les méthodes radioactives (radon), les techniques de détection des gaz interstitiels du sol et les méthodes de détection instantanée de structures souterraines.

### 2.2.1 Télédétection

La télédétection regroupe plusieurs techniques qui ont pour objet de fournir des données sur un terrain sans nécessiter de contact physique avec celui-ci.

Les méthodes de télédétection aident à déterminer certains détails de surface. Cependant, pour en améliorer l'interprétation, elles devraient être couplées à une vérification visuelle et des prélèvements directs d'échantillons sur le terrain. Les méthodes les plus courantes sont :

#### – Photographie aérienne monochrome et couleur

La photographie aérienne monochrome ou couleur est caractérisée par sa grande disponibilité et par son prix très abordable. Elle peut aider à déterminer l'utilisation passée du terrain, les modifications des activités effectuées sur ce dernier, le réseau hydrographique et la topographie du terrain et des environs.

#### – Photographie aérienne par infrarouge

La photographie aérienne dans l'infrarouge et l'infrarouge couleur peut fournir des renseignements sur la dispersion des contaminants dans le sol, l'eau de surface, l'eau souterraine et l'air. L'infrarouge est surtout utilisé pour évaluer les diverses propriétés thermiques d'un milieu environnant. L'infrarouge permet aussi de localiser et de suivre les mouvements peu profonds du lixiviat issu d'une matière résiduelle ou d'une nappe d'eau souterraine<sup>3</sup>. De plus, il est possible de localiser les zones inondables ou les marécages ainsi que les résurgences d'eau souterraine.

#### – Photographie aérienne par ultraviolet

La télédétection à l'aide de photographies aériennes dans l'ultraviolet est un peu moins fréquente en raison de la difficulté de l'interprétation. Cependant, elle représente une technique intéressante à utiliser, entre autres pour localiser des matières résiduelles sur des terrains contaminés. En effet, plusieurs matières résiduelles émettent leur plus grande réponse spectrale dans l'ultraviolet ou près de cette zone du spectre électromagnétique<sup>3</sup>.

Des études ont démontré que l'analyse de différents spectres pouvait produire des données pertinentes concernant plusieurs propriétés des sols telles que la couleur, la minéralogie, la présence de matières organiques, la granulométrie, la structure, l'humidité et la température<sup>4</sup>. Ces études quoi qu'encore expérimentales et peu utilisées dans le domaine des terrains contaminés représentent tout de même une source intéressante de renseignements.

### 2.2.2 Méthodes géophysiques

Les méthodes géophysiques sont de plus en plus employées dans le domaine des terrains contaminés. Ces méthodes utilisent les propriétés physiques des contaminants ou des structures souterraines pour en faciliter la détection. Les propriétés physiques peuvent être de nature électrique, magnétique ou acoustique. L'application de méthodes géophysiques pour l'étude des terrains peut être faite de trois façons : de façon aéroportée, en surface et à l'aide de forages. L'application la plus courante, dans le cas de terrains contaminés, est l'utilisation de techniques de surface.

Lorsqu'elles sont applicables aux conditions d'un terrain, les méthodes géophysiques soulignent des contrastes (électriques, acoustiques, etc.) ou anomalies qui peuvent être reliés, par exemple, à la présence d'infrastructures ou à des secteurs perturbés (zones de remblai, de déchets ou de contamination). Les méthodes géophysiques ont l'avantage de pouvoir couvrir de grandes surfaces. De plus, les méthodes aéroportées et les méthodes de surface sont non destructives, ce qui peut être avantageux dans certains cas où il faut éviter de remanier des sols contaminés et réduire les risques d'étendre ou d'augmenter la

contamination dans l'environnement<sup>5</sup>. Cependant, des méthodes d'investigation directe (forages, tranchées et échantillonnage) sont nécessaires afin de confirmer si le contraste observé à l'aide d'une méthode géophysique a une quelconque signification environnementale. Elles permettent également de calibrer les relevés et facilitent les extrapolations entre les différents résultats analytiques.

Avant de procéder à une étude géophysique, il est très important d'établir les objectifs de l'étude. Ils doivent être très clairs de sorte que la firme spécialisée choisie comprenne les besoins du demandeur et réponde exactement à la demande. Comme les méthodes géophysiques sont choisies en fonction de ce qui est recherché, il est nécessaire d'avoir une bonne idée de la problématique du terrain ainsi que des cibles visées. Un géophysicien d'expérience en environnement saura choisir les méthodes appropriées à utiliser selon la demande qui lui est faite et les caractéristiques du terrain. Il saura également définir les limites des méthodes recommandées. Les méthodes géophysiques les plus couramment utilisées dans le contexte d'une étude de caractérisation de terrains sont les suivantes :

– le géoradar

Le géoradar (radar pénétrant) a une fonction semblable à celle du sonar dans l'eau. Le principe de fonctionnement de cette méthode est basé sur la propagation d'ondes électromagnétiques de hautes fréquences. Les ondes sont émises par une antenne de transmission et pénètrent dans le sol. L'impulsion électromagnétique est réfléchiée par des obstacles du terrain (litages, interfaces, objets enfouis, etc.) puis captée par une antenne de réception. Le radar enregistre le temps que prend le signal transmis à être capté. La période de temps est corrélée à la profondeur de l'obstacle. Les résultats sont présentés sous forme de profils où les niveaux décelés apparaissent aux profondeurs correspondantes. Cette méthode peut permettre de déterminer la stratigraphie du sol et la profondeur du roc et de détecter des discontinuités (litage, faille, fracture) ainsi que des infrastructures enfouies (réservoirs, tuyaux métalliques et non métalliques, etc.). Elle peut aussi être utilisée pour la détermination du niveau de la nappe phréatique et pour l'évaluation du panache de contamination dans le cas d'un contaminant conducteur.

– la magnétométrie

Les relevés magnétométriques (MAG) permettent d'enregistrer le champ magnétique total, c'est-à-dire la somme des champs magnétiques créés par tous les matériaux conducteurs, incluant le champ magnétique terrestre. Par exemple, un objet métallique (tuyau, réservoir, baril, etc.) enfoui génère un champ magnétique qui modifie le champ magnétique terrestre à un endroit donné. En enregistrant le champ magnétique total selon un quadrillage, il est possible de quantifier les variations que le champ magnétique terrestre a subies. Les données de l'intensité du champ magnétique total et celles de son gradient vertical sont alors soumises à un traitement informatique, puis présentées sous forme de profils ou de cartes permettant de localiser certaines anomalies magnétiques.

– l'induction électromagnétique

La méthode du champ électromagnétique induit (EM) consiste à induire des courants dans le sol à l'aide d'un champ électromagnétique primaire généré à la surface. Ces courants induisent à leur tour un champ électromagnétique secondaire dans le sol et sont détectés à la surface par un appareil de mesure qui détermine la conductivité électrique du sol. Les techniques diffèrent selon le type de source émettrice, la

fréquence utilisée et les composantes mesurées par le récepteur. Les appareils de mesure de la conductivité les plus populaires sont le EM-31, EM-34 et EM-61. Les résultats sont présentés sous forme de carte selon une vue en plan. Cette méthode peut permettre de localiser des objets métalliques enfouis ainsi que des zones de contamination dans les sols (hydrocarbures, acides, métaux lourds).

– la résistivité électrique

La résistivité électrique se base sur la résistance qu'opposent les terrains naturels au passage d'un courant électrique. Cette méthode consiste à injecter un courant électrique dans le sol au moyen de deux électrodes de surface et à mesurer une différence de potentiel entre une seconde paire d'électrodes afin de déterminer la résistivité du matériel. Les résultats sont présentés sous forme de profils ou de carte. Cette méthode peut permettre l'évaluation de panaches de contamination, la localisation d'objets métalliques et la détermination de la profondeur de la nappe d'eau souterraine et du roc.

– la sismique réfraction

La sismique réfraction est basée sur la propagation des ondes sismiques dans le sol. Cette méthode entraîne la création d'un choc mécanique ou explosif à la surface du sol produisant une onde qui se propage dans le sol. L'onde est réfractée à l'interface de deux milieux présentant des caractéristiques physiques différentes et, de ce fait, se transmet à une vitesse de propagation différente. À la surface, une série de récepteurs (géophones) enregistrent les ondes réfractées. Le temps que prend l'onde pour revenir à la surface après réfraction sur les différentes couches géologiques est calculé et sert à évaluer leur profondeur. Les résultats sont présentés sous forme de profils (coupes sismiques). Cette méthode peut être utile pour déterminer la stratigraphie des dépôts meubles, la profondeur et la qualité du roc, et la présence de failles et de fractures.

Chaque type de levé géophysique a ses avantages et ses limitations. Une combinaison de deux ou de plusieurs types de méthodes géophysiques est donc préférable afin de diminuer les ambiguïtés d'interprétation des données<sup>6</sup>. De plus, une bonne connaissance de la géologie locale et des conditions qu'on trouve sur le terrain (présence de lignes à haute tension, clôtures métalliques, conduites métalliques souterraines) est essentielle pour faire le choix de la méthode géophysique appropriée ainsi que pour effectuer une interprétation juste des résultats.

Dans le cas de terrains contaminés de grandes dimensions, l'utilisation de méthodes géophysiques s'avère rapide et économique. La géophysique est plus efficace lorsqu'elle est combinée avec une campagne de forage ou de sondage permettant ainsi une vérification directe des anomalies détectées. **Quelle que soit la méthode géophysique utilisée, elle ne doit pas remplacer une campagne d'échantillonnage du terrain.** La géophysique doit plutôt être employée pour choisir la localisation optimale de l'emplacement des points d'échantillonnage (sondages, forages ou puits d'observation) et ainsi permettre l'amélioration de l'efficacité d'une campagne d'échantillonnage<sup>5</sup>.

Le tableau 1 résume les domaines d'application des cinq méthodes géophysiques les plus courantes pour la détection de contaminants et de propriétés physiques particulières. Ce tableau est inspiré des tableaux du document du Conseil canadien des ministres de l'environnement (CCME) : *Manuel d'évaluation de la subsurface des lieux contaminés*, mars 1994. Ce document donne davantage de détails sur les différentes méthodes géophysiques applicables au domaine de l'environnement.

**Tableau 1 : Pertinence des méthodes géophysiques pour la localisation de matières résiduelles, de contamination et de propriétés géologiques**

MÉTHODES RENSEIGNEMENTS RECHERCHÉS	GÉORADAR	MAGNÉTOMÉTRIE (MAG)	ÉLECTROMAGNÉTIQUE	RÉSISTIVITÉ ÉLECTRIQUE	SISMIQUE RÉFRACTION
MATIÈRES RÉSIDUELLES MÉTALLIQUES	2	1	1	2	4
DÉCHETS *	2	4	2	2	5
PANACHE DE CONTAMINATION INORGANIQUE (eau souterraine)	3	5	2	2	5
PANACHE DE CONTAMINATION ORGANIQUE (eau souterraine)	3	5	2	3	5
RÉSIDUS MINIERS	2	2	1	1	4
PROFONDEUR DU ROC	1	4	4	1	1
STRUCTURE GÉOLOGIQUE	1	4	5	2	2
POROSITÉ LOCALE	4	5	4	2	5
PRÉSENCE D'ARGILE	4	5	3	1	5

**LISTE DES CODES :**

- 1- Presque toujours adéquat      4- Rarement adéquat  
 2- Habituellement adéquat      5- Inadéquat  
 3- Parfois adéquat

NOTE : Les codes présentés dans le tableau ont été déterminés en considérant un milieu géologique poreux. La présence de sols très conducteurs comme les argiles diminue nettement l'efficacité des méthodes électromagnétiques, du géoradar et de la résistivité.

\* Déchets : déchets solides enfouis qui ont tendance à accumuler de l'eau (comme des ordures ménagères, des matériaux secs, etc.) et barils pouvant contenir des contaminants (comme des hydrocarbures, des solvants, etc.).

### 2.2.3 Méthode radioactive

Le levé au radon est la méthode radioactive la plus utilisée. On l'utilise pour la détection d'hydrocarbures ou de composés volatils dans les sols ou les eaux souterraines. Le radon (Rn) est un gaz inerte radioactif présent naturellement dans les sols et facilement détectable.

Cette méthode repose sur l'hypothèse que les composés volatils associés aux produits pétroliers et aux solvants organiques agissent comme catalyseurs dans le processus de diffusion ascendante du radon vers la surface du sol. Les zones de sol ayant des concentrations plus élevées en hydrocarbures légers indiquent un nombre de radiations par minute de l'isotope  $^{222}\text{Rn}$  plus grand à la surface qu'un sol ne contenant pas de tels contaminants. Les résultats sont relatifs et doivent être assez nombreux pour permettre une interprétation comparative entre les mesures obtenues sur un même terrain.

La technique employée sur le terrain consiste à prélever un échantillon d'air dans les sols à l'aide d'une pompe à succion reliée à un détecteur de radon portatif. La profondeur d'échantillonnage est variable et elle est fonction des conditions du sol. Cette procédure est répétée pour chacune des stations de mesure de la zone étudiée.

La qualité de la détection est dépendante de plusieurs facteurs reliés à la diffusion du radon vers la surface. Les plus importants, entre autres, sont : une stratigraphie uniforme et homogène, une porosité du sol appropriée pour permettre la diffusion ascensionnelle du radon, un degré d'humidité du sol minimal et homogène et des conditions atmosphériques constantes lors du levé.

Le levé au radon est généralement utilisé pour donner une image préliminaire de la localisation des secteurs contaminés par des composés organiques volatils. Le levé est un bon point de départ pour déterminer l'emplacement des forages ou des tranchées à faire lors de travaux de caractérisation.

### 2.2.4 Méthode de détection des gaz interstitiels du sol

Cette méthode est utilisée pour détecter les composés organiques volatils présents dans le sol et les eaux souterraines. Elle est surtout employée pour donner une estimation indirecte de l'étendue de la contamination en surface et en profondeur, ainsi que pour déterminer l'emplacement de puits d'observation. Cependant, cette procédure ne peut être utilisée pour évaluer la concentration des contaminants dans les sols et les eaux souterraines. Les résultats ainsi obtenus sont basés sur des données qualitatives de la présence de contaminants dans les gaz interstitiels du sol et doivent être interprétés par comparaison avec d'autres points d'échantillonnage des gaz<sup>8</sup>. Il existe plusieurs techniques pour prélever les gaz interstitiels dans les sols; les plus courantes sont mentionnées dans cette section. La détection des gaz interstitiels peut se faire par un échantillonnage passif ou actif.

Un échantillonnage passif s'effectue en enterrant, à une profondeur donnée (normalement entre 60 et 120 centimètres), un échantillonneur au charbon activé<sup>9</sup>. Cet échantillonneur est récupéré après une période pouvant aller jusqu'à un mois pour être ensuite analysé en laboratoire. Cette technique fournit des résultats représentant la moyenne des fluctuations des concentrations causées par les changements de conditions environnementales en un endroit. L'échantillonnage passif est recommandé lorsque les

eaux souterraines ne sont pas présumées contaminées et que de faibles concentrations sont soupçonnées dans les sols.

La procédure pour l'échantillonnage actif consiste à collecter les gaz interstitiels *in situ* par pompage ou par aspiration et à analyser les échantillons sur place à l'aide d'un détecteur de gaz portatif.

Les gaz interstitiels peuvent être prélevés selon différentes techniques : soit en insérant une sonde dans un trou de forage, en utilisant un échantillonneur dans un trou effectué à l'aide d'un tube creux, en enfonçant dans le sol une sonde de métal directement reliée à un appareil d'analyse ou en prélevant un échantillon de sol ou d'eau souterraine dans un contenant approprié et en y aspirant le gaz contenu dans l'espace au-dessus de l'échantillon.

La profondeur de l'échantillon doit être déterminée à l'avance et tenir compte des différents facteurs comme l'humidité et la porosité du sol, la concentration en composés volatils et la profondeur de la nappe phréatique.

Les échantillons sont généralement analysés sur le terrain afin de minimiser les problèmes de manutention et de transport. Différents appareils d'analyse peuvent être utilisés sur le terrain. Les plus communs sont : le détecteur par photo-ionisation, le chromatographe mobile, le détecteur par ionisation de flamme et les tubes de détection par colorimétrie<sup>8</sup>.

L'utilisation d'un instrument portatif tel qu'un chromatographe mobile permet de faire l'analyse des échantillons sur place et d'obtenir des résultats en quelques minutes. Cependant, l'utilisation de ces appareils nécessite une formation de base pour les manipuler, les étalonner et interpréter les résultats de façon adéquate. Le tube de détection par colorimétrie (Drager) est un des appareils d'analyse portatifs les plus simples d'utilisation. Chaque tube est conçu pour réagir à la présence d'un composé volatil particulier et ne peut être utilisé plus d'une fois. L'utilisation de cette technique nécessite de connaître, ou du moins de soupçonner au préalable, la nature des gaz présents.

Il existe d'autres techniques d'échantillonnage et d'analyse des gaz. Pour obtenir plus de renseignements sur les techniques présentées dans cette section, on peut se référer au document de l'Environmental Protection Agency, *Field measurements : Dependable data when you need it*, Septembre 1990.

#### 2.2.5 Méthode de détection instantanée de câbles, de canalisations et de structures souterraines

Il existe sur le marché divers appareils portatifs servant à la détection de structures souterraines, qu'elles soient en métal, en béton ou en PVC. Les détecteurs de métal sont des appareils communément utilisés par les employés des municipalités pour détecter la présence de métal dans le sol. Ils sont très sensibles aux interférences magnétiques présentes sur le terrain et sont utilisables surtout à de faibles profondeurs.

D'autres appareils de détection plus précis existent et fonctionnent par radiodétection. Le principe de fonctionnement de ces appareils est basé sur l'émission d'ondes dans le sol dont le signal de retour est capté par un récepteur. L'appareil est conçu de façon à limiter les interférences magnétiques du terrain, contrairement au détecteur de métal. Les lectures enregistrées par le récepteur peuvent même être

interprétées directement par le microprocesseur de l'appareil portatif. Ainsi, l'appareil peut fournir des données sur l'emplacement en plan et en profondeur des structures souterraines, et ce, directement sur le terrain. Dans certaines conditions, le métal peut être détecté assez précisément jusqu'à une profondeur de 4,5 mètres. Une des limites de cette technique est la difficulté de détecter des matériaux ne contenant pas de métal. Ainsi, le béton sans armature et les tuyaux en PVC sans fil de métal sont plus difficiles à localiser.

### **2.3 Méthodes d'investigation directe, planification de la campagne d'échantillonnage**

Après avoir recueilli les données permettant de déterminer les paramètres problématiques et de mieux localiser les secteurs susceptibles d'être contaminés, il faut vérifier la présence de contaminants par le prélèvement et l'analyse d'échantillons. Avant d'entreprendre les travaux de terrain proprement dits, la campagne d'échantillonnage doit être planifiée en suivant certaines étapes. Ces étapes, effectuées dans l'ordre proposé, assurent un bon déroulement des travaux.

- 1- Élaboration d'une stratégie d'échantillonnage (section 2.3.1)
- 2- Détermination des paramètres analytiques (section 2.3.2)
- 3- Choix des techniques de sondage et d'échantillonnage (section 2.3.3)
- 4- Établissement d'un programme d'assurance et de contrôle de la qualité sur le terrain et en laboratoire (section 2.3.4)
- 5- Préparation du matériel d'échantillonnage (section 2.3.5)
- 6- Description de la procédure d'échantillonnage (section 2.3.6)
- 7- Demande d'autorisation pour la réalisation des travaux, au besoin (section 2.3.7)
- 8- Vérification de la présence d'infrastructures souterraines (ex. : câbles, canalisations) (section 2.3.8)
- 9- Élaboration d'un programme de santé et sécurité (section 2.3.9)
- 10- Planification d'un échéancier (2.3.10)

Il est recommandé de toujours suivre ces étapes, peu importe l'envergure de la caractérisation (préliminaire, exhaustive ou complémentaire). Lorsque toutes ces étapes sont réalisées, la campagne d'échantillonnage peut être amorcée sur le terrain.

### 2.3.1 Stratégie d'échantillonnage

L'élaboration du patron et de la stratégie d'échantillonnage consiste à localiser les échantillons en plan et en coupe, de même qu'à définir le nombre et le type d'échantillons à prélever pour un milieu ou un médium donné<sup>10</sup>. Il faut tenir compte des différentes populations présentes dans le milieu ou le médium à l'étude. Dans un contexte environnemental, une population correspond à une zone d'un médium présentant des propriétés communes. Par exemple, au départ, les sols d'un terrain peuvent sembler être constitués d'une même population. Cependant, après la collecte de données supplémentaires, il se peut qu'on distingue des zones distinctes (populations), lesquelles doivent être caractérisées séparément. Les échantillons prélevés doivent être représentatifs de la population d'où ils proviennent. Par conséquent, le patron d'échantillonnage doit tenir compte des populations présentes afin de permettre le prélèvement d'échantillons issus de chacune d'elle.

Le patron d'échantillonnage est habituellement planifié et réalisé à partir d'un plan du terrain. Ce plan doit être juste par rapport à la réalité de façon à ce que les stations d'échantillonnage planifiées soient aux bons endroits lors de leur localisation sur le terrain. Le patron d'échantillonnage doit être assez flexible pour permettre des ajustements sur les lieux.

Des critères de base peuvent être considérés dans le choix d'un patron d'échantillonnage. Ces critères sont :

- les objectifs de l'étude de caractérisation;
- la distribution anticipée de la contamination selon l'historique et les études antérieures;
- l'accessibilité et la dimension du terrain;
- la présence d'infrastructures ou de chemins préférentiels de transport des contaminants;

#### 2.3.1.1 Localisation des stations en plan

Il existe plusieurs approches pour la localisation des stations d'échantillonnage en plan. Ces approches sont souvent présentées dans les ouvrages de référence sous deux grandes catégories : l'échantillonnage aléatoire basé sur des modèles probabilistes et l'échantillonnage non aléatoire. L'échantillonnage aléatoire peut se faire de façon systématique, stratifiée ou aléatoire simple. Dans la catégorie non aléatoire, l'échantillonnage est fait soit de façon représentative ou ciblée, ou selon le jugement<sup>11</sup>. Ces deux grandes catégories font référence à la possibilité d'utiliser ou non une approche statistique (approche probabiliste) pour déterminer la stratégie à adopter. L'échantillonnage aléatoire permet de réaliser subséquemment un traitement-statistique des résultats.

Les approches les plus utilisées lors d'une caractérisation de terrain contaminé sont l'échantillonnage systématique, aléatoire simple<sup>12</sup> et ciblé. La figure 3 illustre ces trois approches. Chacune d'elles peut être combinée pour donner plus de précision et elles peuvent s'appliquer à tous les médiums.

## Échantillonnage aléatoire

- de façon systématique :

L'échantillonnage aléatoire systématique s'effectue à partir d'une grille (carrée, polygonale ou triangulaire) ou d'une séquence linéaire selon le type de terrain et de médium à couvrir. Les points d'échantillonnage sont situés à intervalles réguliers dans une ou plusieurs directions. Les mailles de la grille sont identiques. Leur dimension est fonction de la précision désirée pour la caractérisation. Plus la dimension des mailles est petite plus la précision est élevée. Les échantillons sont prélevés sur chacune des intersections de la grille ou au centre des espaces définis par la grille.

Plusieurs ouvrages de référence indiquent comment déterminer la dimension optimale d'un maillage (nombre d'échantillons) qui permet de maximiser la probabilité de trouver une cible à un degré défini de confiance ou de définir la probabilité de trouver la cible à partir d'un maillage défini<sup>13</sup>.

Les expériences passées ont démontré que, pour les sols, la dimension des mailles est habituellement de 15 à 25 mètres de côté; le maillage peut cependant se resserrer à 5 mètres dans les secteurs visiblement contaminés ou sur de petits terrains. L'utilisation d'un maillage plus large entraîne une diminution de précision et une augmentation de l'incertitude.

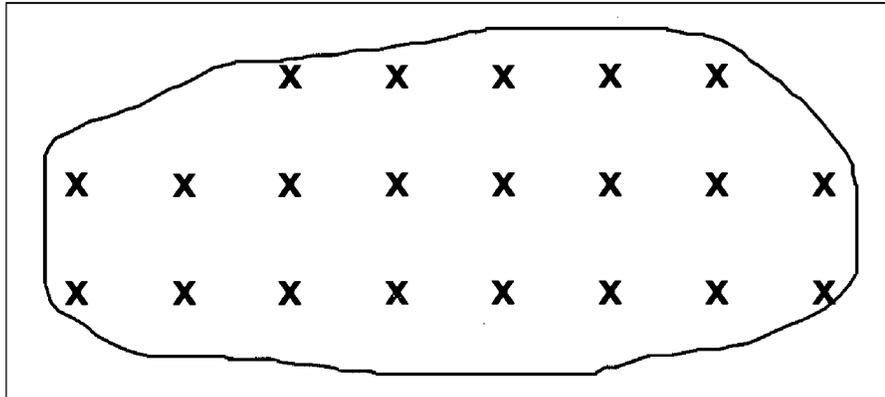
Le point de départ et l'orientation du maillage peuvent être choisis au hasard. Toutefois, si un obstacle est présent (bâtiment, roche, arbre, etc.) au point présélectionné sur le terrain, il faudra en choisir un autre au hasard ou prélever l'échantillon le plus près possible de l'obstacle. De plus, dans le cas où la contamination serait susceptible de se trouver selon une orientation précise (ex. panache de contamination) le maillage devrait être orienté de façon à ce que les lignes de prélèvement soient parallèles ou perpendiculaires à l'orientation de la contamination. Cette façon de faire facilite l'interprétation des résultats d'analyse en permettant, par exemple, de tracer les profils longitudinaux et transversaux de la contamination.

L'échantillonnage systématique permet une couverture uniforme du terrain et est facile à mettre en plan. Cependant, cette approche d'échantillonnage peut passer à côté de certaines hétérogénéités ponctuelles (zone de déversement non visible en surface) surtout dans le cas de mailles de grandes dimensions (i.e. > 25 mètres). Un patron d'échantillonnage systématique est très approprié pour la caractérisation d'une contamination diffuse et lors d'une caractérisation exhaustive.

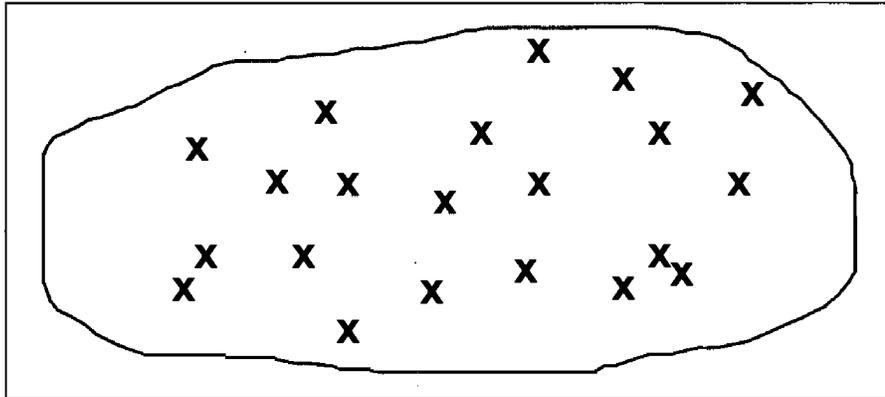
Le prélèvement des échantillons selon une grille systématique permettra, si le nombre de données est suffisant, de recueillir des données appropriées pour faire une interprétation à partir de méthodes statistiques.

**Figure 3**  
**Schéma des approches d'échantillonnage**

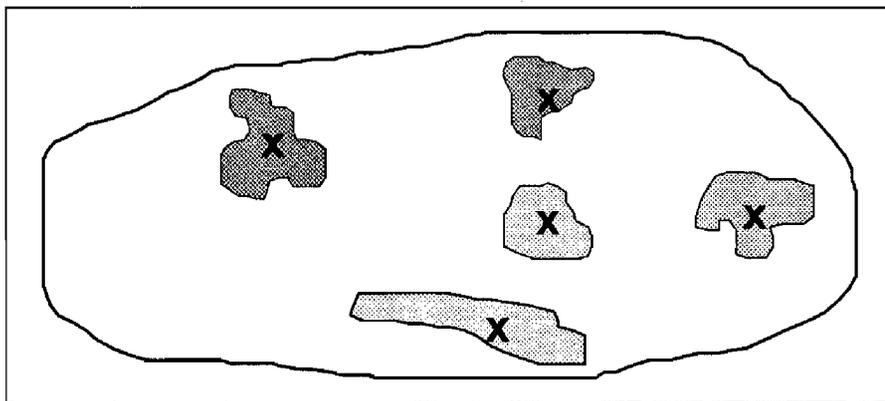
**SYSTÉMATIQUE**



**ALÉATOIRE SIMPLE**



**CIBLÉE**



x Échantillons  
 Zones ciblées

- de façon aléatoire simple :

La localisation des prélèvements dans le cas d'un échantillonnage aléatoire simple doit se faire au hasard dans le milieu ou le médium à l'étude. Cette approche, bien que rarement utilisée, est principalement applicable à des cas de contamination diffuse ou sert à compléter une autre approche d'échantillonnage.

Le principal désavantage de cette approche est qu'elle ne permet pas de fournir une densité d'échantillonnage uniforme sur le terrain à l'étude. De plus, la distribution des échantillons selon cette approche ne permet pas d'avoir une image globale de la contamination présente sur l'ensemble du terrain, surtout dans le cas d'une contamination hétérogène.

### Échantillonnage non aléatoire

- de façon ciblée :

L'échantillonnage ciblé fait appel au jugement. De façon générale, il consiste à prélever des échantillons à des endroits où la présence de contamination est soupçonnée. Il peut également être prévu pour cibler des zones où aucune contamination n'est soupçonnée afin de connaître la teneur de fond du terrain ou de confirmer l'absence de contamination.

La revue de l'information existante, l'historique, la visite du terrain lors d'une phase antérieure et certaines méthodes d'investigation indirecte permettent de cerner les secteurs susceptibles d'être contaminés. Ces secteurs (lieux d'entreposage, lieux d'élimination, zones de déchargement et de production, points de rejet d'eaux usées, parcs de réservoirs, bassins de traitement, zones de déversement, bâtiments, etc.) sont considérés comme des cibles auxquelles un ordre de priorité devrait être accordé lors de la campagne d'échantillonnage.

Cette approche d'échantillonnage permet généralement de faire ressortir les zones les plus contaminées sur un terrain donné et aussi d'identifier les contaminants majeurs qui devraient être analysés dans une seconde phase de caractérisation. Cette approche a l'avantage d'être moins coûteuse étant donné que le nombre d'échantillons est généralement plus faible que pour les autres approches, mais l'incertitude sur la distribution de la concentration des contaminants sur l'ensemble du terrain est plus élevée. Il est à noter que cette approche ne permet pas de faire le traitement-statistique des données.

### Échantillonnage combiné

Ce type d'échantillonnage correspond à la combinaison de plus d'une approche d'échantillonnage. Cette combinaison d'approches peut être nécessaire dans le cas d'un terrain où des secteurs bien définis ont été utilisés à différentes activités occasionnant la libération de contaminants selon une distribution variée. Dans une situation semblable, un secteur du terrain où des zones contaminées sont connues peut être échantillonné de façon ciblée, alors qu'un autre secteur où une contamination n'est pas soupçonnée pourrait être échantillonné selon l'approche systématique.

### 2.3.1.2 Localisation des échantillons en coupe

Les renseignements comme le type de contaminants soupçonnés, les sources de contamination, les chemins préférentiels de déplacement des contaminants, les mécanismes de transport, les propriétés physiques et chimiques des contaminants ainsi que le type de médium et leurs caractéristiques permettent d'évaluer les profondeurs où il est plus probable de trouver de la contamination. De plus, ces renseignements (notamment en ce qui a trait à la stratigraphie des sols) permettent de déterminer les précautions à prendre pour l'échantillonnage de chaque médium. Par exemple, il ne serait pas recommandé de faire un sondage qui traverserait un aquitard (horizon de sol imperméable comme l'argile) s'il y a une contamination en hydrocarbures lourds. Ce sondage pourrait devenir un chemin préférentiel et permettre ainsi à la contamination d'atteindre la nappe captive sous l'horizon imperméable.

#### Échantillonnage des sols et des sédiments

Lors du prélèvement d'un échantillon en profondeur, les horizons distincts ne doivent pas être mélangés. Par exemple, ne pas mélanger un remblai avec de la terre naturelle ou ne pas mélanger un horizon visiblement contaminé avec un horizon qui ne semble pas contaminé. L'échantillonnage des horizons distincts doit se faire à partir d'un prélèvement ponctuel.

Lors de l'échantillonnage du sol, les particules les plus fines doivent être prélevées. De façon générale, les concentrations de contaminants y sont les plus élevées. Les contaminants comme les substances organiques et les métaux sont généralement adsorbés à la surface des particules. Par conséquent, l'ampleur de la contamination se trouve dans la fraction des particules fines étant donné que celles-ci offrent une plus grande surface de contact (surface spécifique). Lors des analyses, plus la surface spécifique est grande, plus le traitement analytique (extraction et digestion) sera efficace pour ainsi maximiser la probabilité de trouver la contamination soupçonnée. De plus, il est important d'analyser les particules fines, puisqu'elles représentent un risque d'exposition plus grand pour les récepteurs.

Pour l'échantillonnage des sols en coupe, certaines règles de base doivent être appliquées :

- prélever au moins un échantillon [ponctuel] dans chaque unité stratigraphique rencontrée;
- prélever un échantillon [ponctuel] pour chaque horizon dont la contamination est perceptible;
- lorsqu'une seule unité stratigraphique est rencontrée et que la contamination n'est pas perceptible, prélever un échantillon [ponctuel] par 0,5 mètre de profondeur et analyser les échantillons au mètre dans un premier temps. Si les résultats d'analyses montrent une contamination, des analyses supplémentaires pourront être réalisées sur les échantillons au 0,5 mètre pour mieux délimiter la contamination. L'intervalle au mètre peut varier selon la distance de l'échantillon par rapport à la source de contamination.

- lorsqu'il s'agit d'une contamination uniquement de surface (causée, par exemple, par le dépôt de poussières transportées par le vent, à un déversement ou au dépôt de contaminants en surface, un premier échantillon [ponctuel] devrait être prélevé dans les premiers centimètres (0-5 cm) de sol. Par la suite, les intervalles d'échantillonnage devraient être suffisamment rapprochés (par exemple, 5-10 cm, 10-20 cm et 20-30 cm).<sup>2</sup>

Un certain nombre d'échantillons doivent être prélevés et analysés afin d'évaluer adéquatement l'état du milieu. Il est fortement recommandé de conserver une partie des échantillons ou de prélever des échantillons supplémentaires qui seront conservés et ainsi disponibles pour analyse s'il est nécessaire de vérifier les résultats antérieurs ou pour les compléter. Par exemple, lors d'un échantillonnage en profondeur, il est d'usage de prélever des échantillons supplémentaires sous le niveau le plus bas de contamination observée et d'en faire l'analyse si la limite de la contamination en coupe n'a pas été atteinte. Cette façon de procéder évite de devoir retourner sur le terrain pour prélever des échantillons en profondeur

### Échantillonnage des eaux souterraines

L'échantillonnage des eaux souterraines doit se faire à partir de puits d'observation préalablement installés en aval et en amont hydraulique des secteurs contaminés et, si cela est possible, dans ces secteurs. Une attention particulière doit être portée pour ne pas traverser un horizon imperméable sous les secteurs contaminés ou à proximité de ceux-ci, surtout en présence de contamination en hydrocarbures lourds. Il faut à tout prix éviter l'entraînement des contaminants entre les diverses unités hydrogéologiques.

Les crépines des puits peuvent être installées dans une nappe libre ou captive. La localisation de la crépine doit permettre de capter l'eau souterraine de l'unité hydrostratigraphique où la source de contamination a été trouvée ou est suspectée. La localisation et la longueur des crépines des puits d'observation doit permettre de détecter, le plus rapidement et efficacement possible, toute contamination qu'elle soit présente en phase lourde, dissoute ou flottante. L'installation des crépines doit tenir compte également des fluctuations des nappes occasionnées, entre autres, par les périodes de recharge.

L'installation des puits d'observation et l'échantillonnage des eaux souterraines doivent être réalisés selon les spécifications du cahier 3, *Échantillonnage des eaux souterraines*, du *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales*.

### Échantillonnage des eaux de surface

Le choix de la profondeur de prélèvement devrait tenir compte de différents facteurs dont la profondeur totale du cours d'eau, le degré de mélange des eaux selon l'importance du vent et du courant, ainsi que du niveau de stratification chimique et thermique dans le cas de cours d'eau de plus de 5 mètres de profondeur<sup>14</sup>.

L'échantillonnage des eaux de surface devrait tenir compte également des caractéristiques physiques des contaminants. Par exemple, s'il y a une contamination organique pouvant présenter des phases flottantes ou lourdes, celles-ci devraient être échantillonnées.

### 2.3.1.3 Type d'échantillonnage

#### Échantillon ponctuel

Un échantillon ponctuel est formé à partir d'un prélèvement à un point précis sur le terrain et à un moment donné. L'échantillonnage ponctuel est pertinent pour une zone donnée si, lors du prélèvement, la source de contamination et les conditions de terrain sont constantes pour une période de temps donnée<sup>9</sup>. **L'échantillonnage ponctuel doit être utilisé dans la majorité des cas de caractérisation de sols et de sédiments afin d'éviter toute dilution de la contamination. Il permet d'avoir une idée précise du degré de contamination et de la distribution spatiale des contaminants à différents endroits dans le médium échantillonné. Toutefois si des échantillons composés sont prélevés à la place, on devra expliquer et justifier ce choix dans le rapport.**

Étant donné que le niveau d'hétérogénéité des sols et des sédiments est souvent élevé, il est important que le prélèvement des échantillons ponctuels pour ces médiums soit fait sur des petites surfaces de quelques dizaines de centimètres de côté (ex. 10 x 10 cm ou 20 x 20 cm). Par contre, il arrive parfois que, lors de l'échantillonnage, les techniques de prélèvement (forage et tranchée) ne permettent pas de prélever des échantillons sur une petite surface. Dans ces cas, l'échantillon ponctuel devra être fait sur une surface inférieure à 0,5 x 0,5 mètre. Par exemple, le prélèvement à partir d'un forage peut être fait sur une épaisseur maximale de 0,5 mètre, et pour les niveaux profonds d'une tranchée, sur une surface maximale de 0,5 x 0,5 mètre.

#### Échantillon composé

Un échantillon composé est formé de plusieurs échantillons individuels (sous-échantillons), combinés en proportions égales ou de façon proportionnelle au poids ou au volume du secteur ou du lot que chaque sous-échantillon représente<sup>15</sup>. L'échantillon composé peut également être formé de sous-échantillons prélevés à des intervalles de temps variables.

**Un échantillon composé donne une concentration ou une composition moyenne de la contamination présente dans la zone échantillonnée (c'est la moyenne des sous-échantillons).** Lorsqu'une concentration est importante ou lorsqu'elle dépasse les critères établis, il peut être pertinent de procéder à l'analyse de chaque sous-échantillon individuellement de façon à déterminer avec plus de précision la distribution de la contamination et ainsi minimiser les volumes de matériel à excaver. Il est donc recommandé de conserver une partie de chacun des sous-échantillons avant de former l'échantillon composé.

Un échantillonnage composé peut être utilisé dans le cas de contamination homogène, par exemple, pour la caractérisation d'une matière résiduelle dont la composition est constante et bien connue, de sols contaminés par des polluants aérotransportés et de plans d'eau. **L'échantillon composé n'est jamais approprié lorsque l'analyse des composés volatils est requise. En effet, la manipulation destinée à former l'échantillon composé conduit à une volatilisation des composés volatils et à une sous-estimation de la concentration réelle.**

#### 2.3.1.4 Localisation des échantillons témoins

Dans les cas où le contexte de la contamination nécessite la prise d'échantillons témoins, au moins un échantillon témoin pour chaque médium investigué doit être prélevé, et ce, afin d'établir si la présence de la contamination est reliée à une contamination anthropique ou si des concentrations anormales sont présentes dans le médium de façon naturelle. Par exemple, des cas connus de teneurs de fond en métaux plus élevées que la normale sont observées dans certaines régions minières.

Le prélèvement d'un échantillon témoin doit être effectué à un endroit qui a les mêmes caractéristiques que les zones contaminées échantillonnées et qui n'est pas susceptible d'avoir été contaminé.

Il existe deux types d'échantillons témoins (locaux et régionaux) et leur différenciation est principalement basée sur leur proximité par rapport au lieu d'échantillonnage. Les échantillons témoins locaux sont habituellement adjacents ou très rapprochés du lieu à caractériser. Au cours du choix des échantillons témoins, on doit respecter les principes suivants <sup>11</sup> :

- les échantillons témoins doivent généralement être situés en amont du lieu à caractériser par rapport aux vents dominants, au sens d'écoulement des eaux et à la topographie du terrain;
- les échantillons doivent être prélevés de la même façon, dans le même milieu environnant (profondeur, type de dépôt, niveau stratigraphique, etc.) et dans les mêmes conditions que les autres échantillons;
- dans la mesure du possible, les échantillons témoins doivent être prélevés en premier (avant ceux de la zone contaminée) afin d'éviter toute contamination du lieu témoin et de l'équipement;
- les déplacements entre les lieux où les échantillons témoins sont prélevés et le lieu à caractériser doivent être réduits au minimum de façon à éliminer les risques de contamination potentielle par des personnes, de l'équipement ou des véhicules.

Contrairement à un échantillon témoin local, un échantillon témoin régional est situé dans la même zone (quartier, ville, unité géologique) que le lieu à échantillonner, mais il n'est pas adjacent. Le choix entre le prélèvement d'échantillons témoins locaux ou régionaux dépend principalement de la dispersion de la contamination. Par exemple, un échantillon témoin local est surtout choisi dans le cas de contamination à petite échelle, alors qu'un échantillon témoin régional est choisi dans le cas d'une contamination aérienne pouvant affecter de grandes étendues.

Le nombre d'échantillons témoins à prélever est fonction de la problématique de la contamination. Une contamination ponctuelle ne nécessite le prélèvement que d'un nombre restreint d'échantillons témoins, alors qu'une contamination aérotransportée importante peut nécessiter le prélèvement de plusieurs échantillons répartis sur de grandes étendues.

### 2.3.1.5 Nombre d'échantillons à prélever

Le nombre d'échantillons à prélever est d'abord directement relié au patron d'échantillonnage choisi et dépend de la précision qui est recherchée pour l'étude. Par la suite, il faut déterminer quels sont les échantillons que l'on veut analyser, les autres étant conservés un certain temps, au moins jusqu'à l'acceptation du rapport ou selon les délais prescrits dans les cahiers du *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales* du ministère de l'Environnement. Par mesure de précaution, il est recommandé de prélever les échantillons en double ou d'en prélever une quantité suffisante pour permettre la réalisation d'analyses additionnelles. Les échantillons prélevés en double doivent être homogénéisés sur le terrain. Cette façon de faire est d'autant plus valable lorsque le terrain est éloigné ou difficilement accessible.

Le nombre total d'échantillons pourrait être évalué en considérant le nombre de stations prévues en surface, le nombre d'échantillons prévus en profondeur et le nombre d'échantillons témoins. De plus, 10 % au minimum du nombre total d'échantillons doit être prélevé comme échantillon de contrôle. Ces échantillons sont des duplicatas de terrain qui sont acheminés au laboratoire pour vérifier la répliquabilité et l'exactitude des résultats.

### 2.3.1.6 Cas particuliers

Lors de l'élaboration de la stratégie d'échantillonnage, certains cas nécessitent une approche de caractérisation particulière selon le médium à échantillonner ou selon le mode de dépôt et de distribution de la contamination dans le médium. Des approches particulières ont été mises au point pour chacun des cas suivants.

#### 2.3.1.6.1 Échantillonnage des sols de surface dans le cas de contamination aérotransportée

La présence d'une contamination aérotransportée indique habituellement une accumulation de contaminants sur les premiers centimètres de la surface du terrain. De façon à évaluer précisément la profondeur de la contamination, on doit échantillonner des couches minces. Les niveaux préconisés pour ce type d'échantillonnage varient selon la nature de la surface à prélever. Le tableau 2 présente ces spécifications.

Il est recommandé que chaque type de surface (jardin, gazon, surface à nu, etc.) présente sur le terrain soit échantillonnée individuellement. Les échantillons prélevés devraient être des échantillons composés, c'est-à-dire formés par le mélange de sous-échantillons d'un même niveau. Par exemple, trois sous-échantillons peuvent être prélevés pour des surfaces de terrain inférieures à 25 m<sup>2</sup> et cinq sous-échantillons pour les surfaces supérieures à 25 m<sup>2</sup>.

Les poussières trouvées sur les bordures de rues peuvent donner de bonnes indications sur l'ampleur de la dispersion des contaminants. La technique d'échantillonnage préconisée s'effectue en balayant, à l'aide d'un balai-brosse, cinq surfaces de 75 cm de long sur 45 cm de large le long de la rue. Chaque surface devrait être séparée d'une distance d'environ 1,5 mètre. Un échantillon de chacune des surfaces est prélevé pour former un sous-échantillon. Les poussières des cinq sous-échantillons sont mélangées et recueillies dans un même sac pour former un échantillon composé d'environ 250 grammes.

**Tableau 2: Stratégie d'échantillonnage pour une contamination aérotransportée**

TYPE DE SURFACE	ÉCHANTILLONNAGE
1. Surface gazonnée	0-5 cm (incluant le paillis) 5-10 cm 10-20 cm 20-30 cm
2. Surface à nu meuble  2.1 Carré de sable  2.2 Potager, plate-bande, autres	Toute l'épaisseur  0-15 cm (terre à jardin) 15-30 cm (terrain naturel)
3. Surface à nu compactée (entrée de gravier, dessous de galerie)	0-5 cm 5-10 cm
4. Poussières sur les pavés (rues, trottoirs, entrées d'asphalte)	Après balayage, prélevez cinq sous-échantillons de poussières pour former un échantillon composé de 250 grammes.

#### 2.3.1.6.2 Échantillonnage de sols en piles

**Lors de la caractérisation d'un terrain, il est recommandé d'effectuer la caractérisation sur des sols en place (non excavés).** Une fois excavés, les sols doivent être gérés en fonction des données de caractérisation avant l'excavation afin d'éviter la dilution de la contamination, dilution susceptible de survenir lors de l'excavation ou de la manutention des sols.

Par contre, il arrive que les sols aient dû être excavés sans avoir été caractérisés. Dans ce cas, les sols en piles devront être caractérisés selon la procédure décrite dans le cahier 5, *Échantillonnage des sols*, du *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales*. Pour ces cas particuliers, les sols peuvent être gérés à partir des résultats d'analyse obtenus.

#### 2.3.1.6.3 Échantillonnage des sols et des eaux souterraines contaminés par la fuite de réservoirs souterrains ayant contenu des produits pétroliers

La procédure d'échantillonnage à suivre, lors d'une contamination issue de fuite de réservoirs de produits pétroliers, est décrite dans le document du ministère de l'Environnement intitulé *Lignes directrices d'intervention lors de l'enlèvement de réservoirs souterrains ayant contenu des produits pétroliers*, août 1994. Ce document présente une procédure générale qui décrit deux types de caractérisation, soit la caractérisation de type 1 et la caractérisation de type 2. La caractérisation de type 1 tient compte du fait que lors du remplacement des réservoirs souterrains contenant des produits pétroliers, l'équipement servant à déterrer et à excaver le réservoir est déjà sur place. Elle considère également qu'il est, dans les cas de contamination restreinte découverte pendant les travaux, préférable pour l'exploitant de procéder immédiatement à l'excavation et à la gestion des sols contaminés plutôt que d'arrêter le chantier pour caractériser. La caractérisation de type 1 est donc effectuée après le remplacement ou le démantèlement

des équipements pétroliers et l'excavation des sols contaminés. Elle vise à déterminer s'il y a, après excavation, présence de contamination résiduelle dans les sols et les eaux souterraines au-delà des critères d'usage de la Politique. Cette caractérisation s'apparente à une caractérisation des sols dans le fond et dans les parois des excavations, présentée à la section 2.3.1.6.7 « Échantillonnage aux fins de contrôle lors d'excavation de sols contaminés ». Si la caractérisation de type 1 démontre qu'il y a toujours présence de contamination dans les sols ou les eaux souterraines au-delà des critères d'usage, une caractérisation de type 2 (préliminaire ou exhaustive) doit être réalisée pour déterminer l'ampleur réelle de la contamination résiduelle.

Une caractérisation de type 2 préliminaire vise à déterminer les zones susceptibles d'avoir été contaminées avant excavation des sols. Cette caractérisation consiste à effectuer un historique des activités, à définir la nature des produits qui ont été entreposés, à recueillir l'information sur les caractéristiques du terrain, etc., afin d'orienter l'échantillonnage préliminaire des sols. La caractérisation de type 2 exhaustive doit permettre de déterminer clairement l'étendue des zones contaminées de même que l'évolution et les impacts anticipés, de façon à pouvoir élaborer des mesures correctrices adéquates. Cette caractérisation peut suivre une étude de caractérisation de type 2 préliminaire ou une étude de caractérisation de type 1.

**Dans tous les cas, le ministère de l'Environnement préfère la caractérisation de type 2, soit de procéder à une caractérisation des sols en place avant excavation.** La caractérisation du terrain avant excavation permet une gestion plus appropriée des sols en limitant la dilution de la contamination. Cependant, lorsque la caractérisation ne peut être réalisée avant l'excavation des sols, il est recommandé de faire une bonne observation visuelle et olfactive de chaque pelletée de sols excavés. Les sols présentant des évidences de contamination doivent être séparés des sols moins contaminés, de manière à faire une bonne ségrégation des sols.

#### 2.3.1.6.4 Échantillonnage des matériaux de démantèlement

Les structures ou les bâtiments sont susceptibles d'être contaminés de diverses manières. S'ils doivent faire l'objet d'un démantèlement, il faut s'assurer d'une gestion adéquate des matériaux de démantèlement. Par conséquent, les structures et les bâtiments qui ont été exposés à la contamination doivent être caractérisés. Le *Guide de bonnes pratiques pour la gestion des matériaux de démantèlement*, publié en 2003 par le Service des lieux contaminés du ministère de l'Environnement présente, entre autres, la procédure à suivre lors de la caractérisation des matériaux de démantèlement.

#### 2.3.1.6.5 Échantillonnage des granulats

Les granulats nets (ex. : pierre concassée, gravier ou pierre de rivière) dont la granulométrie est supérieure à 2,5 cm, peuvent avoir été contaminés par des activités particulières. Le *Guide de bonnes pratiques pour la gestion des matériaux de démantèlement*, publié en 2003 par le Service des lieux contaminés du ministère de l'Environnement présente, entre autres, la procédure à suivre pour la caractérisation de ces granulats.

#### 2.3.1.6.6 Échantillonnage de remblai

La problématique des remblais contaminés est surtout présente en milieu urbain. Dans le passé, étant donné le peu de vérification faite sur la qualité environnementale des matériaux de remblayage utilisés,

l'aménagement des terrains à partir de matières contaminées s'est avéré chose fréquente. La composition de ces remblais est très variable. Ils peuvent être constitués d'un pourcentage variable de sols (non contaminés ou contaminés) et de matières résiduelles (scories, cendres d'incinérateur, etc.), ce qui rend leur caractérisation et leur analyse difficiles. La procédure à suivre pour caractériser ces remblais consiste à :

- caractériser les remblais à l'aide de tranchées afin de faciliter leur description. Les tranchées permettent de déterminer les différents horizons (stratigraphie) dans le remblai et les changements de granulométrie et de composition;
- effectuer une bonne description visuelle et olfactive de chacun des horizons du remblai (volume, épaisseur, disposition sur le terrain, composition, distribution des constituants, granulométrie, aspect physique, etc.);
- décrire chacun des échantillons, leur aspect physique, leur odeur, leur granulométrie et leur dispersion dans le remblai.

Le volume de l'échantillon à prélever est fonction de la granulométrie des constituants à échantillonner. Il est recommandé de vérifier cette particularité auprès du laboratoire d'analyse retenu.

Dans le cas d'un remblai de composition hétérogène, on doit :

- énumérer et décrire pour chacun des constituants du remblai leur pourcentage relatif par rapport aux autres composants, leur aspect physique, leur granulométrie, leur dispersion dans le remblai, leur odeur, etc. (exemple de constituants : pourcentage de scories, de poudre de coke, de morceaux de bois, de sol, de blocs de béton, etc.);
- échantillonner et analyser les constituants majeurs du remblai. Un constituant majeur dont la granulométrie est variable peut être échantillonné pour chacune des fractions séparables. Des échantillons de type composé peuvent alors être prélevés;
- échantillonner et analyser les constituants qui semblent fortement contaminés, même s'ils sont en faible pourcentage dans le remblai. Ces constituants peuvent être la source de contamination du remblai.
- Dans certains cas de remblai hétérogène constitué de matières résiduelles industrielles des tests granulochimiques peuvent être réalisés. La granulochimie consiste en une étape de tamisage et en une identification des grains de différentes fractions, de façon visuelle ou au microscope, ainsi que l'analyse chimique (fractions totales, partielles) ou l'analyse sur le lixiviat. Ces tests sont appropriés lorsque l'identification des contaminants et de matières résiduelles associés à diverses fractions granulométriques doit être effectuée pour, entre autres, expliquer la nature d'une importante contamination ponctuelle, déterminer les constituants à considérer dans un remblai soit pour un projet de traitement ou dans le cadre d'une analyse de risque.

Dans le cas d'un remblai de composition relativement homogène, on doit :

- analyser le remblai à l'aide d'échantillons composés. Les composés devraient être prélevés de façon à bien représenter la problématique du remblai (ex. : des composés pour les particules fines et des composés pour les particules plus grossières, ou des composés pour la couche supérieure et des composés pour la couche inférieure, etc.). Il est recommandé de prélever également quelques échantillons ponctuels.

#### 2.3.1.6.7 Échantillonnage aux fins de contrôle lors d'excavation de sols contaminés

Les travaux de réhabilitation de terrains contaminés comportent, dans la majorité des cas, une phase d'excavation dont l'étendue, en superficie et en profondeur, est déterminée au préalable par l'interprétation des résultats d'une étude de caractérisation. L'étude de caractérisation doit permettre de délimiter les zones de sols contaminés, de sols non contaminés et de matières résiduelles à excaver.

Après que le volume prévu de sols contaminés et de matières résiduelles a été excavé, on doit procéder à un examen visuel du fond et des parois de l'excavation afin de localiser et d'enlever, si elles sont présentes, les parties visibles de contamination (déchets ponctuels et zones de sols contaminés). Le cas échéant, une attention particulière doit être portée aux structures souterraines (fondations, supports de réservoir, etc.). Les matières résiduelles récupérées doivent être éliminées selon les règlements en vigueur. À la suite de cet examen visuel, on peut procéder à l'échantillonnage du fond et des parois de l'excavation en suivant la stratégie décrite plus loin.

#### Stratégie d'échantillonnage lors de l'excavation de sols propres

Des sols propres (non contaminés) peuvent également devoir être excavés afin d'accéder aux sols contaminés et aux matières résiduelles. Il est avantageux de récupérer les sols propres, car on peut les réutiliser à la condition de s'assurer, par un échantillonnage de contrôle, qu'il n'y a pas eu de mélange avec des sols contaminés lors de l'excavation.

Pour obtenir des échantillons de contrôle lors de l'excavation de sols propres, il faut prélever deux échantillons ponctuels au centre de chaque maille de la grille (dont la dimension a été déterminée en fonction de la grandeur de l'excavation prévue), dont l'un dans l'intervalle de 0 à 30 cm et l'autre dans l'intervalle de 30 à 60 cm, immédiatement au-dessus du sol jugé contaminé. Afin de faciliter la localisation de ces échantillons, il est recommandé de faire le prélèvement avant l'excavation.

#### Stratégie d'échantillonnage dans le fond et dans les parois des excavations

- Localisation des stations d'échantillonnage

Dans un contexte du contrôle à effectuer lorsque que toute la contamination détectable de façon organoleptique a été excavée, la localisation des stations d'échantillonnage doit se faire selon une approche systématique. Le fond et les parois de l'excavation doivent être quadrillés. Les mailles de la grille d'échantillonnage des parois seront représentées par le prolongement des arêtes de la grille tracées sur le fond de l'excavation.

La dimension des mailles de la grille sera fonction de la distribution de la concentration des contaminants et de l'homogénéité des sols. Ces données seront établies au préalable lors de l'étude de caractérisation. Le maillage de la grille est habituellement de 15 à 25 mètres de côté et il se resserre à 5 mètres dans les secteurs jugés plus problématiques ou lorsque l'excavation est petite. Également, la localisation de la grille doit permettre de couvrir des zones potentiellement contaminées qui n'auraient pas été échantillonnées lors de l'étude de caractérisation.

- Localisation des échantillons en profondeur

À chaque point d'échantillonnage dans le fond de l'excavation, un premier échantillon doit être prélevé de 0 à 30 cm de profondeur et un second échantillon, de 30 à 60 cm de profondeur afin de déterminer si des travaux supplémentaires d'excavation sont requis. Dans certains cas, des échantillons supplémentaires à plus grande profondeur peuvent être prélevés afin de s'assurer que la totalité des sols jugés contaminés a été excavée.

Avant d'échantillonner sur les parois ou dans le fond de l'excavation, la première couche de surface d'environ 2 cm doit être enlevée à l'endroit où l'échantillon sera prélevé. Cette couche peut avoir été contaminée par l'équipement d'excavation ou par le ruissellement de surface. Elle doit être enlevée à l'aide d'un instrument propre (non contaminé) qui ne doit pas être réutilisé après cette étape, à moins qu'il n'ait été nettoyé de nouveau selon la méthode recommandée à la section 2.4.2.3. Après cette étape et jusqu'au moment du prélèvement, on doit s'assurer qu'il n'y a pas de sol qui tombe sur la surface à échantillonner ou qui entre en contact avec celle-ci.

- Type d'échantillons à prélever

La vérification de la qualité des sols du fond de l'excavation est faite par le prélèvement d'échantillons ponctuels ou d'échantillons composés. Les échantillons ponctuels doivent être prélevés aux intersections des arêtes de chaque maille de la grille d'échantillonnage. Ils peuvent remplacer des sous-échantillons du composé dans le cas où une zone fortement contaminée serait soupçonnée (par exemple après avoir enlevé un déchet présent localement) ou **lors de l'échantillonnage de sol pour l'analyse de composés organiques volatils qui doit être faite en prélevant des échantillons ponctuels seulement.**

Quant aux échantillons **composés**, ils doivent être prélevés à l'intérieur de chaque maille de la grille d'échantillonnage. La constitution de l'échantillon composé doit comprendre au **minimum** cinq sous-échantillons, recueillis suivant deux stratégies différentes selon que la maille est sur les parois ou sur le fond de l'excavation. Les sous-échantillons témoins des fonds d'excavation doivent être prélevés de façon à assurer une distribution représentative, telle que celle qui est proposée à la figure 4.

Les sous-échantillons pour le contrôle des parois doivent être prélevés à mi-hauteur de la maille et selon une distribution représentative de toute la paroi, telle que celle qui est proposée à la figure 5. Par contre, en présence d'une ou de plusieurs unités stratigraphiques, les sous-échantillons doivent être prélevés dans l'unité ou l'horizon de sol jugé le plus contaminé, selon les conclusions de l'étude de caractérisation. Il est recommandé de prélever un échantillon sur chaque paroi de l'excavation même si celle-ci est de petite dimension.

**Dans le cas où il y a une contamination en composés organiques volatils, seuls des échantillons ponctuels doivent être prélevés étant donné la perte de fractions volatiles lors de la constitution d'un échantillon composé.**

#### Détermination des paramètres analytiques

Les paramètres indicateurs de la contamination des sols seront choisis parmi ceux qui sont identifiés lors de l'étude de caractérisation. Ces paramètres devront être représentatifs de la contamination des sols. **La responsabilité de l'échantillonnage doit être assignée à une personne dont la compétence est reconnue dans le domaine. Afin de ne pas causer de retard aux travaux d'excavation, il est important d'obtenir les résultats d'analyses le plus rapidement possible.**

#### Décision et mode d'intervention

La décision de poursuivre l'intervention est fonction des résultats d'analyses obtenus à la suite des mesures de contrôle et des critères de décontamination à atteindre. Si la concentration pour l'ensemble des paramètres est inférieure aux critères, l'excavation peut être comblée.

Les interventions sur le terrain, une fois l'échantillonnage et les analyses en laboratoire terminés, sont de trois types :

- Sols du fond de l'excavation

En ce qui concerne l'échantillon prélevé de 0 à 30 cm, si la concentration d'un ou de plusieurs paramètres est égale ou supérieure aux critères de décontamination, le deuxième échantillon (prélevé de 30 à 60 cm) doit être analysé.

Si le sol du deuxième échantillon présente des concentrations **inférieures** aux critères de décontamination, il faut enlever 30 cm de sol.

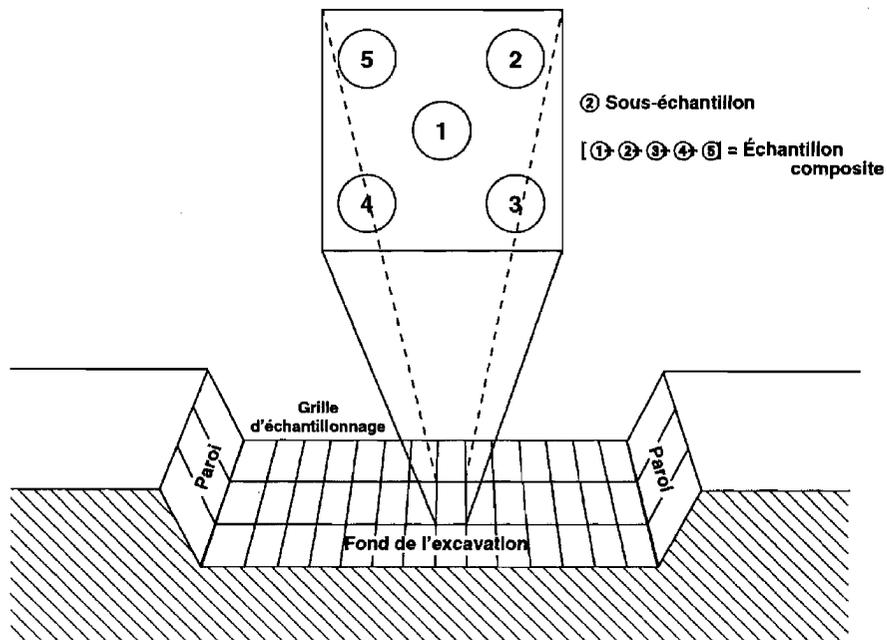
Si, au contraire, le sol du deuxième échantillon présente des concentrations égales ou **supérieures** aux critères de décontamination, il faut enlever 60 cm de sol et recommencer l'étape d'échantillonnage du fond de l'excavation.

Lors de l'excavation supplémentaire des zones de sols jugés contaminés, il faut enlever une surface supérieure à celle de chaque maille d'échantillonnage afin de s'assurer que tout le sol contaminé est excavé.

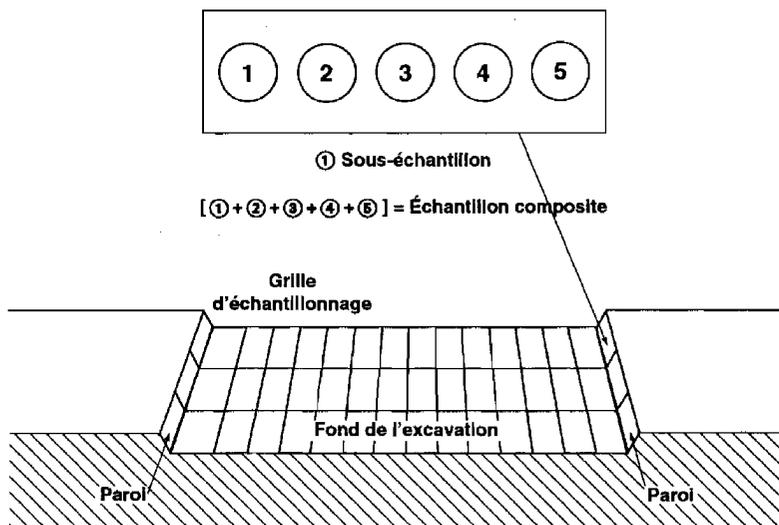
- Sols des parois de l'excavation

Si la concentration d'un ou de plusieurs paramètres est égale ou supérieure aux critères de décontamination, le sol doit être enlevé sur une épaisseur minimale d'un mètre sur toute la surface de la paroi. Par la suite, on doit recommencer l'étape d'échantillonnage des parois de l'excavation.

**Figure 4**  
**Constitution d'un échantillon composé prélevé au fond d'une excavation**



**Figure 5**  
**Constitution d'un échantillon composé prélevé sur la paroi d'une excavation**



- Sols de surface

En ce qui concerne l'échantillon prélevé de 0 à 30 cm immédiatement au-dessus du sol jugé contaminé, si la concentration d'un ou de plusieurs paramètres est égale ou supérieure aux critères de décontamination, le sol de cet horizon est alors jugé contaminé et le second échantillon (prélevé de 30 à 60 cm) doit être analysé.

Si le sol du deuxième échantillon présente des concentrations **inférieures** aux critères de décontamination, seul l'horizon de 0 à 30 cm est ajouté au volume de sols contaminés.

Si le sol du deuxième échantillon présente des concentrations égales ou **supérieures** aux critères de décontamination, tout le sol de surface est ajouté au volume de sols contaminés.

Toute personne désirant récupérer une certaine partie de ces sols doit, par un échantillonnage supplémentaire, démontrer au ministère de l'Environnement que les sols ne sont pas contaminés.

### Contrôle de l'eau en cours d'excavation

Afin de minimiser l'écoulement de l'eau de ruissellement dans la zone excavée, la construction de canaux de drainage sur le pourtour de la zone de travail est recommandée.

L'eau présente dans le fond de l'excavation doit être drainée vers un bassin de rétention, afin d'assécher le plus possible le fond de l'excavation. L'eau de ce bassin doit être analysée et gérée de façon conforme à la réglementation.

Dans le cas où il serait interdit de rejeter l'eau directement dans le réseau d'égouts ou dans le réseau hydrographique de surface, celle-ci doit être transportée dans un lieu autorisé de traitement ou un système de traitement doit être mis en place. L'eau doit être analysée périodiquement avant et après son traitement afin de vérifier l'efficacité du système et la qualité de l'effluent.

Un système de surveillance de la qualité de l'air ambiant dans la zone en voie de décontamination doit être mis sur pied, s'il y a lieu, pendant la durée des travaux afin de protéger la santé des citoyens et des travailleurs. Ce système doit inclure une analyse des contaminants volatils détectés ainsi qu'une mesure de la quantité des matières particulaires en suspension.

### 2.3.2 Détermination des paramètres analytiques

Le choix des paramètres à analyser est basé sur les renseignements existants (historique des lieux et études antérieures). S'il n'existe pas de renseignements précis sur le type de contaminants, il est possible, dans un premier temps, de recourir à des analyses qui offrent le dosage d'un large éventail de substances, comme les composés organiques volatils, les composés organiques semi-volatils et un balayage des métaux. **Il faut cependant savoir que ces méthodes ont parfois des limites de détection plus élevées que celles des méthodes spécifiques, surtout dans le cas des composés organiques comme les HAP et que, par conséquent, le recours à l'analyse individuelle des paramètres est souvent nécessaire. Le dosage des hydrocarbures pétroliers C<sub>10</sub> à C<sub>30</sub> est un paramètre intégrateur intéressant qui ne**

**dispense pas de l'obligation de procéder à l'analyse des HAP et des BTEX. Également, un test de potentiel de génération d'acide doit être réalisé lorsque le sol contient du soufre élémentaire ou des composés sulfurés. Ce test permet d'acquérir des données pertinentes qui guideront la gestion subséquente des sols.**

**Un tableau présentant les types de contaminants susceptibles d'être émis par secteur d'activité industrielle est présenté à l'annexe IX.**

Selon le médium, les analyses chimiques peuvent être réalisées directement sur l'échantillon solide (ex. : sols) ou sur le liquide produit après une lixiviation (dans le cas des matières résiduelles), c'est-à-dire que l'on peut réaliser un essai permettant de simuler l'action de l'eau sur la matière.

D'autres analyses peuvent également être pertinentes notamment :

- pH;
- des analyses microbiologiques qui permettent de déterminer la présence d'organismes pathogènes pouvant affecter la santé;
- des tests de toxicité qui permettent d'établir l'importance relative des effets vis-à-vis des organismes en contact avec la contamination.

### 2.3.3 Techniques et méthodes d'investigation

Lorsque le patron d'échantillonnage et les paramètres à analyser pour chacun des médiums préoccupants sont déterminés, des techniques de sondage et d'échantillonnage doivent être choisies pour chacun des médiums à investiguer. Ces techniques ne sont pas nécessairement les mêmes pour la caractérisation des différents médiums. Elles sont présentées dans cette section.

#### 2.3.3.1 Sols

Il existe plusieurs techniques de sondage pour caractériser les sols. Celles-ci doivent être choisies en fonction de l'accessibilité au terrain, du type de sol à prélever, de la profondeur d'investigation, du nombre d'échantillons à prélever et du type d'analyse qui sera effectuée sur cet échantillon.

On peut effectuer l'investigation des couches de surface, c'est-à-dire du premier mètre de sol, à l'aide d'une pelle, d'une truelle, d'une tarière manuelle ou d'un tube d'échantillonnage.

Le sondage et l'échantillonnage à des profondeurs de 3 à 5 mètres peuvent être effectués à l'aide de tranchées d'exploration. Ces tranchées peuvent être faites par des rétrocaveuses ou des pelles hydrauliques. Dans certains cas, les tranchées pourront atteindre une profondeur de 7 mètres, mais il sera alors important de prévoir des parois de soutènement en raison de l'instabilité potentielle des pentes. L'échantillonnage des sols peut se faire à l'intérieur de la tranchée à l'aide d'une truelle lorsque la profondeur et les pentes de l'excavation permettent d'y descendre sans danger (voir le cahier 1, *Généralités*, du *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales*). Dans le cas contraire, on peut prélever l'échantillon à même le godet de la pelle hydraulique. Cette technique de sondage permet d'observer un grand volume de sol et a l'avantage d'être peu coûteuse.

Les sondages à des niveaux plus profonds ou à des endroits particuliers (ex. sous des bâtiments) nécessitent l'utilisation de foreuses. Les trois principales catégories de foreuses les plus utilisées à des fins environnementales sont les foreuses à tarière creuse, les foreuses à câble et les foreuses rotatives. Le choix d'une catégorie de foreuse et d'un modèle en particulier dépend principalement de l'accessibilité au terrain, du type de matériel (sol, roc) à traverser, du type d'échantillon qu'il est nécessaire de prélever (intact ou remanié), du diamètre voulu du forage, de l'installation ou non de puits d'observation pour l'eau souterraine, des coûts et du temps requis pour le forage. Lors du prélèvement d'échantillons pour analyses environnementales, il est recommandé d'utiliser une foreuse pouvant forer à sec, sans l'usage de fluides, afin de ne pas altérer l'échantillon ou le milieu. Avant de réaliser des forages, il est important de localiser les infrastructures pour ne pas les endommager.

Les différents types d'outils d'échantillonnage utilisés pour prélever des échantillons à partir d'une foreuse sont la cuillère fendue, le tube à parois minces et le carottier. Les différentes techniques d'échantillonnage des sols sont décrites dans le cahier 5, *Échantillonnage des sols*, du *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales*, 2<sup>e</sup> édition, 2001

### 2.3.3.2 Eaux souterraines

L'eau souterraine peut se trouver dans différentes zones du sous-sol. Les deux grandes zones sont : **la zone saturée**, où tous les pores du sol sont comblés d'eau et **la zone non saturée**, où il y a une saturation résiduelle en eau, l'eau étant retenue par capillarité.

**La zone saturée** est la portion du sous-sol située en dessous de la ligne de saturation. L'eau souterraine de la zone saturée est un milieu environnant sensible qui doit être échantillonné lors d'une caractérisation. L'eau souterraine d'un secteur donné peut être utilisée pour différents usages (consommation humaine, abreuvement de bétail, irrigation, etc.). Il est donc important de faire l'inventaire des utilisations pour mieux évaluer les conséquences possibles d'une contamination de l'eau souterraine.

**La zone non saturée** est la portion du sous-sol située au-dessus de la ligne de saturation. Cette zone est caractérisée par trois phases soit la phase solide, la phase liquide et la phase gazeuse.

#### Échantillonnage de la zone saturée

La façon la plus courante d'investiguer les eaux souterraines est d'installer des puits d'observation. À cette fin, le cahier 3, *Échantillonnage des eaux souterraines*, du *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales* présente de façon détaillée la localisation, la conception, l'installation, le développement et la vidange des puits. Ce cahier décrit notamment les procédures d'échantillonnage (les équipements d'échantillonnage, les méthodes de nettoyage des équipements, etc.) ainsi que les modes de préservation des échantillons prélevés.

Il est aussi possible d'investiguer les eaux souterraines en utilisant un puits domestique si celui-ci est déjà en place sur le terrain à l'étude (puits de surface, puits profond). Il est toutefois nécessaire de bien vérifier si la zone de captage du puits se situe au même niveau aquifère que la zone à investiguer. Dans ce cas, on peut faire l'échantillonnage à partir du robinet. La technique d'échantillonnage est présentée dans le cahier 3. L'investigation des eaux souterraines peut aussi se faire directement dans le puits, si l'accès est

possible. Le prélèvement d'échantillon se fait à l'aide des mêmes outils que pour l'échantillonnage de puits d'observation.

Le nombre de puits d'observation requis, ainsi que leur emplacement exact, se précisera à mesure que la campagne de caractérisation progressera. Dans certaines situations, l'installation de plusieurs puits d'observation supplémentaires s'avérera nécessaire. La localisation et le nombre des puits d'observation doivent, entre autres, tenir compte des voies préférentielles de migration des contaminants (drains, remblais, etc.), des sources soupçonnées ou connues de contamination (réservoir souterrain, matières résiduelles, etc.) et des récepteurs potentiels de contamination (puits d'eau potable, cours d'eau, égout, etc.).

### Échantillonnage de la zone non saturée

L'investigation de cette zone n'est pas très courante au Québec. Cependant, il est recommandé d'échantillonner les eaux interstitielles dans le cas d'une contamination de surface où il y a une bonne infiltration afin de suivre l'avancement du front de contamination. Cette évaluation permet de prédire l'arrivée de la contamination au niveau de la zone saturée<sup>16</sup>.

L'échantillonnage de l'eau dans la zone non saturée nécessite des méthodes d'échantillonnage plus compliquées et plus coûteuses que pour la zone saturée<sup>16</sup>. L'échantillonnage de l'eau dans cette zone peut se faire à l'aide d'un lysimètre, dont l'utilisation est décrite dans le cahier 3, *Échantillonnage des eaux souterraines*, du *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales*.

### Échantillonnage des phases (lourdes et flottantes)

L'échantillonnage ainsi que la mesure de l'épaisseur des liquides non miscibles doivent se faire avant la purge des puits. L'échantillonnage doit permettre l'obtention d'un échantillon contenant toutes les phases ou, au besoin, chacun des liquides non miscibles. Cependant, dans le cas de la phase dissoute dans l'eau, l'échantillonnage doit être fait après la purge.

### Classification des eaux souterraines

La classification doit s'effectuer en employant les données existantes recueillies au cours de la réalisation des différentes phases de la caractérisation.

Le système de classification comporte les classes suivantes :

- I : formation géologique aquifère qui constitue une source irremplaçable d'alimentation en eau (seule source disponible d'alimentation en eau);
- II : formation géologique aquifère qui constitue une source courante ou potentielle d'alimentation en eau (bonne qualité et quantité suffisante);
- III : formation géologique aquifère ou non qui ne peut constituer une source d'alimentation en eau (qualité médiocre ou quantité insuffisante).

Les classes définissent la valeur relative de l'eau souterraine et les usages (réel et potentiel) qui y sont associés. En plus des facteurs hydrogéologiques (quantité et qualité de l'eau), des critères socio-économiques peuvent également intervenir dans le processus de classification. Ils offrent à la collectivité

locale une certaine latitude quant à la valeur relative qu'elle désire attribuer à l'eau souterraine. Une description détaillée du système de classification des eaux souterraines est présentée dans le *Guide de classification des eaux souterraines du Québec*, fév. 1999 que l'on peut se procurer à la Direction générale des Politiques environnementales en matière d'eau et d'activités agricole et municipale, Service de l'expertise technique en eau du ministère de l'Environnement.

### Détermination des conditions hydrogéologiques

Lors d'une caractérisation, il est important de connaître les conditions hydrogéologiques du terrain (profondeur de l'eau souterraine, direction et vitesse d'écoulement, etc.) ainsi que certaines propriétés physiques du sol (granulométrie, porosité, etc.). À cette fin, certaines mesures et essais doivent être effectués par des spécialistes et selon des méthodes connues et normalisées, de sorte que les résultats soient représentatifs et fiables.

- **Mesure de la charge hydraulique**

La charge hydraulique est égale à l'élévation de l'eau (surface libre) mesurée dans un piézomètre hydraulique ou dans un puits d'observation. Cette charge représente la charge hydraulique dans le terrain naturel au centre de la zone filtre du piézomètre (point de mesure de la charge). Lorsqu'il y a présence d'une phase flottante, une correction à la valeur de la charge hydraulique doit être apportée (voir le cahier 3, *Échantillonnage des eaux souterraines*, du *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales*).

Les mesures de charges hydrauliques effectuées dans les piézomètres localisés dans une même unité stratigraphique (et dont les points de mesure se situent à une même élévation) permettent de produire une carte piézométrique. Cette carte permet d'établir le patron d'écoulement des eaux souterraines et de calculer le gradient hydraulique.

Les lectures de niveaux d'eau (profondeur de l'eau) à l'intérieur d'un puits d'observation ou d'un piézomètre sont généralement effectuées à l'aide d'une sonde électrique faite d'un matériel inerte qui peut être réutilisée après nettoyage. Ces lectures de profondeur sont comparées à un point géodésique fixe et transformées en élévation (système géodésique national ou système arbitraire). Il existe aussi d'autres méthodes pour mesurer la charge hydraulique dont plusieurs sont décrites dans le document intitulé Environmental Protection Agency. 1993. *Subsurface characterization and monitoring techniques - A desk reference guide - volume I: Solids and ground water, Appendices A and B*, EPA/625/R-93/003a.

### Essais de perméabilité (*in situ*)

Les essais de perméabilité sont utilisés pour mesurer la conductivité hydraulique *in situ* de l'unité stratigraphique désirée. Il existe différentes méthodes pour mesurer la conductivité hydraulique sur le terrain. Les plus connues et les plus utilisées sont les essais à charge variable (ascendante et descendante) effectués à l'intérieur d'un puits d'observation. À noter que dans le cas de l'essai à charge variable descendante, l'échantillonnage de l'eau souterraine doit être fait avant d'effectuer l'essai. La méthode de Lefranc à charge variable est décrite dans la norme NQ-2501-135 du Bureau

de normalisation du Québec<sup>17</sup> et la méthode en bout de tubage, dans la norme NQ-2501-130 M-88 du Bureau de normalisation du Québec.

Un résumé des différentes méthodes pouvant être utilisées pour les essais de perméabilité est présenté dans le document de l'EPA cité plus haut et dans un document du ministère de l'Environnement : *Guide des essais de pompage et leurs interprétations, 1999*.

#### Essais de perméabilité (en laboratoire)

Il est possible de déterminer en laboratoire la conductivité hydraulique à l'aide d'un perméamètre. Par contre, le perméamètre n'est pas très utile pour des essais sur des sols et sédiments non poreux. La seule façon (autre que dans les ouvrages de référence) d'obtenir des valeurs de conductivité hydraulique en laboratoire sur les argiles est d'effectuer des méthodes spécifiques, telles que la méthode triaxiale ou la méthode à charge variable dans un oedomètre. Comme tous ces essais effectués en laboratoire sont assez coûteux, on utilisera donc plus souvent les méthodes d'évaluation de la perméabilité *in situ*. Lors du prélèvement des échantillons de sols et de sédiments pour effectuer des essais de perméabilité en laboratoire, il est important de prélever les échantillons avec soin de façon à fournir des échantillons non remaniés.

#### Essais de pompage

Les essais de pompage sont utilisés pour déterminer les caractéristiques d'un aquifère (type d'aquifère, transmissivité, coefficient d'emménagement et les frontières) et pour étudier les modifications de la surface piézométrique autour d'un puits à la suite du pompage ou à l'injection d'eau dans l'aquifère. On effectue généralement la réalisation des essais de pompage à l'aide de puits d'observation installés selon deux axes perpendiculaires, dont l'intersection est le puits de pompage. La distance entre chacun des puits doit être connue et les mesures de leurs niveaux piézométriques doivent être prises avant, pendant et après les essais de pompage. Le pompage doit être fait à débit connu. À partir des variations des niveaux piézométriques, les rabattements peuvent être déterminés<sup>18</sup>.

#### Analyses granulométriques

Des analyses granulométriques sont souvent effectuées sur les sols pour déterminer le niveau de perméabilité de ceux-ci et la distribution de la grosseur des particules en pourcentage (voir la norme NQ-2501-025 BNQ Sols - Analyse granulométrique des sols inorganiques).

La vitesse d'écoulement est évaluée à partir du gradient hydraulique calculé, de la conductivité hydraulique obtenue par les essais et de la porosité efficace trouvée dans des ouvrages de référence ou mesurée au laboratoire.

#### 2.3.3.3 Eaux de surface

On peut échantillonner les eaux de surface de différentes façons selon l'importance du cours d'eau. Dans un petit cours d'eau (fossé, ruisseau), un échantillon des eaux est prélevé directement à partir du bord à l'aide d'un bécet de téflon ou d'acier inoxydable plongé directement dans la masse d'eau, de préférence à contre-courant<sup>19</sup>. Dans le cas de cours d'eau de plus grandes dimensions, les échantillons peuvent être prélevés à partir d'un quai, des berges, d'un pont, d'un mur ou d'une embarcation. Le prélèvement doit se faire à l'aide d'outils spécialisés pour ce type d'échantillonnage. Dans le cas d'un plan d'eau présentant un courant, des échantillons composés en fonction du temps peuvent être prélevés. Par exemple, il est possible de prélever des échantillons à des heures précises en utilisant un matériel automatisé. Plusieurs techniques d'échantillonnage des eaux de surface sont présentées dans le document du Conseil canadien des ministres de l'environnement (CCME), *Guide pour l'échantillonnage, l'analyse des échantillons et la gestion des données des lieux contaminés, Volume 1 : Rapport principal*, décembre 1993.

#### 2.3.3.4 Sédiments

L'échantillonnage des sédiments nécessite des techniques particulières étant donné que, la plupart du temps, l'endroit à échantillonner est sous l'eau, donc pas toujours visible.

Dans le cas des cours d'eau peu profonds comme les fossés et les ruisseaux, l'échantillonnage des sédiments peut se faire à partir des berges du cours d'eau. De façon générale, l'échantillonnage est fait à l'aide d'une cuillère fendue enfoncée par battage dans les sédiments ou à l'aide d'une petite benne de genre Ekman. Le choix de l'outil dépend de la facilité d'accès au lieu, de la nature des sédiments, de la profondeur de l'échantillon désiré et de la qualité voulue de l'échantillon (intact ou remanié).

Dans le cas des cours d'eau profonds comme les rivières, les étangs et les lacs, les échantillons de sédiments sont prélevés par des plongeurs ou des outils d'échantillonnage spécialisés. Les techniques d'échantillonnage de sédiments sont de trois grands types : prélèvements ponctuels, carottiers et dragues. Les outils de prélèvement ponctuel comme des bennes permettent de prélever de grandes quantités de sédiments dans les niveaux de surface variant entre 0 et 10 cm ou entre 0 et 15 cm. Les carottiers permettent de prélever des colonnes de sédiments peu remaniés de longueurs variées. On trouve trois grandes catégories de carottiers : carottier à gravité, carottier à piston et vibro-carottier. L'échantillonnage à l'aide de la drague permet de recueillir une plus grande quantité de sédiments, généralement en surface et remaniés. Les techniques d'échantillonnage des sédiments sont décrites dans le document produit par Environnement Canada, en collaboration avec le ministère de l'Environnement, *Guide d'échantillonnage des sédiments du Saint-Laurent pour les projets de dragage et de génie maritime Volume 1 : Directives et planification, Volume 2 : Manuel du praticien de terrain*, octobre 2002.

#### 2.3.3.5 Matières résiduelles

Les matières résiduelles doivent être décrites et analysées pour en faire une gestion adéquate. Les matières résiduelles liquides, semi-liquides ou solides présentes sur un terrain peuvent se retrouver dans des lagunes, des réservoirs, des barils, des conteneurs, des dépotoirs ou être simplement enfouies ou mises en tas. Toutes les matières résiduelles dont la composition n'est pas connue ou qui se retrouve en contact

avec les sols doivent être échantillonnées et analysées. Elles peuvent être homogènes ou hétérogènes selon le type de matières. Les méthodes d'investigation des matières résiduelles sont variées et sont fonction de l'accessibilité, de l'état physique, des propriétés, de la composition et de la quantité de matières à échantillonner. Différents types d'équipements d'échantillonnage peuvent être utilisés selon l'état physique des matières résiduelles. Pour les matières liquides, l'utilisation d'un Coliwasa (tube rigide soit de verre, de téflon, de plastique ou de métal terminé à sa base par un joint), d'un échantillonneur lesté, d'un tube télescopique, d'un tube de verre ou d'une pompe est recommandée. Dans le cas de matières solides enfouies dans un dépotoir ou déposées sur un terrain, les techniques de sondage peuvent être les mêmes que celles qui sont utilisées pour les sols (tranchées et forages). L'échantillonnage est fait en utilisant un outil d'échantillonnage à grains, un tube d'échantillonnage, une tarière ou une truelle. Ces techniques sont décrites dans le cahier 8, *Échantillonnage des matières dangereuses*, du *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales*.

#### 2.3.3.6 Rejets liquides

Le prélèvement des rejets liquides des industries peut donner de bonnes indications sur la nature des contaminants qui peuvent être présents dans les différents médiums. Les techniques d'échantillonnage sont présentées dans le cahier 2, *Échantillonnage des rejets liquides*, du *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales*.

#### 2.3.3.7 Air

L'analyse de l'air ambiant devrait être effectuée si les travaux de terrain (caractérisation et réhabilitation) sont susceptibles d'émettre dans l'air ou dans un milieu confiné (ex. bâtiment) des concentrations pouvant causer un risque pour les travailleurs ou la population environnante. Les résultats de la caractérisation de l'air doivent alors être évalués selon les normes de la CSST pour s'assurer de la sécurité des travailleurs. Selon les résultats, il peut être pertinent de vérifier auprès du Département de santé publique de la région visée les risques que peut causer l'émission de tels contaminants pour la population environnante. Le cas échéant, l'analyse de l'air ambiant des terrains avoisinants peut être faite selon le *Règlement sur la qualité de l'atmosphère*. De plus, dans certains cas, il peut être approprié d'échantillonner les émissions atmosphériques provenant de sources fixes (ex. cheminées).

Les techniques d'échantillonnage sont variées et dépendent principalement des types de contaminants recherchés et de l'endroit où l'échantillon est prélevé (ex. bâtiment, sources fixes, air ambiant). Des techniques sont spécifiées selon les cas, soit dans le cahier 4, *Échantillonnage des émissions atmosphériques en provenance de sources fixes* du *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales* ou dans le *Règlement sur la qualité de l'atmosphère*. Chaque cas d'échantillonnage est différent et devrait être évalué par des firmes spécialisées dans le domaine.

### 2.3.3.8 Biogaz

Les terrains qui ont servi de lieu d'élimination de matières résiduelles sont susceptibles de produire des biogaz (méthane et composés organiques volatils [COV]). Ces gaz sont problématiques au point de vue de la santé en raison de la toxicité des COV. Le méthane est un gaz extrêmement inflammable et explosif lorsque sa concentration dans l'air varie de 50 000 ppm à 150 000 ppm. Avant l'implantation d'infrastructures sur de tels lieux, une caractérisation des biogaz doit être faite. Les méthodes d'échantillonnage des gaz sont décrites dans le *Guide relatif à la construction sur un lieu d'élimination désaffecté*, publié en septembre 2002. Les terrains susceptibles de contenir de grandes quantités de matières organiques (ex. : remblai sur ancien marécage) peuvent aussi générer des biogaz. Dans ce cas, par mesure de sécurité, il est recommandé de faire la caractérisation des biogaz.

### 2.3.3.9 Matériaux de démantèlement

Les matériaux issus du démantèlement de bâtiments et d'équipements potentiellement contaminés doivent être caractérisés et analysés pour en faire une gestion adéquate. Selon le type de matériel à échantillonner, différentes techniques d'échantillonnage peuvent être utilisées, soit le prélèvement de frottis ou le prélèvement direct d'une partie du matériel (fragments et carottes de forage). Dans ce dernier cas, l'analyse porte sur la fraction totale du matériel ou sur le lixiviat. Le *Guide de bonnes pratiques pour la gestion des matériaux de démantèlement*, 2003, du Service des lieux contaminés du ministère de l'Environnement présente les différentes étapes de caractérisation et de gestion des matériaux de démantèlement.

### 2.3.4 Établissement d'un programme d'assurance et de contrôle de la qualité

Le programme d'assurance et de contrôle de la qualité doit faire partie de toutes les études de caractérisation (phase I et phase II). Ce programme est un ensemble d'activités et de vérifications permettant de s'assurer que les résultats fournis ont une qualité et une fiabilité acceptables pour atteindre les objectifs de performance visés. La procédure d'échantillonnage et d'analyse doit spécifier comment la qualité des résultats est assurée. Cette procédure inclut, sans s'y restreindre : la préparation des contenants d'échantillonnage, le nettoyage des équipements, la collecte et l'analyse de blancs de terrain, de blancs de transport et de duplicatas, les méthodes de préservation et de transport des échantillons, le processus de prélèvement, la chaîne de responsabilité, les méthodes d'analyse (voir la section 2.5.2) et le traitement des données. Le programme d'assurance et de contrôle de la qualité doit être associé à chaque activité d'échantillonnage et d'analyse et il doit être défini dès le début de la campagne d'échantillonnage.

Pour tous les aspects concernant le contrôle de la qualité en laboratoire, consultez le *Guide de procédures : assurance et contrôle de la qualité pour les travaux analytiques contractuels en chimie*, Les Publications du Québec, 1995. Et pour les aspects touchant le contrôle de la qualité sur le terrain, consultez le cahier 1, *Généralités*, du *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales*.

### 2.3.5 Préparation du matériel d'échantillonnage

Selon la technique d'échantillonnage choisie, du matériel spécialisé peut être nécessaire sur le terrain. De façon à bien planifier la campagne d'échantillonnage, il est important de vérifier la disponibilité des équipements, principalement dans le cas de location d'une rétrocaveuse, d'une foreuse ou d'une embarcation.

Au début d'une campagne d'échantillonnage, il est important de se référer à une liste générale présentant l'équipement de travail nécessaire sur le terrain. Cette liste devrait inclure le matériel de prélèvement et de préparation de l'échantillon, l'équipement de conservation et d'identification des échantillons, les agents de conservation, les instruments et produits nécessaires à leur lavage, les vêtements de protection, le matériel de prise de notes et de mesures, etc. Une liste de base est présentée à l'annexe IV.

Avant chaque campagne d'échantillonnage, il est important de vérifier l'état de l'équipement. Les contenants pour le transport et la conservation des échantillons doivent être prévus à l'avance. Les laboratoires peuvent fournir les agents de conservation et les contenants au besoin. Ceux-ci doivent être propres et transportés avec précaution pour éviter toute contamination. La composition et la dimension des contenants doivent être appropriées au médium à échantillonner et au type d'analyses chimiques à effectuer. À cette fin, il est nécessaire de se référer aux divers cahiers du *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales*.

Le laboratoire qui procédera aux analyses devrait être sélectionné à l'avance. La section 2.5.1 de ce document présente les points importants à vérifier lors du choix du laboratoire.

### 2.3.6 Description de la procédure d'échantillonnage

La procédure d'échantillonnage doit être déterminée à l'avance de façon que le personnel affecté au prélèvement connaisse exactement les opérations à effectuer. Cette procédure doit inclure la méthode d'échantillonnage, les instruments d'échantillonnage à utiliser et la méthode pour nettoyer les instruments. De plus, elle doit inclure pour chaque échantillon : la localisation en plan et en profondeur, la quantité de matériel à prélever, le type d'échantillon (ponctuel ou composé), les paramètres à analyser, le type de contenant à utiliser, la procédure de conservation, l'étiquetage, les mesures à prendre sur le terrain (emplacement, dimension, profondeur, etc.) et les observations à noter (descriptions visuelles et olfactives des médiums et des échantillons).

### 2.3.7 Demande d'autorisation

Avant de commencer les travaux d'échantillonnage, il est conseillé de demander les autorisations nécessaires auprès de personnes concernées. Des autorisations sont requises lorsque le terrain ou une partie du terrain n'est pas la propriété du responsable de l'étude. Il est préférable d'informer les propriétaires sur la nature des travaux qui seront effectués, principalement dans les cas d'utilisation de machineries lourdes pouvant endommager la surface du terrain. Cette précaution évite les conflits et permet d'effectuer les travaux selon l'échéancier prévu.

Lors de l'échantillonnage de l'air ambiant dans des secteurs habités, il est important de faire les démarches nécessaires afin d'obtenir les autorisations requises pour l'installation de stations d'échantillonnage d'air sur des terrains qui ne sont pas la propriété du responsable de l'étude.

### 2.3.8 Vérification de la présence d'infrastructures souterraines

Cette quête de renseignements vise la connaissance de l'emplacement de structures souterraines dont il faut éviter l'endommagement. Ainsi, les infrastructures comme des câbles électriques ou téléphoniques, des conduites de gaz ou d'égouts, des systèmes d'aqueduc, des réservoirs souterrains, etc. doivent être localisées avant le début des travaux d'échantillonnage, principalement si l'utilisation de pelles hydrauliques ou de foreuses est prévue. Les services publics peuvent aider à localiser certaines de ces infrastructures. Des méthodes de détection instantanée de câbles, de canalisations et de structures souterraines (section 2.2.5) peuvent aussi être utilisées.

### 2.3.9 Élaboration d'un programme de santé et sécurité

Des risques pour la santé et la sécurité des travailleurs qui font le prélèvement des échantillons peuvent être associés à la présence de contaminants sur les lieux. Il est nécessaire d'évaluer les dangers avant d'effectuer les travaux et de prévoir des moyens de protection. Un protocole de sécurité doit être élaboré et suivi par tous les travailleurs chargés de la caractérisation des lieux. Ce protocole doit spécifier le type de matériel de protection tel que gants, casques, bottes et lunettes de sécurité, masques, respirateurs autonomes, combinaisons de protection contre les matières dangereuses ainsi que la façon de procéder à l'échantillonnage si la procédure s'avère particulière. Dans le cas de l'échantillonnage des eaux de surface ou des sédiments effectué à bord d'une embarcation, un équipement de sécurité doit être prévu (veste de sauvetage, rames, etc.).

Le protocole ou le programme de santé et sécurité doit être élaboré en fonction de l'importance des risques que les travaux de caractérisation représentent pour la santé et la sécurité des travailleurs sur les lieux à l'étude. Pour l'élaboration d'un programme dans le cas d'un lieu où peu de risques sont appréhendés, se référer au cahier 1, *Généralités*, du *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales*. Des mesures visant à établir la présence de composés volatils devraient être prises dans un espace confiné tel qu'une conduite contenant des câbles ou un système de drainage non inondé avant qu'une personne s'y introduise. Dans le cas d'un lieu où des risques importants sont appréhendés, il est recommandé de se référer au bureau de la CSST pour prendre connaissance des normes et exigences.

### 2.3.10 Planification d'un échéancier

Lors de la préparation d'une campagne d'échantillonnage, il est important de planifier un échéancier des travaux. Celui-ci présente la séquence des travaux, le nombre de jours prévus pour l'échantillonnage des différents médiums, le nombre d'équipes de travail et le nombre de personnes par équipe de travail, ainsi que les jours où la machinerie spécialisée (foreuses, pelle mécanique, etc.) sera sur le terrain.

## 2.4 Travaux de terrain

### 2.4.1 Localisation des stations d'échantillonnage sur le terrain

Cette étape correspond à l'implantation sur le terrain du patron d'échantillonnage. La localisation des stations d'échantillonnage **au début des travaux** devrait être effectuée le plus précisément possible. Dans le cas d'une caractérisation de moindre importance ou pour des petits terrains, les stations peuvent être localisées à l'aide d'une chaîne à mesurer et d'une boussole. Cependant, dans le cas d'une caractérisation d'importance ou sur un terrain de grandes dimensions, des levés d'arpentage sont plus appropriés pour bien localiser les stations d'échantillonnage.

Dans le cas d'un échantillonnage systématique, le point de départ de la grille doit demeurer fixe et être bien défini. Par la suite, la grille d'échantillonnage est reproduite sur le terrain par arpentage. Chaque point d'intersection de la grille doit être localisé sur le terrain afin de représenter la localisation d'une station d'échantillonnage. Chaque station d'échantillonnage doit être localisée par un piquet ou un autre système de repère bien visible. De plus, les systèmes de repère doivent porter l'inscription du numéro de la station d'échantillonnage correspondante sur le plan.

**À la fin des travaux**, un relevé d'arpentage et de nivellement de toutes les stations d'échantillonnage pour tous les médiums doivent être fait. Les points d'arpentage doivent être rattachés à une borne géodésique localisée à proximité du terrain ou à une borne arbitraire fixe.

### 2.4.2 Prélèvement des échantillons sur le terrain

Selon le médium à échantillonner, les techniques et la procédure d'échantillonnage peuvent varier d'un cas à l'autre. Une planification devrait donc être réalisée.

#### 2.4.2.1 Identification des échantillons

Chaque contenant doit être clairement marqué à l'aide d'un crayon à encre indélébile, de sorte que les résultats d'analyses soient facilement associés à la station et au point d'échantillonnage correspondants. Une étiquette doit être apposée sur chaque contenant indiquant, entre autres, les renseignements suivants :

- le numéro correspondant à la station d'échantillonnage et au niveau échantillonné;
- le nom du projet;
- la date de l'échantillonnage.

De plus, un formulaire de demande d'analyses doit être rempli pour chaque échantillon qui sera analysé. Les renseignements requis sur le formulaire sont décrits dans le cahier 1, *Généralités*, du *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales*. Une copie des bordereaux d'expédition d'échantillons et de demandes d'analyses doit accompagner les échantillons au transport vers le laboratoire.

#### 2.4.2.2 Description des échantillons

Lors du prélèvement, une description visuelle et olfactive doit être faite pour chaque échantillon ainsi que pour chaque tranchée ou forage. Pour faciliter cette prise de notes, un modèle de fiches de sondage, de tranchée d'exploration ainsi que de forage adapté aux sols est présenté en annexe du cahier 5, *Échantillonnage des sols*, du *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales*.

#### 2.4.2.3 Nettoyage des instruments d'échantillonnage

Après le prélèvement de chaque échantillon, un nettoyage des instruments doit être effectué selon une procédure particulière. La technique de nettoyage est décrite dans le cahier 1, *Généralités*, du *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales*. Le lavage du matériel pour l'échantillonnage des sols et des sédiments contient certaines caractéristiques qui leur sont propres. Ces caractéristiques sont décrites dans le cahier 5, *Échantillonnage des sols*, du *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales*.

#### 2.4.2.4 Prise de notes et de photographies

En plus de la description des tranchées, des forages et des échantillons, des notes sur les conditions de terrain, la température, etc., doivent être prises pour faciliter l'interprétation ultérieure des données. Des photographies des stations d'échantillonnage du terrain peuvent être très utiles pour visualiser la localisation des travaux d'échantillonnage. De plus, des photographies des parois et différents échantillons sont souvent utiles lors de l'interprétation.

### 2.4.3 Conservation et transport des échantillons

#### 2.4.3.1 Conservation des échantillons

La conservation des échantillons prélevés et leur transport doit se faire dans une glacière à une température d'environ 4 °C à l'abri de la lumière. Les échantillons doivent être acheminés au laboratoire dans les plus brefs délais. Le mode de conservation et le délai maximum de conservation varient selon le type de médium échantillonné et les paramètres analytiques. Les cahiers du *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales* donnent ces renseignements.

#### 2.4.3.2 Transport

Le transport des échantillons doit se faire avec précaution en utilisant des caisses de carton rigide ou des glacières. Le véhicule qui transporte les échantillons doit être propre et ne présenter aucune odeur d'essence ou d'autres produits volatils. De plus, il est recommandé de ne pas transporter des contenants d'essence ou d'autres produits chimiques liquides dans le même espace que les échantillons. Ces mesures préviennent le risque de déversements ou d'introduction accidentelle de composés volatils lors du transport pouvant causer la contamination des échantillons. Des blancs de transport doivent être prévus dans le programme d'assurance qualité pour vérifier que le transport n'a pas été une source de contamination.

### 2.4.3.3 Cas juridiques : chaîne de possession

La chaîne de possession est utilisée notamment dans le cas d'une caractérisation où il y a des enjeux juridiques rattachés aux résultats analytiques. Lors de l'acheminement des échantillons vers un laboratoire, un formulaire de chaîne de possession doit être rempli afin de garantir l'intégrité des échantillons. Le formulaire suit alors chaque étape de la transmission et les personnes responsables doivent le signer. Ce formulaire doit inclure différents renseignements sur la nature du dossier, le prélèvement des échantillons, les intermédiaires (personnes responsables du transport) et la réception au laboratoire.

Cette façon de procéder limite les possibilités d'égarer ou d'altérer les échantillons et permet de savoir quand et comment les échantillons ont été transmis et reçus au laboratoire. De plus, le formulaire établit un enregistrement du cheminement des échantillons (se référer au cahier 1, *Généralités*, du *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales*).

## 2.5 Analyse des échantillons

### 2.5.1 Choix du laboratoire d'analyse

Lors de la planification de l'étude, le laboratoire sélectionné doit être accrédité par le ministère de l'Environnement. Le laboratoire doit être sélectionné en fonction de différents facteurs :

- Le champ et le domaine d'accréditation : s'assurer que le laboratoire est accrédité pour les paramètres désirés dans les médiums à analyser.
- Les méthodes analytiques : s'assurer que les méthodes d'analyses sont conformes à celles qui sont préconisées dans les *listes des méthodes d'analyses* publiées par le Ministère.\*
- Les délais d'analyse : vérifier avec le laboratoire les délais requis pour les analyses demandées. Ce facteur est déterminant pour s'assurer de respecter l'échéancier fixé pour le projet et de ne pas dépasser le délai de conservation des échantillons gardés pour analyses ultérieures.
- Le programme d'assurance et de contrôle de la qualité : vérifier que le laboratoire possède un programme d'assurance et de contrôle de la qualité complet tel qu'il est défini à la section suivante.

---

\* Les *listes des méthodes d'analyses applicables à la Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés* sont disponibles sur le site du Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec. Ces listes remplacent le *Guide des méthodes de conservation et d'analyses des échantillons d'eau et de sol* de 1996.

## 2.5.2 Programme d'assurance et de contrôle de la qualité en laboratoire

Le contrôle de la qualité est constitué par l'ensemble des activités intralaboratoires qui définissent la façon dont les travaux analytiques doivent être exécutés pour atteindre les objectifs de qualité prédéterminés. L'assurance de la qualité porte sur la vérification de l'efficacité du contrôle de la qualité. Son but est d'assurer la fiabilité des résultats et leur conformité avec le laboratoire de référence<sup>20</sup>.

Le laboratoire sélectionné doit se conformer aux exigences du Programme d'accréditation des laboratoires d'analyse environnementale du ministère de l'Environnement (PALAE).

Le laboratoire doit fournir les résultats d'analyses, les certificats d'analyses physico-chimiques signés obligatoirement par le ou la chimiste responsable, les résultats issus du programme d'assurance qualité, les limites de détection et de quantification des méthodes et les références des méthodes analytiques. De plus, une interprétation de la fiabilité des résultats en fonction de ceux du programme d'assurance et de contrôle de la qualité doit être fournie sur demande.

## 2.6 Interprétation des données et rédaction du rapport

À la fin des travaux de caractérisation et après la réception des résultats d'analyses, une compilation de tous les renseignements obtenus sur le terrain ainsi qu'une interprétation des données et des résultats d'analyses chimiques doivent être faites. Cette interprétation doit tenir compte des normes et des critères pertinents à chacun des médiums :

- pour les sols et pour la gestion des sédiments en milieu terrestre, les critères à utiliser sont ceux qui sont présentés dans la Grille des critères génériques pour les sols, à l'annexe 2 de la *Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés*;
- pour les eaux souterraines, les critères à utiliser sont ceux qui sont présentés dans la Grille des critères applicables aux cas de contamination des eaux souterraines, à l'annexe 2 de la *Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés*;
- pour les sédiments en milieu aquatique, les critères à utiliser pour évaluer le niveau de contamination sont ceux qui sont présentés dans le document intitulé : *Critères intérimaires pour l'évaluation de la qualité des sédiments du Saint-Laurent*, avril 1992, gouvernement du Canada et ministère de l'Environnement du Québec;
- pour les eaux de surface, les critères à utiliser sont ceux qui sont présentés dans le document intitulé : *Critères de qualité de l'eau de surface au Québec*, MENV, 2001;
- pour les matières résiduelles, les normes à utiliser sont celles qui sont présentées dans le *Règlement sur les déchets solides*<sup>1</sup> et le *Règlement sur les matières dangereuses*;

---

\* Le *Règlement sur les déchets solides* est en modification et sera remplacé par le *Règlement sur l'élimination des matières résiduelles*.

- pour l'air, l'interprétation des résultats peut se faire, selon les cas, à l'aide du *Règlement sur la qualité de l'atmosphère* du MEF, du *Règlement relatif à l'assainissement de l'air et remplaçant les règlements 44 et 44-1 de la Communauté urbaine de Montréal* (Règlement 90), des normes de la CSST ou des critères de la qualité de l'air du MENV (2002).

La comparaison des résultats aux normes et aux critères existants permet une première estimation des risques potentiels pour la santé, la faune et la flore. L'évaluation détaillée des risques doit être effectuée selon les procédures d'évaluation des risques toxicologiques et écotoxicologiques établies par le MSSS et le MENV. Cependant, ce guide n'abordera pas ces techniques.

Chacune des phases de caractérisation doit être appuyée par la rédaction d'un rapport répondant aux objectifs fixés. Le dernier rapport (caractérisation exhaustive) doit être un document complet présentant toutes les étapes de l'étude (phases I, II et III) en incluant, sans s'y restreindre, les points suivants : les objectifs de l'étude, les méthodes d'échantillonnage et d'analyse, les résultats d'analyses, l'interprétation des résultats. Par la suite, des recommandations doivent être faites sur les suites à donner au dossier (poursuivre la caractérisation ou la terminer, réaliser une évaluation du risque, nature des travaux de réhabilitation, etc.).

Chaque rapport doit être signé par le professionnel responsable. **Toute étude de caractérisation réalisée en application des dispositions de la section IV.2.1 de la LQE (article 31.67) doit être attestée par un expert. Les annexes V et VI présentent ce que doit contenir un rapport de caractérisation phase I, phases II et III.**

## 2.7 Contenu du résumé

Conformément aux articles 31.58 et 31.59 de la section IV.2.1 de la Loi sur la qualité de l'environnement, section relative à la protection et à la réhabilitation des terrains contaminés, un résumé d'une étude de caractérisation de phase II ou III, qui révèle la présence sur ou dans un terrain de contaminants dont la concentration excède les valeurs limites, de l'annexe I du Règlement sur la protection et la réhabilitation des terrains, doit être joint à l'avis de contamination qui sera inscrit au registre foncier. **Le contenu du résumé est présenté à l'annexe VII.**

### **3 APPLICATIONS PARTICULIÈRES POUR LA CARACTÉRISATION PRÉLIMINAIRE (PHASE II)**

La planification de la caractérisation préliminaire de phase II est faite, entre autres, à partir des renseignements recueillis lors de la réalisation de la première phase de la caractérisation préliminaire (historique, description du terrain) et en tenant compte des objectifs poursuivis. De façon générale, les objectifs de cette phase sont les suivants :

- confirmer la présence ou l'absence d'une contamination ou d'un contaminant dans les différents milieux (eau-air-sol);

et le cas échéant :

- préciser le type de contamination (organique ou inorganique);
- déterminer les types de matières résiduelles et les quantifier;
- cibler les secteurs contaminés;
- définir les voies préférentielles de transport des contaminants et les récepteurs;
- évaluer l'ampleur de la contamination.

Des méthodes d'investigation indirecte peuvent être utilisées (section 2.2) pour optimiser la caractérisation préliminaire, mais des investigations directes sur le terrain sont néanmoins nécessaires. Pour planifier l'investigation directe, il est recommandé de suivre la procédure proposée à la section 2.3. L'ampleur de cette caractérisation (stratégie d'échantillonnage, niveau de détail recherché) est décrite dans cette section et un résumé est présenté sous forme de tableau à l'annexe VIII.

#### **3.1 Stratégie d'échantillonnage**

La caractérisation préliminaire de phase II sert à évaluer la présence de contamination dans le sol et l'eau (eau souterraine et eau de surface). Elle doit également permettre l'identification, la description et l'analyse physico-chimique des matières résiduelles et, le cas échéant, des rejets liquides ou des émissions atmosphériques. Les sédiments, les bâtiments, les équipements et les poussières de rue peuvent être investigués si l'historique du terrain laisse présumer qu'il peut y avoir une contamination.

La localisation des stations d'échantillonnage doit tenir compte des renseignements disponibles, des principes présentés aux sections 2.1 (Transport des contaminants) et 2.3.1.4 (Localisation des échantillons témoins) ainsi que des éléments notés lors de la visite des lieux.

### 3.1.1 Sols

L'approche d'échantillonnage ciblé est obligatoire en caractérisation préliminaire de phase II dans les zones visiblement contaminées. Le nombre d'échantillons à prélever est fonction du nombre de secteurs ciblés comme étant susceptibles d'être contaminés. Il est recommandé de réaliser au moins une tranchée par secteur. Chacune des tranchées doit être échantillonnée de même que chaque endroit où il y a apparence d'une contamination visuelle ou olfactive (en surface et en profondeur). Lorsqu'il y a des matières résiduelles, un échantillonnage des sols sous ces matières doit être fait si les moyens techniques le permettent. De façon générale, le type d'échantillon est ponctuel sauf dans le cas d'une contamination aérotransportée.

**Pour les secteurs où aucune contamination n'est soupçonnée, l'approche systématique avec des mailles égales ou supérieures à 25 mètres de côté (objectif de vérification à la suite d'une caractérisation préliminaire qui n'a pas établi la présence d'activités polluantes ou d'évidence visuelle ou olfactive de contamination), l'approche aléatoire simple ou l'approche ciblée peuvent être utilisées. L'approche systématique a l'avantage de pouvoir être complétée, lors de la caractérisation exhaustive, en ajoutant des stations intermédiaires à l'intérieur des mailles du patron initial de façon à respecter le maillage recommandé à la section 2.3.1.1 (échantillonnage aléatoire).**

Lors d'une caractérisation préliminaire, la réalisation de tranchées est très utile lorsque les conditions s'y prêtent. Les tranchées facilitent l'observation sur de grandes surfaces de la contamination et de la stratigraphie du sol. Elles permettent également de localiser les venues d'eau, d'en mesurer le niveau et d'en vérifier la qualité. Ces renseignements seront utiles, entre autres, pour planifier l'installation des puits d'observation (choix de la longueur des crépines et de leur profondeur d'installation) et pour faciliter l'évaluation du nombre d'échantillons à prélever en coupe.

### 3.1.2 Eaux souterraines

La vérification de la qualité de l'eau souterraine doit être faite lors de la caractérisation préliminaire. Cette caractérisation doit permettre de confirmer l'absence ou la présence de contamination dans l'eau souterraine et d'en préciser la nature, le cas échéant. Une première évaluation des conditions hydrogéologiques du terrain (comme la conductivité hydraulique, la direction et la vitesse d'écoulement) doit être faite. À cette fin, des mesures de charge hydraulique et des essais de perméabilité *in situ* doivent être effectués. De plus, s'il y a présence de contamination dans les eaux souterraines, il se peut que leur classification soit nécessaire (voir la section 2.3.3.2).

Il est recommandé que l'installation des puits d'observation soit faite après la réalisation des tranchées dans les sols. En effet, les renseignements ainsi recueillis pendant la réalisation des tranchées (stratigraphie, profondeur et venue d'eau) combinés aux données sur la géologie et l'hydrogéologie permettront d'optimiser la localisation des puits d'observation. De plus, les résultats de l'échantillonnage des eaux souterraines à même la tranchée donnent une indication des paramètres problématiques à suivre dans les puits d'observation.

**Trois puits d'observation au minimum doivent être prévus pour évaluer la qualité des eaux souterraines. Ces puits devraient être localisés (en plan) de façon à former un triangle dont la dimension permet de couvrir l'ensemble du terrain à l'étude ou du secteur contaminé.** Cette disposition facilite la détermination approximative de la direction d'écoulement et l'évaluation du gradient hydraulique.

Si la direction d'écoulement des eaux souterraines est connue, le triangle doit être tracé de façon à placer un puits en amont hydraulique des secteurs potentiellement contaminés en s'assurant de garder une certaine distance de ce dernier. Les deux autres puits doivent être en aval et près des secteurs contaminés. Le puits en amont peut être utilisé pour prélever un échantillon témoin afin de connaître les teneurs de fond locales des eaux souterraines.

Si des secteurs de contamination sont connus, au moins un point d'échantillonnage de plus doit être prévu dans ces secteurs, ou à proximité, afin d'évaluer la contamination des eaux souterraines sous-jacentes et de connaître le type de contamination. Par contre, des précautions doivent être prises lorsqu'il y a forage au travers d'un horizon imperméable afin d'éviter l'entraînement de la contamination dans les unités sous-jacentes.

Les puits d'observation doivent être installés dans l'unité stratigraphique saturée la plus susceptible d'être contaminée. En général, il s'agit de l'horizon saturé le plus proche de la surface du sol. L'utilisation de puits déjà en place est possible dans la mesure où ces puits sont conçus selon les règles de l'art et qu'ils interceptent le même horizon à échantillonner.

Tous les liquides non miscibles (légers et denses) doivent être échantillonnés et leur épaisseur respective mesurée (consultez le cahier 3, *Échantillonnage des eaux souterraines*, du *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales*).

À noter que lors de la réalisation des forages pour l'installation de puits d'observation, il est fortement recommandé de prélever des échantillons de sols à des fins descriptives. Ces échantillons peuvent être analysés, au besoin, après la réception des résultats des analyses effectuées sur les échantillons d'eaux souterraines.

### 3.1.3 Eaux de surface

Dans le cas des eaux de surface, l'approche d'échantillonnage ciblé devrait être privilégiée aux endroits les plus susceptibles de receler de la contamination. Par exemple, des échantillons doivent être prélevés aux endroits où il y a présence de coloration, de couche huileuse ou d'odeur ainsi qu'aux endroits où il y a des eaux de résurgence ou des rejets d'effluents. L'échantillonnage peut se faire dans un fossé, un ruisseau, un étang, un lac ou simplement dans une dépression du terrain. Les eaux stagnantes ou les eaux qui ne s'écoulent pas de façon visible sont plus susceptibles de présenter de la contamination.

### 3.1.4 Sédiments

À cette étape, l'échantillonnage des sédiments est obligatoire dans le cas où les renseignements recueillis lors de la phase I laisseraient présager leur contamination. Un échantillonnage est également obligatoire si l'inspection visuelle des sédiments révèle la présence de certaines colorations, de taches d'huile ou

d'odeurs. Il s'agit donc d'un échantillonnage ciblé. Ces échantillons sont pour la plupart des échantillons ponctuels de surface prélevés entre 0 et 15 centimètres de profondeur.

### 3.1.5 Matières résiduelles

Lors d'une caractérisation préliminaire, il est obligatoire d'identifier chacune des matières résiduelles présentes sur ou dans le terrain et sur les pourtours, d'en faire la description physique (matières liquides, solides, etc.) et olfactive, et de définir comment elles sont disposées sur le terrain (en surface, enfouies, dans des contenants, etc.). Une première estimation du volume pour chaque type de matières résiduelles doit être faite.

Les matières résiduelles dont la composition et l'origine sont inconnues doivent être échantillonnées et analysées. Dans ce cas, un balayage analytique des contaminants organiques et inorganiques doit être réalisé afin de cibler les paramètres problématiques qui peuvent se retrouver dans le milieu. Les analyses doivent être effectuées selon les modalités prévues au *Règlement sur les matières dangereuses*. Ce règlement précise dans quelles circonstances l'analyse doit être faite sur la partie totale ou sur la partie lixiviable de l'échantillon. Les analyses devraient permettre de classer les matières résiduelles selon leur statut (déchet solide, déchet spécial\* ou matières dangereuses).

Les échantillons peuvent être prélevés de façon ponctuelle ou composée selon le degré d'homogénéité de la matière résiduelle. Le patron d'échantillonnage pour les matières résiduelles dépend de la nature de la matière (liquide, semi-liquide, solide), de la quantité et du mode d'entreposage (enfouissement, réservoir, baril, lagune, en tas).

### 3.1.6 Rejets liquides

Lorsqu'un établissement commercial ou industriel est en activité sur le terrain, la connaissance de la qualité de ses rejets liquides peut donner de bonnes indications sur la nature des contaminants susceptibles de se retrouver dans les différents médiums. Il est recommandé, lors des analyses, de procéder à un balayage des contaminants organiques et inorganiques afin de cibler les paramètres problématiques.

### 3.1.7 Air

Lors de la planification de l'étude de caractérisation, il faut considérer le fait que les émissions atmosphériques ont pu ou peuvent être une source de contamination pour les terrains avoisinants. L'échantillonnage de ces sources de contamination (ex. les gaz émis à la sortie d'une cheminée ou d'un évent d'aération) est utile afin de déterminer les paramètres pouvant se retrouver sur le terrain. De plus, lorsque les renseignements existants laissent présager un potentiel de contamination de l'air pendant les travaux de caractérisation, il est pertinent d'analyser les gaz interstitiels avant le début des travaux. De plus, selon les résultats, on verra à échantillonner l'air ambiant ou l'air confiné dans un espace donné (conduites souterraines accessibles pour entretien) afin d'évaluer les risques pour la santé des travailleurs.

\* Suite à l'adoption du projet de règlement sur l'élimination des matières résiduelles, les termes « déchets solides » et « déchets spéciaux » seront remplacés par « matières résiduelles »

### 3.1.8 Évaluation préliminaire du potentiel archéologique du terrain

À la suite d'une évaluation du potentiel archéologique et de la visite de terrain réalisées lors de la caractérisation préliminaire de phase I, on devra peut-être faire une évaluation plus approfondie du contenu archéologique. Dans un premier temps, celle-ci se fera à partir des tranchées et des forages réalisés pour la caractérisation du terrain. Dans un deuxième temps, l'évaluation pourra se poursuivre par des sondages archéologiques ou par une supervision archéologique. L'évaluation du contenu archéologique sur le terrain exige un permis de recherche archéologique. Elle a pour objectif de confirmer la présence ou l'absence d'un site archéologique et de déterminer ses principales caractéristiques (nature, état, etc.) ainsi que de statuer sur son intérêt scientifique. Elle permet de proposer des avenues concrètes pour la protection du patrimoine archéologique, d'estimer les coûts associés à une intervention ultérieure (la fouille) ou, s'il y a lieu, de lever toute contrainte de nature archéologique. L'évaluation du potentiel archéologique sur le terrain est validée par le ministère de la Culture et des Communications, qui vérifie aussi si le site mérite une protection juridique.

## 3.2 Détermination des paramètres analytiques

Étant donné que l'un des buts de la caractérisation préliminaire est d'identifier les contaminants présents sur ou dans un terrain, il est important de faire analyser, en premier lieu, tous les paramètres dont la présence est soupçonnée.

Avec l'information existante et l'historique du terrain, on peut cibler les paramètres à analyser. Lorsqu'il y a un doute sur l'origine de la contamination, il faut analyser un nombre approprié d'échantillons parmi les plus contaminés selon des méthodes analytiques qui permettent un balayage des contaminants organiques et inorganiques, de façon à définir les paramètres problématiques.

Il peut donc s'avérer intéressant d'analyser le paramètre intégrateur « hydrocarbures pétroliers  $C_{10}$  à  $C_{50}$  ». Toutefois, il faut garder en mémoire qu'il sera nécessaire, lors de la caractérisation exhaustive, de compléter ces données par l'entremise de méthodes analytiques permettant de quantifier les contaminants de façon **individuelle** (voir la section 2.3.2).

## 3.3 Interprétation des données et rédaction du rapport

À partir des résultats analytiques ainsi que la compilation de tous les renseignements obtenus sur le terrain et des données recueillies à la phase I, une interprétation doit être faite en fonction des normes et des critères retenus. Cette interprétation permet de confirmer la présence ou l'absence de contamination et, le cas échéant, de déterminer la source de la contamination et les secteurs contaminés.

**Une carte de localisation des zones contaminées doit être produite**, incluant une première évaluation des quantités de sols contaminés, de matières résiduelles et de matériaux contaminés. Toutes les données recueillies et l'interprétation qui en est faite doivent être présentées dans un rapport de caractérisation préliminaire de phase II.

Ce rapport doit décrire les différentes étapes de l'étude de caractérisation incluant, entre autres, la localisation et la description du terrain, les stratégies d'échantillonnage de tous les médiums visés (ex. : sols [de surface et en profondeur], eaux souterraines), les méthodes d'échantillonnage et de nettoyage des instruments, le nombre et le type d'échantillon prélevé, le programme d'assurance et de contrôle de la qualité sur le terrain et en laboratoire, une compilation des résultats et une interprétation.

À partir des résultats obtenus, de l'interprétation faite à l'aide des critères et des normes en vigueur et du jugement professionnel du responsable du projet, des recommandations doivent être proposées quant à la suite à donner au projet, notamment concernant :

- la nécessité ou non de poursuivre en caractérisation exhaustive;
- les objectifs de la caractérisation supplémentaire et la détermination des médiums à cibler;
- le besoin ou non de mettre sur pied des mesures de mitigation ou d'intervention rapide afin de protéger la santé et de limiter la propagation des contaminants.

Les exigences d'une caractérisation préliminaire de phase II se limitent généralement à l'investigation des sols et des eaux souterraines. Cependant, selon la problématique du terrain, les eaux de surface ou les sédiments devront aussi être caractérisés.

**Les éléments à inclure dans un rapport de caractérisation de phase II sont énumérés à l'annexe VI.**

La section 4.0 présente l'ampleur que peut prendre une caractérisation exhaustive en s'attardant sur la stratégie d'échantillonnage.

#### **4 APPLICATIONS PARTICULIÈRES POUR LA CARACTÉRISATION EXHAUSTIVE (PHASE III)**

La caractérisation exhaustive a pour but de compléter les renseignements obtenus lors des phases précédentes afin d'atteindre les objectifs suivants :

- déterminer de façon précise la nature et l'ampleur de la contamination (pour ce qui est de concentration, dispersion et variation) pour chacun des médiums;
- déterminer les quantités de matériaux contaminés à gérer en fonction des critères et des normes appropriés;
- constater les impacts de la contamination sur l'environnement (ex. : eaux souterraines) et réaliser une première évaluation des risques potentiels pour la santé humaine, la faune et la flore en les comparant aux normes et aux critères existants;
- proposer des interventions qui permettent de remédier ou de contrôler les risques et les impacts identifiés.

L'évaluation des impacts sur l'environnement et des risques potentiels pour la santé, la faune et la flore peut être faite en comparant le degré de contamination des différents médiums aux normes et aux critères existants. Par ailleurs, l'évaluation du risque spécifique que constitue un terrain doit tenir compte des particularités de ce terrain, du projet envisagé et des terrains voisins. Une telle évaluation doit être réalisée conformément à une procédure standardisée soit celle du MSSS et du MENV, et utiliser des données justes représentatives et en quantité suffisante.

Il peut s'avérer nécessaire, après avoir réalisé une étude de caractérisation exhaustive, d'effectuer des études complémentaires ou particulières afin d'obtenir des données pertinentes à une évaluation spécifique des risques ou à la planification du scénario d'intervention choisi (ex. : des données pour le choix d'une technique de traitement). Cependant, ce guide ne traite pas de ces études ni de l'évaluation des risques.

Des méthodes d'investigation indirecte peuvent être utilisées afin de caractériser un médium ou pour obtenir des données bien précises sur l'un ou l'autre des médiums. Entre autres, ces méthodes peuvent servir pour délimiter l'extension latérale ou longitudinale d'un panache de contamination des eaux souterraines, ou bien pour connaître la profondeur et la configuration du roc. De plus, elles peuvent être intéressantes pour l'investigation de grandes superficies (parcs à résidus miniers) ou de secteurs présentant des contraintes d'utilisation de sondages (ex. : présence de bâtiments).

**À cette fin, suivez les différentes étapes nécessaires à la réalisation d'une caractérisation présentées à la section 2.3.** Certains éléments particuliers à la caractérisation exhaustive sont précisés ci-dessous et résumés sous forme de tableau à l'annexe VIII.

## 4.1 Stratégie d'échantillonnage

Le patron d'échantillonnage à utiliser pour la caractérisation exhaustive doit tenir compte des résultats d'analyses issus de la caractérisation préliminaire et du patron d'échantillonnage utilisé à ce moment (ciblé, systématique, etc.). Les données de la caractérisation préliminaire servent à déterminer les secteurs qui devraient être étudiés davantage. Dans ces secteurs, l'échantillonnage doit être resserré (diminution de l'incertitude) afin de préciser l'ampleur (limite, concentration) de la contamination.

Le nombre d'échantillons doit permettre d'évaluer, pour chacun des médiums, l'étendue et l'ampleur de la contamination, non seulement en surface, mais aussi en profondeur (concentration, dispersion et variation). Ce nombre doit également permettre d'évaluer, le plus justement possible, les quantités de matières contaminées (sols, eaux, sédiments et autres), de constater les impacts sur l'environnement et d'évaluer les risques potentiels pour la santé humaine, la faune et la flore. Des échantillons témoins doivent, le cas échéant, également être prélevés afin de déterminer les teneurs de fond de chacun des médiums investigués.

### 4.1.1 Sols

En plus de préciser la superficie de la contamination, il est aussi essentiel de délimiter le plus précisément possible son extension en profondeur. L'échantillonnage des sols vise à caractériser les principales couches stratigraphiques tout en s'assurant de sélectionner les secteurs montrant de la contamination. L'investigation en profondeur est donc plus importante que lors de la caractérisation préliminaire. Elle doit permettre l'évaluation des quantités de sols contaminés.

### 4.1.2 Eaux souterraines

La planification de cette campagne d'échantillonnage doit se faire en fonction des données obtenues lors de la caractérisation préliminaire. À l'aide de sondages supplémentaires, de nouveaux puits d'observation ou de levés géophysiques, la caractérisation exhaustive permet de préciser l'état des eaux souterraines et la dynamique du problème de contamination. Elle permet, entre autres, de compléter l'étude hydrogéologique du terrain, de cibler et d'analyser les voies préférentielles de transport des contaminants, de déterminer de façon précise la nature, l'étendue et le degré de contamination, de définir le cheminement et l'évolution dans le temps des contaminants et d'évaluer s'il y a des impacts réels ou appréhendés sur les récepteurs (voir l'annexe 2 de la *Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés*).

#### Échantillonnage de la zone saturée

Le patron d'échantillonnage pour les eaux souterraines est particulier d'un cas à l'autre; cependant, certains principes généraux doivent être appliqués.

Les puits d'observation doivent être installés de façon à entourer la zone présumée contaminée. Si cela n'a pas été fait lors de la caractérisation préliminaire, des puits doivent être installés près de la source de contamination afin de définir les paramètres problématiques alors que d'autres, installés en aval et près des limites du terrain, serviront à évaluer l'étendue possible de la contamination à l'extérieur du terrain. Au moins un puits doit être installé en amont de la source pour fournir des teneurs de fond qui seront

utiles à l'interprétation des données. Le choix de la localisation des puits d'observation doit tenir compte de la géométrie des principales unités hydrostratigraphiques, des voies préférentielles de déplacement des contaminants et de la localisation de la contamination connue et soupçonnée.

L'installation de puits d'observation pourrait également s'avérer nécessaire pour vérifier le niveau de contamination à proximité des récepteurs potentiels (puits d'eau potable, cours d'eau, égout, etc.) et pour établir s'il y a ou non un impact réel ou appréhendé.

Il peut être important de caractériser toutes les formations aquifères présentes. À cette fin, plusieurs puits d'observation peuvent être installés à diverses profondeurs dans des forages individuels rapprochés les uns des autres afin, entre autres, de déterminer le gradient vertical (écoulement ascendant ou descendant). Cette méthode, appelée parfois *nid de puits d'observation*, est présentée dans le cahier 3, *Échantillonnage des eaux souterraines*, du *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales*.

Tous les liquides non miscibles (légers et denses) doivent être échantillonnés, leur épaisseur respective mesurée et leur volume évalué (consulter ce même cahier 3).

#### Échantillonnage de la zone non saturée

L'investigation de la zone non saturée n'est pas très courante. Dans certains cas, il pourrait s'avérer pertinent de suivre, par l'échantillonnage des eaux interstitielles de cette zone, l'avancement du front de la contamination afin de prédire l'arrivée de la contamination à la nappe d'eau souterraine.

#### Classification des eaux souterraines

Pour vérifier s'il y a ou non impact réel ou appréhendé, il est nécessaire de procéder à la classification des eaux souterraines de sorte à en définir les différents usages. À cette fin, il faut utiliser le système de classification des eaux souterraines décrit sommairement à la section 2.3.3.2 (eaux souterraines). Parallèlement, un inventaire exhaustif des utilisateurs d'eau souterraine dans la zone susceptible ou la zone touchée par la contamination doit être dressé.

#### Détermination des conditions hydrogéologiques

La caractérisation exhaustive des eaux souterraines doit aussi permettre de mieux connaître les conditions hydrogéologiques, d'établir la piézométrie détaillée de la zone contaminée et de préciser la géométrie des formations aquifères. À cette fin, des mesures et des essais supplémentaires sont recommandés pour compléter ou valider les données obtenues lors de la caractérisation préliminaire.

La localisation des puits, la fréquence d'échantillonnage ainsi que la période à laquelle les mesures et les essais seront effectués sont des aspects qui doivent être considérés pour optimiser et améliorer la qualité des mesures hydrogéologiques. Par exemple, afin de permettre d'établir une piézométrie fiable les crépines ainsi que la zone filtre devraient être aménagées à une même élévation à l'intérieur d'une même unité stratigraphique.

Les essais et les mesures visent à établir le niveau des différentes nappes et la conductivité hydraulique des unités hydrostratigraphiques à partir desquels il est possible de déterminer les gradients hydrauliques horizontal et vertical, ainsi que la vitesse et la direction d'écoulement des eaux souterraines. Ces données sont nécessaires pour évaluer la dimension du panache de la contamination et évaluer sa progression dans le temps.

Des essais de pompage peuvent compléter les données sur les caractéristiques hydrodynamiques de la formation aquifère touchée par la contamination (conductivité hydraulique, coefficient d'emmagasinement, transmissivité, etc.). Ces essais sont, entre autres, pertinents lorsque le pompage de la nappe contaminée est envisagé comme moyen d'intervention. Ils serviront à déterminer la capacité des puits de pompage et l'espacement de ceux-ci afin d'obtenir une interception des eaux de type « piège hydraulique ».

Des analyses granulométriques et des essais de perméabilité en laboratoire peuvent aussi être effectués pour valider les valeurs de conductivité hydraulique obtenues par des essais en place et pour compléter les descriptions stratigraphiques.

De plus, la détermination des paramètres hydrogéologiques et pédologiques comme la conductivité hydraulique, la porosité, la transmissivité, le coefficient d'emmagasinement, le pH du sol, le potentiel d'oxydoréduction du milieu (Eh), le pourcentage de matières organiques, la teneur en eau et la dispersivité longitudinale et transversale peuvent également s'avérer nécessaires pour permettre la modélisation du transport des contaminants.

#### 4.1.3 Eaux de surface

L'échantillonnage des eaux de surface lors de la caractérisation exhaustive doit permettre de bien cerner l'ampleur de la contamination (en comparant les résultats avec les normes et les critères existants) et d'évaluer l'impact de la contamination sur la qualité de l'eau et l'usage des plans d'eau (consommation, récréation, etc.).

Le patron d'échantillonnage pour le prélèvement des eaux de surface doit être particulier à chaque cas selon la nature du cours d'eau (fossé, ruisseau, rivière, lac, étang), sa dimension, son débit, etc. Cependant, les principes de base suivants peuvent être appliqués :

- prélever des échantillons dans le cours d'eau à différents endroits pour localiser la source de contamination;
- prélever des échantillons sur certains tributaires du cours d'eau à l'étude;

- prélever un échantillon d'eau en amont de la source de la contamination pour l'établissement des teneurs de fond;
- prélever un échantillon en aval du secteur contaminé;
- prélever des échantillons de liquides non miscibles (s'il y a lieu).

Dans certains cas, on peut mesurer l'infiltration des eaux de surface (percolation) et le débit dans les cours d'eau. Également, il peut être pertinent de faire un inventaire biologique des cours d'eau, surtout si une évaluation écotoxicologique est envisagée.

#### 4.1.4 Sédiments

Le patron d'échantillonnage des sédiments lors de la caractérisation exhaustive doit être basé sur une approche d'échantillonnage systématique de façon à compléter les données recueillies lors de la phase précédente. L'échantillonnage doit d'abord être fait en surface, soit de 0 à 15 cm et, dans le cas où une contamination serait soupçonnée en profondeur, à des intervalles de 15 cm jusqu'au niveau où il n'y a plus de contamination. Il est aussi recommandé de prélever un échantillon en dessous de ce dernier niveau. Cet échantillon, qui peut être analysé au besoin, permet d'éviter de devoir retourner sur le terrain. Avant de déterminer le patron final, les aspects suivants sont à considérer :

- évaluer la bathymétrie et la dynamique des fonds afin de déterminer les secteurs de faible courant et d'accumulation des sédiments fins qui correspondent généralement aux secteurs d'accumulation de la contamination;
- localiser la provenance de la source de contamination afin de prévoir le prélèvement d'un plus grand nombre d'échantillons dans ce secteur.

Dans le contexte de la caractérisation exhaustive des sédiments, des mesures ou des essais peuvent être nécessaires tels que : des mesures de pH, de conductivité, de température et de pourcentage de matière organique, de même que des essais de granulométrie et de sédimentométrie et enfin, des inventaires biologiques. L'essai le plus utilisé est l'analyse granulométrique sur chaque type de matériaux rencontrés afin d'évaluer le pourcentage de particules fines. Cela permet d'évaluer la distribution de la contamination par rapport à la grosseur des particules. De façon générale, la contamination se trouvera au niveau des particules fines.

#### 4.1.5 Matières résiduelles

Pour la caractérisation de la phase III, il s'agit de compléter l'échantillonnage des matières résiduelles (section 3.1.5) afin de confirmer le classement des matières selon leur statut (déchets solides, déchets spéciaux ou matières dangereuses) et de déterminer précisément les quantités pour chaque matière. Des analyses complémentaires peuvent être nécessaires afin de mieux établir les modes de valorisation, d'enfouissement ou de traitement des matières résiduelles et ainsi optimiser les mesures d'intervention.

#### 4.1.6 Air ambiant

Si la caractérisation préliminaire démontre que le terrain à l'étude présente des risques d'émission de contaminants (gazeux ou particulaires) dans l'air, il peut être pertinent d'échantillonner l'air ambiant afin d'éviter la dispersion des contaminants et d'assurer la protection de la population environnante et des travailleurs qui réalisent les travaux de caractérisation.

Le patron d'échantillonnage est particulier d'un cas à l'autre. Cependant, les stations d'échantillonnage sont installées différemment selon que les mesures sont prises pour vérifier la qualité de l'air : 1) à l'intérieur d'un bâtiment près des travaux (forage, excavation) ou dans des endroits confinés afin d'assurer la sécurité des travailleurs, ou 2) dans le secteur environnant afin d'assurer la sécurité de la population ou pour mesurer la dispersion sur les terrains avoisinants.

Dans le cas de la vérification directement sur le chantier, les stations de mesure devraient être installées en bordure du lieu de travail. L'utilisation d'instruments portatifs peut alors être appropriée. Dans le cas de vérification de la qualité de l'air d'un secteur environnant, le patron d'échantillonnage devrait être établi en fonction de la direction des vents et de la distance séparant la population du terrain contaminé.

#### 4.1.7 Inventaire biologique

Lorsque la caractérisation préliminaire de phase I ou II a permis d'identifier des milieux ou des organismes sensibles sur le terrain, une description écologique et biologique plus détaillée doit être effectuée si la contamination présente sur un terrain est susceptible de les atteindre. De plus, si la contamination dépasse les limites du terrain, il faut porter une attention particulière à la présence de ressources importantes ou sensibles pour la diversité biologique dans les limites du terrain et dans ses environs, c'est-à-dire les ressources visées par le document *Convention sur la diversité biologique : projet de stratégie de mise en oeuvre au Québec*, ministère de l'Environnement et de la Faune, 1995, (ISBN 2-550-24557-1).

Ces ressources sont constituées : 1) des milieux critiques ou sensibles pour la diversité biologique comme les tourbières, les marais, les marécages et les forêts matures; 2) des aires protégées comme les parcs, les réserves écologiques, les habitats et les réserves fauniques; 3) des espèces menacées, vulnérables ou susceptibles d'être ainsi désignées et de leurs habitats. Leur présence confirmée ou potentielle doit être notée.

Dans les cas où de tels milieux ou espèces sont retrouvés, il est recommandé de procéder à un inventaire biologique du milieu. À cette fin, des spécialistes dans le domaine devraient être consultés pour effectuer ce travail. Dans certains cas, il peut être pertinent d'effectuer des analyses sur des organismes vivants tels que les bioessais.

Le Centre de données sur le patrimoine naturel du Québec de la Direction de la conservation et du patrimoine écologique du MENV peut aider à identifier ces ressources.

#### 4.1.8 Archéologie

En fonction de l'évaluation archéologique réalisée sur le terrain lors de la caractérisation préliminaire et de l'avis du ministère de la Culture et des Communications, les aires de fouilles peuvent être établies, le cas échéant, et doivent alors être investiguées avant le début des travaux de réhabilitation. La fouille exige un permis de recherche archéologique. Cette dernière étape doit être validée par le ministère de la Culture et des Communications.

#### 4.2 Détermination des paramètres d'analyses

À cette étape, les paramètres d'analyses ayant été définis lors de la caractérisation préliminaire, seuls les paramètres qui ont présenté des concentrations anormales (supérieures aux teneurs de fond) seront analysés.

Si les sols contiennent du soufre élémentaire ou des substances sulfurées à des concentrations supérieures au critère C de la *Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés*, il faut vérifier leur potentiel de génération d'acide afin d'obtenir les données nécessaires pour orienter la gestion de ces sols. La méthode « Test de détermination du potentiel acidogène des sols (TDPAS) » fait partie de la liste des méthodes d'analyse du Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec.

Si le paramètre intégrateur « hydrocarbures pétroliers  $C_{10}$  à  $C_{50}$  » a été utilisé lors de la caractérisation préliminaire et si les résultats montrent la présence d'une contamination, il faut compléter les données acquises par des analyses qui permettent l'identification et la quantification des substances individuelles (HAM, HAP, BPC, etc.). Cette situation survient spécifiquement dans les cas de contamination par des produits pétroliers et ses dérivés (ex. : solvants, produits de préservation du bois, huiles diélectriques, etc.). Le tableau 3 présente les paramètres pertinents à vérifier en fonction du type de produits pétroliers présent comme contaminants dans les différents médiums à caractériser. Le tableau 4 présente la pertinence d'analyser les HAP et les HAM dans les cas de contamination de sol par du diesel ou de l'huile à chauffage domestique\*.

**Tableau 3 : Paramètres pertinents à vérifier en fonction du type de produits pétroliers**

Produits	Contaminants
Essence	HAM
Diesel/Mazout domestique	$C_{10}$ $C_{50}$ , HAM, HAP*
Jet fuel A (kérosène)	$C_{10}$ $C_{50}$ , HAP
Jet fuel B	HAM
Mazout industriel	$C_{10}$ $C_{50}$ , HAP
Huile à moteur	$C_{10}$ $C_{50}$ , HAP
Pétrole brut	$C_{10}$ $C_{50}$ , HAM, HAP
Coal tar	$C_{10}$ $C_{50}$ , HAM, HAP
(résidus pétroliers)	(Composés phénoliques non chlorés**)

HAM : Hydrocarbures aromatiques monocycliques.

HAP : Hydrocarbures aromatiques polycycliques.

\* : Voir tableau 4.    \*\* : Présence notée dans la littérature mais non quantifiée.

**Tableau 4: Pertinence d'analyser les HAP et les HAM dans les cas de contamination de sol par du diesel ou de l'huile à chauffage domestique\***

<b>Pertinence d'analyser les HAP</b>	
<b>CONTEXTE INDUSTRIEL</b>	
Si les $C_{10}$ - $C_{50}$ sont > critère C :	Peu utile d'analyser les HAP, puisque les sols seront de toute façon excavés en fonction du dépassement du critère de $C_{10}$ - $C_{50}$ .
Si les $C_{10}$ - $C_{50}$ sont dans la plage B-C :	Peu utile d'analyser les HAP, car il est fort probable que les critères pour ces paramètres ne seront pas dépassés.
<b>CONTEXTE RESIDENTIEL</b>	
Si les $C_{10}$ - $C_{50}$ sont dans la plage B-C :	Peu utile d'analyser les HAP, puisque les sols seront de toute façon excavés en fonction du dépassement du critère de $C_{10}$ - $C_{50}$ .
Si les $C_{10}$ - $C_{50}$ sont dans la plage A-B :	En raison du contexte sensible d'un usage résidentiel, et sur la base des données compilées, il convient d'analyser les HAP sur 10 % du nombre total d'échantillons, en fonction de la présomption** de leur présence dans les sols.
<b>Pertinence d'analyser les HAM</b>	
<b>CONTEXTE INDUSTRIEL</b>	
Si les $C_{10}$ - $C_{50}$ sont > critère C :	Peu utile d'analyser les HAM, puisque les sols seront de toute façon excavés en fonction du dépassement du critère de $C_{10}$ - $C_{50}$ .
Si les $C_{10}$ - $C_{50}$ sont dans la plage B-C :	Sur la base des données compilées, il convient d'analyser les HAM sur 10 % du nombre total d'échantillons, en fonction de la présomption** de leur présence dans les sols.
<b>CONTEXTE RESIDENTIEL</b>	
Si les $C_{10}$ - $C_{50}$ sont dans la plage B-C :	Sur la base des données compilées, il convient d'analyser les HAM sur 10 % du nombre total d'échantillons, en fonction de la présomption** de leur présence dans les sols.
Si les $C_{10}$ - $C_{50}$ sont dans la plage A-B :	Peu utile d'analyser les HAM, car il est fort probable que les critères pour ces paramètres ne seront pas dépassés.

\* : **Ce tableau s'applique dans le contexte strict d'excavation des sols.** Si la traitabilité des contaminants ou la performance d'une unité de traitement doit être évaluée, il demeurera toujours pertinent d'analyser les HAM et les HAP en plus des  $C_{10}$ - $C_{50}$ . Si les sols sont laissés en place les HAM et les HAP doivent être analysés. Par ailleurs, le tableau n'est applicable que dans les cas où le diesel est le seul produit pétrolier présent dans les sols. Ainsi, si des huiles lourdes ont été en contact avec le diesel, ou y ont été mélangées, ou si les sols ont été contaminés par deux sources de produits pétroliers différentes, il devient nécessaire d'analyser les HAP et les HAM.

\*\* : L'évaluation de la présomption se fait surtout à partir de l'historique de la contamination. Si le bâtiment est ancien, il est possible qu'il ait été chauffé avec du mazout industriel, surtout s'il s'agit d'un hôpital, d'une école ou d'une institution du genre. Dans ce contexte, le dosage des HAP est très pertinent. Par ailleurs, pour les HAM, la présomption peut se justifier par la présence d'odeurs d'hydrocarbures.

### 4.3 Travaux de terrain

Un relevé d'arpentage de toutes les stations d'échantillonnage doit être fait après les travaux. De plus, le relevé topographique devrait permettre de produire une carte topographique dont les élévations entre les

courbes de nivellement ne devraient pas être supérieures à 5 mètres. Cette carte est utile pour l'évaluation des volumes de matériaux contaminés ou non contaminés. Dans certains cas, il peut être important de prévoir un relevé d'arpentage officiel afin de définir les limites légales de la propriété.

Les principes présentés à la section 2.4.1 pour la localisation des stations d'échantillonnage sont aussi applicables pour la caractérisation exhaustive. Cependant, avant de localiser les stations prévues à la caractérisation exhaustive, les stations de la caractérisation préliminaire devraient être relocalisées, si le milieu ou le médium le permet, avec le plus de précision possible. Dans le cas où les systèmes de repères (piquets) seraient encore en place ou que des traces des excavations effectuées lors de la caractérisation préliminaire sont encore visibles, la localisation des stations se fait facilement. Cependant, dans le cas où aucune trace ne serait visible, des mesures d'arpentage devraient être effectuées pour les relocaliser de façon à bien intégrer les premières stations au nouveau patron d'échantillonnage.

#### **4.4 Interprétation des données et rédaction du rapport**

##### **4.4.1 Résultats des analyses chimiques**

Le traitement des données résultant d'une caractérisation exhaustive peut se faire selon différentes approches telles la statistique classique ou la géostatistique.

##### La statistique classique

L'analyse des données à l'aide des statistiques classiques utilise des outils de base comme le calcul de la moyenne, de la médiane, de l'écart-type, des valeurs maximales et minimales, etc. Cette analyse fournit une évaluation de la variabilité des données et permet de détecter les données qui peuvent être biaisées. Cette analyse des données doit tenir compte du patron d'échantillonnage (ciblé, systématique, etc.) qui a été utilisé pour la caractérisation ainsi que des particularités de chacune des populations d'échantillons de façon à obtenir l'interprétation la plus juste possible.

À la suite de la vérification des résultats d'analyses et de la corrélation des données avec leurs coordonnées spatiales, une mise en carte des données est faite pour en permettre l'interprétation selon leur localisation sur le terrain. Cette cartographie permet d'analyser la distribution des contaminants par médium étudié ainsi que d'évaluer les surfaces et les volumes de matériaux contaminés.

L'évaluation des surfaces et des volumes de matériaux contaminés (sols, matières résiduelles, sédiments) peut être effectuée soit par polygonation, parcelle ou krigeage.

##### La géostatistique

La géostatistique est une méthode-statistique pour l'analyse de données linéaires qui ont généralement été obtenues à la suite de l'utilisation d'un patron d'échantillonnage systématique et qui sont corrélées dans l'espace. Le principal avantage de l'analyse géostatistique est de pouvoir faire une évaluation des caractéristiques d'un sol pour un secteur qui n'a pas été échantillonné en se référant aux échantillons qui l'entourent<sup>21</sup>. La géostatistique permet de faire la cartographie en trois dimensions des données recueillies durant la campagne d'échantillonnage et d'évaluer leur précision. Cette méthode reste encore peu utilisée

en environnement. Elle nécessite le prélèvement d'un grand nombre d'échantillons et son application rend obligatoire l'utilisation de logiciels appropriés. Dans tous les cas, l'homogénéité du terrain et de la contamination garantit de meilleures évaluations.

#### 4.4.2 Résultats des essais de terrain

Les mesures obtenues par des essais de terrain devraient aussi être interprétées par un professionnel en caractérisation. À cet effet, différents logiciels sont disponibles, notamment pour effectuer l'interprétation hydrogéologique comme le calcul du coefficient de perméabilité et de la vitesse d'écoulement des eaux souterraines, pour réaliser la cartographie des données ainsi que modéliser l'écoulement des eaux souterraines et le transport des contaminants.

#### 4.4.3 Rapport

Un rapport de caractérisation exhaustive doit être rédigé en ayant soin d'inclure l'ensemble des résultats de l'étude de caractérisation et des études antérieures. L'annexe VI présente tous les aspects que doit contenir le rapport. L'interprétation des résultats devrait être faite de façon à atteindre les objectifs énoncés à la section 4.

Des recommandations doivent être faites sur la suite à donner au dossier et peuvent être les suivantes:

- appliquer des mesures de mitigation à court terme afin de freiner les impacts sur les milieux (eau-air-sol) ou rendre non significatif le risque pour la santé humaine, la faune et la flore;
- effectuer des études complémentaires pour procéder à une évaluation spécifique du risque (toxicologique et écotoxicologique) ou pour confirmer le choix d'une technologie de traitement ou d'un scénario de réhabilitation;
- appliquer des mesures qui permettent de réhabiliter le terrain à l'étude;
- appliquer des mesures de suivi.

## RÉFÉRENCES

- <sup>1</sup> LYMAN, Warren J., W. F. REEHL, D. H. ROSENBLATT. 1990. *Handbook of chemical property estimation methods*. American Chemical Society.
- <sup>2</sup> MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA FAUNE DU QUÉBEC. 1995. *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales, cahier 5, Échantillonnage des sols, cahier 5*, Direction des laboratoires.
- <sup>3</sup> HATAYAMA, H.K. 1986. *Site investigation : A review of current methods and techniques*, dans *Contaminated soil : First international TNO conference on contaminated soil*. Éditeurs : J.W. Assink et W.J. Van Den Brink. Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht, Pays-Bas, p. 315-324.
- <sup>4</sup> COULSON, M.G. et E.M. BRIDGES. 1986. *Site assessment and monitoring of contaminants by airborne multi-spectral scanner*, dans *Contaminated soil : First international TNO conference on contaminated soil*. Éditeurs : J.W. Assink et W.J. Van Den Brink. Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht, Pays-Bas, p. 365-378.
- <sup>5</sup> STRABBURGER, A. 1990. *Environmental geophysics in contaminated site exploration*, dans *Contaminated soil '90 : Third international KfK/TNO conference on contaminated soil*. Éditeurs : F. Arendt, M. Hinsenveld et W.J. Van Den Brink, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Pays-Bas, volume I, p. 651-658.
- <sup>6</sup> REINHOLD, G., J. Kirsch, H.-W. Hurtig et D. Flothmann. 1986. *Remote sensing by electromagnetic induction (EMI), magnetometer and ground penetrating radar*, dans *Contaminated soil : First international TNO conference on contaminated soil*. Éditeurs : J.W. Assink et W.J. Van Den Brink. Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht, Pays-Bas, p. 379-387.
- <sup>7</sup> MORSE, J.G., M.H. RANA et L. MORSE. 1982. *Radon mapping as indicators of subsurface oil and gas, Alpha- Gamma Petrosearch Inc., Golden, COLO.*, dans *Oil and Gas Journal*.
- <sup>8</sup> SCHRUBEN, T. pour Environmental Protection Agency. 1990. *Field measurements : Dependable data when you need it*. Midwest Research Inst., Kansas City, MO., EPA/530/UST-90/003.
- <sup>9</sup> NEW JERSEY DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL PROTECTION AND ENERGY. 1992. *Field sampling procedures manual*.
- <sup>10</sup> MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA FAUNE DU QUÉBEC, Direction des laboratoires, *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales, cahier 5, Échantillonnage des sols*, 1995.
- <sup>11</sup> GILBERT, R.O. 1987. *Statistical methods for environmental pollution monitoring*. Van Nostrand & Reinhold ed., New York, 320 pages.

- <sup>12</sup> KEITH, L.H. 1991. *Environmental sampling and analysis : A practical guide*. Lewis Publishers, Boca Raton, Florida.
- <sup>13</sup> ZIRSCHLEY, J. et R.O. GILBERT. 1984. *Chemical engineering, detecting hot spots at hazardous-waste sites*. pp. 97-100 et GILBERT, R.O. 1982. *Tran stat-statistics for environmental studies No. 19. Some statistical aspects of finding hot spots and buried radioactivity*. p. 1-27.
- <sup>14</sup> CONSEIL CANADIEN DES MINISTRES DE L'ENVIRONNEMENT. Programme national d'assainissement des lieux contaminés. 1993. *Guide pour l'échantillonnage, l'analyse des échantillons et la gestion des données des lieux contaminés*. Volume I : Rapport principal, EPC-NCS62F.
- <sup>15</sup> BUREAU DE NORMALISATION DU QUÉBEC. 1993. *Sols - Prélèvement d'un échantillon dans une excavation pour la détermination de son degré de contamination*. Projet P2501-375, Québec.
- <sup>16</sup> MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA FAUNE DU QUÉBEC, Direction des laboratoires. *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales, cahier 3, Échantillonnage des eaux souterraines*, 1994.
- <sup>17</sup> BUREAU DE NORMALISATION DU QUÉBEC. Année. *Sols - Détermination de la perméabilité - Type Lefranc*. Norme 2501-135 - M88, Québec.
- <sup>18</sup> CHAPUIS, R.P. et Ministère de l'Environnement et de la Faune du Québec. 1999. *Guide des essais de pompage et leur interprétation*. Les Publications du Québec.
- <sup>19</sup> CONSEIL CANADIEN DES MINISTRES DE L'ENVIRONNEMENT. 1991. *Lignes directrices nationales sur la désaffectation des sites industriels*.
- <sup>20</sup> MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA FAUNE DU QUÉBEC, Direction des laboratoires. 1995. *Guide de procédures : assurance et contrôle de la qualité pour les travaux analytiques contractuels en chimie*. Les Publications du Québec.
- <sup>21</sup> CANADIAN SOCIETY OF SOIL SCIENCE. 1993. *Soil sampling and methods of analysis*, Éditeur : Martin R. Carter.

## BIBLIOGRAPHIE

- ASSOCIATION CANADIENNE DE NORMALISATION. 1995. *Évaluation environnementale de site, phase I, Techniques de l'environnement*, norme Z768-94.
- BUREAU DE NORMALISATION DU QUÉBEC. 1988. *Sols - Détermination de la perméabilité - Type Lefranc*, norme CAN/BNQ 2501-135 - M88, Québec.
- BUREAU DE NORMALISATION DU QUÉBEC. 1993. *Sols- Prélèvement d'un échantillon dans une excavation pour la détermination de son degré de contamination*, Projet P2501-375, Québec.
- CANADIAN SOCIETY OF SOIL SCIENCE. 1993. *Soil sampling and methods of analysis*, Martin R. Carter.
- CONSEIL CANADIEN DES MINISTRES DE L'ENVIRONNEMENT, Programme national d'assainissement des lieux contaminés. 1993. *Guide pour l'échantillonnage, l'analyse des échantillons et la gestion des données des lieux contaminés*, volume 1, Rapport principal, EPC-NCS62F.
- CONSEIL CANADIEN DES MINISTRES DE L'ENVIRONNEMENT. 1991. *Lignes directrices nationales sur la désaffectation des sites industriels*.
- CHAPUIS, R.P. et MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA FAUNE. *Guide des essais de pompage et leur interprétation*. 1999. *Les Publications du Québec*.
- CHERGMISINOFF, P.N. et B.T. MANGANIELLO. 1990. *Environmental field sampling manual*, 4<sup>e</sup> édition, Cahners Publishing Company.
- COULSON, M.G. et E.M. BRIDGES. 1986. « Site assessment and monitoring of contaminants by airborne multi-spectral scanner », dans *Contaminated soil: First international TNO conference on contaminated soil*, J.W. Assink et W.J. Van Den Brink. Martinus Nijhoff Publishers, p. 365-378.
- CANADA, MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT, Centre Saint-Laurent et Ministère de l'Environnement. 1992. *Critères intérimaires pour l'évaluation de la qualité des sédiments du Saint-Laurent*.
- ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. 1993. *Subsurface characterization and monitoring techniques - A desk reference guide - Volume 1: Solids and ground water, Appendices A and B*, EPA/625/R-93/003a.
- GILBERT, R.O. 1982. *Some statistical aspects of finding hot spots and buried radioactivity*, *Trans stat : statistics for environmental studies* No. 19, p. 1-27. PNL, Richland, Washington, « PNL-SA-01274 »
- GILBERT, R.O. 1987. *Statistical methods for environmental pollution monitoring*, Van Nostrand & Reyhold ed., New York.

- HATAYAMA, H.K. 1986. « Site investigation: A review of current methods and techniques », dans *Contaminated soil: First international TNO conference on contaminated soil*. J.W. Assink et W.J. Van Den Brink, Martinus Nijhoff Publishers, p. 315-324.
- HVORSLEV, M.J. 1951. « Time lag and soil permeability in groundwater observation », dans *U.S. Army Corps Engrs, Waterways Exp. Sta. Bull.* 36, Vicksburg, Miss.
- KEITH, L.H. 1991. *Environmental sampling and analysis: A practical guide*. Lewis Publishers, Boca Raton, Florida.
- LYMAN, Warren J., William F. REEHL et David H. ROSENBLATT. 1990. *Handbook of chemical property estimation methods*, American Chemical Society.
- QUÉBEC, MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT, Direction des eaux souterraines et de consommation. 1985. *Préparation de carte de vulnérabilité des nappes souterraines à la contamination : Développement d'une méthodologie*, Sainte-Foy.
- QUÉBEC, MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT, Direction des programmes de gestion des déchets et des lieux contaminés. 1996. *Problématique des sols et des eaux souterraines contaminés par des produits pétroliers : Sélection des paramètres analytiques*, Sainte-Foy.
- QUÉBEC, MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT, Direction des laboratoires. 1990. *Guide des méthodes de conservation et d'analyses des échantillons d'eau et de sol*, Sainte-Foy.
- QUÉBEC, MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT. 1988. *Guide standard de caractérisation de terrains contaminés*, Sainte-Foy.
- QUÉBEC, MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT. 1988. *Politique de réhabilitation des terrains contaminés*, Sainte-Foy.
- QUÉBEC, MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT, Direction des ressources hydriques. 1984. *Annuaire des puits et forages*, Sainte-Foy.
- QUÉBEC, MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA FAUNE, Service des lieux contaminés. Juin 1988. *Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés*, Sainte-Foy.
- QUÉBEC, MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA FAUNE, Direction des laboratoires. 1994. *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales, cahier 1, Généralités*, Sainte-Foy, Les Éditions Le Griffon d'Argile.
- QUÉBEC, MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA FAUNE, Direction des laboratoires. 1994. *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales, cahier 2, Échantillonnage des rejets liquides*, Sainte-Foy, Les Éditions Le Griffon d'Argile.
- QUÉBEC, MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA FAUNE, Direction des laboratoires. 1994. *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales, cahier 3, Échantillonnage des eaux souterraines*, Sainte-Foy, Les Éditions Le Griffon d'Argile.

- QUÉBEC, MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA FAUNE, Direction des laboratoires. 1994. *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales, cahier 4, Échantillonnage des émissions atmosphériques en provenance de sources fixes*, Sainte-Foy, Les Éditions Le Griffon d'Argile.
- QUÉBEC, MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA FAUNE, Direction des laboratoires. 1995. *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales, cahier 5, Échantillonnage des sols*, Sainte-Foy, Les Éditions Le Griffon d'Argile.
- QUÉBEC, MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT ET DE LA FAUNE, Direction des laboratoires. 1995. *Guide de procédures : Assurance et contrôle de la qualité pour les travaux analytiques contractuels en chimie*.
- MORSE, J.G., M.H. RANA et L. MORSE. 1982. « Radon mapping as indicators of subsurface oil and gas, Alpha-Gamma Petrosearch Inc., Golden, COLO », dans *Oil and Gas Journal*.
- NEW JERSEY DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL PROTECTION AND ENERGY. 1992. *Field sampling procedures manual*.
- NIELSEN, D.M. 1991. *Practical Handbook of Ground-Water Monitoring*, Michigan, Lewis Publisher.
- REINHOLD, G., J. KIRSCH, H.W. HURTIG et D. FLOTHMANN. 1986. « Remote sensing by electromagnetic induction (EMI), magnetometer and ground penetrating radar », dans *Contaminated soil: First international TNO conference on contaminated soil*, J.W. Assink et W.J. Van Den Brink. Martinus Nijhoff Publishers, p. 379-387.
- SCHRUBEN, T. pour Environmental Protection Agency. 1990. *Field measurements: Dependable data when you need it*, Midwest Research Inst., EPA/530/UST-90/003.
- STRABBURGER, A. 1990. « Environmental geophysics in contaminated site exploration », dans *Contaminated soil '90: Third international KfK/TNO conference on contaminated soil*, F. Arendt, M. Hinsenveld et W.J. Van Den Brink, Kluwer Academic Publishers, volume I, p. 651-658.
- ZIRSCHLEY, J. et GILBERT, R.O. 1984. *Chemical engineering, detecting hot spots at hazardous-waste sites*, p. 97-100.

**ANNEXE 1**  
**PUBLICATIONS EN RELATION AVEC LES TERRAINS CONTAMINÉS**

**Note : Les références citées en caractère gras sont nécessaires pour l'usage du Guide de caractérisation.**

**PUBLICATIONS DU GOUVERNEMENT DU QUÉBEC :**

**LOIS :**

- **Loi sur la qualité de l'environnement, L.R.Q., c. Q-2.**
- Loi sur l'établissement et l'agrandissement de certains lieux d'élimination de déchets, L.R.Q., c. E-13.1.
- Loi sur les pesticides, L.R.Q., P-9.3.
- Loi sur les mines, L.R.Q., c. M-13.1.
- Loi sur les biens culturels, L.R.Q., c.B-4, a. 53.

**RÈGLEMENTS :**

- Règlement relatif à l'application de la Loi sur la qualité de l'environnement, D.1529-93, 1993.
- Règlement sur l'évaluation et l'examen des impacts sur l'environnement, R.R.Q., 1981.
- Règlement sur les eaux souterraines, R.R.Q., 1981.
- Règlement sur l'eau potable, D.1158-84, 1984. Remplacé par le Règlement sur la qualité de l'eau potable, D.647-2001.2001G.O. 2,3561
- **Règlement sur les matières dangereuses**, D.1310-97, 1997.
- Règlement sur le transport des matières dangereuses, D.674-88, 1988.
- **Règlement sur les déchets solides**, R.R.Q., 1981.
- Règlement sur la qualité de l'atmosphère, R.R.Q., 1981.
- Règlement sur le domaine hydrique public, D.9-89, 1989.
- Règlement sur les attestations d'assainissement en milieu industriel, D.601-93, 1993.
- Règlement sur les produits pétroliers, D.753-91, 1991.
- Règlement sur les effluents liquides des raffineries de pétrole, R.R.Q., 1981.
- Règlement sur les fabriques de pâtes et papiers, D.1353-92, 1992.
- Règlement sur les pesticides, D.874-88, 1988.
- Règlement sur la désignation de certaines espèces menacées, D. 202-95, 1995.
- Règlement sur les substances minérales autres que le pétrole, le gaz naturel et la saumure, D.1443-88, 1988.
- Règlement sur la recherche archéologique, D. 1986-87, 1988.
- **Règlement sur l'enfouissement des sols contaminés**, D.843-2001, juin 2001, modifié par le D.1553-2001 déc. 2001.
- Règlement sur le captage des eaux souterraines, 2001.
- **Règlement sur la protection et la réhabilitation des terrains**, D-216-2003.

## POLITIQUES :

- Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés, Les Publications du Québec, juin 1998.
- Politique d'accréditation de laboratoires d'analyse de milieux environnementaux, mai 1988.
- Politique nationale de l'eau, L'eau, la vie, l'avenir. ISBN 2-550-40074-7, ENV/2002.

## DIRECTIVES :

- Directive sur les études d'impact sur l'environnement, n° 025.
- Directive sur les pesticides, n° 017.
- Directive sur les industries minières, n° 019 (en révision).

## GUIDES :

- **Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales, Les Éditions Le Griffon d'Argile.**
  - **Généralités, Cahier 1, 2<sup>e</sup> édition 1999;**
  - **Échantillonnage des rejets liquides, Cahier 2, 1994;**
  - **Échantillonnage des eaux souterraines, Cahier 3, 1994;**
  - **Échantillonnage des émissions atmosphériques en provenance de sources fixes, Cahier 4, 1994;**
  - **Échantillonnage des sols, Cahier 5, 2<sup>e</sup> édition, 2001;**
  - **Échantillonnage des matières dangereuses, Cahier 8, 1998;**
- **Guide des méthodes de conservation et d'analyses des échantillons d'eau et de sol, Direction des laboratoires, 1996. \***
- **Guide de procédures : assurance et contrôle de la qualité pour les travaux analytiques contractuels en chimie, Les Publications du Québec, 1995.**
- Guide d'implantation et de gestion des lieux d'enfouissement sécuritaire, Les Publications du Québec, 1996.(en révision)
- Guide de classification des eaux souterraines du Québec.
- Guide des essais de pompage et leurs interprétations, Les Publications du Québec, 1999.
- Guide relatif à la construction sur un lieu d'élimination désaffecté (article 65, LQE), 2002.
- **Guide de bonnes pratiques pour la gestion des matériaux de démantèlement, Les Publications du Québec, 2003 .**

---

\* Ce guide est remplacé par « *Les listes des méthodes d'analyses applicables à la Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés* » et elles sont disponibles sur le site du Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec.

## AUTRES DOCUMENTS :

- Lignes directrices d'intervention lors de l'enlèvement de réservoirs souterrains ayant contenu des produits pétroliers, Les Publications du Québec, 1996.
- Lignes directrices pour le traitement de sols par biodégradation, bioventilation et volatilisation, Les Publications du Québec, nouvelle édition, 1999.
- Problématique des sols et des eaux souterraines contaminés par des produits pétroliers : sélection des paramètres analytiques, MEF, Les Publications du Québec, 1996.
- Inventaire des lieux d'élimination de résidus industriels GERLED, évolution depuis 1983 et état actuel, Les Publications du Québec, 1998.
- Liste des dossiers de terrains contaminés répertoriés depuis 1984 (GERLED et GERSOL), MEF, mai 1996.
- Bilan du traitement des dossiers de terrains contaminés (GERSOL) au 1<sup>er</sup> juin 1992, MEF, septembre 1993.
- Dix ans de restauration des terrains contaminés. Bilan de 1983 à 1993, MEF, septembre 1994.
- **Liste officielle de laboratoires accrédités.**
- Liste des méthodes d'analyse relatives à l'application des règlements découlant de la Loi sur la qualité de l'environnement pour le Règlement sur les matières dangereuses, Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec, 1997.
- **Liste des méthodes suggérées pour la réalisation des analyses de laboratoire, Politique de protection des sols et de réhabilitation des terrains contaminés,** Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec, août 1998.
- **Procédure d'évaluation du risque écotoxicologique pour la réhabilitation des terrains contaminés,** 1998.
- Critères de qualité de l'eau de surface au Québec, MENV, Direction des écosystèmes aquatiques, 2001.
- Critères de qualité de l'air, MENV, 2002.

## PUBLICATIONS DU GOUVERNEMENT DU CANADA :

- **Critères intérimaires pour l'évaluation de la qualité des sédiments du Saint-Laurent,** Environnement Canada, Centre Saint-Laurent et ministère de l'Environnement du Québec, 1992.
- **Guide d'échantillonnage des sédiments de Saint-Laurent pour les projets de dragage et de génie maritime, Volume 1 : Directives et planification, Volume 2 : Manuel du praticien de terrain,** Environnement Canada, 2002.

## Conseil canadien des ministres de l'environnement (CCME)

- Lignes directrices nationales sur la désaffectation des sites industriels, CCME, mars 1991.
- Critères provisoires canadiens de qualité environnementale pour les lieux contaminés, CCME, 1991.
- Système national de classification des lieux contaminés, Rapport CCME EPC-CS39F, mars 1992.
- Guide pour l'échantillonnage, l'analyse des échantillons et la gestion des données des lieux contaminés, volumes 1 et 2, CCME, décembre 1993.
- Manuel d'évaluation de la subsurface des lieux contaminés, CCME, mars 1994.

- Cadre pour l'évaluation du risque écotoxicologique : Orientation générale, CCME, mars 1996.
- Cadre de travail pour l'évaluation du risque écotoxicologique, annexes techniques, CCME, 1997.
- Protocole d'élaboration de recommandations pour la qualité des sols en fonction de l'environnement et de la santé humaine, CCME, 1996.
- Recommandations canadiennes pour la qualité des sols, CCME (ISBN 1-895-925-94-0), mars 1997.

#### **PUBLICATIONS DES GOUVERNEMENTS MUNICIPAUX :**

- Règlement relatif aux mesures d'urgence pour prévenir la pollution excessive de l'air, C.U.M., Règlement n° 20.
- Règlement relatif aux rejets des eaux usées dans les réseaux d'égouts et les cours d'eau, C.U.M., Règlement n° 87.
- Règlement relatif à l'assainissement de l'air et remplaçant les règlements 44 et 44-1 de la Communauté, C.U.M., Règlement n° 90.

#### **AUTRES DOCUMENTS :**

- Norme NQ 2501-375, Sols - *Prélèvement d'un échantillon dans une excavation pour la détermination de son degré de contamination*, Bureau de normalisation du Québec (BNQ), 16 mars 1993.
- Norme Z768-94, *Évaluation environnementale de site, phase I, Techniques de l'environnement*, Association canadienne de normalisation (ACNOR), mars 1995.
- *Subsurface characterization and monitoring techniques - A desk reference guide - Volume I: Solids and ground water appendices A and B*, EPA/625/R-93/003a, (mai 1993).

**ANNEXE II**  
**LISTE NON EXHAUSTIVE DE DOCUMENTS ET DE BANQUES DE DONNÉES**  
**RELATIFS AUX CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES, CHIMIQUES ET**  
**TOXICOLOGIQUES DES COMPOSÉS**

**DOCUMENTS :**

- Handbook of environmental degradation rates, Howard and al., Lewis Publishers, Chelsea, Michigan, 1991.
- Handbook of environmental fate and exposure data for organic chemicals, volumes I-II-III-IV, Philip H. Howard, Lewis Publishers, 1990.
- Health effects assessment summary tables (HEAST), USEPA, 1993 et 1994 (PB 93-921199 et PB 94-921199).
- Recommandations pour la qualité des eaux au Canada, CCME. Ottawa, Ontario : Direction de la qualité des eaux, Environnement Canada, 1987.

**BANQUES DE DONNÉES :**

- Chemical Evaluation Search and Retrieval System (CESARS), via le Centre canadien d'hygiène et de sécurité au travail (CCHST). Michigan Department of Natural Resource et ministère de l'Environnement de l'Ontario.
- Hazardous Substances Data Bank (HSDB). National Library of Medicine.
- Integrated Risk Information System (IRIS), USEPA.
- International Registry of Potentially Toxic Compounds (IRPTC).
- Données bibliographiques : POLTOX (de 1966 à 1996 : Produit par Cambridge Scientific Abstracts en collaboration avec the International Food Information Service et the U.S. National Library of Medicine).
- Registry of Toxic Effects of Chemical Substances (RTECS), via le Centre canadien d'hygiène et de sécurité au travail (CCHST). National Institute for Occupational Safety and Health of the U.S. Department of Health and Human Services.

### ANNEXE III VISITE DE TERRAIN

Voici une liste des points à vérifier lors d'une visite de terrain.

Le terrain et ses environs :

- vérifier la concordance entre les plans et la réalité au point de vue localisation des aspects suivants :
  - localisation du terrain (vérification des coordonnées (latitude, longitude) à l'aide d'un GPS);
  - limites de la propriété et son usage;
  - conduites et réservoirs souterrains ou hors-terre;
  - déversements, fuites ou explosions;
  - voies de transport préférentielles de la contamination (conduites et câbles souterrains, fossés, infrastructures souterraines, puits, etc.);
  - réseaux de drainage de surface (fossés ou autres);
  - fosse septique ou système d'égout;
  - bâtiments, établissements et structures;
  - puits d'alimentation en eau, de bornes-fontaines, de puits d'observation (piézomètres);
- noter le type de recouvrement des sols (gazon, stationnement, asphalte, gravier, pavé, terre, etc.) et sa superficie;
- définir le type de sol trouvé en surface;
- déterminer les zones de remblai, de déblai et de remaniement des sols;
- faire des observations visuelles et olfactives des sols, des eaux de surface ainsi que des sédiments dans les fossés et cours d'eau;
- noter l'importance de la topographie et la présence de cours d'eau et essayer de déduire le sens d'écoulement des eaux;
- localiser et décrire les plans d'eau (réseau hydrographique avoisinant);
- noter les végétaux endommagés;
- noter la présence de milieux critiques ou sensibles pour la biodiversité (tourbières, marais, marécages, forêts matures, etc.);
- noter la présence d'aires protégées (parcs, réserves écologiques, habitats et refuges fauniques, etc.);
- noter la présence de faune vertébrée (observation directe ou autres indices);
- cerner les problèmes potentiels pour l'environnement, la santé et la sécurité;
- noter les voies d'accès pour la machinerie qui sera utilisée pour l'échantillonnage (foreuse, excavatrice, etc.);
- noter la présence de potagers (évaluer leur taille) et d'arbres fruitiers;
- noter la présence d'enfants qui vivent sur le terrain et aux alentours (garderie à proximité);
- noter la présence de carrés de sable pour enfants;
- noter tous les éléments susceptibles de constituer des limites aux observations ou aux travaux (ex. : inaccessibilité à certaines parties du terrain ou du bâtiment, couverture de neige sur le sol, dalles de béton, etc.).

#### Matières résiduelles et contamination :

- noter la présence de taches d'hydrocarbures ou d'autres produits sur le sol;
- noter la présence de matières résiduelles ou de débris et estimer les quantités;
- localiser les services de lignes souterraines et aériennes (téléphonique et électrique);
- localiser les zones d'entreposage de barils, de matières premières, de matières résiduelles et d'équipements divers;
- noter les renseignements visibles sur les étiquettes apposées sur les barils, bidons, citernes, réservoirs;
- noter la présence de transformateurs ou d'équipements potentiellement contaminés aux BPC.

#### Bâtiments et structures :

- noter l'état des bâtiments existants et l'importance de la contamination visuelle (poussière, suie, etc.) sur les murs, les planchers, les équipements;
- noter la présence potentielle de matériaux contenant de l'amiante (ex. : isolation en fibres d'amiante);
- localiser les structures de béton, estimer leur superficie et leur épaisseur et vérifier l'état du béton (présence de fractures);
- noter la présence de drains français et vérifier l'état des fondations;
- localiser les conduites de rejet des eaux de production ou des eaux usées;
- noter la présence de trous d'homme, de tunnels, etc.;
- localiser la présence de voies ferrées actuelles et anciennes.

**ANNEXE IV**  
**ÉQUIPEMENT DE TRAVAIL SUR LE TERRAIN UTILE**  
**LORS DE LA CAMPAGNE D'ÉCHANTILLONNAGE**

**Matériel d'échantillonnage nécessaire selon le médium à échantillonner**

Échantillonnage des sols, des sédiments et des matières résiduelles :

- échantillonneurs (selon la méthode d'échantillonnage utilisée);
- cuillère, spatule, truelle en acier inoxydable;
- bol ou seau en acier inoxydable pour composer un échantillon.

Échantillonnage des eaux souterraines :

- échantillonneurs (tube à clapet, pompe, lysimètre, etc.);
- pHmètre;
- conductivimètre;
- thermomètre;
- sonde à niveau d'eau;
- équipement de filtration (filtres de 0,45 micron, pompe);
- équipement pour les essais hydrauliques;
- seaux ou réservoirs pour contenir les eaux pompées susceptibles d'être contaminées;
- lampe de poche;
- montre ou chronomètre;
- clefs des puits d'observation.

Échantillonnage des eaux de surface :

- échantillonneurs (selon le cours d'eau à échantillonner);
- embarcation et équipement de sécurité nautique (selon le cours d'eau à échantillonner);
- pHmètre;
- conductivimètre;
- thermomètre;
- équipement de filtration.

## **Matériel nécessaire pour effectuer tous les prélèvements**

### Équipement de conservation et d'identification des échantillons :

- contenants appropriés et agents de préservation nécessaires, fournis par le laboratoire choisi, ou contenants neufs selon le cas (prévoir 20 % plus de matériel que nécessaire);
- papier d'aluminium;
- étiquettes autocollantes et crayons feutres à encre indélébile;
- formulaires de demande d'analyse;
- formulaire de chaîne de responsabilité (si nécessaire);
- glacière et contenant réfrigérant.

### Instruments et produits nécessaires au lavage des instruments :

- eau de lavage (eau de robinet);
- eau purifiée;
- détergent sans phosphate;
- solvants organiques : acétone et hexane;
- chiffons de coton;
- essuie-tout;
- brosse à poils doux;
- seau ou tout contenant permettant le nettoyage des instruments;
- contenant permettant de récupérer les résidus de lavage;
- entonnoir à large rebord;
- gants compatibles avec les solvants;
- masque.

### Instruments de localisation du terrain :

- GPS.

### Instruments de localisation des stations d'échantillonnage :

- instruments d'arpentage;
- chaîne à mesurer;
- boussole;
- équipements de repère (piquets).

### Autres :

- habit de pluie;
- cahier de notes, cartable, crayons;
- carte de localisation, photos aériennes;
- sac à déchets;
- calculatrice;
- habit de protection;
- ruban à mesurer;
- caméra et film;
- chasse-moustiques;
- coffre à outils, etc.

**ANNEXE V**  
**CONTENU D'UN RAPPORT DE CARACTÉRISATION PRÉLIMINAIRE DE PHASE I**

**Le rapport prévu pour la caractérisation préliminaire de phase I représentant la revue de l'information existante et l'historique du terrain doit inclure, sans s'y restreindre, les points suivants :**

- **Résumé.**
- **Introduction** décrivant les objectifs de l'étude et la problématique.
- **Localisation du terrain :**
  - adresse civique, lot(s), cadastre;
  - coordonnées DEG.DEC.NAD83 (latitude, longitude);
  - **plan de localisation régionale** (carte topographique ou cadastrale 1 : 20 000) localisation des routes d'accès, des limites de la propriété et des cours d'eau dans un rayon de un kilomètre.
- **Description de la méthodologie de recherche** (documentation consultée, visite des lieux, entrevues, etc.).
- **Historique du terrain :**
  - liste chronologique des usages du terrain (depuis la première utilisation industrielle ou commerciale qui a pu influencer la qualité des sols, des eaux de surface et des eaux souterraines);
  - résumé détaillant les activités réalisées sur le terrain et ayant causé de la contamination et identification des contaminants pertinents reliés aux activités réalisées;
  - résumé présentant l'évolution du terrain sur le plan de la morphologie (remblai, déblai etc.), du drainage et de la végétation.
- **Description du terrain (état actuel) :**
  - topographie;
  - superficie, usage et zonage du terrain et des environs;
  - aspect physique du terrain :
    - description sommaire des bâtiments et infrastructures (réservoirs hors-terre ou souterrains);
    - inventaire des matières dangereuses et résiduelles entreposées ou enfouies;
    - identification des zones à risque (ex. : zones de débordement et d'entreposage de matières premières, résiduelles et des produits finis, incluant les matières dangereuses et les équipements susceptibles de dégager des contaminants);
    - nature et état des sols en surface (remblais hétérogènes, taches, odeurs, etc.);
    - état de la végétation sur le terrain (signes visibles de stress);
    - résumé du contexte géologique général (description de la stratigraphie des sols et du roc trouvés dans le secteur);
    - résumé du contexte hydrographique (description du réseau de drainage du terrain, sens d'écoulement des eaux de surface, identification des cours d'eau dans un rayon de un kilomètre du terrain (ruisseau, rivière, lac);
    - résumé du contexte hydrogéologique régional et local [si connue, indiquer la direction d'écoulement des eaux souterraines de la région, la présence de puits d'alimentation en eau potable (privés ou municipaux) dans un rayon de un kilomètre, qualité des eaux souterraines et profondeur de la nappe dans le secteur ];

- description écologique [description préliminaire des milieux critiques ou sensibles (marécage ou habitat prioritaire pour la faune), des espèces menacées ou vulnérables, si présentes sur le terrain].
- plan actuel du terrain à l'échelle (localisant les bâtiments, les routes, les voies ferrées, les cours d'eau, les infrastructures souterraines, les puits d'eau potable, les zones d'entreposage ou de transbordement de matières premières, de matières résiduelles et de produits finis, incluant les matières dangereuses, les zones contaminées ou les zones potentiellement contaminées).
- **Interprétation des données** (identification des zones contaminées et susceptibles d'être contaminées qui devront être caractérisées).
- **Conclusion et recommandations sur les suites à donner au dossier.**
- Joints en annexe :
  - photographies du terrain (actuelles et anciennes, si disponibles);
  - photographies aériennes (actuelles et anciennes, si disponibles);
  - plans historiques de l'aménagement du terrain à différentes époques, si disponibles;
  - liste des documents consultés (municipaux, registres fonciers, etc.) qui ne peuvent être annexés;
  - comptes rendus de visites du terrain et d'entrevues.

**Les études de caractérisation de phase I réalisées en application des dispositions de la section IV.2.1 de la LQE (article 31.67) doivent être attestées par un expert et doivent contenir les éléments inclus à la grille d'attestation pour une étude de caractérisation préliminaire de phase I du *Manuel de l'expert*.**

**ANNEXE VI**  
**CONTENU D'UN RAPPORT D'UNE ÉTUDE DE CARACTÉRISATION PRÉLIMINAIRE**  
**DE PHASE II OU EXHAUSTIVE (PHASE III)**

**Note :** Les éléments écrits en caractères gras sont des aspects supplémentaires à considérer lors de la caractérisation exhaustive.

- Résumé (dans le cas où un avis de contamination doit être inscrit au registre foncier selon article 31.58 voir « Contenu du résumé de l'étude de caractérisation » à l'annexe suivant).
- Introduction décrivant le mandat, l'état de situation du terrain et la problématique.
- **Présentation sommaire des résultats de la caractérisation préliminaire.**
- Présentation des objectifs.
- Localisation du terrain :
  - adresse civique, lot(s), cadastre;
  - coordonnées DEG.DEC.NAD83 (latitude, longitude).
- Description du terrain et des médiums :
  - sol et roc : contexte géologique général;
  - eaux souterraines: hydrogéologie régionale et locale, profondeur des nappes, direction d'écoulements, présence de puits d'alimentation en eau potable sur le terrain et dans un rayon d'un kilomètre, **interaction entre les eaux souterraines et les eaux de surface (liens hydrauliques)**;
  - eaux de surface : réseau hydrographique;
  - sédiments : localisation, profondeur, épaisseur;
  - matières résiduelles : type, localisation, quantité, profondeur, disposition;
  - bâtiments et structures;
- Description des travaux de caractérisation.  
Pour chaque médium, présentation :
  - de la stratégie d'échantillonnage pour la détermination des teneurs de fond, le cas échéant;
  - de la stratégie d'échantillonnage choisie en surface et en profondeur (ciblée, systématique, aléatoire);
  - des techniques utilisées pour déterminer la présence d'infrastructures souterraines (ex : réservoirs souterrains, conduites, égouts, drains, fondation, remblais, etc.) qui correspondent à des chemins préférentiels de transport de la contamination;
  - des techniques de sondage (forage, tranchée) et des méthodes utilisées;
  - de la procédure d'échantillonnage [matériel utilisé, type d'échantillon (ponctuel ou composé), nombre d'échantillons, localisation et description des échantillons];
  - du choix des paramètres d'analyse;
  - du programme d'assurance et de contrôle de qualité;
  - des méthodes d'analyse chimiques;
- Présentation et description des essais de terrain (géotechniques et hydrogéologiques).
- Présentation et compilation des résultats des analyses chimiques et des résultats d'assurance qualité.
- Présentation de l'interprétation: hypothèse d'interprétation et traitement des données.
- Évaluation du degré de contamination du terrain et estimation des superficies et des quantités de matières contaminées.

- **Présentation des hypothèses pour fins de calcul des quantités.**
- **Interprétation des résultats des essais de terrain.**
- **Discussion sur le transport des contaminants :**
  - **voies préférentielles (remblais, drains souterrains, fractures, lentilles perméables);**
  - **étendue actuelle des zones de contamination et niveau de contamination;**
  - **niveau de contamination à l'endroit des récepteurs (puits, cours d'eau, etc.);**
  - **étendue appréhendée des zones de contamination et du niveau de contamination (évaluation dans le temps).**
- Avis technique sur les impacts potentiels, réels et appréhendés.
- Conclusions et recommandations sur les suites à donner.
- Identification de l'équipe de travail.
- Signature du rapport.

## TABLEAUX

- Résultats d'analyses chimiques : compilation et classification selon les critères.
- **Estimation des quantités de matières contaminées : sols, sédiments, matières résiduelles, etc.**

## FIGURES ET PLANS

- Plan de localisation du terrain par rapport à la région (sur un fond de carte topographique).
- Carte historique (si pertinente).
- Plan de localisation des stations d'échantillonnage.
- Plan de localisation de la contamination et des matières résiduelles.
- Carte piézométrique de la nappe phréatique.
- **Carte d'arpentage légal.**
- **Plans de la localisation de la contamination en plan et en coupe.**
- **Carte piézométrique des nappes phréatiques (captive et libre).**
- **Carte de localisation du panache de la contamination des eaux souterraines.**

## ANNEXES

- Résultats des études antérieures (phase I) (**rapport des phases I et II**).
- Observation de terrain.
- Schémas des tranchées (en indiquant la longueur, la profondeur, la stratigraphie, localisation des échantillons prélevés et analysés, la présence d'odeurs, d'une contamination visible, etc.).
- Schémas de l'aménagement des puits d'observation (en indiquant la profondeur totale, la localisation et la longueur de crépine, les détails de l'installation du puits, la stratigraphie, le niveau d'eau, la présence de phases flottantes ou lourdes, la présence d'odeurs, l'identification et la localisation des échantillons prélevés et analysés, etc. ).
- Documents photographiques (du terrain, des infrastructures, tranchées, forages, etc.).

- Essai de perméabilité ou autres.
- **Coupes stratigraphiques du terrain en localisant les tranchées, forages, etc.**
- **Résultats des analyses granulométriques (courbes granulométriques).**
- **Essais hydrauliques.**
- Méthodes d'analyses chimiques utilisées et certificats d'analyses chimiques signés par un chimiste membre de l'ordre des chimistes du Québec.
- Rapport du programme d'assurance et de contrôle de la qualité interne au laboratoire incluant l'interprétation des résultats du contrôle de la qualité.

**Les études de caractérisation de phases II et III réalisées en application des dispositions de la section IV.2.1 de la LQE (article 31.67) doivent être attestées par un expert et doivent contenir les éléments inclus à la grille d'attestation pour une étude de caractérisation préliminaire de phase II et exhaustive ( phase III) du *Manuel de l'expert*.**

## ANNEXE VII CONTENU DU RÉSUMÉ DE L'ÉTUDE DE CARACTÉRISATION

Lorsqu'un avis de contamination doit être inscrit au registre foncier selon l'article 31.58 de la L.Q.E., l'avis doit contenir entre autres un résumé de l'étude de caractérisation. Ce résumé doit inclure les renseignements suivants :

- localisation du terrain (adresse, lot, numéro de lot de Réforme);
- bref historique des activités qui ont eu lieu sur le terrain;
- description du terrain (superficie, infrastructures, secteurs potentiellement contaminés, entreposage de matières résiduelles, couvert végétal, zonage, etc.);
- résultats de la caractérisation :
  - contamination des sols :
    - contaminants [nature et concentration (comparaison aux valeurs limites fixées par règlement en fonction des usages)];
    - superficie, profondeur, quantité de sols contaminés (calculée ou estimée);
  - contamination de l'eau souterraine :
    - contaminants (nature, concentration);
    - superficie du panache de l'eau souterraine contaminée;
    - incidence sur un cours d'eau ou des puits privés ou municipaux
- migration de la contamination à l'extérieur du terrain.

**ANNEXE VIII**  
**DIFFÉRENCES ENTRE UNE CARACTÉRISATION PRÉLIMINAIRE ET UNE**  
**CARACTÉRISATION EXHAUSTIVE**

<b>CARACTÉRISATION PRÉLIMINAIRE (PHASE II)</b>	<b>CARACTÉRISATION EXHAUSTIVE (PHASE III)</b>
<b>OBJECTIFS</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Confirmer la présence ou l'absence d'une contamination ou d'un contaminant dans les différents milieux (eau-air-sol).</li> <li>• Préciser le type de contamination.</li> <li>• Identifier les types de matières résiduelles et les quantifier.</li> <li>• Cibler les secteurs contaminés</li> <li>• Évaluer l'ampleur de la contamination.</li> <li>• Classifier, dans certains cas, les eaux souterraines.</li> <li>• Compléter les renseignements obtenus.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Déterminer de façon précise la nature et l'ampleur de la contamination (concentration, dispersion et variation) pour chacun des médiums.</li> <li>• Déterminer les quantités de matières contaminées à gérer en fonction des critères et normes appropriés.</li> <li>• Classifier les eaux souterraines pour identifier les usages de l'eau souterraine.</li> <li>• Préciser l'état et la dynamique du problème de contamination des eaux souterraines.</li> <li>• Évaluer s'il y a des impacts réels ou appréhendés sur les récepteurs.</li> <li>• Constaté l'impact de la contamination sur l'environnement et évaluer les risques potentiels pour la santé humaine, la faune et la flore en comparant avec les normes et critères existants.</li> </ul>
<b>SOLS</b>	
<p><b>Sondages :</b> Privilégier l'utilisation de tranchées afin de permettre l'observation visuelle d'un grand volume de sol (plan stratigraphique, venue d'eau, niveau d'eau et qualité du sol et de l'eau). Au moins une <b>tranchée</b> sur chacun des secteurs ciblés comme étant susceptibles d'avoir été contaminés.</p> <p><b>Échantillonnage :</b> Échantillonner tous les secteurs susceptibles d'avoir été contaminés. Une approche <b>ciblée</b> est recommandée pour l'ensemble du terrain. Pour les secteurs où aucune contamination n'est soupçonnée, l'approche <b>aléatoire simple</b> ou <b>systématique</b> avec de larges mailles peut aussi être utilisée.</p>	<p><b>Sondages :</b> Ajouter des sondages (tranchées et forages) afin de préciser l'étendue et l'ampleur de la contamination en surface et en profondeur. Les forages sont utiles, entre autres, pour la caractérisation des sols difficilement accessibles (sondages en profondeur, sous des infrastructures, etc.).</p> <p><b>Échantillonnage :</b> Ajouter des échantillons afin de mieux définir les secteurs qui ont été identifiés comme contaminés lors de la caractérisation préliminaire. Une approche <b>ciblée</b> ou <b>systématique avec un maillage resserré</b> est recommandée.</p>
<p><b>Nombre d'échantillons :</b> Prélever au moins un échantillon par tranchée plus un échantillon à chaque endroit où il y a apparence d'une contamination visuelle ou olfactive. Prévoir en plus le prélèvement de sol sous les différents types de matières résiduelles.</p>	<p><b>Nombre d'échantillons :</b> Prélever un nombre suffisant d'échantillons afin d'évaluer la quantité de sol à excaver. Prévoir l'échantillonnage des principales couches stratigraphiques et des secteurs montrant de la contamination.</p>
<p><b>Type d'échantillons :</b> Prélever des échantillons ponctuels, sauf dans le cas d'une contamination aérotransportée où des échantillons composés peuvent être faits à partir de sous-échantillons ponctuels.</p>	<p><b>Type d'échantillons :</b> Idem.</p>

<b>CARACTÉRISATION PRÉLIMINAIRE (PHASE II)</b>	<b>CARACTÉRISATION EXHAUSTIVE (PHASE III)</b>
<b>EAUX SOUTERRAINES</b>	
<p><b>Sondages :</b> Prévoir un minimum de trois puits d'observation placés de façon à former un triangle dont la dimension permet de couvrir l'ensemble du terrain à l'étude ou du secteur contaminé (détermination du gradient hydraulique et direction d'écoulement). Lorsque la direction d'écoulement est connue, localiser un des puits en amont hydraulique. Prévoir un ou des puits près des secteurs de contamination connus.</p> <p><b>Profondeur des crépines :</b> Installer les crépines dans l'unité stratigraphique saturée la plus susceptible d'être contaminée; il s'agit généralement de celle la plus près de la surface du sol. Les crépines des trois puits doivent être dans la même unité stratigraphique.</p> <p><b>Échantillonnage :</b> Prévoir un échantillon par puits d'observation et un échantillon par tranchée. L'analyse des eaux souterraines dans les tranchées permettra, à titre indicatif, de cibler les paramètres problématiques.</p> <p><b>Conditions hydrogéologiques :</b> Déterminer la conductivité hydraulique, la direction et la vitesse d'écoulement des eaux.</p>	<p><b>Sondages :</b> Installer des puits d'observation supplémentaires afin de réaliser :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- l'évaluation de l'étendue et de la nature de la contamination. Installer des puits en aval et un en amont hydraulique des zones présumées contaminées, près des sources de contamination et aux limites du terrain les plus susceptibles d'être contaminées;</li> <li>- l'étude hydrogéologique du terrain;</li> <li>- l'identification et l'analyse des voies préférentielles de transport des contaminants;</li> <li>- l'évaluation de la qualité de l'eau souterraine aux récepteurs.</li> </ul> <p>Dans le cas d'une contamination importante, il peut être pertinent d'installer des puits dans la zone non saturée afin de suivre l'avancement du front de la contamination.</p> <p><b>Profondeur des crépines :</b> Prévoir, le cas échéant, l'installation de crépines dans chacune des formations aquifères présentes. Pour une piézométrie fiable, les crépines ainsi que la zone filtre doivent être aménagées à une même élévation dans l'unité stratigraphique.</p> <p><b>Échantillonnage :</b> Échantillonner chaque puits d'observation ainsi que les liquides non miscibles. Des puits pourront être échantillonnés à plusieurs reprises sur des périodes différentes de l'année.</p> <p><b>Conditions hydrogéologiques :</b> Compléter l'étude hydrogéologique du terrain. Déterminer, avec les nouvelles données, les gradients hydrauliques horizontal et vertical, la vitesse et la direction d'écoulement des eaux souterraines. Évaluer la dimension du panache de la contamination et la progression dans le temps de la contamination. Dans certains cas, il peut être pertinent de faire des analyses granulométriques, des essais de perméabilité en laboratoire et des essais de pompage. D'autres paramètres hydrogéologiques et pédologiques peuvent être nécessaires pour modéliser le transport des contaminants.</p>
<b>EAUX DE SURFACE</b>	
<p><b>Identifier</b> les plans d'eau pouvant présenter une contamination et définir le type de contamination.</p> <p><b>Échantillonnage :</b> L'approche <b>ciblée</b> est recommandée. Prélever un échantillon aux endroits présentant des indices de la contamination (coloration, couche huileuse, odeur, sources de contamination, etc.). Vérifier tous les plans d'eau (fossé, point de résurgence, ruisseau, étang, lac et zone d'accumulation d'eau).</p>	<p><b>Identifier</b> l'ampleur de la contamination, <b>évaluer</b> l'impact de la contamination sur la qualité de l'eau et sur les usages des plans d'eau (consommation, récréation, etc.).</p> <p><b>Échantillonnage :</b> Prélèvement d'échantillons d'eau à différents endroits sur le cours d'eau, en amont et en aval du secteur de la contamination et sur certains tributaires du cours d'eau. De plus, prélèvement des liquides non miscibles.</p> <p><b>Informations supplémentaires le cas échéant :</b> Mesures d'infiltration des eaux de surface (percolation), mesures du débit et inventaire biologique.</p>

<b>CARACTÉRISATION PRÉLIMINAIRE (PHASE II)</b>	<b>CARACTÉRISATION EXHAUSTIVE (PHASE III)</b>
<b>SÉDIMENTS</b>	
<p><b>Échantillonnage :</b> Échantillonner les endroits présentant des traces de contamination (coloration, taches d'huile ou odeurs) et ceux susceptibles d'être contaminés. L'approche d'échantillonnage ciblée est recommandée.</p> <p><b>Type d'échantillon :</b> Prélever des échantillons ponctuels de surface (0 à 15 cm) et au besoin à 15-30 cm, 30-45 cm, etc.</p>	<p><b>Échantillonnage :</b> Compléter à l'aide d'un échantillonnage <b>systématique</b>. L'échantillonnage <b>ciblé</b> sera utile pour le prélèvement d'échantillons aux endroits où les sédiments fins sont accumulés et dans les secteurs où il y a source de contamination.</p> <p><b>Type d'échantillon :</b> Prélever des échantillons ponctuels de surface (0 à 15 cm) et des échantillons ponctuels aux endroits où il y a la présence de contamination (en surface et en profondeur) soupçonnée.</p> <p><b>Informations supplémentaires :</b> Analyse granulométrique, pH, conductivité, température, sédimentométrie, pourcentage de matière organique, évaluation de la bathymétrie et de la dynamique des fonds et inventaire biologique du milieu (analyses sur des organismes vivants).</p>
<b>MATIÈRES RÉSIDUELLES</b>	
<p><b>Identification :</b> Pour chaque matière résiduelle présente (matières résiduelles liquides ou solides, en surface ou enfouies), faire une description physique et olfactive et identifier comment elles sont disposées sur le terrain.</p> <p><b>Échantillonnage :</b> Échantillonner de façon ponctuelle ou composée chaque type de matière résiduelle. Le patron d'échantillonnage dépend de la nature des matières résiduelles, de la quantité et de l'endroit où elles sont entreposées.</p>	<p><b>Identification et échantillonnage :</b> Compléter l'information acquise sur les matières résiduelles, de même que l'échantillonnage et l'analyse, afin d'en préciser les quantités et de mieux déterminer les façons d'en disposer ou de les traiter.</p>
<p><b>Analyses :</b> Analyser chaque type de matières résiduelles sur la partie totale ou sur la partie lixiviable de l'échantillon selon les modalités prévues au <i>Règlement sur les matières dangereuses</i>.</p> <p><b>Paramètres :</b> Prévoir un balayage analytique des contaminants organiques et inorganiques dans les cas où l'origine des matières résiduelles est inconnue.</p>	
<p><b>Classification :</b> Classer les matières résiduelles selon leur statut réglementaire (déchet solide, déchet spécial ou matière dangereuse).</p> <p><b>Première estimation</b> de la quantité des matières résiduelles.</p>	<p><b>Classification :</b> Confirmer le classement des matières résiduelles.</p> <p><b>Estimation précise</b> des quantités par type de matières résiduelles.</p>
<b>REJETS LIQUIDES</b>	
<p>Le cas échéant, échantillonner les rejets liquides des industries et effectuer un balayage pour les paramètres organiques et inorganiques afin de cibler les paramètres problématiques.</p>	

<b>CARACTÉRISATION PRÉLIMINAIRE (PHASE II)</b>	<b>CARACTÉRISATION EXHAUSTIVE (PHASE III)</b>
<b>AIR</b>	
<p><b>Échantillonnage :</b> Évaluer s'il y a des émissions atmosphériques qui peuvent être des sources de contamination. Si c'est le cas, échantillonner pour faire une analyse sous forme de balayage afin de cibler les paramètres problématiques. Le cas échéant, échantillonner l'air ambiant afin d'évaluer, entre autres, les risques pour la santé des travailleurs.</p>	<p><b>Échantillonnage :</b> Vérifier s'il y a risque d'émission de contaminants lors des travaux de caractérisation ou de réhabilitation. Si c'est le cas, mesurer la qualité de :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• l'air ambiant (stations en bordure du lieu de travail);</li> <li>• l'air dans le secteur environnant (stations selon la direction des vents et la distance de la population);</li> <li>• l'air à l'intérieur des bâtiments.</li> </ul>
<b>PARAMÈTRES D'ANALYSES</b>	
<p><b>Analyses :</b> Cibler en premier les paramètres dont la présence est soupçonnée. Dans le cas d'une contamination incertaine, choisir des méthodes analytiques permettant un balayage des contaminants organiques et inorganiques afin de cibler les paramètres problématiques. Utiliser les paramètres intégrateurs comme dépistage pour détecter la présence d'hydrocarbures (hydrocarbures pétroliers C<sub>10</sub> à C<sub>50</sub>).</p>	<p><b>Analyses :</b> Choisir les paramètres qui ont présenté des concentrations anormales (supérieures aux teneurs de fond). Si les résultats C<sub>10</sub> à C<sub>50</sub> ont démontré une contamination, quantifier les composés organiques de façon individuelle (ex. HAM, HAP, BPC, etc.).</p>

## ANNEXE IX

### LISTE DES CONTAMINANTS POTENTIELS PAR SECTEUR D'ACTIVITÉ INDUSTRIELLE ET COMMERCIALE SUSCEPTIBLES DE CONTAMINER LES SOLS ET LES EAUX SOUTERRAINES

Code SCIA N°	Identification de l'activité	Contaminants
2111	Extraction de pétrole et de gaz	<p>métaux (As, Cr, Pb, Zn), cyanures, fluorure, soufre, COV (HAM+HAC), composés phénoliques (CPNC+CPC), HAP, BPC, phtalates, HP C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub>, acides (pH)</p> <p><b>chlorures, sulfures, sodium</b></p>
21221	Extraction de minerais de fer	<p>métaux (As, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Zn), cyanures, soufre, COV (HAM+HAC), composés phénoliques (CPNC+CPC), CBNC, phtalates</p> <p>acides (pH)</p> <p><b>sulfures</b></p>
21222	Extraction de minerais d'or et d'argent	<p>métaux (Ag, As, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb, Zn), cyanures, soufre, COV (HAM+HAC), composés phénoliques (CPNC+CPC), CBNC, phtalates</p> <p>acides (pH)</p> <p><b>sulfures, nitrates</b></p>
21223	Extraction de minerais de cuivre, de nickel, de plomb et de zinc	<p>métaux (Al, Ag, As, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb, Se, Zn), cyanures, soufre, COV (HAM+HAC), composés phénoliques (CPNC+CPC), CBNC, phtalates, dioxines et furannes, acides (pH)</p> <p><b>sulfures</b></p>
21229	Extraction d'autres minerais métalliques	<p>métaux (Al, Ag, As, Be, Cd, Cr, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb, Se, Zn), cyanures, soufre, COV (HAM+HAC), composés phénoliques (CPNC+CPC), CBNC, phtalates, dioxines et furannes, acides (pH)</p> <p><b>sulfures</b></p>

Code SCIA N°	Identification de l'activité	Contaminants
212394	Extraction de minerais d'amiante	métaux (Be, Cr), COV (HAM+HAC), composés phénoliques (CPNC+CPC), CBNC, phtalates
221122	Distribution d'électricité ( <i>postes de transformation seulement</i> )	Métaux (Cu), BPC, HP C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> , dioxines et furannes
31323	Usines de non-tissés	COV (HAM+HAC), HP C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub>
3133	Finissage de textiles et de tissus et revêtement de tissus	métaux (As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn), bromure, COV (HAM+HAC), composés phénoliques (CPNC+CPC), HAP, chlorobenzènes, acrylonitrile, phtalates, acides (pH), HP C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> <b>phosphore, chlorures</b>
31411	Usines de tapis et de carpettes	Métaux (Cr), COV (HAM+HAC), composés phénoliques, HAP, pesticides, HP C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> , pH
3161	Tannage et finissage du cuir et de peaux	métaux (As, Cr, Hg, Pb, Sn), cyanures, fluorure, soufre, COV (HAM+HAC), composés phénoliques (CPNC+CPC), HAP, chlorobenzènes, formaldéhyde, phtalates, acides (pH) <b>Sb, Cr VI, azote ammoniacal, sulfures, nitrate, nitrite, chlorures, phosphore</b>
321111	Scierie, sauf les usines de bardeaux et de bardeaux de fente	métaux (As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb, Sn, Zn), bromure, fluorure, COV (HAM+HAC), composés phénoliques (CPNC+CPC), HAP, phtalates, HP C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> , dioxines et furannes, acides (pH) <b>sodium, sulfures</b>
321114	Préservation du bois	métaux (As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb, Se, Sn, Zn), bromure, fluorure, soufre, COV (HAM+HAC), composés phénoliques (CPNC+CPC), HAP, formaldéhyde, phtalates, HP C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> , dioxines et furannes, acides (pH) <b>azote ammoniacal, sodium, sulfures</b>
3212	Fabrication de placage, de contreplaqués et de produits en bois reconstitué	COV (HAC), CPNC, formaldéhyde

Code SCIA N°	Identification de l'activité	Contaminants
32211	Usines de pâte à papier	métaux (Ba, Cr, Hg, Pb, Zn), bromure, cyanures, soufre, COV (HAM+HAC), composés phénoliques (CPNC+CPC), HAP, BPC, formaldéhyde, phtalates, dioxines et furannes, pH <b>azote ammoniacal, chlorures, sodium, sulfures</b>
322121	Usines de papier, sauf le papier journal	Métaux (Hg, Ni, Pb, Zn), bromure, soufre, COV (HAM+HAC), composés phénoliques (CPNC+CPC), HAP, BPC, formaldéhyde, phtalates, dioxines, furannes <b>Chlorures, sulfures</b>
322122	Usines de papier journal	Métaux (Hg, Pb, Zn), bromure, soufre, COV (HAM+HAC), composés phénoliques (CPNC+CPC), HAP, BPC, formaldéhyde, phtalates, dioxines et furannes, éthylèneglycol <b>Chlorures, sulfures</b>
32213	Usines de carton	Métaux (Hg, Pb, Mn, Zn), bromure, soufre, COV (HAM+HAC), composés phénoliques (CPNC+CPC), HAP, BPC, formaldéhyde, phtalates, dioxines et furannes, éthylèneglycol, acides (pH) <b>Chlorures, sulfures</b>
32411	Raffineries de pétrole	Métaux (Cd, Co, Cu, Hg, Ni, Pb, V, Zn), soufre, COV (HAM+HAC), composés phénoliques (CPNC+CPC), HAP, phtalates, BPC, HP C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> , acides (pH) <b>Azote ammoniacal, sulfures</b>
3241	Fabrication de produits du pétrole et du charbon	Métaux (Ag, Al, As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Se, Pb, Zn), cyanures, soufre, COV (HAM+HAC), composés phénoliques (CPNC+CPC), HAP, chlorobenzènes, BPC, HP C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> , phtalates, acides (pH) <b>Azote ammoniacal, chlorures, sodium, sulfures</b>
32511	Fabrication de produits pétrochimiques	Métaux (Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Zn) COV (HAM+HAC), composés phénoliques (CPNC+CPC), chlorobenzènes, HP C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> , acides (pH)

Code SCIA N°	Identification de l'activité	Contaminants
32512	Fabrication de gaz industriels	COV (HAM+HAC), HAP
32513	Fabrication de teintures et de pigments synthétiques	Métaux (Al, As, Ba, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Mo, Pb, Se, Sn, Ti, Zn), COV (HAM+HAC), composés phénoliques (CPNC+CPC), HAP, CBNC, phtalates, pH <b>Nitrobenzène</b>
32518	Fabrication d'autres produits chimiques inorganiques de base	Métaux (Cd, Co, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn), COV (HAM+HAC), composés phénoliques (CPNC+CPC), phtalates, pH <b>Phosphore</b>
32519	Fabrication d'autres produits chimiques organiques de base	Métaux (Al, Cd, Co, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn), COV (HAM+HAC), composés phénoliques (CPNC+CPC), pH
32521	Fabrication de résines et de caoutchouc synthétique	Métaux (Ba, Cd, Cr, Hg, Mn, Pb, Se, Zn), fluorure, soufre, COV (HAM+HAC), composés phénoliques (CPNC+CPC), HAP, acrylonitrile, phtalates <b>Sb, sulfures, nitrate, nitrite, azote ammoniacal</b>
3253	Fabrication de pesticides, d'engrais et d'autres produits chimiques agricoles	Métaux (As, Cu, Mn, Zn), COV (HAM+HAC), composés phénoliques (CPNC+CPC), HAP, formaldéhyde, acides (pH) <b>Sulfures, chlorures, nitrite, nitrate, azote ammoniacal, phosphore</b>
3255	Fabrication de peintures et de revêtements et d'adhésifs	Métaux (Al, As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Mo, Pb, Sn, Ti, Zn), cyanures, COV (HAM+HAC), composés phénoliques (CPNC+CPC), HAP, phtalates, éthylèneglycol <b>Sb, nitrobenzène</b>
32591	Fabrication d'encres d'imprimeries	Métaux (Ag, Al, As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, Se, Sn, Zn), cyanures, COV (HAM+HAC), composés phénoliques (CPNC+CPC), HAP, phtalates, HP C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> , acides (pH) <b>Phosphore, nitrobenzène</b>

Code SCIA N°	Identification de l'activité	Contaminants
32592	Fabrication d'explosifs	Métaux (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Mg, Pb, Zn), COV (HAM), composés phénoliques (CPNC+CPC), CBNC(TNT,RDX), formaldéhyde, phtalates, acides (pH) <b>Sb, azote ammoniacal, sulfures, nitrite, nitrate, nitrite+nitrate, phosphore</b>
325999	Fabrication de tous les autres produits chimiques divers	Métaux (Cd, Co, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn), COV (HAM+HAC), composés phénoliques (CPNC+CPC), acides (pH)
3261	Fabrication de produits en plastique	Métaux (Al, Cd), COV (HAM+HAC), composés phénoliques (CPNC+CPC), phtalates, HP C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> , acides (pH) <b>Sb, phosphore</b>
3262	Fabrication de produits en caoutchouc	Métaux (Al, Ba, Cd, Co, Cr, Hg, Mn, Pb, Se, Zn), fluorure, soufre, COV (HAM+HAC), composés phénoliques (CPNC+CPC), acrylonitrile, formaldéhyde, phtalates, acides (pH) <b>Sb, azote ammoniacal, nitrate, nitrite, nitrite+nitrate, sodium, sulfures</b>
3311	Sidérurgie	Métaux (Cr, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb, Se, Zn), cyanure, fluorure, COV (HAM+HAC), composés phénoliques (CPNC+CPC), HAP, CBNC, acrylonitrile, phtalates, BPC, HP C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> , acides (pH) <b>2,4-dinitrotoluène, nitrobenzène</b>
3312	Fabrication de produits en acier à partir d'acier acheté	Métaux (Al, Cu, Cr, Mn, Mo, Ni, Pb, Se, Sn, Zn), fluorure, COV (HAC), HAP, acides (pH)
3313	Production et transformation d'alumine et d'aluminium	Métaux (Hg, Al, Ba, Cd, Co, Cu, Mo, Na, Ni, Pb, Sn, Zn), fluorure, phosphore, HAP, acides (pH) <b>Sb, azote ammoniacal, sulfures</b>

Code SCIA N°	Identification de l'activité	Contaminants
3314	Production et transformation de métaux non ferreux, sauf l'aluminium	Métaux (Ag, As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mg, Mo, Ni, Pb, S, Se, Sn, Zn), bromure, fluorure, COV (HAM+HAC), composés phénoliques (CPNC+CPC), HAP, chlorobenzènes, phtalates, BPC, HP C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> , dioxines et furannes <b>Cr VI, 2,4-dinitrotoluène, nitrobenzène</b>
331511	Fonderies de fer	Métaux (As, Ag, Be, Cd, Cr, Cu, Hg, Sn, Pb, Mn, Mo, Ni, Se, Zn), cyanures, soufre, fluorure, COV (HAM+HAC), HAP, CBNC, chlorobenzènes, composés phénoliques (CPNC+CPC), BPC, bis (2-chloroéthyl) éther, phtalates, HP C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> , dioxines et furannes, pH <b>Cr VI, sodium, sulfures, 2,4-dinitrotoluène, nitrobenzène</b>
331514	Fonderies d'acier	Métaux (As, Be, Cd, Cr, Cu, Hg, Mn, Mo, Ni, Se, Sn, Pb, Zn), cyanures, fluorure, soufre, COV (HAM+HAC), chlorobenzènes, composés phénoliques (CPNC+CPC), HAP, composé benzéniques non-chlorés, bis (2-chloroéthyl) éther, phtalates, BPC, HP C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> , dioxines et furannes, pH <b>Sb, sodium, sulfures, 2,4-dinitrotoluène, nitrobenzène</b>
331529	Fonderies de métaux non ferreux ( <i>sauf moulage sous pression</i> )	Métaux (Ag, Al, As, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, Se, Sn, Zn), bromure, cyanures, fluorure, soufre, COV (HAM+HAC), HAP, composés phénoliques (CPNC+CPC), chlorobenzènes, bis (2-chloroéthyl) éther, phtalates, BPC, HP C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> , dioxines et furannes, pH <b>Cr VI, chlorures, sodium, sulfures, 2,4-dinitrotoluène, nitrobenzène</b>
33211	Forgeage et estampage	Métaux (Cd, Cr), pH
3323	Fabrication de produits d'architecture et d'éléments de charpentes métalliques	Métaux (Zn), COV (HAM+HAC), composés phénoliques (CPNC+CPC), HAP, phtalates, HP C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub>

Code SCIA N°	Identification de l'activité	Contaminants
3324	Fabrication de chaudières, de réservoirs et de contenants d'expédition	Métaux (Al, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Zn), COV (HAM+HAC)
3326	Fabrication de ressorts et de produits en fil métallique	Métaux (Cu, Cr, Sn, Mo, Pb, Zn), HAP, HP C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> Acides (pH)
33271	Ateliers d'usinage	Métaux (Al, Cd, Cr, Cu, Ni, Zn), COV (HAM+HAC), HP C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> , acides (pH)
3328	Revêtement, gravure, traitement thermique et activités analogues	Métaux (Cu, Cd, Co, Cr, Pb, Ni, Hg, Zn), cyanures, composés phénoliques (CPNC+CPC), dioxines et furannes, acides (pH)
3329	Fabrication d'autres produits métalliques	Métaux (Cd, Cu, Cr, Co, Hg, Mn, Ni, Pb, Zn), cyanures, COV (HAM+HAC), composés phénoliques (CPNC+CPC), HP C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> , dioxines et furannes <b>Cr VI</b>
333611	Fabrication de turbines et de groupes turbogénérateurs	Métaux (Ni, Pb), chlorobenzènes, CPNC
3353	Fabrication de matériel électrique	Métaux (Al, Be, Cu, Hg, Mo, Pb, Se, Sn), COV (HAM+HAC), BPC, phtalates, HP C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> , acides (pH) <b>Sulfures</b>
3359	Fabrication d'autres types de matériel et de composants électriques (sauf piles et batteries)	Métaux (Al, Be, Cu, Hg, Mo, Pb, Sb, Sn, Zn), COV (HAM+HAC), phtalates, acides (pH) <b>Azote ammoniacal, sulfures</b>
33591	Fabrication de batteries et de piles	Métaux (Ag, As, Ba, Cd, Cr, Cu, Hg, Mg, Mn, Mo, Ni, Pb, S, Se, Zn), fluorure, acides (pH) <b>Sb, sulfures, chlorures</b>
3361	Fabrication de véhicules automobiles	Métaux, COV, éthylèneglycol, HP C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> .
33641	Fabrication de produits aérospatiaux et de leurs pièces	Métaux (Ni, Cr, Cu), COV (HAM+HAC), acides (pH) <b>Sulfures, nitrate, nitrite, nitrate+nitrite</b>

Code SCIA N°	Identification de l'activité	Contaminants
33651	Fabrication de matériaux ferroviaires roulants	Métaux (Cr, Cu, Mn, Ni), soufre, COV, HAP, HP C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> <b>Sulfures</b>
336611	Construction et réparation de navires	Métaux (Cu, Ni, Zn), COV (HAM+HAC)
4121	Grossistes - distributeurs de produits pétroliers ( <i>dépôts terrestres et maritimes</i> )	COV (HAM), composés phénoliques (CPNC+CPC), HAP
41531	Grossistes - distributeurs de pièces et d'accessoires d'occasion pour véhicules automobiles	Métaux (As, Cd, Cr, Hg, Pb), COV (HAM+HAC), HAP, éthylène glycol, HP C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> , pH <b>Sulfures</b>
41811	Grossistes - distributeurs de métaux recyclables	Métaux (Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn), composés phénoliques (CPNC+CPC) <b>Cr VI</b>
41839	Grossistes - distributeurs de produits chimiques et autres fournitures agricoles	Métaux (As, Cu, Hg, Mo, Se), COV (HAM+HAC), pH <b>Sulfures, chlorures, nitrite+nitrate, nitrite, nitrate, azote ammoniacal, phosphore</b>
41841	Grossistes - distributeurs de produits chimiques et de produits analogues, sauf les produits chimiques agricoles	COV (HAM+HAC), acides (pH), phtalates, éthylèneglycol
4471	Stations-service	Métaux, COV (HAM+HAC), HAP, HP C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub>
48611	Transport du pétrole brut par oléoduc	COV (HAM+HAC), composés phénoliques (CPNC+CPC), HAP, phtalates
4869	Autres services de transports par pipeline	COV (HAM+HAC), composés phénoliques (CPNC+CPC), HAP, phtalates
4881	Activités de soutien au transport aérien	Métaux, HP C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> , HAP, éthylèneglycol
4882	Activités de soutien au transport ferroviaire	Métaux, soufre, HP C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> , HAP <b>Sulfures</b>

Code SCIA N <sup>1</sup>	Identification de l'activité	Contaminants
4883	Activités de soutien au transport par eau	Métaux, cyanures, COV (HAM+HAC), HAP, BPC, HP C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> , pH
	Centres de traitement fixes de sols contaminés ou de matières dangereuses	Métaux, COV (HAM+HAC), HAP, HP C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> , autres selon CA
	Centres de transfert de sols contaminés, de matières dangereuses ou de matières résiduelles industrielles non dangereuses non assimilables à des matières résiduelles urbaines	Métaux, COV (HAM+HAC), HAP, HP C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> , autres selon CA
	Dépôts définitifs de sols contaminés, de matières dangereuses ou de matières résiduelles industrielles non dangereuses non assimilables à des matières résiduelles urbaines	
	Dépôts de neige usée	Métaux, COV (HAM+HAC), HAP, HP C <sub>10</sub> -C <sub>50</sub> , pH

<sup>1</sup> : Le code SCIAN correspond au Système de classification des industries de l'Amérique du Nord Canada 1997, Statistique Canada - Catalogue n° 12-501-XP, 1998, 953 pages, ISBN 0-660-95794-9.

**Gras** : Critère de la Politique pour l'eau seulement.

**Note** : Cette liste de contaminants par secteur d'activité industrielle n'est pas exhaustive et se limite à la classe d'activité mentionnée. D'autres contaminants peuvent être trouvés si d'autres activités sont effectuées. Les contaminants peuvent varier pour un même secteur d'activité, selon les procédés industriels qui sont utilisés.

**Abréviations :**

**COV** : Composés organiques volatils

➤ **HAM** : Hydrocarbures aromatiques monocycliques

➤ **HAC** : Hydrocarbures aliphatiques chlorés

**HAP** : Hydrocarbures aromatiques polycycliques

**HP C<sub>10</sub>-C<sub>50</sub>** : Hydrocarbures pétroliers

**CPNC** : Composés phénoliques non chlorés

**CPC** : Composés phénoliques chlorés

**CBNC** : Composés benzéniques non chlorés

## RÉFÉRENCES DE L'ANNEXE IX

- Handbook of Environmental Contaminants: A guide for site assesment, Shineldecker, C. L., 1992, Lewis Publishers.
- Industrial Processes and Waste Management, GUYER, H. H., 1998, John Wiley & Sons Inc.
- Manuel d'échantillonnage sur le terrain à l'usage des inspecteurs, Environnement Canada, 1995.
- Guide technique général sur les eaux industrielles, version préliminaire, Direction des politiques du secteur industriel, ministère de l'Environnement, décembre 1996.
- Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales, Cahier I: Généralités, 2<sup>e</sup> édition, Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec, 1999, Les Éditions Le Griffon d'Argile.
- Pollution : Causes, Effects & Control, 2nd Edition, Harrison Roy M., 1990, Royal Society of Chemistry.
- Road Map to Understanding Innovative Technology Options for Brownfields Investigation and Cleanup, Third Edition, U.S. Environmental Protection Agency.
- Environnement Canada, INRP.
- Guide de bonnes pratiques pour la gestion des véhicules hors d'usage, Service des matières dangereuses, septembre 2001.



Composition typographique : Excell

Achévé d'imprimer en juin 2003  
sur les presses de l'Imprimerie  
Les Impressions 03, inc.  
à Beauport (Québec)



**C**e guide énonce les objectifs et les éléments dont il faut tenir compte dans toute étude de caractérisation d'un terrain, notamment pour l'évaluation de la qualité des sols et des impacts sur les eaux souterraines et de surface. Il vise à assurer une uniformité dans la procédure de réalisation des études de caractérisation. Il constitue le document de référence pour l'application de la section IV.2.1 de la Loi sur la qualité de l'environnement et est cité comme tel à l'article 31.46 de cette même loi. Il remplace le *Guide de caractérisation des terrains* paru en 1999.

Le lecteur y trouvera des notions nécessaires à la réalisation d'une étude de caractérisation. La procédure à suivre ainsi que la planification en trois phases (caractérisation préliminaire - revue de l'information existante et historique, caractérisation préliminaire - étude exploratoire et prélèvement d'échantillons et caractérisation exhaustive - étude complémentaire) y sont également décrites.

Ce document s'adresse aux différents intervenants (promoteurs, experts, consultants, industriels, propriétaires, municipalités et institutions financières) impliqués dans la réalisation d'une étude de caractérisation et de projets de réhabilitation de terrains contaminés.