

# Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales

**Cahier 8 – Échantillonnage des matières dangereuses**

**Juin 2025**

#### **Coordination et rédaction**

Cette publication a été réalisée par le [Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec](#) du [ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs \(MELCCFP\)](#). Elle a été coordonnée par la Direction des matières dangereuses et des pesticides et produite par la Direction des communications du MELCCFP.

#### **Renseignements**

Téléphone : 418 521-3830  
1 800 561-1616 (sans frais)

Formulaire : [www.environnement.gouv.qc.ca/formulaires/renseignements.asp](http://www.environnement.gouv.qc.ca/formulaires/renseignements.asp)  
Internet : [www.environnement.gouv.qc.ca](http://www.environnement.gouv.qc.ca)

Dépôt légal – 2025  
Bibliothèque et Archives nationales du Québec  
ISBN 978-2-555-01389-6 (PDF)

Tous droits réservés pour tous les pays.  
© Gouvernement du Québec – 2025

# TABLE DES MATIÈRES

<b>Avant-propos.....</b>	<b>vii</b>
<b>1. Introduction.....</b>	<b>1</b>
<b>2. Contexte .....</b>	<b>2</b>
<b>3. Évaluation préliminaire .....</b>	<b>3</b>
3.1 Historique du site, nature du procédé et des intrants ou extrants .....	4
3.2 Données visuelles.....	4
3.3 Tests de dépistage.....	4
<b>4. Planification d'une campagne d'échantillonnage .....</b>	<b>5</b>
4.1 Objectifs de la campagne d'échantillonnage.....	5
4.1.1 Détermination de la présence ou de l'absence de contaminants ou polluants .....	5
4.1.2 Évaluation de la concentration d'un contaminant et de sa distribution dans l'espace .....	6
4.1.3 Évaluation de la variation de la concentration d'un contaminant en fonction du temps.....	6
4.2 Modes d'entreposage des matières dangereuses .....	6
4.2.1 Réservoirs et citernes .....	7
4.2.2 Contenants et conteneurs .....	7
4.2.3 Piles, tas ou amas.....	7
4.3 État physique de la matière .....	7
4.3.1 État solide.....	8
4.3.2 État liquide.....	13
4.3.3 État boueux ou semi-solide .....	13
4.3.4 État gazeux.....	14
4.4 Choix des paramètres analytiques.....	14
<b>5. Approches d'échantillonnage et types d'échantillons .....</b>	<b>17</b>
5.1 Échantillonnage aléatoire.....	17
5.1.1 Échantillonnage aléatoire simple .....	17
5.1.2 Échantillonnage aléatoire systématique.....	18
5.2 Échantillonnage non aléatoire (ciblé ou selon le jugement) .....	19
5.3 Avantages et inconvénients des échantillonnages aléatoires ou non aléatoires.....	21
5.4 Échantillonnage stratifié.....	21
5.5 Échantillonnage représentatif .....	22
5.6 Les types d'échantillons.....	23
<b>6. Restrictions relatives à l'homogénéisation des échantillons en laboratoire.....</b>	<b>24</b>
6.1 Homogénéisation des solides .....	24
6.2 Homogénéité des liquides.....	25
6.3 Homogénéisation des liquides contenant des solides .....	25
6.4 Considérations liées à la sélection du matériel à analyser.....	26

<b>7. Équipement d'échantillonnage .....</b>	<b>26</b>
7.1 Compatibilité des matériaux utilisés et des substances recherchées .....	27
7.2 Équipements spécialisés d'échantillonnage .....	28
7.2.1 Équipements pour les matières liquides .....	28
7.2.2 Équipement pour les matières solides .....	36
7.2.3 Autres équipements .....	41
<b>8. Exemples de stratégies d'échantillonnage .....</b>	<b>41</b>
8.1 Échantillonnage des contenants .....	42
8.1.1 Matières solides dans un contenant .....	42
8.1.2 Matières liquides dans un contenant .....	42
8.2 Échantillonnage à partir d'une bande transporteuse (convoyeur) .....	43
8.3 Échantillonnage des réservoirs .....	44
8.3.1 Stratégie généralement applicable, utilisation d'un Coliwasa, d'un tube à clapet ou en verre .....	45
8.3.2 Utilisation d'une pompe pour des réservoirs plus profonds .....	45
8.3.3 Échantillonnage avec une valve ou avec homogénéisation .....	46
8.3.4 Cas particulier de l'échantillonnage d'un réservoir circulaire ou elliptique contenant une matière liquide hétérogène, mais sans phase distincte .....	47
8.4 Échantillonnage en pile .....	47
8.4.1 Prélèvement d'échantillons composés .....	48
8.4.2 Prélèvement d'échantillons ponctuels .....	49
8.4.3 Exemples de cas d'échantillonnage de piles .....	50
8.4.4 Équipements d'échantillonnage d'une pile .....	52
8.5 Sélection des équipements selon les milieux et les approches d'échantillonnage .....	52
<b>9. Échantillonnage des surfaces .....</b>	<b>53</b>
9.1 Échantillonnage des surfaces non poreuses .....	54
9.1.1 Principe et théorie .....	54
9.1.2 Matériel d'échantillonnage .....	54
9.1.3 Choix du solvant .....	55
9.1.4 Contrôle de qualité .....	55
9.1.5 Vérification de la totalité de la récupération .....	56
9.1.6 Méthode d'échantillonnage par frottis .....	56
9.2 Échantillonnage des surfaces poreuses .....	56
9.2.1 Principe et théorie .....	56
9.2.2 Matériel d'échantillonnage .....	56
9.2.3 Contrôle de la qualité .....	57
9.2.4 Techniques d'échantillonnage de surfaces poreuses .....	57
<b>10. Rapport d'Échantillonnage .....</b>	<b>57</b>
<b>11. Conclusion .....</b>	<b>58</b>
<b>Références bibliographiques .....</b>	<b>60</b>
<b>Annexe .....</b>	<b>63</b>

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Conséquences de l'hétérogénéité et de la granulométrie sur la taille de l'échantillon et sur l'approche d'échantillonnage.....	11
Tableau 2 : Propriétés des matières dangereuses et analyses requises .....	15
Tableau 3 : Approches d'échantillonnage aléatoire et domaines d'application .....	19
Tableau 4 : Approches d'échantillonnage non aléatoires et domaines d'application .....	20
Tableau 5 : Nombre de sections dans une pile en fonction du volume de matière .....	48
Tableau 6 : Exemples d'équipements utilisables selon l'approche d'échantillonnage et les modes d'entreposage .....	53
Tableau 7 : Choix des solvants pour l'échantillonnage à l'aide de la technique par frottis .....	55

## LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Courbe isométrique.....	6
Figure 2 : Hétérogénéité de distribution .....	10
Figure 3 : Pelletage fractionné .....	12
Figure 4 : Modèle aléatoire simple .....	18
Figure 5 : Modèles aléatoires systématiques .....	18
Figure 6 : Échantillonnage stratifié .....	22
Figure 7 : Coliwasa .....	29
Figure 8 : Tube à clapet de type Bailer .....	29
Figure 9 : Tube en verre.....	30
Figure 10 : Échantillonneur lesté.....	31
Figure 11 : Perche télescopique .....	33
Figure 12 : Pompe à vide manuelle .....	34
Figure 13 : Pompe péristaltique .....	35
Figure 14 : Échantillonneur à grains .....	36
Figure 15 : Tubes d'échantillonnage .....	37
Figure 16 : Tarières.....	38
Figure 17 : Truelles .....	39
Figure 18 : Pelles carrées .....	39
Figure 19 : Effets sur les particules prélevées d'un équipement rond ou carré.....	40
Figure 20 : Échantillonnage à partir d'un convoyeur .....	44

## REMERCIEMENTS

La première édition de ce cahier a été rédigée en 1998 avec l'aide d'intervenants des secteurs municipal, gouvernemental et industriel, de même qu'avec des associations engagées dans ce domaine. Nous tenons à les remercier très sincèrement pour leur contribution.

Nous remercions également ceux qui ont collaboré au groupe de travail sur l'échantillonnage des matières résiduelles, coordonné par le Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec au début des années 2010 :

Au ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs : le Centre de contrôle environnemental du Québec, les Directions régionales de l'analyse et de l'expertise, la Direction des matières résiduelles et des lieux contaminés.

Les collaborateurs externes : Maxxam Analytique (maintenant Bureau Veritas) et le Groupe Qualitas (maintenant AtkinsRéalis).

Merci également aux participants à la révision de 2025 du cahier 8 :

Au ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs : les Directions générales de l'analyse et de l'expertise, les Directions générales du contrôle environnemental et la Direction générale des politiques en milieu terrestre et du développement durable.

Les participants externes au MELCCFP : l'Association des firmes de génie-conseil du Québec, le Conseil patronal de l'environnement du Québec, Hydro-Québec, le ministère des Transports et de la Mobilité durable du Québec, la Ville de Montréal, la Ville de Québec.

# AVANT-PROPOS

Le [Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales](#) regroupe une série de cahiers traitant de façon spécifique de l'échantillonnage de divers milieux. Il décrit un ensemble de bons procédés qui régissent la planification et la réalisation des travaux d'échantillonnage et vise ainsi à assurer la qualité des prélèvements d'échantillons ainsi que la validité des renseignements scientifiques qui en découlent.

L'ouvrage, dans son ensemble, a été mis en œuvre par le [ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs](#), plus particulièrement par le [Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec](#). Il permet d'acquérir rapidement une connaissance des pratiques et des règles de l'art dans le domaine de l'échantillonnage environnemental.

Ce guide s'adresse aux professionnels ou techniciens travaillant dans toute campagne de caractérisation environnementale, ne serait-ce que pour le prélèvement d'un seul échantillon.

Le Cahier 8, *Échantillonnage des matières dangereuses*, traite notamment de la planification d'une campagne d'échantillonnage, de même que des approches, des équipements et des stratégies pour l'échantillonnage des matières dangereuses ou potentiellement dangereuses. S'il s'avère que la matière est dangereuse au sens du *Règlement sur les matières dangereuses* (RMD), elle sera gérée en conformité avec ce règlement. S'il s'agit d'une matière non dangereuse, elle sera gérée selon les exigences applicables à cette matière. Par exemple, dans le cas d'une matière granulaire résiduelle, les exigences du *Règlement concernant la valorisation des matières résiduelles* (RVMR) ou du *Règlement sur l'enfouissement et l'incinération de matières résiduelles* (REIMR) pourraient s'appliquer.

L'utilisation de ce cahier doit être faite en prenant en compte les renseignements décrits préalablement dans le [Cahier 1, Généralités](#). En effet, certains principes généraux liés à la planification d'une campagne d'échantillonnage, au nettoyage du matériel, au contrôle de la qualité, à l'enregistrement des échantillons, aux procédures de santé et sécurité, à l'intégrité des échantillons aux fins de mise en preuve devant les tribunaux font l'objet du Cahier 1, *Généralités*.

Bien qu'il puisse s'avérer d'une grande utilité, il peut exister des situations où l'application du Cahier 8, *Échantillonnage des matières dangereuses*, ne garantit pas le succès escompté. Les démarches doivent donc être appuyées par l'expertise de spécialistes, le jugement professionnel ainsi que l'évaluation pertinente des déviations. Ces dernières doivent être documentées et justifiées. En cas de contradiction entre l'information de ce cahier et une loi ou un règlement, ces derniers auront préséance.

Le cahier 8 ne s'applique pas aux biogaz émis par la dégradation de matières résiduelles, à l'air ambiant, aux sources fixes ni aux remblais de matières résiduelles. Ces sujets sont traités dans d'autres documents, dont le [Guide relatif à la construction sur le terrain d'un lieu d'élimination de matières résiduelles désaffecté](#), le [Guide de caractérisation des terrains](#), le [Cahier 5, Échantillonnage des sols](#), et le [Guide d'intervention : protection des sols et réhabilitation des terrains contaminés](#). Dans un contexte d'échantillonnage d'un terrain potentiellement contaminé, le cahier 8 est utilisé en complément de ces documents. Par exemple, lorsque les matières potentiellement dangereuses sont entreposées à la surface d'un terrain, le cahier 8 s'applique à l'échantillonnage de ces matières.

Alors, les matières granulaires résiduelles (MGR, par exemple celles provenant des carrières) en place qui sont utilisées comme matériaux de construction d'infrastructures dans un terrain (par exemple, la fondation d'un bâtiment) sont échantillonnées en suivant les techniques prescrites dans le Cahier 5, *Échantillonnage des sols*, et dans le *Guide de caractérisation des terrains*.

Lors d'un rejet accidentel de matières dangereuses, les cahiers 1 (généralités), 2 (rejets liquides), 5 (sols), et 8 (matières dangereuses) du *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales* peuvent être appliqués selon les cas. Par exemple, le cahier 8 serait utilisé lors du rejet d'une matière dangereuse sur une dalle de béton. La section 6.11 du *Guide de caractérisation des terrains* s'applique aussi aux rejets accidentels de matières dangereuses dans l'environnement.

Par rapport à la version précédente du cahier 8, les sous-sections sur l'échantillonnage des réservoirs, des piles et des surfaces ont été révisées plus en profondeur.

Les sujets suivants ne sont plus abordés :

- L'échantillonnage dans des lagunes, car il s'agit d'un mode de gestion qui n'est pas prévu dans le RMD;
- L'échantillonnage d'un réservoir avec homogénéisation, à cause notamment des risques pour la santé et la sécurité du prélevage;
- L'échantillonnage des liquides en écoulement dans une conduite fermée, car c'est abordé dans le [Cahier 2, Échantillonnage des rejets liquides.](#)

Les sujets suivants sont maintenant abordés :

- Procédures pour réduire le volume d'un échantillon. Elles peuvent s'appliquer aux MGR ou aux matières granulaires industrielles, avant de les expédier en laboratoire;
- L'échantillonnage des matières solides sur une bande transporteuse.

# 1. INTRODUCTION

Le Cahier 8, *Échantillonnage des matières dangereuses*, présente les concepts fondamentaux sur lesquels s'appuie le prélèvement des matières dangereuses ou potentiellement dangereuses. Il a été rédigé à l'intention des professionnels et des techniciens travaillant dans ce domaine, dans le but d'approfondir leurs connaissances et de consolider leur expertise. Il a pour principal objectif d'aider le personnel technique à accomplir cette tâche avec rigueur afin de déterminer des méthodes optimales de travail adaptées aux buts d'une investigation et de maximiser la précision des renseignements issus des prélèvements.

Afin d'aiguiller le responsable dans l'élaboration de la campagne d'échantillonnage et dans l'accomplissement des tâches sur le terrain, ce cahier présente les étapes nécessaires au prélèvement d'échantillons de matières dangereuses ou potentiellement dangereuses et définit les grandes lignes directrices dans le choix des stratégies, en fonction des conditions d'entreposage ou d'élimination, de la nature de la matière résiduelle à échantillonner et des objectifs à atteindre.

Les principales approches d'échantillonnage utilisées et les équipements d'échantillonnage usuels sont brièvement présentés, en fonction de leur applicabilité dans différents contextes. Les renseignements relatifs aux marques déposées ou aux produits commerciaux ne sont donnés qu'à titre indicatif; des produits équivalents peuvent leur être substitués.

Une section a été rédigée sur les difficultés reliées à l'échantillonnage de l'état solide hétérogène. On y souligne notamment la nécessité pour le préleveur de maintenir une communication étroite avec les chimistes responsables des analyses.

Le cahier 8 peut s'appliquer dans différents contextes : signalement, urgence, inspection, suivi, enquête, acquisition de connaissances, échantillonnage préliminaire ou exhaustif...

Ce cahier sert principalement de soutien à l'application du RMD, par exemple pour déterminer si une matière possède les propriétés d'une matière dangereuse selon le RMD ou afin de vérifier la conformité aux normes de ce règlement pour l'utilisation à des fins énergétiques des matières dangereuses.

Peu importe le contexte dans lequel est fait le prélèvement d'un échantillon, les règles de l'art doivent être respectées. Lorsque le prélèvement est effectué en application du RMD, l'article 19 de ce règlement mentionne : « Celui qui transmet au MELCCFP des résultats d'analyses transmet en même temps un écrit par lequel il atteste que les prélèvements d'échantillons ont été faits en conformité avec les formalités et les règles de l'art applicables. » Pour les règles de l'art applicables, le responsable se réfère au [Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales](#).

Le responsable doit s'assurer que les méthodes d'échantillonnage choisies sont adéquates selon le contexte et utilisées de façon reconnue. Pour l'application du RMD, tout prélèvement d'échantillons avec une méthode de travail autre que celles qui sont mentionnées dans les cahiers du *Guide d'échantillonnage* doit être discuté avec le professionnel responsable de l'analyse du dossier au sein de la direction régionale concernée au MELCCFP.

## 2. CONTEXTE

La section 2 du [Cahier 1, Généralités](#), présente différents contextes associés à une campagne d'échantillonnage. Le contexte associé aux campagnes d'échantillonnage des matières dangereuses ou potentiellement dangereuses est souvent l'application réglementaire.

Il peut s'agir de déterminer si les matières seront gérées comme des matières dangereuses ou non dangereuses.

Selon l'article 1 de la *Loi sur la qualité de l'environnement* (LQE), l'expression « matière dangereuse » est définie de la façon suivante : « Toute matière qui, en raison de ses propriétés, présente un danger pour la santé ou pour l'environnement et qui est, au sens des règlements pris en application de la présente loi, explosive, gazeuse, inflammable, toxique, radioactive, corrosive, comburante ou lixiviable, ainsi que toute matière ou objet assimilé à une matière dangereuse selon les règlements. »

Il peut aussi s'agir de vérifier si une matière dangereuse résiduelle<sup>1</sup> peut être utilisée à des fins énergétiques selon les annexes 5 ou 6 du RMD.

Les matières résiduelles potentiellement dangereuses sont généralement entreposées sur les lieux de production d'industries actives. Il y a aussi les sites désaffectés où des matières potentiellement dangereuses ont été abandonnées dans des entrepôts ou empilées sur le terrain.

Elles sont alors susceptibles de faire l'objet d'une campagne d'échantillonnage.

Les modes d'entreposage considérés dans le cahier 8 sont :

- les réservoirs;
- les citernes;
- les contenants;
- les conteneurs;
- les piles (tas ou amas).

Lorsque les matières et contaminants sont dispersés dans un milieu plutôt qu'entreposés, les techniques et la terminologie applicables à l'échantillonnage de ce milieu prévaudront. Celles-ci sont, pour la plupart, décrites dans les autres cahiers du [Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales](#) : sols, eaux souterraines, etc.

En plus de l'entreposage sur le lieu de production ou sur un lieu désaffecté, une campagne d'échantillonnage peut être réalisée chez un gestionnaire autorisé de matières dangereuses résiduelles, par exemple :

- Un lieu où l'on entrepose des matières dangereuses résiduelles après en avoir pris possession à cette fin;
- Un lieu de traitement pour enlever les propriétés dangereuses de la matière;
- Un lieu où l'on réemploie ou recycle des matières dangereuses résiduelles;
- Un lieu où l'on élimine des matières dangereuses par incinération ou par dépôt définitif.

L'échantillonnage des matières dangereuses ou potentiellement dangereuses est donc un outil essentiel. L'échantillonnage constitue une étape fondamentale sur laquelle reposent la qualité et la représentativité de l'information analytique et, par conséquent, la pertinence des décisions qui en découlent.

---

<sup>1</sup> Ce qu'est une « matière dangereuse résiduelle » est expliqué dans l'article 70.6 de la LQE.

Étant donné la multitude des contaminants existants, des caractéristiques des matières et des modes d'entreposage utilisés, les stratégies d'échantillonnage sont très diversifiées.

Ainsi, le spécialiste en échantillonnage utilisera les outils dont il dispose de manière efficace, tout en tenant compte des ressources disponibles.

L'échantillonnage des matières dangereuses ou potentiellement dangereuses implique également que l'on doit tenir compte des règles de santé et de sécurité. Les principes de base à considérer en santé et sécurité sont présentés dans la section 6 du [Cahier 1, Généralités](#). Une saine gestion des opérations lors d'une campagne d'échantillonnage exige que soient considérés non seulement les risques individuels associés à chaque matière, mais aussi les risques associés à l'interaction de plusieurs matières. En particulier, une description des équipements de protection individuelle est présentée dans la sous-section 6.2 du Cahier 1, [Généralités](#).

De plus, le MELCCFP a publié le *Guide de prévention en santé et sécurité du travail, interventions terrain régulières (GSS/TR)* à l'intention notamment des inspecteurs et des intervenants d'Urgence-Environnement. Ce guide, qui regroupe des mesures de sécurité générales et spécifiques, est composé de deux sections : la première est applicable aux interventions terrain courantes et la deuxième vise les interventions spécifiques aux urgences environnementales. La première section traite notamment des propriétés à risque, des voies d'exposition et des principaux effets biologiques associés à des produits chimiques. On y aborde aussi la classification des matières dangereuses selon le Système d'information sur les matières dangereuses utilisées au travail (SIMDUT), les points à retenir lors de la consultation d'une fiche de données de sécurité (FDS) ainsi que les responsabilités des intervenants et manipulateurs de matières dangereuses.

### 3. ÉVALUATION PRÉLIMINAIRE

Avant d'entreprendre la planification d'une campagne d'échantillonnage, il est indispensable de recueillir des données préalables qui permettront de guider les recherches et d'orienter les travaux. L'évaluation préliminaire consiste à recueillir les informations afin de bien situer le problème à résoudre. Ces données préliminaires incluent normalement la connaissance du type d'activité ou des procédés industriels qui ont prévalu sur les lieux. Une visite préalable des lieux est souhaitable avant de réaliser l'échantillonnage (voir la section 2 du [Cahier 1, Généralités](#)). La visite permet notamment de localiser de visu les lieux d'entreposage ou d'élimination des matières dangereuses ou potentiellement dangereuses (voir la section 4.2 du présent cahier pour les lieux d'entreposage). Un préleur en retirera des renseignements qui lui permettront d'adopter des techniques de prélèvement adéquates et, par conséquent, de se munir d'équipements d'échantillonnage appropriés.

Même en situation d'urgence, lorsque, par exemple, l'environnement ou la santé de la population sont sérieusement menacés et qu'une action immédiate est requise, il est nécessaire de rassembler les renseignements pertinents afin de situer correctement le problème pour orienter la prise de décision quant aux approches d'échantillonnage et aux choix des paramètres analytiques.

Sauf pour les situations urgentes, le décideur procède généralement par phases. Une évaluation à la fin de chaque phase permet d'utiliser les résultats d'une campagne pour préparer au besoin la prochaine. Une variante de cette méthode consiste à planifier un prélèvement exhaustif d'échantillons, mais à les analyser par étapes. Cette approche est avantageuse lorsque la disponibilité des équipes est restreinte.

### 3.1 Historique du site, nature du procédé et des intrants ou extrants

Dans le cas de sites désaffectés ou abandonnés, une enquête pour déterminer les événements ou incidents passés fournit souvent assez d'indications pour reconnaître le générateur d'une matière dangereuse ou, à tout le moins, le type d'industrie qui l'a générée.

Une investigation auprès des résidents vivant à proximité ou d'anciens employés permet de s'informer sur les activités qui ont eu lieu ainsi que sur la présence possible de matières dangereuses ou potentiellement dangereuses. L'occupation des lieux par du matériel de transport, le type et la dimension des conteneurs et la présence d'odeur sont des renseignements qui orientent les recherches. De plus, des renseignements complémentaires permettant d'identifier les propriétaires actuels et antérieurs peuvent être obtenus auprès de la municipalité ou au bureau de la publicité des droits, où sont conservés les registres de transactions de biens immobiliers. La Régie du bâtiment du Québec (RBQ), la Commission des normes de l'équité, de la santé et de la sécurité du travail (CNESST) et le MELCCFP sont aussi des bonnes sources à consulter au sujet des accidents ou des rejets accidentels de contaminants. Il est important d'avoir des informations complètes et à jour. Le [Guide de caractérisation des terrains](#), dans sa section sur les caractérisations de phase I, contient plus de détails quant aux sources d'information à consulter.

Lorsque le producteur d'une matière dangereuse est connu, il est facile d'obtenir les renseignements auprès des employés ayant une bonne expérience des activités de l'usine, quant à la nature du procédé et à la composition des intrants et des extrants. Il peut s'agir d'un diagramme du procédé illustrant comment les matières résiduelles sont générées. Il peut aussi s'agir de fiches de données de sécurité des intrants. Ces indications orientent les prélevateurs vers la recherche de composés spécifiques et permettent d'écartier plusieurs paramètres superflus. Des changements dans les intrants ou les conditions de fonctionnement peuvent causer des changements dans les matières résiduelles générées. Qui plus est, dans le cas des industries ou entreprises de moyenne importance, la caractérisation est souvent déjà réalisée et les renseignements sur les contaminants et leurs concentrations sont accessibles au ministre sur demande (article 70.5 de la LQE) et ont un caractère public (article 14 du *Règlement sur l'encadrement d'activités en fonction de leur impact sur l'environnement*).

### 3.2 Données visuelles

Les données visuelles permettent de préciser l'état physique de la matière, son apparence de même que le mode d'entreposage ayant une incidence majeure sur la détermination du type et de l'urgence d'une intervention. Les matières entreposées en piles à l'extérieur présentent des risques de dispersion par érosion, éolisation ou lixiviation (voir la sous-section 4.2.3 du présent cahier). L'examen de la végétation permet parfois d'émettre des hypothèses quant à la toxicité d'un produit, lorsque celle-ci est en contact avec la matière suspecte.

### 3.3 Tests de dépistage

Certains tests de dépistage effectués sur le terrain avec des appareils portatifs permettent de donner un aperçu de la composition, du degré d'homogénéité des matériaux et des quantités présentes. En l'absence de renseignements quant à la nature des contaminants, il est possible de procéder à des analyses de dépistage en laboratoire qui procurent des renseignements généraux sur un seul ou sur quelques échantillons. Certains types d'analyses fournissent des résultats pour un grand nombre de contaminants, mais avec une précision limitée ou avec une limite de détection élevée. En ce sens, les tests ou analyses de dépistage offrent des résultats semi-quantitatifs qui sont utiles à une étape préliminaire, mais ils ne remplacent pas les analyses quantitatives qui sont requises pour l'application du RMD (voir la sous-section 4.4 du présent cahier).

## 4. PLANIFICATION D'UNE CAMPAGNE D'ÉCHANTILLONNAGE

Les sous-sections suivantes traitent des éléments de planification adaptés à l'ébauche d'une campagne d'échantillonnage des matières dangereuses ou potentiellement dangereuses. La section 2 du [Cahier 1, Généralités](#), énumère plusieurs autres éléments essentiels à la préparation de tout type de campagne. Le lecteur pourra s'y référer au besoin.

Les éléments stratégiques pertinents à la préparation d'une campagne d'échantillonnage de matières dangereuses ou potentiellement dangereuses sont divisés en quatre catégories :

- Objectifs de la campagne d'échantillonnage;
- Mode d'entreposage de la matière dangereuse;
- État physique de la matière;
- Choix des paramètres analytiques.

### 4.1 Objectifs de la campagne d'échantillonnage

La section 2 du [Cahier 1, Généralités](#), explique comment les objectifs de la campagne d'échantillonnage guident sa planification.

Certains objectifs mentionnés dans le cahier 1 sont repris dans les sections [4.1.1 à 4.1.3](#) du présent cahier. Ces objectifs généraux peuvent englober des objectifs plus spécifiques au RMD, par exemple :

- Détermination à savoir si une matière a une ou des propriétés dangereuses. Évaluation des quantités de matières dangereuses, s'il y a lieu;
- Vérification des normes pour l'utilisation à des fins énergétiques d'une matière dangereuse résiduelle (MDR).

#### 4.1.1 Détermination de la présence ou de l'absence de contaminants ou polluants

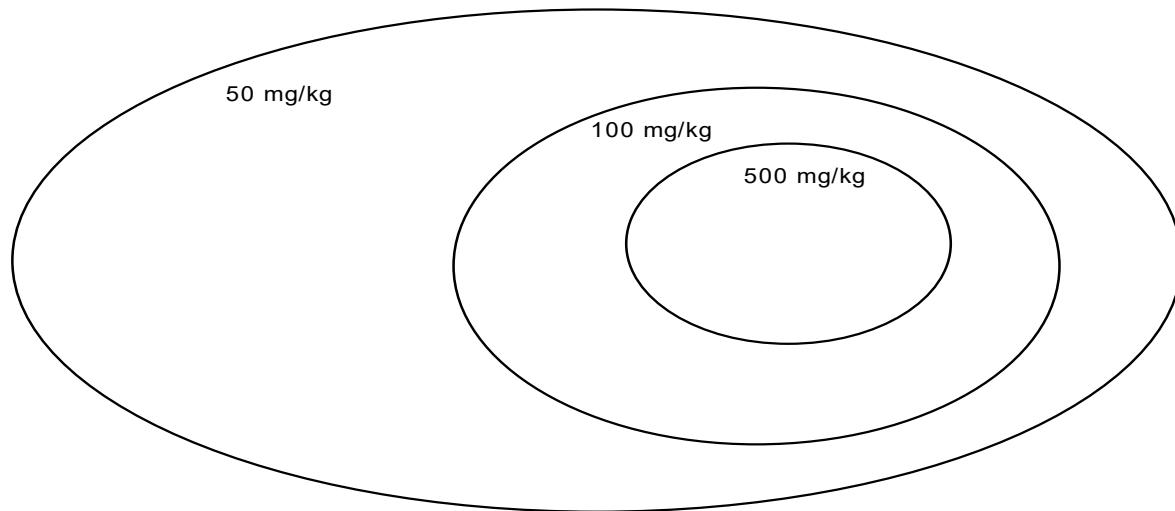
Dans le premier cas, il s'agit de démontrer, par exemple, que des contaminants ou polluants sont présents dans un contenant ou ont été répandus ou déversés, en comparant avec une limite de détection ou avec une norme du RMD. Cette démonstration est généralement réalisée à partir d'un échantillonnage ciblé (voir la sous-section [5.2](#) du présent cahier). Le plus souvent, le préleveur choisit l'échantillon en utilisant son jugement, son expérience ou ses connaissances associées à des critères visuels, tels que la couleur et la granulométrie. Parfois, il effectuera le choix d'un échantillon après certaines mesures avec des outils variés, comme le pH à l'aide d'un pH-mètre ou d'un papier indicateur.

Lorsque le type de contaminant est déjà identifié, le préleveur requerra des analyses plus spécifiques. Cet aspect prend une certaine importance en chimie organique, car il existe des méthodes plus spécifiques pour certaines familles, tels les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), les composés phénoliques et les biphenyles polychlorés (BPC). En règle générale, ces méthodes possèdent des limites de détection plus basses et des précisions plus élevées que celles des méthodes de dépistage (voir la sous-section [3.3](#) du présent cahier).

#### 4.1.2 Évaluation de la concentration d'un contaminant et de sa distribution dans l'espace

Dans le second cas, il s'agit de déterminer la concentration de contaminants en un point, dans un espace ou un volume donné. Les points d'échantillonnage peuvent être localisés sur un segment de droite, sur une surface ou à l'intérieur d'un volume. Il s'agit donc d'échantillonnage uni, bi ou tridimensionnel. Dans le cas d'un échantillonnage multidimensionnel, le report de tous les résultats analytiques sur un plan d'aménagement permet de tracer des courbes isométriques. Cette technique est utilisée en présence de volumes importants de matières résiduelles, comme une pile qui présente localement des fluctuations importantes de la contamination dans un plan ou dans l'espace. Chacune de ces courbes délimite une zone où les concentrations sont égales ou semblables. La figure 1 présente un exemple de courbe isométrique. Très souvent, ce type de problème sera traité en utilisant un échantillonnage stratifié (voir la sous-section 5.4 du présent cahier).

Figure 1 : Courbe isométrique



#### 4.1.3 Évaluation de la variation de la concentration d'un contaminant en fonction du temps

Parfois, une variable additionnelle s'ajoute, soit le temps. Il s'agit alors d'effectuer plusieurs séries de mesures à différentes périodes. Cette stratégie a pour objectif de mesurer la variation de la concentration des contaminants dans la matière. Les prélèvements sont effectués aux points d'échantillonnage les plus aptes à fournir les données recherchées. Idéalement, ces points représentatifs peuvent être déterminés à partir des résultats des campagnes antérieures. L'échantillonnage sur un convoyeur (voir la sous-section 8.2 du présent cahier) ou l'échantillonnage périodique de matières résiduelles de procédé représentant différents lots de production en sont deux exemples.

### 4.2 Modes d'entreposage des matières dangereuses

La deuxième étape de la planification d'une campagne d'échantillonnage consiste à déterminer le lieu et la façon dont la matière dangereuse est entreposée. Cette étape permet de choisir les sites de prélèvement potentiels. À ce stade intervient aussi le choix d'une approche d'échantillonnage et du type d'échantillon, présentés dans la section 5 du présent cahier.

#### **4.2.1 Réservoirs et citerne**

Les citerne sont conçues pour le transport des matières, alors que les réservoirs demeurent généralement fixes. Les réservoirs métalliques sont courants. Il existe aussi des réservoirs de matière plastique ou en matériau composite avec de la fibre de verre, mais l'article 51 du RMD interdit leur usage en surface pour des matières dangereuses explosives ou inflammables. La forme du réservoir est une variable importante qui influence la méthode d'échantillonnage, qui est présentée dans l'annexe « Détermination des points de prélèvement dans le cas de réservoirs circulaires ou elliptiques ». La sous-section 8.3 du présent cahier traite de l'échantillonnage des réservoirs et elle peut aussi s'appliquer aux citerne.

#### **4.2.2 Contenants et conteneurs**

Les contenants incluent notamment les cubitainers, les barils ou les sacs. Les barils sont fréquemment utilisés. Ils sont en métal ou en plastique et peuvent contenir des liquides, des solides ou des boues. Puisqu'ils sont manœuvrables, cette caractéristique les rend vulnérables à des accidents, qui créent des déformations et engendrent des points de faiblesse susceptibles de causer des fuites. L'article 45 du RMD requiert notamment que les récipients de matières dangereuses résiduelles soient en bon état. Malgré cet article, lorsque des barils sont gonflés, rouillés ou autrement endommagés, ils sont préoccupants à cause des risques de dégazage ou d'écoulement; voir la sous-section 8.1 du présent cahier qui traite de l'échantillonnage des contenants.

Dans le cas des solides, il est fréquent d'utiliser divers conteneurs permettant leur entreposage. Les articles 47 et suivants du RMD décrivent les conteneurs et les normes qu'ils doivent respecter pour l'entreposage de matières dangereuses résiduelles.

#### **4.2.3 Piles, tas ou amas**

Parfois, les solides sont entreposés en piles, tas ou amas. Les termes piles, tas ou amas sont des synonymes; le mot pile sera utilisé dans le reste du présent cahier, tout comme dans le [Cahier 5, Échantillonnage des sols](#), et dans le [Guide de caractérisation des terrains](#).

Des matières dangereuses résiduelles ne peuvent être entreposées en pile à l'extérieur d'un bâtiment qu'aux conditions décrites dans l'article 72 du RMD. Malgré cet article, lorsque la pile est à l'extérieur et qu'aucune disposition n'a été prise pour la protéger de l'érosion ou de l'éolisation, il faut toujours envisager l'hypothèse que la lixiviation puisse dissoudre des contaminants et que le ruissellement ou le vent puisse entraîner les particules fines loin de la zone d'entreposage.

Dans le cas d'un entreposage intérieur, le remaniement de piles peut provoquer un dégagement de poussières qui peuvent contribuer à la contamination du bâtiment. La sous-section 8.4 du présent cahier traite de l'échantillonnage des piles.

### **4.3 État physique de la matière**

L'état physique de la matière peut être solide, semi-solide, liquide ou gazeux. La détermination de l'état physique, par une visite préalable ou par l'historique du site (voir la section 3 du présent cahier), est nécessaire afin de choisir une approche d'échantillonnage adéquate et d'utiliser les équipements d'échantillonnage appropriés.

À ce niveau de planification, une description physique de la matière dangereuse peut sembler superflue, étant donné qu'elle est implicitement décrite dans le mode d'entreposage. En pratique, la situation peut être quelque peu différente. Par exemple, un liquide contenu dans un baril peut être tellement visqueux qu'il n'est pas possible de le pomper. Si les liquides sont immiscibles, ils se séparent en plusieurs phases. La présence de phases différentes peut être vérifiée en utilisant, par exemple, un tube de verre (voir la sous-section 7.2.1.1 du présent cahier). Dans d'autres situations, il peut y avoir plus d'un état physique, comme des solides déposés au fond d'un contenant de matières liquides.

### 4.3.1 État solide

L'état solide est celui qui présente le plus de difficultés quand vient le temps de prélever un échantillon représentatif à même une pile ou un contenant qui contient des particules dont la granulométrie est très variable et la composition hétérogène. Une difficulté supplémentaire est qu'il existe des contraintes à l'homogénéisation au moyen d'un broyage de la fraction grossière; cette homogénéisation n'est pas recommandée dans beaucoup de cas (consultez la sous-section 6.1 du présent cahier).

La granulométrie et l'hétérogénéité des matières à échantillonner sont importantes et ont une incidence directe sur la planification d'une campagne d'échantillonnage. Le contenu des sous-sections suivantes aidera le préleveur à formuler un jugement critique lors du choix de la fraction de la matière à échantillonner et ainsi à mieux planifier sa campagne d'échantillonnage.

#### 4.3.1.1 La granulométrie

Les matières résiduelles en provenance de procédés qui utilisent des techniques de broyage ou des techniques d'épuration de gaz, comme des cyclones ou des épurateurs électrostatiques, produisent des particules de granulométrie moyenne ou fine.

Les matières résiduelles de produits finis ou semi-finis contiennent souvent simultanément des particules de granulométrie fine et grossière. On peut penser aux accidents de production qui forcent le rejet de produits finis qui ne présentent pas les caractéristiques souhaitées.

Il en va de même des matières résiduelles solides qui ont subi des traitements à haute température ou à haute pression. Ainsi, tout procédé métallurgique qui utilise la fusion ou l'électrolyse est susceptible de générer des résidus de granulométrie variable, dont la composition peut être fortement hétérogène, du moins à l'échelle de l'analyse de laboratoire.

Pour une matière qui contient une fraction grossière, différents cas sont possibles :

- Il y a une fraction fine et elle provient de l'effritement de la fraction grossière. On peut prélever la fraction fine qui sera représentative de l'ensemble de la matière potentiellement dangereuse. Consultez la section 6.4 du présent cahier pour plus d'information à ce sujet;
- Il est aussi possible que les fractions fines et grossières soient différentes;

Le plus souvent, l'échantillon n'est pas broyé, on prélève les deux fractions, mais ce sont les particules fines qui sont analysées, car ce sont celles auxquelles les humains, la faune ou la flore sont généralement plus exposés. Voir la sous-section 6.4 du présent cahier pour plus d'information à ce sujet;

Dans des cas particuliers, le préleveur pourrait prévoir une étape de broyage de l'échantillon, le plus souvent sur le site de prélèvement, ou donner des instructions en ce sens au laboratoire s'il offre ces services. Cependant, il existe des contraintes à l'homogénéisation au moyen d'un broyage de la fraction grossière; cette homogénéisation n'est pas possible dans beaucoup de cas (voir la sous-section 6.1 du présent cahier). Par exemple, le broyage n'est pas recommandé lorsqu'on prévoit analyser des composés volatils ou semi-volatils ou s'il s'agit de matières granulaires résiduelles. Le broyage augmente aussi les risques d'une contamination croisée entre les échantillons;

- Si la matière est entièrement grossière, il sera difficile d'obtenir un prélèvement sans broyer la matière échantillonnée. Consultez la sous-section 6.1 du présent cahier au sujet des difficultés ou restrictions liées au broyage. Voir aussi la sous-section 8.4.3.5 pour l'échantillonnage des blocs de matières;

Certaines méthodes d'analyse prescrivent précisément la grosseur maximale des particules à analyser. Par exemple, la grosseur maximale est de 9,5 mm dans le cas de la lixiviation pour l'évaluation de la mobilité des espèces inorganiques ([TCLP, EPA 1311](#)). Si le préleveur prévoit demander cette analyse sur des échantillons de matière dont les particules sont entièrement supérieures à 9,5 mm, le laboratoire devrait être préalablement consulté à ce sujet.

La granulométrie joue un rôle fondamental dans la définition de l'hétérogénéité. Les sous-sections suivantes exposent le problème de l'hétérogénéité en montrant qu'elle peut provenir de deux causes principales : la constitution et la distribution (USEPA, 2002).

#### 4.3.1.2 Hétérogénéité de constitution

L'hétérogénéité de constitution découle des propriétés intrinsèques de la matière. Elle est causée par les différences de composition des particules dans la matière échantillonnée. C'est pourquoi on l'appelle aussi hétérogénéité de composition. Il est rare qu'un effort d'homogénéisation soit effectué dans le processus de production d'une matière résiduelle. Par exemple, un échantillon de brasque d'aluminium est constitué de débris grossiers de toutes sortes contaminés à divers degrés. Sa composition est par conséquent hétérogène. À une échelle plus réduite, la poussière retenue par un précipiteur électrostatique peut aussi être hétérogène si les particules qui la composent ont des compositions chimiques variées. Cependant, un échantillon de cette poussière paraît beaucoup plus homogène que le premier, parce que l'œil ne peut différencier les éléments.

Une façon de tenir compte de la granulométrie et de l'hétérogénéité de constitution est de prélever un volume suffisant pour que la composition de l'échantillon corresponde à celle de la matière échantillonnée.

Dans le cas de la poussière, la granulométrie fine permettra le prélèvement d'un volume réduit d'échantillon relativement à une matière plus grossière, et ce volume est représentatif de l'ensemble de la matière potentiellement dangereuse, pourvu que le procédé générant la matière ne varie pas de façon significative dans le temps. Ainsi, l'analyse de deux échantillons de quelques grammes présente une faible variabilité.

Dans le cas des brasques d'aluminium, il faut un plus grand volume d'échantillons et des procédures d'homogénéisation pour parvenir à réaliser un prélèvement représentatif de toute la matière. Toutefois, il existe des contraintes et le broyage n'est pas recommandé dans beaucoup de cas (voir la sous-section précédente et la sous-section 6.1 du présent cahier). Lorsque les échantillons ne peuvent pas être broyés, le prélèvement est effectué sur la fraction fine (voir la sous-section 6.4 du présent cahier).

Plus l'hétérogénéité de constitution est grande, plus grand est le risque qu'il y ait une différence entre la composition chimique des particules fines et celle des particules grossières. En résumé, il est plus difficile de juger visuellement de l'hétérogénéité de constitution à mesure que la granulométrie de la matière diminue. Toutefois, il devient plus facile de prélever un échantillon représentatif.

#### 4.3.1.3 L'hétérogénéité de distribution

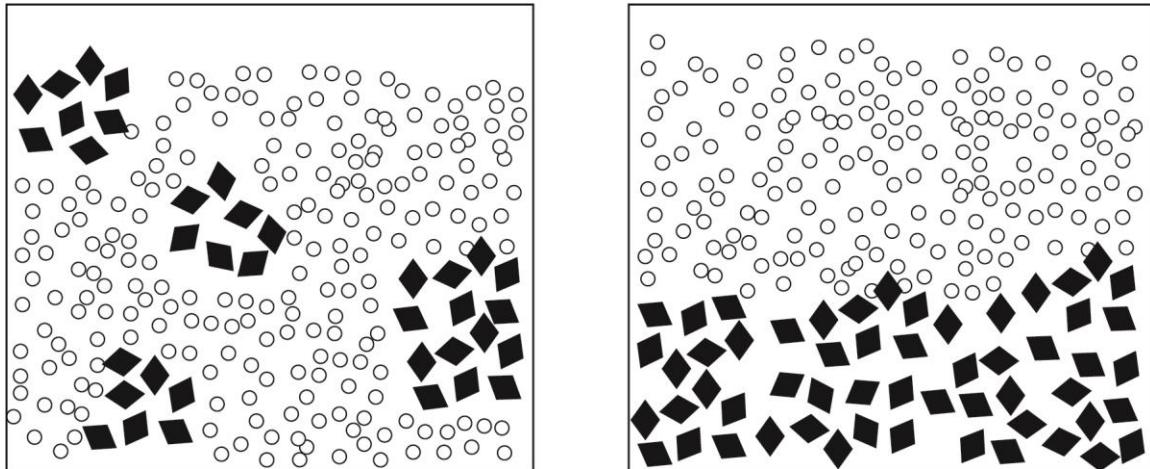
L'hétérogénéité de distribution résulte de la distribution spatiale des éléments entre eux. Cette notion fait référence à la ségrégation ou au regroupement des particules qui ne sont pas distribuées au hasard. Par conséquent, il s'agit d'une propriété extrinsèque de la matière dangereuse.

En l'absence des caractéristiques visuelles généralement rattachées à la granulométrie, à la couleur ou à l'odeur, il devient vite impossible de reconnaître la présence d'une contamination dont la distribution est hétérogène, sans procéder à des analyses chimiques. Elle se manifeste dans des barils, des réservoirs et dans les piles lorsque des matériaux de nature différente ont été accumulés.

Dans le cas des barils ou des sacs en polyéthylène tissé, l'hétérogénéité dans le plan horizontal est presque toujours plus faible que celle dans le plan vertical, en vertu même du mécanisme de remplissage des barils. Dans un baril, un seul prélèvement dans le plan vertical est souvent effectué. Néanmoins, selon la taille du contenant, plusieurs prélèvements dans le plan vertical permettent de mieux juger visuellement de l'hétérogénéité de distribution.

Par extension, on pourra aussi utiliser l'expression « hétérogénéité de distribution » dans le cas de plusieurs résidus mélangés ensemble pour les caractériser l'un par rapport à l'autre.

**Figure 2 : Hétérogénéité de distribution**



Groupement (à gauche) et ségrégation (à droite).

Source : USEPA, 2002.

Le tableau 1 résume les situations possibles.

**Tableau 1 : Conséquences de l'hétérogénéité et de la granulométrie sur la taille de l'échantillon et sur l'approche d'échantillonnage**

	Faible hétérogénéité de distribution	Forte hétérogénéité de distribution		
	Taille de l'échantillon*	Approche d'échantillonnage** recommandée	Taille de l'échantillon*	Approche d'échantillonnage** recommandée
Forté hétérogénéité de constitution et granulométrie grossière	grand	aléatoire ou non aléatoire	grand	non aléatoire, très souvent ciblé
Forté hétérogénéité de constitution et granulométrie fine	moyen	aléatoire (en général, aucun ciblage n'est possible ni nécessaire)	très grand	aléatoire (ciblé si on peut identifier les zones contaminées)
Faible hétérogénéité de constitution et granulométrie grossière	moyen à grand	aléatoire ou non aléatoire	moyen à grand	non aléatoire (ciblé)
Faible hétérogénéité de constitution et granulométrie fine	petit	aléatoire ou non aléatoire	moyen (est fonction de la granulométrie du milieu)	aléatoire (à moins de pouvoir identifier une zone contaminée)

\* Il s'agit de la taille requise pour que l'échantillon ait, dans la mesure du possible, une valeur représentative de l'ensemble. Les tailles petites ou grandes n'expriment pas des quantités précises, elles sont qualifiées l'une relativement à l'autre. Les tailles devraient être précisées cas par cas en suivant les principes décrits dans le tableau 1 et en tenant compte des contraintes pratiques sur le terrain. Un exemple de masses adéquates en fonction des dimensions maximales des particules d'un échantillon est donné dans la section 8 de la norme ASTM D6051-15 et a été repris dans le document de l'USEPA, 2003. Dans cet exemple, la masse minimale recommandée est de 5 kg pour un échantillon dont la dimension maximale des particules est de 1,7 cm.

\*\* Les approches d'échantillonnage sont définies dans la section 5 du présent cahier.

#### 4.3.1.4 Volume d'échantillon et réduction des échantillons solides

La présente sous-section ne s'applique pas à un échantillonnage non aléatoire (voir la sous-section 5.2 du présent cahier). Lorsque l'échantillonnage aléatoire est choisi (voir la sous-section 5.1), une méthode de prélèvement est en principe correcte lorsqu'elle donne à tous les fragments qui composent une matière une chance égale d'être prélevés (ANRED, 1983). Selon ce principe, la masse d'échantillon à prélever augmente avec la dimension de ses plus gros fragments (ITRC, 2012).

À l'examen du tableau 1, on voit qu'effectivement l'échantillon prélevé peut être d'une grande taille en fonction de la granulométrie et de l'hétérogénéité de la matière échantillonnée. Il peut s'agir d'un échantillon composé ou ponctuel. Pour ce dernier, il serait plus juste de le qualifier d'échantillon individuel, car il peut être d'une grande taille.

Après le prélèvement, il peut être pratique d'appliquer sur le terrain une procédure qui permet de réduire la masse de l'échantillon à une taille qui peut être reçue au laboratoire, en limitant la perte de représentativité. Cette procédure peut s'appliquer aux MGR ou aux matières granulaires industrielles, et ne peut pas être utilisée lorsque les contaminants à analyser sont volatils ou semi-volatils, en raison des risques de perte lors de la manipulation.

Pour que la procédure s'applique, il faut que le matériau à échantillonner contienne des granulats dont la grosseur est de plus de 2,5 mm. La dimension maximale des matériaux granulaires prélevés est limitée par l'ouverture du contenant de l'échantillon.

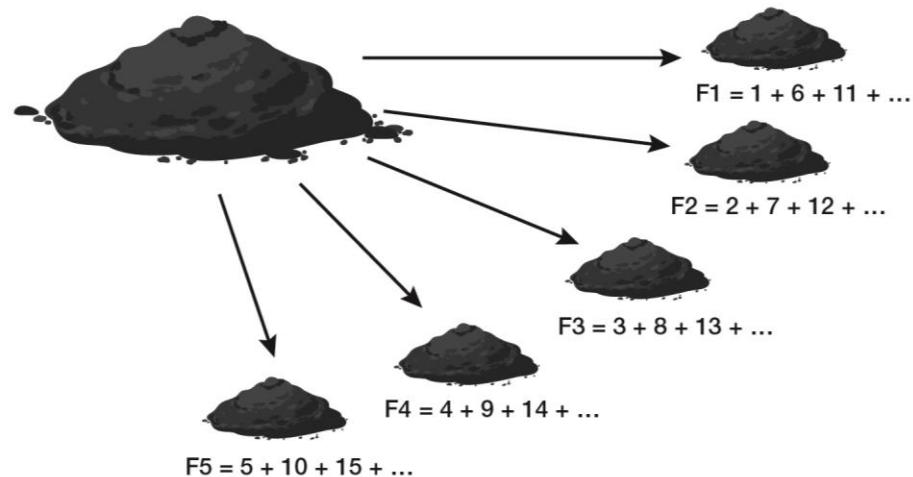
La réduction de l'échantillon est faite sur le site de prélèvement. Bien que le quartage soit mieux connu (ASTM C702) et demeure acceptable, les protocoles par pelletage alterné ou fractionné sont préférables, car ils sont plus simples et plus fiables (ANRED, 1983).

En résumé, le quartage consiste à pelleter la matière sur elle-même autour d'un axe vertical en vue d'obtenir un cône. Le cône est ensuite aplati et divisé en quartiers. On retient deux quarts opposés qui sont remélangés et divisés en quartiers jusqu'à ce que l'échantillon soit réduit à la taille désirée en vue des analyses de laboratoire.

Le pelletage alterné consiste à transférer tout l'échantillon en le déversant alternativement sur deux piles, en pelletées de même taille prélevées au hasard dans l'échantillon. Chacune des deux piles est formée du même nombre de pelletées et il en faut au moins une dizaine par pile.

Le pelletage fractionné est similaire au pelletage alterné, mais l'échantillon est divisé en plusieurs sous-piles au lieu de deux. Une pelletée à la fois est prélevée dans l'échantillon en pile et ajoutée à chacune des sous-piles à tour de rôle. D'abord la sous-pile F1, ensuite F2, F3, F4, F5. On recommence avec F1 et ainsi de suite. Par exemple, la sous-pile F1 sera ainsi formée des 1<sup>re</sup>, 6<sup>e</sup>, 11<sup>e</sup> pelletées... (voir la figure 3). Au besoin, une des sous-piles formées est choisie au hasard et la procédure est répétée jusqu'à l'obtention de la taille désirée.

Figure 3 : Pelletage fractionné



Source : USEPA, 2003.

Voir la sous-section 7.2.2.4 du présent cahier pour les caractéristiques de la pelle. Consultez notamment les références suivantes pour obtenir des protocoles plus détaillés (ANRED, 1983 et 1984, ASTM C702, USEPA, 2003).

Il est aussi possible de réduire un échantillon de matières granulaires en utilisant des seaux rectangulaires et en adaptant une procédure développée pour les grains (Commission canadienne des grains).

Cependant, si le protocole se limite à mélanger l'échantillon et à y prélever une quantité de matière d'une taille qui peut être reçue au laboratoire, on peut s'attendre à une représentativité moindre en comparaison avec les autres protocoles décrits plus haut (USEPA, 2003).

En principe, il serait possible d'utiliser des équipements conçus pour réduire la taille de l'échantillon, comme un séparateur de type riffles, un diviseur Boerner ou un autre équipement équivalent. Cependant, ces équipements sont moins pratiques pour des travaux de terrains et plus difficiles à nettoyer.

Le désavantage d'une procédure de réduction des échantillons solides est le risque de les altérer lors des manipulations. Les risques d'une contamination croisée entre échantillons à cause d'un nettoyage inadéquat des équipements ne sont pas négligeables. Les mêmes précautions doivent être prises avec les équipements utilisés pour la réduction des échantillons solides qu'avec ceux qui sont utilisés pour leur prélèvement, en matière de compatibilité des matériaux ou procédures de nettoyage, par exemple. Il est possible de consulter la sous-section 3.1 du [Cahier 1, Généralités](#), à ce sujet.

### 4.3.2 État liquide

Les liquides uniphasés avec des contaminants solubles sont présumés homogènes et, sous cette condition, un échantillonnage représentatif peut être réalisé au moyen d'un seul prélèvement en un point quelconque du contenant.

Des liquides résiduels et possiblement dangereux renferment souvent des solides en suspension. Ces solides sont prélevés avec les liquides.

Les liquides constitués de substances immiscibles présentent une hétérogénéité dans le plan vertical. Ils forment des phases distinctes qui se superposent en couches successives. Les matériaux les plus denses occupent les strates inférieures.

Un mélange de plusieurs phases liquides, avec ou sans phase solide, est très courant. Le cas d'une phase aqueuse accompagnée d'une phase organique (par exemple, un hydrocarbure pétrolier) est le plus commun. En première approximation, chaque phase est homogène dans le plan horizontal. L'hétérogénéité ne se manifeste que dans le plan vertical, sauf dans le cas de liquides très visqueux. La viscosité du milieu affecte le choix du type de pompe et est prise en considération lors de la planification si une pompe est requise (voir la sous-section 7.2.1.4 du présent cahier).

La concentration des substances contaminantes est presque toujours distribuée différemment entre les phases. Par exemple, en présence d'un mélange immiscible d'eau et d'huile, les BPC seront en grande partie solubilisés dans l'huile. En présence de phases multiples, le prélèvement de chacune d'elles permettra leur analyse individuelle. Cette approche est plus susceptible de fournir des renseignements adéquats pour la comparaison à une norme.

Lorsque la séparation des phases est problématique, le prélèvement d'une colonne complète de liquide est préférable, puisqu'il est toujours possible de les séparer en laboratoire.

### 4.3.3 État boueux ou semi-solide

Les boues sont constituées de solides dissous et en suspension, qui contiennent une proportion variable de liquides. Tout comme pour les liquides, la viscosité et la densité affectent le choix des équipements d'échantillonnage.

En raison de la présence d'une grande proportion d'eau et parfois à cause d'émanations de gaz, les boues pompables sont souvent placées dans des réservoirs ouverts qui offrent un accès limité. L'échantillonnage de larges cuves requiert des équipements ou des installations particulières, comme une grue, ou encore l'aménagement d'une plateforme.

En présence de phases multiples (liquide, semi-solide ou solide), le prélèvement de chacune d'elles permettra leur analyse individuelle.

#### 4.3.4 État gazeux

Le présent cahier ne traite pas de ce type d'échantillonnage. En effet, la définition de matière gazeuse, en vertu de l'article 3 du RMD, se limite aux gaz confinés dans un contenant et qui possèdent une propriété de danger, tel que l'inflammabilité ou la corrosivité sur le système respiratoire. Voir la sous-section 4.4 du présent cahier pour plus de détails.

### 4.4 Choix des paramètres analytiques

Finalement, la détermination des paramètres analytiques fait l'objet de la dernière étape de la planification d'une campagne d'échantillonnage. On tient compte notamment de l'historique du site (voir la sous-section 3.1 du présent cahier). Le choix des paramètres analytiques est lié au procédé générateur des matières résiduelles. L'annexe A du [Cahier 1, Généralités](#), présente des activités en lien avec des paramètres ou contaminants. On retrouve aussi un tableau du même type dans l'annexe 1 du [Guide de caractérisation des terrains](#).

Il est rare, surtout si une évaluation préliminaire a été réalisée, que l'on n'ait aucune idée des paramètres à analyser. Si c'était le cas, il est préférable, tel qu'il a déjà été précisé dans la sous-section 3.3 du présent cahier, de requérir des analyses de dépistage qui offrent l'identification d'un large éventail de substances.

Pour l'application du RMD, ces analyses de dépistage ne sont pas suffisantes et doivent être complétées par la mesure d'autres paramètres analytiques, une fois les résultats préliminaires connus.

Les principaux paramètres analytiques généralement requis pour l'analyse des matières dangereuses ou potentiellement dangereuses sont décrits dans le tableau 2, selon les propriétés de danger des matières. Par définition, une matière dangereuse se trouve dans un état concentré relativement à d'autres matières qui peuvent être analysées. Une mention au laboratoire est requise notamment pour éviter que les instruments analytiques soient affectés.

Les analyses peuvent être effectuées sur un échantillon ou après une lixiviation. La lixiviation consiste à mettre l'échantillon en contact avec un milieu aqueux dans le but d'évaluer le comportement de la matière soumise à une simulation de conditions environnementales. Les résultats des essais sont comparés à des normes ou des critères qui sont établis par règlement (article 3 ou 4 du RMD) ou qui sont définis pour répondre à des besoins particuliers.

De plus, même s'il ne s'agit pas d'un paramètre nommé dans le RMD, la mesure de la densité peut être requise pour l'application de ce règlement. En effet, des normes s'appliquent lorsqu'une certaine quantité en kilogrammes de MDR est entreposée. Lorsqu'il s'agit de MDR liquides, il peut être requis de prélever des échantillons pour en mesurer la densité. Il n'y a pas d'accréditation pour la mesure de la densité; il est recommandé de confier cette tâche à un laboratoire qualifié ISO/CEI 17025 par un organisme reconnu.

Le transport des échantillons dont il est raisonnable de croire qu'ils sont des marchandises dangereuses fait l'objet de conditions particulières décrites dans les articles 1.19 et 1.19.1 du *Règlement sur le transport des marchandises dangereuses*. Ces articles font partie intégrante du *Règlement sur le transport des matières dangereuses*, comme cela est expliqué dans l'article 4 de ce règlement. Consultez aussi la section 6.5.1 du [Cahier 1, Généralités](#), à ce sujet.

Le tableau 2 ne comporte pas de paramètres analytiques pour certaines propriétés ou catégories de matières dangereuses, soit parce qu'il n'en existe pas, soit parce que des interventions pour ces propriétés sont inusitées et nécessitent dans certains cas des équipements ou une expertise spécialisée. Par conséquent, l'échantillonnage des matières comburantes, explosives ou gazeuses ne sera pas traité dans ce cahier.

Il est aussi parfois possible de connaître une propriété d'une matière sans prélèvement et analyse d'échantillons, en référant à sa classification par rapport au *Règlement sur le transport des marchandises dangereuses* ou au SIMDUT.

**Tableau 2 : Propriétés des matières dangereuses et analyses requises**

Matière (article 3 du RMD)	Paramètres analytiques*	Remarques
Comburante	Non	Aucun paramètre d'analyse n'est prescrit pour cette propriété.
Corrosive	pH Corrosivité : méthode gravimétrique (essai de corrosion de l'acier)	Essai de corrosion de l'acier peu utile si les pH sont supérieurs à 7.
Explosive	Non	Aucun paramètre d'analyse n'est prescrit pour cette propriété.
Radioactive	Activités de certains radionucléides dans les chaînes de désintégration de l'uranium-235 et 238 et du thorium-232. Activité du potassium-40.	Vérification de l'activité des radionucléides soupçonnés. Pas d'accréditation pour les analyses déterminant la radioactivité en application du RMD, voir l'article 18 de ce règlement. Dans le cas où aucune accréditation par le MELCCFP n'existe pour un paramètre visé, il doit s'agir d'un laboratoire qualifié ISO/CEI 17025 par un organisme reconnu. Voir la fiche <a href="#">Définition de « matière radioactive » du RMD</a> pour plus d'information sur cette propriété.
Gazeuse	Non	Aucun paramètre d'analyse n'est prescrit pour cette propriété.
Inflammable	Pour les liquides : point éclair (technique Pensky-Martens, vase clos)  Pour les solides : matières qui au contact de l'eau dégagent des gaz inflammables.	Pour les matières solides, aucun paramètre d'analyse n'est prescrit pour les autres propriétés de danger décrites dans les paragraphes 2° et 3° de la définition de « matière inflammable » de l'article 3 du RMD.
Lixiviable	Cyanures totaux (pour les liquides)  Fluorures totaux  Arsenic, baryum, bore, cadmium, chrome, plomb, sélénium, uranium  Mercure  Nitrates et nitrites  Nitrites	Pour les paramètres dans la colonne de gauche, analyse du contenu total pour les résidus liquides ou effectuer un essai de lixiviation et analyser le lixiviat pour les résidus solides.

Matière (article 3 du RMD)	Paramètres analytiques*	Remarques
Toxique	Cyanure d'hydrogène Sulfures d'hydrogène Dioxines et furanes totaux  Contenu total des matières toxiques (composés organiques semi-volatils ou volatils, composés phénoliques, hydrocarbures aromatiques polycycliques, etc.)	Analyses spécifiques selon les paramètres listés dans la colonne de gauche pour la vérification de la toxicité des résidus solides ou liquides.  Voir le paragraphe 3 de la définition de « matière toxique » de l'article 3 du RMD. Il s'agit des matières et substances visées aux articles 46 à 63 du <i>Règlement sur les produits contrôlés</i> (RPC) qui est maintenant abrogé. L'utilisation des définitions du RPC pour l'application du RMD demeure valide. Pour plus d'information, voir la fiche <a href="#">Matière toxique au sens du RMD</a> .
Assimilée à une matière dangereuse (article 4 du RMD)	Huiles et graisses** : Détermination des hydrocarbures pétroliers ( $C_{10}$ à $C_{50}$ )  Halogènes organiques totaux  Biphenyles polychlorés totaux (BPC)  Contamination de la surface	    Analyse de frottis pour les surfaces non poreuses ou analyse de fragments pour les surfaces poreuses. Le prélèvement par frottis est expliqué dans la sous-section 9.1 du présent cahier. Pour plus d'information, voir la fiche <a href="#">Matériaux de démantèlement et contamination de surface</a> .
Utilisée à des fins énergétiques (annexe 5 ou 6 du RMD)	Biphenyles polychlorés totaux  Halogènes totaux  Arsenic, cadmium, chrome, plomb  Point éclair (technique Pensky-Martens, vase clos)  Pouvoir calorifique  Teneur en soufre   Pouvoir calorifique  Teneur en soufre	    Applicables aux huiles usées.     Applicables aux autres matières dangereuses résiduelles.

\* La nomenclature des paramètres est harmonisée avec celle de la [Liste des méthodes d'analyse relatives à l'application des règlements découlant de la LQE, RMD](#).

\*\* La détermination des huiles et graisses se fait par l'analyse d'un échantillon selon le paramètre analytique « huiles et graisses – détermination des hydrocarbures pétroliers ( $C_{10}$  à  $C_{50}$ ) » prévu dans la « Liste des méthodes d'analyses relatives à l'application des règlements découlant de la LQE » publiée par le Ministère.

Il est essentiel de contacter les laboratoires pour toute interrogation ou tout renseignement supplémentaire.

## 5. APPROCHES D'ÉCHANTILLONNAGE ET TYPES D'ÉCHANTILLONS

Il convient de distinguer deux approches, aléatoire ou non aléatoire. L'échantillonnage aléatoire est aussi parfois nommé échantillonnage probabiliste. Pour que des données soient admissibles au traitement statistique, elles proviennent, à strictement parler, d'un échantillonnage aléatoire décrit dans la sous-section 5.1.

En effet, le traitement statistique des données issues de l'analyse d'échantillons requiert généralement que ces échantillons aient été prélevés selon une approche aléatoire. Il demeure toutefois possible de faire certains calculs indicatifs avec des données provenant d'un échantillonnage non aléatoire.

Les tableaux 1, 3 et 4 décrivent différentes situations où les approches aléatoires ou non aléatoires peuvent être utilisées.

### 5.1 Échantillonnage aléatoire

La sous-section 2.1.2 du [Cahier 1, Généralités](#), fournit des informations d'application courante en rapport avec l'échantillonnage aléatoire simple ou systématique.

Le mot aléatoire signifie que le choix du point de prélèvement est effectué au hasard, sans qu'interviennent le jugement ou la décision du préleveur. Il existe plusieurs façons de préparer un plan d'échantillonnage aléatoire, aussi désigné sous l'épithète probabiliste.

Parmi les divers modèles (patrons) proposés pour l'échantillonnage aléatoire (Richard O. Gilbert, 1987; J.M. Martel et R. Nadeau, 1988, USEPA, 2002), deux peuvent être retenus. Ce sont les échantillonnages aléatoires simple et systématique. Ces méthodes sont praticables sur un, deux ou trois axes, ce qui permet d'intervenir sur une distance, une surface ou un volume. On peut ainsi évaluer la concentration d'un contaminant et sa distribution dans l'espace. De même, on peut évaluer la variation de la concentration d'un contaminant en fonction du temps.

#### 5.1.1 Échantillonnage aléatoire simple

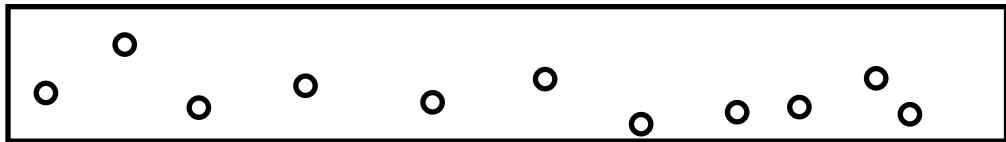
L'échantillonnage aléatoire simple requiert de définir un périmètre et de déterminer au hasard des points de prélèvement à l'intérieur de cette zone. Chaque point doit avoir une chance égale d'être sélectionné, et le choix d'un point ne doit pas affecter le choix d'un autre. En principe, la détermination des points doit être faite à partir de règles précises, qui incluent l'utilisation d'une table de nombres aléatoires (B. Scherrers, 1984, USEPA, 2002).

La méthode des nombres aléatoires est utilisée pour éliminer toute possibilité de biais relié à l'intervention humaine, dont le jugement pourrait être influencé par des éléments suggestifs, telles l'apparence ou la couleur, qui constituent des incitatifs au prélèvement de certains échantillons.

Par exemple, si l'on veut prélever cinq échantillons sur une distance de dix mètres, on choisira à partir d'un point de la table les cinq nombres consécutifs qui sont compris entre 0 et 10. Si l'on veut mesurer les distances au centimètre près, il suffit de choisir les nombres qui varient entre 0 et 1000. La même méthode permettra de choisir les autres coordonnées du plan cartésien. Il est aussi possible de déterminer de la sorte seulement les points d'échantillonnage en surface et d'utiliser la technique systématique décrite dans la sous-section 5.1.2 du présent cahier pour l'échantillonnage en profondeur ou vice versa.

En situation concrète, par exemple devant une pile plus ou moins difforme, il peut être difficile d'appliquer scrupuleusement un modèle aléatoire simple. Des échantillons choisis à l'aveuglette par le préleveur peuvent autant être représentatifs du milieu que s'ils l'avaient été au moyen d'une table de nombres (B. Scherrers, 1984). En réalité, l'usage d'une table confère automatiquement à un ensemble de points un caractère aléatoire, alors qu'il peut subsister des doutes dans le cas d'échantillons choisis à l'aveuglette. Le tout dépend jusqu'à quel point on peut associer un caractère aléatoire à la méthodologie utilisée.

**Figure 4 : Modèle aléatoire simple**

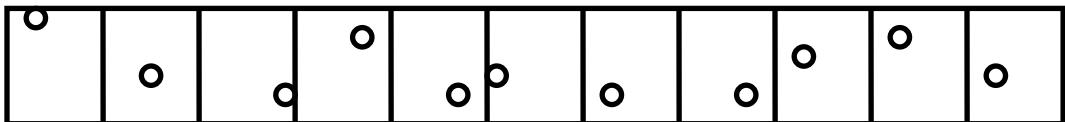


### 5.1.2 Échantillonnage aléatoire systématique

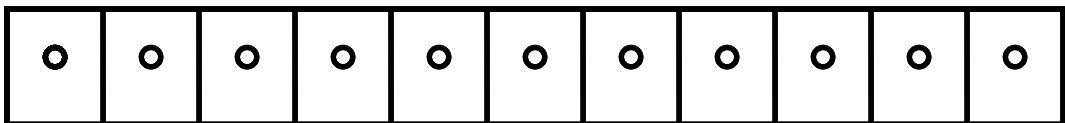
L'échantillonnage aléatoire systématique consiste à choisir au hasard le premier point de prélèvement et, dans un univers unidimensionnel, à y ajouter ou à y soustraire une unité de longueur choisie à l'avance (intervalle d'échantillonnage). Selon la position du premier point dans le segment à l'étude, des opérations d'addition et de soustraction de la grandeur fixe permettront de couvrir tout le secteur désiré. Dans un cadre bi ou tridimensionnel, une grille ou un cube de grandeur fixe viendra diviser la surface ou le volume en parties égales. Cette grille sera choisie de façon à couvrir les dimensions de la zone à l'étude et doit donc être conciliable avec le nombre de points de prélèvement nécessaires. Ainsi, pour échantillonner sur une distance linéaire de 100 mètres, en prélevant dix échantillons, la distance entre chaque point à partir du premier point choisi au hasard sera de 10 mètres. Par la suite, les points d'échantillonnage sont sélectionnés aléatoirement ou systématiquement à l'intérieur de chaque espace, maille ou cube ainsi formé.

**Figure 5 : Modèles aléatoires systématiques**

**Modèle aléatoire systématique avec position aléatoire dans chaque maille**



**Modèle aléatoire systématique avec position systématique dans chaque maille**



Il est aussi possible de modifier la méthode en échantillonnant seulement à toutes les deux ou trois mailles de la grille de prélèvement. Toutefois, ces dispositions doivent être déterminées à l'avance et demeurer invariables en cours de réalisation.

Les mailles utilisées peuvent être carrées, rectangulaires ou triangulaires. Les mailles carrées sont les plus courantes.

L'usage d'une grille systématique est préférable à l'approche aléatoire simple. L'approche systématique permet de couvrir toute la surface du contenant ou de la pile, tandis que certaines régions risquent de ne pas être couvertes avec l'approche aléatoire simple. Même si l'approche aléatoire simple est en principe équivalente à l'approche systématique, elle affiche la lacune de générer une distribution irrégulière de la densité des points d'échantillonnage, laissant parfois des zones importantes sans lieu de prélèvement. La grille systématique génère nécessairement une distribution uniforme des points dans toute la région à l'étude.

Le tableau 3 résume la situation. Les avantages ou désavantages sont discutés plus en détail dans la sous-section 5.3 du présent cahier.

**Tableau 3 : Approches d'échantillonnage aléatoire et domaines d'application**

Approche d'échantillonnage	Définition	Domaine d'application	Avantages/désavantages
Aléatoire simple	Définition de l'unité à l'étude et détermination des points de prélèvement selon une approche aléatoire en utilisant une table de nombres aléatoires (voir la sous-section 5.1.1 du présent cahier) ou une technique équivalente.	Utile lorsque l'approche aléatoire est requise et qu'il n'y a aucun avantage à procéder de façon systématique.	Fournit un moyen d'éliminer les biais dans le choix des points de prélèvement.  Distribution inégale de la densité des points de prélèvement.
Aléatoire systématique	Le point de départ est choisi de façon aléatoire et tous les autres points sont disposés par rapport au premier en additionnant ou soustrayant une distance donnée.	Recommandable lorsque la substance a une constitution hétérogène difficilement homogénéisable.	Permet de couvrir toute la zone à l'étude et de mettre en évidence le degré d'homogénéité.  Le prélèvement d'un trop petit nombre d'échantillons (grande dimension de la grille) réduit les chances de découverte d'une zone problématique.

## 5.2 Échantillonnage non aléatoire (ciblé ou selon le jugement)

La sous-section 2.1.1 du [Cahier 1, Généralités](#), fournit déjà des informations d'application courante en rapport avec l'échantillonnage non aléatoire.

L'échantillonnage non aléatoire, aussi appelé échantillonnage non probabiliste, est constitué de l'ensemble des pratiques dans lesquelles intervient le jugement ou la décision du préleveur dans le choix des points de prélèvement.

L'échantillonnage non aléatoire peut donner de bons résultats et constituer, selon l'objectif, l'approche d'échantillonnage à privilégier. L'échantillonnage non aléatoire peut servir à évaluer l'étendue d'une contamination près d'un équipement à risque (un réservoir, par exemple) ou à établir la présence d'une matière dangereuse en démontrant la présence d'un contaminant et en déterminant les concentrations les plus élevées.

Dans le contexte environnemental, il résulte souvent de l'échantillonnage en un ou quelques points, alors que les positions ont été établies sans faire appel aux lois du hasard discutées dans la sous-section 5.1 du présent cahier.

Même avec plusieurs résultats, l'échantillonnage non aléatoire a comme principal point faible de fragiliser les conclusions issues du traitement statistique et d'empêcher l'utilisation de ces données statistiques sur une base formelle. Selon l'objectif de la campagne d'échantillonnage, la statistique n'est pas toujours nécessaire. Par exemple, le fait qu'un seul échantillon contienne un contaminant est suffisant pour démontrer sa présence, si c'est l'objectif. De même, lorsque le contaminant dans un échantillon est en concentration largement supérieure à une norme, ce seul échantillon est suffisant pour démontrer le non-respect de la norme.

Il existe des échantillonnages non aléatoires différents, mais apparentés : ciblé ou selon le jugement. La sous-section 2.1.1 du [Cahier 1, Généralités](#), fournit des informations d'application courante en rapport à l'échantillonnage ciblé ou selon le jugement.

D'une part, pour l'échantillonnage ciblé (USEPA, 2002), un effort est réalisé pour retenir la partie qui semble la plus contaminée au préleveur. Ce type de prélèvement est utilisé, entre autres, lorsque la contamination est sporadique ou disséminée (hétérogénéité de distribution). Une pile de résidus qui contient toutes sortes de matériaux hétéroclites, tels des sols, des matériaux de construction et quelques pièces de matériaux contaminés, constitue un exemple typique (voir la sous-section [8.4.3.2](#) du présent cahier).

D'autre part, après avoir examiné un résidu, le préleveur qui possède la compétence et le jugement approprié est en mesure d'identifier, par la couleur, la texture ou d'autres caractéristiques de la substance, un échantillon qui lui semble typique. Ce type de prélèvement est donc réalisé selon le jugement du spécialiste (USEPA, 1994, EPA 530-R-12-001). Ce dernier devra justifier en quoi l'échantillon prélevé est typique.

Le tableau 4 résume la situation. Les avantages et inconvénients sont discutés plus en détail dans la sous-section [5.3](#) du présent cahier.

**Tableau 4 : Approches d'échantillonnage non aléatoires et domaines d'application**

Approche d'échantillonnage	Définition	Domaine d'application	Avantages/désavantages
Échantillonnage ciblé	Technique qui consiste à choisir l'échantillon qui semble être fortement contaminé. L'échantillon est de type ponctuel.	Très utilisé pour démontrer la présence de matières dangereuses, surtout lors des premières interventions.	Permet d'établir la présence ou l'absence de matières dangereuses. Apporte peu ou pas de renseignements sur la distribution spatiale, à moins de prélever plusieurs échantillons.
Échantillonnage selon le jugement	Prélèvement ou préparation d'un échantillon qui semble représentatif de l'ensemble d'un milieu.	Applicable en présence d'une matière dont on peut reconnaître des unités hétérogènes.	La crédibilité des conclusions diminue à mesure qu'augmente le doute au sujet de l'homogénéité du milieu. La représentativité se limite à la fiabilité du jugement du préleveur. Il est préférable de procéder en duplicata afin d'évaluer la représentativité sur une base plus formelle.

## 5.3 Avantages et inconvénients des échantillonnages aléatoires ou non aléatoires

Dans le cas de solides, l'échantillonnage aléatoire est plus exigeant par rapport à un échantillonnage ciblé, lorsque la contamination est distribuée de façon hétérogène et qu'elle est décelable visuellement.

Dans le cas de liquides, plus ils sont hétérogènes, plus on a avantage prélever toute la colonne de liquide, plutôt que de choisir un échantillonnage aléatoire. Prenons l'exemple d'un baril de BPC contenant des particules et des chlorobenzènes (cet exemple est décrit en détail dans la sous-section 5.5 du présent cahier). Un échantillonnage aléatoire réalisé sur différents points, répartis selon la verticale, conduit presque nécessairement à une concentration globale des contaminants moins exacte que celle qui est évaluée à partir d'un prélèvement représentatif de toute la colonne de liquide. L'approche aléatoire ne permet pas de s'assurer que chacune des strates a été échantillonnée.

L'autre danger qui guette le préleur, lorsqu'il s'en remet à des mélanges d'échantillons prélevés selon une approche aléatoire, est de diluer une matière contaminée avec d'autres matières qui ne le sont pas. Les concentrations mesurées dans le mélange peuvent respecter les normes ou les critères, et même se situer sous les limites de détection analytique. Cela permettrait de conclure que la zone n'est pas contaminée, alors que la réalité est tout autre.

Il est imprudent de s'en remettre seulement aux statistiques pour établir l'approche d'échantillonnage. L'approche choisie dépend des objectifs (voir la sous-section 4.1 du présent cahier). Cette affirmation est grandement appuyée par le fait qu'en présence de matériaux fortement hétérogènes, l'objectif peut être de déterminer la contamination et de délimiter la zone contaminée, parfois en tenant compte qu'il est possible de séparer les matériaux.

Même si chaque situation doit être évaluée cas par cas, il reste possible de dégager certains principes généraux qui régissent l'établissement d'une stratégie d'échantillonnage.

Plus une contamination occupe un espace restreint par rapport à l'espace où elle est suspectée, plus il devient risqué de rater la découverte d'une zone contaminée en utilisant une approche aléatoire, à moins de fractionner les prélèvements et d'en analyser un grand nombre. Dans ces circonstances, un échantillonnage ciblé permet de mettre en évidence la zone et d'en évaluer approximativement la distribution spatiale.

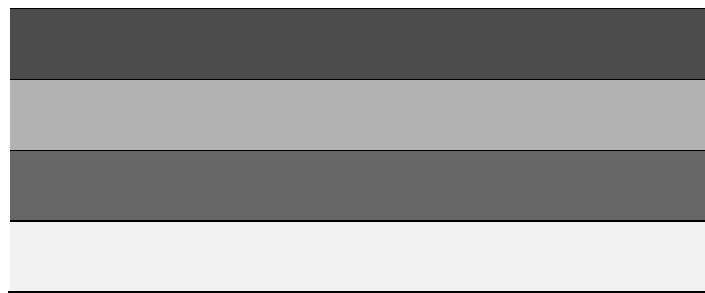
Avant d'utiliser les techniques aléatoires, il est souhaitable de prélever la matière de façon représentative (voir la sous-section 5.5 du présent cahier), tout particulièrement dans les matières présentant des indices d'hétérogénéité, comme dans l'exemple du baril décrit au début de cette sous-section.

Autrement, la prise de plusieurs échantillons suivant une approche aléatoire appropriée permettra d'utiliser la statistique pour traiter les résultats.

## 5.4 Échantillonnage stratifié

L'échantillonnage en strates est très utile lorsqu'une pile est composée de matériaux différents empilés par couches successives. Cette méthode doit être utilisée lorsque des indices, comme la couleur, la consistance, etc., permettent de déceler que les matériaux sont disposés par strates.

**Figure 6 : Échantillonnage stratifié**



Dans le cas de strates horizontales successives, les strates identifiables sur chacune des carottes seront séparées et analysées distinctement. Si c'est possible, afin de limiter le nombre d'analyses, les strates présentant une nature semblable seront mélangées, pourvu que la localisation de leurs coordonnées cartésiennes soit cohérente d'un point à l'autre. La sous-section 8.4.3.1 du présent cahier donne un exemple concret d'échantillonnage stratifié en pile.

On trouve les mêmes applications lorsque des matériaux d'une composition différente ont été entassés les uns à côté des autres. L'empilement affiche alors une composition discontinue dans le plan horizontal, lors du passage d'une strate verticale à l'autre.

## 5.5 Échantillonnage représentatif

Lorsqu'une substance est distribuée de façon homogène dans un milieu ou un espace donné, le prélèvement en un seul point permet alors l'obtention d'un résultat représentatif de la population.

Il y a aussi possibilité de prélever de façon proportionnelle des unités hétérogènes. Par exemple, un baril peut contenir des liquides distribués de façon hétérogène. En règle générale, dans le cas d'un liquide, l'hétérogénéité se manifeste seulement dans le plan vertical. Ainsi, dans un baril contenant des particules métalliques, des BPC et des chlorobenzènes, on trouvera les particules métalliques au fond, les BPC au centre et les chlorobenzènes dans la partie supérieure. Le prélèvement d'une colonne de liquide à l'aide d'un Coliwasa (*composite liquid waste sampler*) ou d'un tube à clapet, par exemple, enfoncé jusqu'au fond du baril permettra le prélèvement d'un échantillon représentatif. La sous-section 8.1 du présent cahier aborde plus en détail l'échantillonnage des contenants, incluant les barils.

Dans ces deux exemples, un seul échantillon semblera représentatif aux yeux du préleveur, mais il lui sera impossible d'estimer la représentativité en faisant un traitement statistique des données.

En réalisant ce type d'échantillonnage, le préleveur devrait toutefois noter les raisons qui attestent de l'homogénéité, ou les arguments qui expliquent comment la technique de prélèvement fait en sorte que l'échantillon est représentatif d'unités hétérogènes afin de justifier ses conclusions.

Plus généralement, un échantillon représentatif est un échantillon prélevé de façon telle qu'il reflète une ou des caractéristiques d'intérêt de sa population (ASTM D6009-96).

Pour estimer objectivement la représentativité à l'aide d'une méthode statistique, il est nécessaire d'utiliser une approche d'échantillonnage aléatoire et d'offrir à toutes les particules de la matière échantillonnée une chance égale d'être prélevées (voir les sous-sections 5.1 et 7.2.2 du présent cahier).

## 5.6 Les types d'échantillons

Une fois l'approche d'échantillonnage choisie, il est nécessaire de déterminer le type d'échantillon (ponctuel ou composé) à prélever.

En résumé, l'échantillon ponctuel est prélevé à un endroit ou à un moment particulier. Par exemple, on peut prélever un ou des échantillons ponctuels selon une approche ciblée, si l'objectif est de déterminer la présence d'un contaminant ou d'une matière dangereuse (voir les sous-sections 4.1.1 et 5.2 du présent cahier). Il est aussi possible de prélever des échantillons ponctuels selon une approche aléatoire selon l'objectif de la campagne d'échantillonnage (voir les sous-sections 4.1 et 5.1 du présent cahier). L'échantillon ponctuel est parfois aussi appelé échantillon individuel, par opposition à échantillon composé.

L'échantillon composé (aussi parfois nommé composite) est formé en mélangeant différents sous-échantillons ponctuels d'une même matière, prélevés à des endroits ou à des moments différents. Par exemple, on peut prélever sur une bande transporteuse (voir la sous-section 8.2 du présent cahier) un sous-échantillon de matières résiduelles au quart d'heure et analyser l'échantillon composé ainsi obtenu.

La concentration mesurée dans un échantillon composé est une moyenne des concentrations dans les sous-échantillons ponctuels. À strictement parler, cela implique une approche aléatoire pour le prélèvement des sous-échantillons ponctuels (voir la sous-section 5.1 du présent cahier).

Il est aussi possible de se référer à la sous-section 2.2 du [Cahier 1, Généralités](#), où les échantillons ponctuels ou composés sont expliqués, ainsi que les circonstances où il est adéquat de les utiliser.

Par exemple, il est mentionné dans le Cahier 1, *Généralités*, qu'on ne mélange pas des sous-échantillons ponctuels lorsque des composés organiques volatils ou semi-volatils sont recherchés, en raison des risques de volatilisation lors de la manipulation.

Il est aussi mentionné dans le Cahier 1, *Généralités*, que composer un échantillon peut causer une perte d'information lorsque la distribution du contaminant n'est pas homogène. C'est le cas pour des types de matières où une concentration mesurée d'un contaminant à un endroit donné ne pourrait pas également se retrouver à un autre endroit dans cette matière (distribution non homogène du contaminant).

De plus, il n'est pas recommandé de composer un échantillon, notamment si :

- On désire évaluer une propriété de danger, telle que la corrosivité et l'inflammabilité. En effet, l'inflammabilité d'un sous-échantillon ponctuel peut qualitativement être changée à cause du mélange avec un autre sous-échantillon (USEPA, 2002);
- Les sous-échantillons ponctuels sont incompatibles entre eux; un sous-échantillon acide et l'autre basique, par exemple. Il s'agit de sous-échantillons provenant de deux types de matières résiduelles différentes. Il n'est pas approprié de mélanger les sous-échantillons dans ce cas, comme le mentionne la sous-section 2.2 du Cahier 1, *Généralités*. C'est le prélèvement d'échantillons ponctuels et leur analyse distincte qui sont appropriés (USEPA, 2002);
- On possède des informations sur le procédé générateur d'une matière ou l'on dispose déjà de résultats d'analyses préliminaires, et que les concentrations anticipées sont près de la norme. Il est alors plus approprié de prélever des échantillons ponctuels et de les analyser séparément sans les mélanger.

Il est recommandé de composer un échantillon notamment si :

- On possède des informations sur le procédé générateur d'une matière ou si l'on dispose déjà de résultats d'analyses préliminaires, et que les concentrations anticipées sont très inférieures ou très supérieures à la norme;
- On possède des informations sur le procédé générateur ou l'on dispose de résultats d'analyses préliminaires et que les concentrations mesurées sont similaires. Ce serait le cas avec une matière homogène, par exemple une boue provenant du traitement d'un effluent industriel dans un bassin d'aération complètement mélangé.

Dans des cas particuliers, il peut être avantageux, pour des raisons de temps et d'efficacité, de composer un échantillon permettant de confirmer l'absence d'un contaminant en concentration supérieure à une norme pour tous les contenants formant un lot. Prenons l'exemple d'huile entreposée dans des barils. On désire confirmer l'absence de BPC dans cette huile en concentration supérieure à 50 ppm pour chacun des barils. Un échantillon est composé de sous-échantillons ponctuels de volumes égaux et prélevés dans chaque baril. Si les BPC ne sont pas détectés dans l'échantillon composé, il serait possible, en fonction du nombre de sous-échantillons et de la valeur de la limite de détection, de confirmer que l'huile dans chacun des barils respecte la concentration de 50 ppm en BPC. Si des BPC sont détectés ou mesurés dans l'échantillon composé, il faut retourner prélever un échantillon ponctuel dans chaque baril et analyser les BPC dans chacun d'entre eux.

## 6. RESTRICTIONS RELATIVES À L'HOMOGÉNÉISATION DES ÉCHANTILLONS EN LABORATOIRE

Bien que les travaux en laboratoire ne soient pas couverts par le présent guide, cette section a pour objet de sensibiliser le préleveur aux problèmes soulevés par l'homogénéisation des échantillons au laboratoire et ainsi de permettre au préleveur de mieux définir ses demandes analytiques et de maintenir une bonne communication avec le personnel du service analytique (CCME, 1993).

Ce sont les solides et les boues de granulométrie variable qui présentent le plus de difficultés d'homogénéisation.

### 6.1 Homogénéisation des solides

Dans le cas des solides, les limitations sont de deux types : celles qui sont issues de la faible masse des matières utilisées pour faire l'analyse et celles qui sont reliées à l'impossibilité de broyer ou sécher des échantillons.

Les restrictions touchant la masse des matériaux s'appliquent surtout aux analyses totales extractibles de chimie inorganique, et aux analyses organiques dans une moindre mesure, puisque la masse de l'échantillon utilisée est restreinte. Ainsi, en chimie inorganique, le dosage de métaux totaux extractibles est effectué à partir d'une masse de l'ordre du gramme, et d'environ 20 g pour le dosage dans le lixiviat. Pour les tests de lixiviation, cette distinction perd de l'importance, car une plus grande masse est utilisée pour réaliser l'essai. En chimie organique, la masse analysée est de l'ordre de cinq à vingt grammes de solides.

S'il était possible d'homogénéiser les échantillons par broyage et mélange, la restriction imposée par la masse s'amenuisera. Or, cette homogénéisation n'est pas possible dans beaucoup de cas.

Le broyage et mélange ne sont pas recommandés lorsque des composés organiques volatils ou semi-volatils sont recherchés, en raison des risques de volatilisation lors de la manipulation. En effet, plusieurs composés organiques ont une tendance à l'évaporation. Or, tout broyage provoque une augmentation de la température d'un échantillon. Qui plus est, cette opération est normalement effectuée sur un échantillon sec et, puisque le séchage entraîne la volatilisation des composés organiques, l'homogénéisation des échantillons devient difficilement praticable.

Quoique beaucoup moins important, le problème de l'évaporation existe aussi en chimie inorganique, car plusieurs composés du mercure sont volatils. La majorité des autres métaux et leurs composés usuels ne présentent pas ce type de comportement.

Le broyage n'est pas recommandé pour la plupart des matières granulaires (par exemple, celles des carrières).

Les échantillons environnementaux sont de nature diverse et contiennent des contaminants dont la concentration varie de non détectable à plusieurs milliers de parties par millions (ppm). Dans ce contexte, deux échantillons qui seraient soumis consécutivement à des opérations de broyage seraient facilement affectés par d'une contamination croisée, c'est-à-dire une contamination par des substances présentes dans l'équipement en provenance d'un échantillonnage antérieur. La contamination croisée représente une source d'erreur majeure dans le domaine analytique. L'utilisation d'une procédure adéquate de nettoyage intensif de l'équipement éliminerait ce genre de risque.

De plus, puisqu'il n'est pas recommandable dans la majorité des cas de sécher un échantillon, il devient aussi difficile de le tamiser. En effet, l'humidité a pour effet de provoquer une agglomération des particules, leur adhérence aux mailles du tamis et l'obstruction de ce dernier. Enfin, le tamisage humide, c'est-à-dire avec un jet d'eau, est lui aussi impraticable pour des raisons évidentes de perte du matériel.

## 6.2 Homogénéité des liquides

Si l'on présume que les liquides à une phase sont homogènes, le prélèvement d'une aliquote (fraction de l'échantillon) fournit un résultat représentatif. Tous les composés solubles, ce qui inclut beaucoup de substances inorganiques et certains composés organiques, tels les composés phénoliques, devraient être prélevés à l'aide de cette technique.

En présence de phases distinctes d'un volume suffisant, une analyse sur chacune permettra d'obtenir des résultats indépendants. Par exemple, dans le cas d'un mélange d'eau et de solvant chloré, une analyse distincte des deux phases est requise.

## 6.3 Homogénéisation des liquides contenant des solides

Il est préférable de prélever les phases séparément pour faciliter les analyses en laboratoire. De plus, il faut s'assurer d'avoir le volume requis pour chaque phase.

Dans le cas de l'analyse inorganique, les liquides contenant des solides sont de façon générale facilement homogénéisables. Toutefois, cette affirmation diffère lorsque la taille et la densité des particules solides augmentent.

Dans le cas de l'analyse organique, plusieurs techniques utilisent une extraction séparée pour les phases liquide et solide.

## 6.4 Considérations liées à la sélection du matériel à analyser

En présence d'un solide hétérogène avec des fractions fines et grossières, une décision doit être prise quant au choix de la fraction granulométrique soumise à l'essai. Pour mieux éclairer ce choix, des informations sur la composition chimique des particules peuvent avoir été obtenues lors de l'évaluation préliminaire (voir la section 3 du présent cahier). Au besoin, il est aussi possible d'effectuer une analyse granulochimique (analyse chimique du contenu de chaque fraction granulométrique).

On analyse le plus souvent les particules les plus fines pour diminuer les problèmes associés à la technique analytique, ce qui représente en pratique le choix le plus approprié pour évaluer une matière potentiellement dangereuse.

En effet, il est généralement reconnu et admis que :

- Les particules les plus fines sont susceptibles d'être plus préoccupantes parce qu'elles sont plus mobiles et qu'elles présentent les plus grandes surfaces de contact;
- Lorsque les contaminants sont adsorbés à la surface des particules, ce qui est souvent le cas pour des composés organiques, la fraction des particules fines retient la majorité de la contamination, car elle présente une plus grande surface de contact;
- Les particules les plus fines sont susceptibles de provenir de l'effritement des plus grosses. Lorsque cet énoncé est vrai, elles sont donc représentatives de la masse. Dans l'environnement, l'effritement naturel provient surtout des cycles de gel et dégel ou de l'érosion ou des deux;
- Le prélèvement de milliers de particules fines accroît les chances de représentativité, alors que le prélèvement de quelques gros morceaux la diminue;
- La surface de contact des grosses particules est faible, ce qui peut restreindre l'efficacité de l'extraction avant l'analyse, sauf dans le cas de substances poreuses;
- Les résidus issus de procédés industriels présentent très souvent une granulométrie fine, quoiqu'il y ait plusieurs exceptions à cette règle.

Deux autres aspects à considérer sont la quantité de l'échantillon suggérée ainsi que la masse et la granulométrie de l'échantillon à analyser. On trouvera des informations sur ces sujets dans le document [Mode de conservation des échantillons de matières dangereuses et de matières résiduelles](#) et dans la [Liste des méthodes d'analyses relatives à l'application des règlements découlant de la LQE, RMD](#).

## 7. ÉQUIPEMENT D'ÉCHANTILLONNAGE

Cette section énumère les principaux équipements utilisés pour l'échantillonnage des matières dangereuses ou potentiellement dangereuses, de même qu'une brève description de leur utilisation. On y présente les équipements d'échantillonnage que le MELCCFP considère comme appropriés pour prélever les échantillons de matières les plus représentatifs possible de leur milieu. Cette présentation n'en privilégie aucun par rapport à un autre, le choix devant être fait selon le contexte et les objectifs (voir la section 2 et la sous-section 4.1 du présent cahier). Les aspects qui sont de nature à affecter la qualité des résultats sont également traités dans cette section. Les questions d'accessibilité aux matières à échantillonner, même si elles sont fondamentales, ne seront pas abordées, car un trop grand nombre de situations existent. Quant aux techniques de lavage et de décontamination des surfaces des équipements d'échantillonnage qui entrent en contact avec les échantillons, elles sont présentées dans la sous-section 3.1 du [Cahier 1, Généralités](#).

Le responsable de la campagne d'échantillonnage devra porter une attention aux particularités de chaque équipement et de chaque méthode pour choisir les mieux adaptés. Le choix de l'équipement dépend notamment de la connaissance préalable de la matière résiduelle (voir la section 3 du présent cahier), de son mode d'entreposage (voir la sous-section 4.2 du présent cahier), des analytes visés ainsi que leur sensibilité à la présence d'air et au dégazage, de la durée de la campagne, de l'éloignement géographique du lieu d'échantillonnage, des manipulations requises et de la sensibilité de la calibration des appareils utilisés, s'il y a lieu.

Cela comprend les équipements qui servent aux prélèvements proprement dits, les outils de mélange et les contenants pour acheminer les échantillons au laboratoire. Au besoin, le prélevEUR peut utiliser des contenants intermédiaires pour l'aider dans le prélèvement d'échantillons. Par exemple, il pourrait mettre des sous-échantillons ponctuels provenant d'une pile dans une chaudière avant de remplir les contenants devant être transmis au laboratoire.

Le choix de l'équipement inclut également l'ensemble des moyens pour accéder au site. En raison de la multiplicité des situations, des équipements inhabituels seront parfois requis, comme une nacelle, une grue, un palan, un treuil, etc.

La section 4 du Cahier 1, *Généralités*, présente les instructions pour réaliser un contrôle de la qualité des opérations d'échantillonnage, comme l'usage de blancs et de duplicata, de même que des procédures de lavage des équipements. Sans restreindre l'importance des notions exposées dans cette section, il faut cependant préciser que, par définition, une matière dangereuse se trouve dans un état relativement concentré. Par conséquent, des équipements utilisés antérieurement dans des milieux faiblement ou non contaminés pourront être nettoyés avec une méthode distincte. Au besoin, l'analyse d'un échantillon blanc issu de la mise en contact des équipements avec un milieu comparable, mais exempt de contamination, permettra de justifier une méthode de nettoyage adéquate. Les opérations en milieux fortement contaminés entraînent toutefois des risques élevés de contamination croisée. En cas de doute, il est suggéré de s'en remettre aux procédures désignées dans le [Cahier 1, Généralités](#).

## 7.1 Compatibilité des matériaux utilisés et des substances recherchées

Le responsable de la campagne d'échantillonnage doit s'assurer que toute surface qui est en contact avec la matière résiduelle échantillonnée est compatible avec les paramètres recherchés et ne l'altère pas.

Les analyses requises déterminent le type de matériel qui sera utilisé, tant pour les contenants que pour les équipements, lorsqu'ils sont en contact avec les échantillons. Les matériaux seront sélectionnés de façon à minimiser les risques de contamination, surtout lorsque le contact avec l'échantillon est prolongé, comme dans le cas des contenants qui servent au transport des échantillons.

Il faut aussi considérer l'absorption ou l'adsorption par les parois des équipements d'échantillonnage ou des contenants. En général, dans le cas des matières dangereuses, les probabilités d'adsorption par les parois du contenant ne sont pas de nature à affecter la concentration des substances échantillonnées. La forte concentration de contaminants et autres composés retrouvés dans les matières dangereuses minimise l'impact de cette adsorption, puisque les composés majoritaires accaparent les sites et les saturent. La libération de composés chimiques par les matériaux du contenant est aussi possible. Par exemple, la tôle galvanisée n'est pas recommandée, car elle peut, par dégradation, contaminer l'échantillon, principalement avec du zinc.

Ces considérations sont déjà prévues dans les tableaux synthèses dans le document [Mode de conservation des échantillons de matières dangereuses et de matières résiduelles](#). Pour cette raison, il importe de n'utiliser que les matériaux recommandés.

Toutefois, il est permis d'utiliser une petite longueur de tubulure (jusqu'à 1 m) flexible à haute résistance pour les pompes péristaltiques et pour les échantillonneurs automatiques munis d'une pince à tuyaux. Le matériau de la tubulure doit être compatible avec les analyses envisagées.

## 7.2 Équipements spécialisés d'échantillonnage

Cette sous-section présente les équipements les plus courants pour l'échantillonnage des matières dangereuses ou potentiellement dangereuses. Les recherches et les développements technologiques évoluent rapidement. Ainsi, de nouveaux appareils sont régulièrement mis en marché. Beaucoup de ces appareils sont vendus dans le commerce, mais certains d'entre eux doivent être fabriqués sur commande.

Les paragraphes qui suivent ne visent pas à décrire en détail chacun de ces appareils, mais tentent plutôt d'en fournir les principales caractéristiques. Le lecteur doit se référer aux instructions du manufacturier pour les détails de l'utilisation correcte des équipements.

Étant donné que chaque situation d'échantillonnage est unique, les équipements doivent être adaptés pour assurer la représentativité des échantillons et préserver leur intégrité.

Les principales caractéristiques recherchées pour les équipements d'échantillonnage sont les suivantes :

- Construits d'un matériau compatible avec la matière résiduelle échantillonnée;
- Relativement simples d'utilisation et sécuritaires pour les préleveurs;
- Relativement faciles à décontaminer à moins qu'ils soient à usage unique ou dédié (ex. : tube à clapet).

### 7.2.1 Équipements pour les matières liquides

#### 7.2.1.1 Coliwasa, tubes à clapet ou tubes en verre

Le Coliwasa (*composite liquid waste sampler*) est fabriqué en plastique ou en verre et permet le prélèvement de liquides et de boues relativement fluides, c'est-à-dire qui s'écoulent facilement par gravité. Il s'agit d'un tube rigide fait de verre, de polytétrafluoroéthylène (PTFE), de plastique ou de métal, parfaitement cylindrique à l'intérieur et à l'extérieur. Il est terminé à sa base par un joint formé par un matériau inerte et souple.

Pour prélever un échantillon, le Coliwasa est plongé lentement dans le liquide, suivant un axe vertical dans un endroit prédéterminé du contenant. Lorsqu'il touche le fond, un dispositif s'engage automatiquement ou est engagé par le préleveur (selon le type de Coliwasa), appliquant ainsi une pression suffisante pour assurer l'étanchéité du joint. Cet appareil permet d'isoler une colonne de liquide représentative d'une coupe verticale du milieu, en réalisant le prélèvement d'une section bien délimitée.

D'autres modèles sont munis de trous le long de la verticale, dont l'ouverture est actionnée par un mécanisme. Il suffit de placer le Coliwasa dans le liquide et d'ouvrir et fermer le mécanisme pour obtenir un échantillon représentatif (voir la sous-section 5.5 du présent cahier).

Le Coliwasa est vendu sur le marché en différentes longueurs. Certains modèles sont vendus en plusieurs sections qui peuvent être jointes pour atteindre une longueur d'environ 4,5 mètres.

**Figure 7 : Coliwasa**



(Image MELCCFP)

Le tube à clapet (*bailer*) est un tube rigide fait de PTFE, de plastique ou de métal muni d'une valve de retenue à l'extrémité inférieure. Pour prélever un échantillon, le tube est plongé lentement dans le liquide, suivant un axe vertical dans un endroit prédéterminé du contenant. Le tube se remplit à la descente et le liquide y est piégé à la remontée grâce à la valve de retenue ou clapet. Cet appareil permet d'isoler une colonne de liquide représentative d'une coupe verticale du milieu. Pour vider le tube de son contenu, un dispositif est inséré dans l'extrémité inférieure du tube à clapet. La valve ainsi relevée libère le contenu. On peut aussi le retourner et le vider par l'ouverture supérieure.

**Figure 8 : Tube à clapet de type Bailer**



(Image MELCCFP)

Le tube à clapet et le Coliwasa peuvent être difficiles à nettoyer. Un blanc de lavage pourrait être effectué pour démontrer l'efficacité du nettoyage (voir la sous-section 4.4 du [Cahier 1, Généralités](#)). Une alternative serait d'utiliser un tube à clapet ou un Coliwasa à usage unique ou bien de dédier l'appareil à un usage particulier.

Une pompe à soupape dont le système de prélèvement est similaire à celui d'un tube à clapet peut être d'une grande utilité dans certaines situations. Une attention particulière doit être portée à la décontamination de la pompe. Ce mode de prélèvement est décrit en détail dans le [Cahier 3, Échantillonnage des eaux souterraines](#), ses avantages et ses inconvénients y sont mentionnés.

Le Coliwasa et le tube à clapet sont très bien adaptés à l'échantillonnage des liquides multiphasés. Ils permettent tous les deux d'échantillonner d'un seul coup toutes les phases liquides d'un contenant (un baril, par exemple) en respectant les proportions relatives de chacune des phases. Cependant, ces équipements ne permettent pas une grande rétention des composés organiques volatils.

Un simple tube de verre permet la même opération. Il suffit de descendre lentement le tube dans le liquide, de placer le pouce sur l'ouverture et de le remonter. Une perte de matériel peut survenir lors du transvasement, à cause du pouce qui ne peut empêcher l'entrée d'air ou du liquide qui s'écoule par la base, en raison d'une trop grande fluidité. Le port d'un gant, la réduction du diamètre du tube et le fait de placer le contenant d'échantillon assez près du point de prélèvement peuvent aider à réduire l'infiltration d'air. Un bouchon limitera aussi cet écoulement.

**Figure 9 : Tube en verre**



(Image MELCCFP)

Le principal désavantage du verre est sa fragilité. En revanche, il est disponible en différentes longueurs et dimensions. De plus, la tension superficielle entre le verre et les liquides est généralement faible et une vitesse d'immersion lente réduit les risques de mélange de phases causé par l'adhérence des substances aux parois.

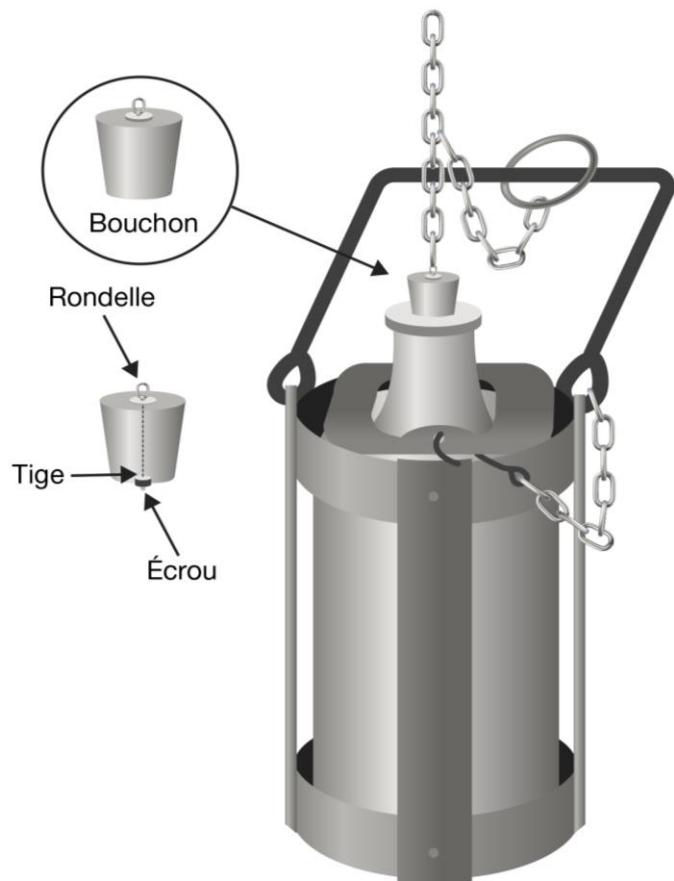
En résumé, le Coliwasa, le tube de verre et le tube à clapet permettent l'échantillonnage de résidus liquides entreposés dans des contenants peu profonds, comme des barils de 205 litres et les contenants rigides de type semi-vrac (*tote-tank*).

### 7.2.1.2 Échantillonneur lesté et échantillonneurs de type Bacon Bomb et Kemmerer

Les trois appareils sont utilisés pour effectuer des prélèvements à différentes profondeurs dans les réservoirs, ou tout autre récipient profond. Ils sont utilisés surtout pour effectuer des échantillonnages ciblés, c'est-à-dire à des endroits précis (voir la sous-section 5.2 du présent cahier). Le prélèvement d'échantillons à diverses profondeurs est parfois nécessaire pour évaluer le degré d'hétérogénéité d'un liquide.

L'échantillonneur lesté est essentiellement composé d'une bouteille, d'un poids et d'un bouchon. Son mode d'utilisation est simple. On descend le contenant fermé dans le liquide jusqu'à la profondeur désirée. À l'aide d'une corde, d'une chaîne ou d'un autre dispositif en acier inoxydable ou recouvert de PTFE, on tire sur le bouchon pour faire pénétrer le liquide dans la bouteille. On remonte le contenant lorsque les bulles à la surface cessent. Il ne reste plus qu'à essuyer l'extérieur avec un linge propre et à transférer l'échantillon dans un contenant approprié. L'échantillonneur lesté est plus difficile à utiliser dans des liquides visqueux.

Figure 10 : Échantillonneur lesté



(Image MELCCFP)

L'échantillonneur Bacon a une forme cylindrique, ce qui permet son utilisation lorsque l'orifice d'accès aux réservoirs ou aux contenants est de dimension réduite. Il est utilisé plutôt pour l'échantillonnage des hydrocarbures pétroliers. Les capacités volumétriques varient d'un modèle à l'autre, généralement entre 0,1 et 0,5 litre. Pour l'utiliser, il suffit de descendre l'échantillonneur à la profondeur voulue dans le liquide à échantillonner. À l'aide d'une corde, d'une chaîne ou d'un autre dispositif décontaminé et/ou qui n'interférera pas avec le paramètre à analyser, on tire sur la valve. Cette valve laisse alors sortir l'air de l'intérieur de l'échantillonneur par le dessus et le liquide entre par le dessous. On relâche ensuite le dispositif et la valve se referme, ce qui emprisonne l'échantillon. On vide l'échantillon dans un contenant approprié en actionnant de nouveau la valve. La valve de l'échantillonneur de type Bacon Bomb est aussi conçue pour s'actionner lorsqu'il touche le fond d'un récipient et se refermer dès sa remontée.

L'échantillonneur Kemmerer est constitué d'un cylindre muni de bouchons aux deux extrémités. Il est utilisé plutôt pour l'échantillonnage d'eau. Il permet de prélever de 1 à 2 litres. Lorsque les deux bouchons sont détendus, les liquides peuvent circuler très facilement. L'échantillonneur est descendu à la profondeur désirée et le mécanisme de fermeture des bouchons est actionné. Dans le cas des liquides visqueux, l'utilisation d'une faible vitesse de déplacement empêchera un mélange causé par la turbulence. Il est aussi recommandé d'attendre quelques instants au point de prélèvement pour atteindre l'équilibre avant d'actionner le mécanisme de fermeture.

La fonction et l'utilité de ces trois types d'échantillonneurs sont identiques. Parfois, il est plus commode de fixer l'échantillonneur au bout d'une perche, au lieu de le manœuvrer avec une corde ou une chaîne. La perche permet des déplacements dans le plan horizontal, même s'il n'y a qu'un seul point d'entrée.

Des chaînes en acier inoxydable et des câbles recouverts de PTFE permettant la manipulation des échantillonneurs sont vendus sur le marché.

Puisque ces échantillonneurs sont utilisés principalement pour effectuer des échantillonnages ciblés (voir la sous-section 5.2 du présent cahier), la décontamination de tout l'équipement d'échantillonnage devient nécessaire lorsque l'emplacement de l'échantillon change dans la colonne de liquide.

Même si les trois instruments sont admis pour effectuer des prélèvements, seul le modèle Kemmerer peut effectuer un prélèvement sans turbulence importante. Pour les autres modèles, l'ouverture du bouchon crée automatiquement une turbulence qui affecte le milieu et peut entraîner un biais en présence de matières en suspension ou de toute autre forme d'hétérogénéité.

#### 7.2.1.3 Perche télescopique

La perche télescopique est composée d'un collet d'attache relié à deux ou trois sections de tiges télescopiques en aluminium. Le collet sert à fixer un contenant pour la prise de l'échantillon. Il est préférable que la grosseur du contenant soit égale au volume à échantillonner, pour éviter que plusieurs prélèvements au même endroit soient nécessaires. Par contre, un contenant de dimension réduite permet le prélèvement en différents endroits et la préparation d'un échantillon composé. Ce type d'appareil ne sert, à toutes fins utiles, que pour le prélèvement en surface, par exemple sur un cours d'eau affecté par le rejet accidentel d'un hydrocarbure pétrolier. Même si l'on immerge le contenant en profondeur, il reste en grande partie rempli de la première section du liquide avec laquelle il a été mis en contact, à moins qu'il n'y ait des différences importantes de densité.

D'autres informations sont disponibles dans le [Cahier 2, Échantillonnage des rejets liquides](#).

La perche est vendue chez les distributeurs d'équipements de laboratoire ou de sécurité.

**Figure 11 : Perche télescopique**



(Image MELCCFP)

#### **7.2.1.4 Les pompes**

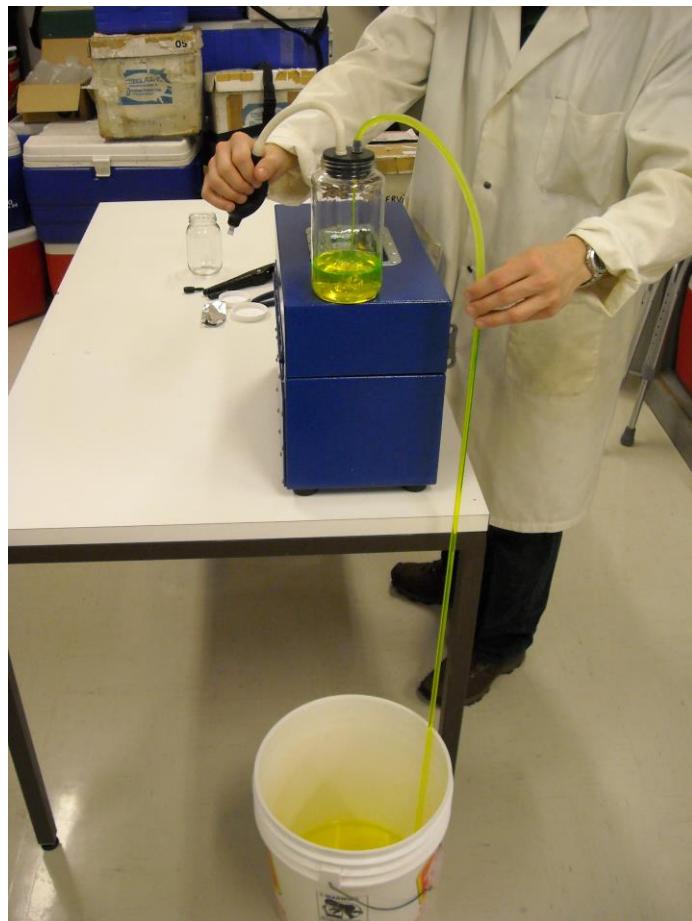
Il existe plusieurs types de pompes sur le marché, mais la nature des substances échantillonnées limite considérablement le choix. Les composantes internes des pompes centrifugeuses, à piston, à membranes ou submersibles, viennent en contact avec les liquides échantillonnés. Ces modèles trouvent très peu d'applications pour l'échantillonnage des matières dangereuses ou potentiellement dangereuses, à cause des risques de détérioration des composantes internes et des difficultés de décontamination.

Par contre, les pompes à vide ne présentent pas ce type de problème. Elles peuvent être utilisées pour prélever des échantillons de liquides dans différents types de contenants, dont des barils, ou dans des réservoirs.

Les pompes à vide (manuelle ou péristaltique) créent un vide partiel dans un tube à échantillonner. Ce vide exerce une pression négative sur le liquide, de façon à le forcer à monter dans le tube jusqu'à la sortie. La pompe péristaltique est probablement la mieux adaptée à l'échantillonnage de liquides à des fins de caractérisation environnementale. Selon la viscosité et la densité du liquide à échantillonner, l'action de la pompe est limitée à certaines profondeurs. En général, les mécanismes à succion fonctionnent lorsque le niveau du liquide se trouve à moins de 7 mètres du rebord du réservoir, par exemple. Cependant, la base de la tubulure peut être placée plus profondément.

Ces systèmes de pompage à vide occasionnent une évaporation des composés volatils, ce qui n'est pas idéal pour l'échantillonnage des liquides contaminés par des solvants.

**Figure 12 : Pompe à vide manuelle**



(Image MELCCFP)

La pompe à vide manuelle est une pompe à air utilisée pour créer un vide à l'intérieur d'un contenant auquel est relié un tube d'échantillonnage. Le vide permet l'aspiration des liquides et aucune substance, mis à part les composés volatils, ne vient en contact avec les composantes internes de la pompe. Au besoin, plusieurs contenants peuvent être placés en série pour éliminer la possibilité qu'un trop-plein vienne endommager la pompe.

La pompe à vide manuelle est pratique, surtout lorsque nous n'avons pas accès à une pompe péristaltique et qu'un grand volume d'échantillons est nécessaire (exemple : >1 litre). En effet, un tube de verre muni d'une propipette ne prélevera qu'environ 20 ml à la fois, tandis que le tube à clapet et le Coliwsa préleveront environ un litre à la fois selon les modèles (voir la sous-section 7.2.1.1 du présent cahier).

Le fait d'attacher un tube rigide à la tubulure flexible permet d'avoir plus de contrôle sur le prélèvement. Il existe aussi de la tubulure en PTFE sur laquelle un poids peut être installé pour en améliorer le contrôle. Les matériaux composant le tube rigide et la tubulure flexible doivent être compatibles avec les substances analysées (voir la sous-section 7.1 du présent cahier).

Le débit d'aspiration d'un système manuel est difficile à régulariser et il est préférable d'y adjoindre un mécanisme de contrôle du vide.

Il est également possible d'utiliser une pompe péristaltique, au lieu d'une pompe à vide manuelle, ce qui réduit ces contraintes. Dans une certaine mesure, les pompes péristaltiques fonctionnent de façon semblable aux pompes à vide. La différence réside dans le fait que le fluide se déplace sous l'effet d'une contraction du tube, c'est-à-dire d'une force péristaltique. Un tube flexible (tube à échantillonner) entoure le périmètre de la chambre de succion. Des rouleaux rotatifs compressent le tube flexible et ce mouvement force le liquide à monter dans le tube. Cette conception permet d'isoler l'échantillon de tout contact avec les éléments mécaniques de la pompe, évitant ainsi les risques de contamination. De plus, elle est autoamorçante, c'est-à-dire que l'effet péristaltique pompe l'air contenu dans le tube au début des opérations. Il n'est donc pas nécessaire de remplir le tube de liquide pour amorcer le pompage. Le changement du tube flexible élimine les étapes de nettoyage et de décontamination ainsi que la contamination croisée.

**Figure 13 : Pompe péristaltique**



(Image MELCCFP)

Le contenant peut être placé entre le point de prélèvement et la pompe péristaltique. En comparaison avec un montage où le contenant se trouve après la pompe, l'avantage est que le liquide échantillonné n'entre pas en contact avec le tube comprimé par les rouleaux. En effet, certains solvants échantillonnés peuvent endommager la tubulure au point de contact avec les rouleaux de la pompe péristaltique à cause de la pression mécanique.

Il faut rappeler que, pour l'échantillonnage de substances organiques, la longueur de la tubulure flexible à haute résistance comprimée par les rouleaux est d'au maximum 1 mètre (voir la sous-section 7.1 du présent cahier). Cette pompe fonctionne même lorsque la viscosité du liquide atteint 10 000 centipoises, c'est-à-dire la consistance d'une huile de type « bunker léger ».

De plus, différentes dimensions de tubes permettent de modifier le débit. Dans les cas où la profondeur est combinée avec une grande viscosité de la substance, il est toujours préférable de vérifier au préalable les possibilités d'utilisation. Normalement, le manufacturier fournit des renseignements au sujet des conditions optimales et extrêmes d'utilisation de la pompe, par exemple de l'effet de la profondeur, mais il est toujours préférable de réaliser des essais.

Outre la profondeur, une des rares restrictions relatives à l'usage de cette pompe s'avère la présence de particules abrasives ou coupantes qui abîment le tuyau au point de contact avec les rouleaux.

## 7.2.2 Équipement pour les matières solides

Cette sous-section décrit les principaux équipements pour l'échantillonnage des matières solides. De façon générale, le choix et la conception des équipements dépendent du contexte et des objectifs de la campagne d'échantillonnage (voir la section 2 et la sous-section 4.1 du présent cahier). En pratique, ils dépendent notamment de la relative facilité à avoir accès à la matière résiduelle à échantillonner.

La section 5 du [Cahier 5, Échantillonnage des sols](#), présente également des informations sur des équipements pouvant servir à l'échantillonnage des matières solides, comme la pelle, la truelle, la tarière et le tube d'échantillonnage.

Pour un échantillonnage aléatoire (voir la sous-section 5.1 du présent cahier), afin de donner à toutes les particules de la matière échantillonnée une chance égale d'être prélevées, le diamètre de l'équipement d'échantillonnage devrait être d'au moins trois fois le diamètre des plus grosses particules prélevées. L'extrémité coupante de l'équipement devrait être taillée en pointe et non pas en biseau, de manière à ce que les particules aient une chance égale d'être incluses dans l'échantillon ou rejetées (USEPA, 2003).

La longueur de l'équipement devrait être suffisante pour prélever l'échantillon sur toute son épaisseur.

Ces spécifications ne sont pas nécessaires pour un échantillonnage non aléatoire (voir la sous-section 5.2 du présent cahier).

### 7.2.2.1 Échantillonneur à grain

L'échantillonneur à grain est une sonde cylindrique munie d'ouvertures allongées, qui se termine par une pointe effilée permettant de perforer des sacs de toutes sortes. Il est formé de deux tubes superposés, dont l'extérieur sert de fermeture après une rotation de 180°. Il est approprié pour l'échantillonnage de solides granulaires ou en poudre dans des contenants tels que des sacs ou des barils (voir la sous-section 8.1.1 du présent cahier).

Pour utiliser l'échantillonneur, il suffit de l'insérer en position fermée (ouvertures non superposées) dans le matériel. Lorsque la profondeur désirée est atteinte, on superpose les ouvertures en tournant un des tubes. On referme ensuite l'échantillonneur et on le retire du matériel. On recueille l'échantillon dans un contenant en inversant l'échantillonneur dans ce dernier. L'échantillon sort ainsi par l'orifice à son extrémité.

Figure 14 : Échantillonneur à grains



(Image MELCCFP)

Cet échantillonneur comporte certaines limites d'utilisation :

- L'hétérogénéité de distribution (voir la sous-section 4.3.1.3 du présent cahier) au sein du lot échantillonné ne peut pas être évaluée, du moins à travers des sacs opaques;
- Celui-ci fonctionne moins bien avec des solides humides ou collants;
- En fonction du diamètre de l'échantillonneur, les particules de plus de 0,6 cm ne pourraient être prélevées, ce qui peut porter à conséquence pour la représentativité de l'échantillon lorsque la composition des particules grossières est différente de celle des particules plus fines (voir la sous-section 4.3.1 du présent cahier). Cette remarque peut être non pertinente si un échantillonnage non aléatoire est choisi (voir la sous-section 5.2 du présent cahier).

Un échantillonneur à grains permet de prélever un solide friable ou de granulométrie fine, alors qu'un tube d'échantillonnage est enfoncé lorsque les matériaux sont plus grossiers.

#### 7.2.2.2 Tube d'échantillonnage

Il s'agit d'un tube semi-ouvert, muni d'une poignée en T. L'extrémité est aiguisée pour faciliter l'échantillonnage des poudres ou des matériaux très visqueux, comme les graisses. Son mode d'utilisation est simple et comparable à celui de l'échantillonneur à grains. Par conséquent, les mêmes commentaires s'appliquent.

D'autres informations sont fournies sur le tube d'échantillonnage dans la sous-section 5.2.3 du [Cahier 5, Échantillonnage des sols.](#)

**Figure 15 : Tubes d'échantillonnage**



(Image MELCCFP)

### 7.2.2.3 Tarière

La figure 16 présente quelques-uns des nombreux modèles de tarière manuelle offerts sur le marché. Le prélèvement d'un échantillon de résidu solide s'effectue en enfonçant manuellement la tarière par un mouvement de rotation dans le sens des aiguilles d'une montre, à l'aide de la poignée en forme de T. Lorsque l'ouverture de la tarière est pleine, on retire la tarière de la matière résiduelle solide pour la vider. On répète l'opération jusqu'à la profondeur désirée. Les tarières sont vendues en différentes tailles et permettent l'échantillonnage de solides à une profondeur de quelques mètres. L'utilisation de tarières dans des matières ayant une granulométrie moyenne à grossière est plus difficile que dans une matière à granulométrie fine, tout comme la rétention de la matière à l'intérieur de l'échantillonneur. La figure 16 illustre un modèle qui permet le prélèvement d'échantillons semblables à une carotte, ce qui permet d'éviter le mélange des couches et l'évaporation des composés volatils.

D'autres informations sont fournies sur la tarière manuelle dans la sous-section 5.2.2 du [Cahier 5, Échantillonnage des sols](#).

**Figure 16 : Tarières**



(Image MELCCFP)

#### 7.2.2.4 Truelle ou pelle

Les truelles et les pelles servent principalement à échantillonner les solides en surface. Ils conviennent particulièrement bien pour l'échantillonage ciblé ou l'échantillonage selon le jugement (voir la sous-section 5.2 du présent cahier). Dans ces cas, il faut sélectionner un fragment distinct ou des portions égales de différentes fractions.

Si l'approche d'échantillonage aléatoire est choisie (voir la sous-section 5.1 du présent cahier), lorsqu'on désire offrir aux plus grosses particules de la matière une chance égale d'être prélevées en comparaison avec les particules plus petites, une truelle ou une pelle dont la largeur est au moins le triple du diamètre des plus grosses particules prélevées peut être utilisée (USEPA, 2003, ITRC, 2012). Ces spécifications ne sont pas nécessaires pour un échantillonage non aléatoire (voir la sous-section 5.2 du présent cahier).

Dans le cas d'un échantillonage aléatoire systématique, on doit effectuer les prélèvements à intervalles réguliers (voir la sous-section 5.1.2 du présent cahier).

**Figure 17 : Truelles**



(Images MELCCFP)

**Figure 18 : Pelles carrées**

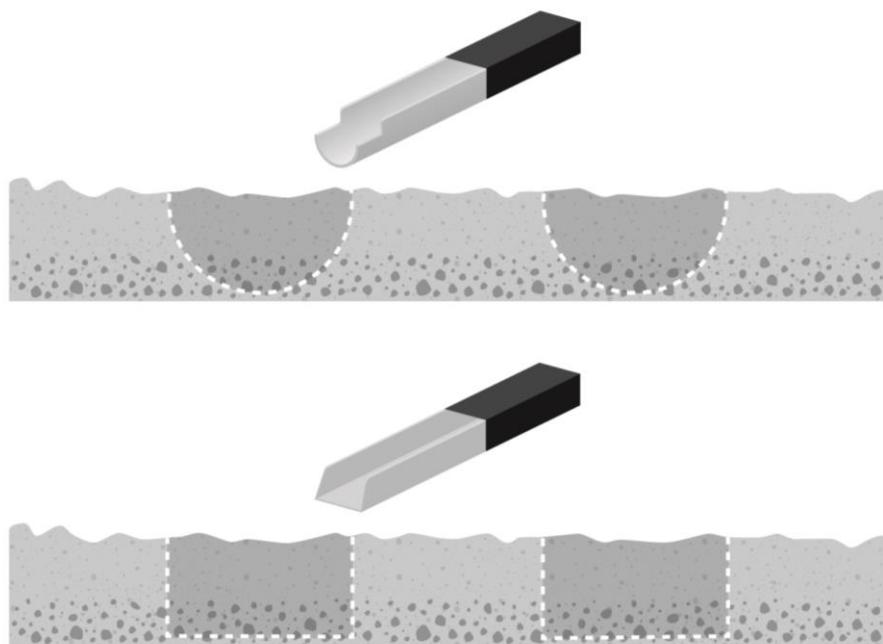


(Image MELCCFP)

Toujours dans le contexte d'un échantillonnage aléatoire, un moyen d'offrir aux particules situées sur le dessus et en dessous de la matière à échantillonner une chance égale d'être prélevées (USEPA, 2003, ITRC, 2012) est d'utiliser une pelle ou truelle rectangulaire à fond plat. En effet, les particules qui se trouvent en dessous auraient moins de chances d'être prélevées avec une pelle ou une truelle ronde. Ces spécifications ne sont pas nécessaires pour un échantillonnage non aléatoire (voir la sous-section 5.2 du présent cahier).

D'autres informations sont fournies sur les pelles et truelles dans la sous-section 5.2.1 du [Cahier 5, Échantillonnage des sols](#).

**Figure 19 : Effets sur les particules prélevées d'un équipement rond ou carré**



Sections prélevées avec un équipement semi-circulaire (en haut) ou avec un équipement carré (en bas).

Source : USEPA, 2003.

Il existe d'autres façons d'offrir à toutes les particules d'une matière à échantillonner une chance égale d'être prélevées. Par exemple, la sous-section 8.2 du présent cahier décrit le cas d'un échantillonnage sur une bande transportuese.

#### 7.2.2.5 Foreuse

L'utilisation d'une foreuse n'est pas courante pour échantillonner des matières dangereuses ou potentiellement dangereuses.

Les foreuses permettent au besoin d'échantillonner en profondeur dans une pile de matières dangereuses ou potentiellement dangereuses (voir la sous-section 8.4 du présent cahier, échantillonnage en pile).

Des matières dangereuses ou potentiellement dangereuses remblayées dans un terrain peuvent être prélevées dans des forages, mais ce cas n'est pas couvert dans le présent cahier, comme il est mentionné dans l'avant-propos.

Pour de l'information sur les foreuses, le lecteur devrait consulter la sous-section 5.4 du [Cahier 5, Échantillonnage des sols](#).

### 7.2.3 Autres équipements

Il existe des échantillonneurs adaptés au prélèvement des boues. Ces équipements s'apparentent à certains de ceux qui sont décrits dans les sous-sections 7.2.1 ou 7.2.2 du présent cahier. On les choisit en fonction de la compacité et de la fluidité des boues à prélever. Par exemple, une mini benne maniable à la main ou un carottier à sédiment de type Beeker peuvent servir au prélèvement de boues plutôt compactes et peu fluides. Des boues plus fluides peuvent être prélevées avec un appareil du type « sludge judge » ou avec un équipement pour les matières liquides.

Dans certains cas, l'échantillonnage de substances de nature hétéroclite est nécessaire : bois, chiffons, carton, ciment, etc. Comme les situations possibles sont très variées, le choix des outils de prélèvement demande souvent de l'originalité. Par exemple, l'utilisation de ciseaux, de pinces, de scies, etc., peut s'avérer nécessaire pour l'échantillonnage des composantes internes d'un transformateur. Il devient alors important de choisir des outils, aussi variés soient-ils, qui préservent l'intégrité des échantillons prélevés.

## 8. EXEMPLES DE STRATÉGIES D'ÉCHANTILLONNAGE

Cette section présente les principales stratégies utilisées dans différentes situations pour l'échantillonnage des matières résiduelles solides ou liquides, dangereuses ou potentiellement dangereuses. Les méthodes présentées peuvent être appliquées pour réaliser un échantillonnage préliminaire ou exhaustif. Avec les équipements appropriés (voir la section 7 du présent cahier), le prélèvement d'un nombre restreint d'échantillons devrait idéalement être effectué avec la même rigueur que lors d'un échantillonnage exhaustif. Cette façon de travailler permet de regrouper les résultats avec ceux d'un éventuel échantillonnage exhaustif.

Puisque chaque situation présente des particularités, les stratégies doivent être évaluées et adaptées au besoin en prenant notamment en considération la conjoncture, les risques environnementaux, les considérations techniques et scientifiques pertinentes à chaque situation.

Par exemple, par rapport aux considérations techniques, les stratégies d'échantillonnage doivent être compatibles avec les substances recherchées.

Ainsi, la concentration d'une substance peut être potentiellement sous-estimée en raison des phénomènes de volatilisation. Par exemple, l'échantillonnage des substances volatiles devrait être réalisé uniquement de façon instantanée pour les liquides et de façon ponctuelle pour les solides (voir la sous-section 2.2 du [Cahier 1, Généralités](#)). Toute manipulation destinée à former un échantillon composé conduit à la volatilisation d'une partie des composés d'intérêt.

À l'inverse, la mesure d'une concentration peut aussi être potentiellement surestimée en raison de l'utilisation d'équipements contaminés et par la présence de poussière ou de gaz dans l'air ambiant aux points d'échantillonnage ou lors de la manipulation et du transport. L'analyse d'échantillons « blancs » a pour objectif de vérifier cette possibilité. Cette procédure est décrite dans la section 4 du [Cahier 1, Généralités](#).

## 8.1 Échantillonnage des contenants

L'état du lieu d'entreposage est un élément important de la gestion des contenants, en particulier des barils. L'existence de contenants gonflés peut indiquer la présence probable de substances à tension de vapeur élevée. Cet état résulte de la présence de liquides volatils ou provient de réactions chimiques qui génèrent des gaz. Pour des raisons de sécurité, il n'est pas recommandé d'ouvrir ou d'échantillonner ces contenants. De plus, la rouille est souvent à l'origine de détérioration dans le cas de contenants métalliques. Pour éviter les risques de déversement, il est recommandé de ne pas manutentionner des barils fortement rouillés ou endommagés.

En présence d'un grand nombre de contenants, il est recommandé de vérifier, au moyen de l'étiquette ou d'autres informations disponibles (voir la section 3 du présent cahier), le contenu de tous les contenants, ou à tout le moins de plusieurs, afin de déterminer s'il existe un ou plusieurs types de matières. En matière de statistique, cet énoncé consiste à déterminer s'il y a une ou plusieurs populations parmi l'ensemble des barils (voir la sous-section 2.1 du [Cahier 1, Généralités](#)). Les barils présentant un contenu semblable peuvent être identifiés au moyen, par exemple, d'un code de couleur. À ce stade, il est possible de procéder à un échantillonnage préliminaire ou exhaustif, selon l'information disponible sur les matières. Chaque contenant échantillonné est analysé individuellement, sauf dans des cas particuliers (voir la sous-section 5.6 du présent cahier, dernier paragraphe).

### 8.1.1 Matières solides dans un contenant

Pour des matières solides, l'équipement (un échantillonneur à grains ou un tube d'échantillonnage, par exemple, voir la sous-section 7.2.2 du présent cahier) doit traverser la matière résiduelle à échantillonner jusqu'au fond du contenant. L'équipement traverse la matière à une vitesse lente et régulière, de façon à remuer le moins possible la matière résiduelle. Les barils sont de préférence échantillonnés suivant une verticale qui est perpendiculaire à la surface circulaire du fond. Dans certains cas, les sacs représentent une solution de rechange aux barils et les techniques d'échantillonnage s'apparentent. Il n'est pas recommandé de vider les contenants afin d'éviter les multiples dangers liés à cette procédure. Si cette option est retenue, les concepts applicables à la manipulation des piles (voir la sous-section 8.4 du présent cahier) s'appliquent.

### 8.1.2 Matières liquides dans un contenant

Pour les liquides, le contenant peut être un baril ou un semi-vrac. Tout d'abord, un tube de verre peut être utilisé pour déterminer si le liquide dans le contenant à échantillonner est composé de plus d'une phase et s'il y a présence d'un dépôt au fond (voir la sous-section 7.2.1.1 du présent cahier).

Si plusieurs phases sont constatées, la hauteur des phases peut être mesurée directement sur le tube de verre à l'aide d'un ruban à mesurer. Selon la quantité de liquide nécessaire pour l'analyse, une propipette peut être installée à l'extrémité du tube pour procéder à l'échantillonnage d'une phase à la fois. À titre d'exemple, un tube de verre de 0,5 centimètre de diamètre interne et de 107 centimètres de long ne prélèvera pas plus de 20 millilitres à la fois. Le tube de verre peut aussi être relié à une pompe péristaltique ou à vide pour permettre d'échantillonner plus rapidement le volume requis pour l'analyse. Les pompes, la longueur maximale et la caractéristique de la tubulure flexible utilisée sont décrites dans la sous-section 7.2.1.4 du présent cahier.

Le Coliwasa et le tube à clapet sont aussi indiqués pour effectuer un échantillonnage représentatif de la colonne de liquide à phases multiples. Les différentes phases pourront être séparées au laboratoire si une analyse est requise sur chacune d'elles. Si tel est le cas, chaque phase constituera un échantillon distinct.

Lorsqu'on utilise un Coliwasa, un tube à clapet ou en verre, la descente dans le liquide doit être lente pour permettre aux liquides plus visqueux de bien entrer dans l'instrument. Pour s'assurer d'une bonne représentativité, le niveau du liquide dans l'instrument doit être égal à celui du liquide échantillonné.

Lorsqu'un dépôt est présent au fond des contenants, le choix de l'équipement se fera en fonction de la fluidité du dépôt. En effet, le Coliwasa et le tube à clapet ou en verre peuvent être utilisés lorsque le dépôt n'est pas très compact et demeure fluide. Ils permettent ainsi d'échantillonner la colonne de liquide ainsi que le dépôt.

Dans le cas où le dépôt est plus compact et moins fluide, des particules pourraient ne pas être échantillonnées tout au fond du contenant avec ces techniques. La colonne de liquide devra alors être échantillonnée en premier lieu. Un échantilleur à boue (voir la sous-section 7.2.3 du présent cahier) pourra ensuite être utilisé pour échantillonner le dépôt.

Il est peu recommandé de tenter de mélanger mécaniquement des matières en suspension dans un liquide ou de mélanger un dépôt de matières solides au fond du contenant parce qu'il est difficile d'évaluer le degré d'homogénéité atteint. De plus, il n'est pas recommandé d'agiter les liquides lors d'un prélèvement pour l'analyse des composés organiques volatils (COV), à cause de la perte par volatilisation des analytes recherchés.

## 8.2 Échantillonnage à partir d'une bande transporteuse (convoyeur)

Il s'agit d'échantillonner des matières en vrac qui se déplacent sur une bande entraînée par des poulies.

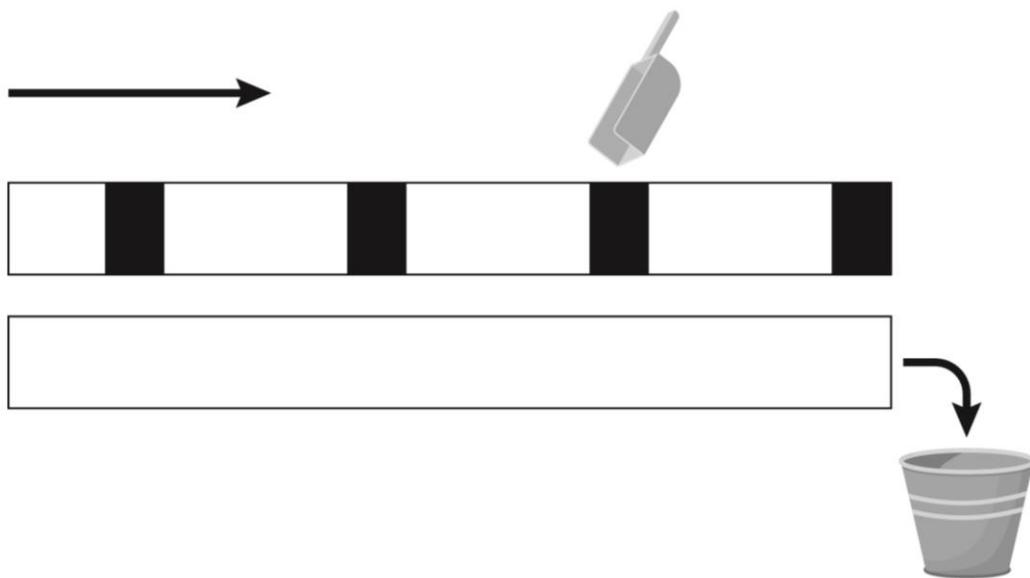
Lorsque le convoyeur est arrêté, l'échantillon consiste en une section transversale délimitée par deux plans parallèles. Une méthode pour les matières solides granulaires consiste à glisser verticalement deux plaques dans la couche de matières résiduelles sur le convoyeur. Les plaques épousent les contours du convoyeur et elles sont espacées afin que la matière résiduelle comprise entre elles ait la masse requise pour le prélèvement. Les plaques sont fabriquées d'un matériau compatible avec les substances à analyser et sont nettoyées entre chaque prélèvement (voir la section 3 du [Cahier 1, Généralités](#)). Toute la matière résiduelle qui se trouve entre les plaques est prélevée, ce qui permet d'offrir une chance égale d'être prélevées à toutes les particules qui composent la matière. Au lieu des plaques, on peut utiliser une truelle avec un fond plat et des côtés verticaux (voir la section 7.2.2.4 du présent cahier). Au besoin, on peut se servir d'une brosse et d'un ramasse-poussière à usage unique pour recueillir les particules les plus fines sur le convoyeur.

Lorsque le convoyeur est en mouvement et que les conditions le permettent, il est possible d'échantillonner au point de chute. L'équipement doit être d'une dimension suffisante pour intercepter entièrement, lors de sa chute, le flot de matière résiduelle à échantillonner durant un certain temps (USEPA, 2002, Transport Qc LC21-010 et ASTM D5013-18).

Il n'est pas recommandé d'accumuler des matières granulaires après leur déversement dans un contenant (un baril, par exemple) qui les a recueillies à leur point de chute d'un convoyeur, en vue d'échantillonner par la suite dans ce contenant. En effet, les matières déversées forment un cône et les particules se distribueront sur la surface en culbutant parfois jusque sur les parois. Il y aura donc plus ou moins d'homogénéité dans le plan horizontal. Cette situation rend plus difficile le prélèvement dans le baril d'échantillons qui représentent toutes les particules composant la matière avec les méthodes recommandées pour les solides dans les contenants (voir la sous-section 8.1 du présent cahier).

Les recommandations dans les paragraphes précédents ne sont pas nécessaires si une approche d'échantillonnage non aléatoire est choisie (voir la section 5.2 du présent cahier).

**Figure 20 : Échantillonnage à partir d'un convoyeur**



Prélèvement de toute la section transversale à la fois.

Source : USEPA, 2002.

Les prélèvements peuvent être répétés au cours d'une journée ou au cours d'une semaine. La fréquence d'échantillonnage est souvent fixée à des intervalles réguliers (par exemple, un échantillon par heure et pour un même type de matière ou un échantillon composé par quart de travail).

Selon une approche aléatoire simple, les échantillons sont prélevés à des moments choisis au hasard. Selon une approche aléatoire systématique, le premier prélèvement est effectué au hasard et les autres échantillons sont prélevés à des intervalles fixes (voir la sous-section 5.1 du présent cahier).

Il est préférable de choisir l'une ou l'autre des méthodes décrites plus haut plutôt que d'attendre et d'échantillonner les matières accumulées en pile après leur chute du convoyeur. Cependant, si l'on choisit cette dernière option, on doit utiliser la méthode recommandée pour les piles (voir la sous-section 8.4 du présent cahier) en ne laissant pas les matières s'accumuler trop longtemps en une grande pile plus difficile à échantillonner.

### 8.3 Échantillonnage des réservoirs

Les réservoirs permettent l'entreposage de liquides de toutes sortes. Même en présence de fortes quantités de matières en suspension, comme dans le cas des boues ou des pâtes, les liquides doivent posséder une viscosité telle qu'ils demeurent pompables, faute de quoi un réservoir deviendrait inutilisable. À tout le moins, son contenu ne pourrait plus être transféré. La sous-section 4.2.1 du présent cahier décrit différents types de réservoirs.

### **8.3.1 Stratégie généralement applicable, utilisation d'un Coliwasa, d'un tube à clapet ou en verre**

Dans la majorité des cas, un Coliwasa ou un tube à clapet ou en verre dont la longueur est suffisante pour prélever toute la hauteur du liquide peut être utilisé. En effet, ces instruments permettent de prélever le liquide et un dépôt fluide et peu compact dans un réservoir. Comme il est mentionné dans la sous-section 7.2.1.1 du présent cahier, on retrouve sur le marché des Coliwasa pouvant atteindre une longueur d'environ 4,5 mètres.

Dans le cas où le dépôt au fond du réservoir est plus compact et moins fluide, la colonne de liquide devra être échantillonnée en premier lieu. Un échantillonneur à boue (voir la sous-section 7.2.3 du présent cahier) pourra ensuite être utilisé pour échantillonner le dépôt. Le dépôt au fond du réservoir représente une population différente de matière que le liquide (voir la sous-section 2.1 du [Cahier 1, Généralités](#)), les échantillons provenant de ces deux matières ne doivent donc pas être mélangés.

Lorsque le Coliwasa ou le tube à clapet ou en verre est transparent ou translucide, une mesure directe sur ces derniers à l'aide d'un ruban à mesurer permet de connaître la hauteur des phases. Chaque phase représente une population distincte de matière, les échantillons provenant de phases différentes ne doivent pas être mélangés entre eux.

Quand le Coliwasa ou le tube à clapet ou en verre est opaque ou que les phases sont difficilement distinguables, on peut vider le contenu dans un cylindre gradué en verre afin de mesurer la hauteur des phases et de faire la correspondance avec leur hauteur dans le réservoir.

Lorsqu'on utilise un Coliwasa ou un tube à clapet ou en verre, la descente dans le liquide doit être lente pour permettre aux liquides plus visqueux de bien entrer dans l'instrument. Pour s'assurer d'une bonne représentativité, le niveau du liquide dans l'instrument doit être égal à celui du liquide échantilloné dans le réservoir.

### **8.3.2 Utilisation d'une pompe pour des réservoirs plus profonds**

Les méthodes avec une pompe sont plus complexes et la hauteur des phases est plus difficile à mesurer. L'avantage est que cela permet d'échantillonner des réservoirs plus profonds.

Un tube de verre peut être relié à une pompe. La manipulation du tube exige de la dextérité et les risques de bris augmentent avec sa longueur. Malgré cela, un morceau de la tubulure flexible peut être utilisé pour joindre les tubes de verre.

Une autre technique consiste à utiliser une pompe couplée à une tubulure en PTFE. Pour ce faire, on doit ajouter en premier un poids à la tubulure pour la maintenir droite lors de la descente. On mesure la descente de la tubulure en PTFE à l'aide d'une métreuse portative ou d'un autre système.

À titre d'exemple, un plein réservoir souterrain de 5 mètres de profondeur ne permet pas d'utiliser un Coliwasa. On pourrait toutefois utiliser une tubulure en PTFE ayant un diamètre interne de 0,6 centimètre couplée à 1 mètre de tubulure flexible qui est insérée dans une pompe péristaltique. On utilise 1 mètre de tubulure en PTFE de plus que la profondeur du réservoir pour faciliter les manipulations, obtenant ainsi 7 mètres de tubulure au total. Deux stratégies d'échantillonnage sont expliquées avec cet exemple.

#### Stratégie basée sur l'obtention d'un volume d'échantillon prédéterminé

Si l'on désire obtenir 1 000 millilitres d'échantillon prélevé sur une profondeur de 5 mètres et que le débit est ajusté à 600 millilitres à la minute, on a 20 secondes de pompage par mètre de descente du tuyau.

$$\frac{600ml}{\text{min}} \times \frac{20\text{ sec}}{m} \times (5m) \times \frac{1\text{ min}}{60\text{ sec}} \equiv 1000ml$$

Le maintien d'une vitesse à peu près constante avec une opération manuelle requiert une certaine dextérité. Cette difficulté peut être amoindrie en utilisant une poulie munie d'une manivelle ou un dispositif mécanique actionné par un moteur.

Lorsqu'on touche le fond du réservoir, on peut éteindre la pompe péristaltique et remonter la tubulure pour terminer ensuite de la vider dans un pot. On a donc un échantillon d'une colonne de liquide du réservoir. S'il y a différentes phases, on pourrait utiliser un cylindre gradué en verre pour obtenir la hauteur des phases et faire la correspondance avec leur hauteur dans le réservoir. En utilisant une pompe, ce calcul peut être approximatif, car il ne tient pas compte des variations des débits associées aux variations de la densité ou de la viscosité entre les phases.

Si le temps n'est pas mesuré lors de la descente du tuyau, nous aurons tout de même une colonne représentative du liquide, mais la quantité de l'échantillon pourrait être plus ou moins importante.

#### Stratégie basée sur le temps requis pour remplir toute la tubulure de la pompe

Il serait possible de descendre la tubulure dans le réservoir en tenant compte du temps que prend le liquide à parcourir la tubulure. Dans l'exemple précédent, le volume intérieur de la tubulure est de 200 ml.

$$\pi \times 0,3^2 \text{ cm}^2 \times 7 \text{ m} \times 100 \frac{\text{cm}}{\text{m}} \cong 200 \text{ ml}$$

Le liquide prendrait environ 8 secondes à sortir à l'extrémité de la tubulure si le débit est de 1 500 millilitres à la minute.

$$200 \text{ ml} \times \frac{1 \text{ min}}{1500 \text{ ml}} \times \frac{60 \text{ sec}}{\text{min}} \cong 8 \text{ sec}$$

Si l'on descend la tubulure à une vitesse telle qu'on touche le fond du réservoir en 8 secondes, on obtient dans la tubulure de 7 mètres un échantillon de la colonne de liquide du réservoir. S'il y a différentes phases, on pourrait utiliser un cylindre gradué pour recueillir le contenu de la tubulure et obtenir les hauteurs des phases comme cela est expliqué dans l'exemple précédent.

Au besoin, le document « Tank sampling SOP 2010 » (USEPA, 1994) inclut des équations pour calculer les volumes totaux de différents types de réservoirs, le volume de matière résiduelle selon sa hauteur dans le réservoir, ou pour calculer les volumes des phases selon leur hauteur inférieure et supérieure dans le réservoir.

### **8.3.3 Échantillonnage avec une valve ou avec homogénéisation**

Des réservoirs sont équipés d'une valve permettant d'échantillonner leur contenu. Utiliser cette valve revient à choisir un échantillonnage ciblé à l'endroit où elle est située (voir la sous-section 5.2 du présent cahier). Si le contenu du réservoir est un liquide homogène et qu'il est constitué d'une seule phase, le liquide prélevé par la valve sera représentatif de l'ensemble du contenu du réservoir (voir les sous-sections 5.5 et 6.2 du présent cahier).

Certains réservoirs sont équipés d'une pompe de recirculation. À cause des risques pour la santé et sécurité du préleveur, l'homogénéisation d'un réservoir avec une pompe ou un autre moyen n'est pas recommandée. De plus, tout comme dans le cas des barils et des contenants, l'agitation du liquide augmente la volatilisation des COV. Finalement, il est difficile de s'assurer de l'homogénéité du liquide.

### 8.3.4 Cas particulier de l'échantillonnage d'un réservoir circulaire ou elliptique contenant une matière liquide hétérogène, mais sans phase distincte

Contrairement aux réservoirs à fond plat et à parois verticales où la proportion entre la hauteur de la matière et son volume demeure constante, dans le cas des réservoirs à base circulaire ou elliptique, la relation varie entre la hauteur des phases et le volume que chacune représente. Ainsi, les dix premiers centimètres au fond du réservoir ovale peuvent représenter seulement 10 % ou 20 % du volume d'une autre section également de dix centimètres, mais située à mi-hauteur. Dans un tel réservoir, le facteur de proportionnalité entre la hauteur d'une section verticale et le volume de liquide que cette section représente change constamment, selon la position de la section.

Dans un réservoir circulaire ou elliptique, l'échantillonnage avec un Coliwasa ou un tube en verre (voir la sous-section 7.2.1.1 du présent cahier) d'une matière liquide hétérogène, mais sans phase distincte, donne un échantillon dont la représentativité du contenu n'est pas optimale.

Selon l'objectif de la campagne d'échantillonnage (voir la sous-section 4.1 du présent cahier), il peut être préférable d'utiliser une technique de pompage avec des arrêts à différentes profondeurs et un prélèvement proportionnel au volume de la section du réservoir à cette profondeur.

La hauteur totale du réservoir est mesurée. On mesure la profondeur de la tubulure dans le réservoir à l'aide d'une métreuse portative ou d'un autre système. La distance entre les points de prélèvement est fonction de la variation potentielle de la concentration dans le plan vertical. Un nombre de points élevé accroît la représentativité du milieu. Si le réservoir est relativement homogène, un échantillonnage tous les cinq ou dix centimètres est acceptable. Le nombre de points peut aussi être augmenté seulement dans les zones présentant de fortes variations de la composition. Par exemple, une région boueuse devenant de plus en plus limpide à mesure que s'accroît la distance à partir du fond doit faire l'objet d'un échantillonnage à des intervalles rapprochés. Lorsque la consistance du matériel est plus stable, la distance entre les points peut être augmentée.

Tous les renseignements concernant la position du tube dans le réservoir doivent être notés et les contenants identifiés de façon à relier leur contenu à un point donné. Chaque point de prélèvement doit faire l'objet d'un échantillon distinct.

Chaque échantillon distinct servira à la préparation d'un échantillon composé proportionnel au volume. Cela requiert le mélange d'échantillons distincts dont les volumes varient selon la position de leur point de prélèvement dans le réservoir.

L'annexe « Détermination des points de prélèvement dans le cas de réservoirs circulaires ou elliptiques » du présent cahier expose plus en détail les calculs requis. Des feuilles de calcul pour les réservoirs [circulaires](#) ou [elliptiques](#) permettent de déterminer les points de prélèvement et le facteur de proportionnalité entre les positions dans le réservoir.

## 8.4 Échantillonnage en pile

La répartition des matières résiduelles dans la pile dépend de la façon dont elle a été formée, avec de la machinerie lourde ou avec un convoyeur, par exemple.

Si l'on ne dispose pas d'informations suffisantes sur le procédé générateur, en présence d'une pile compacte, il peut être possible de creuser une tranchée. Si cette méthode est jugée sécuritaire en ce qui concerne notamment la stabilité des parois, elle permet de mettre davantage en évidence la composition de la pile.

La sous-section 5.3 du [Cahier 5, Échantillonnage des sols](#), donne des indications sur l'échantillonnage dans une tranchée. Lorsque l'accès est difficile à cause de la forme, du volume, de la stabilité ou de la composition de la pile, par exemple, l'échantillon peut être prélevé dans le godet d'une pelle mécanique, en prenant soin d'exclure la couche de matière qui a été en contact avec le godet.

La sous-section [4.2.3](#) du présent cahier décrit l'entreposage des matières résiduelles en pile. L'accès aux points de prélèvement dépend de la forme et du volume de la pile, qui influencent aussi le choix de l'équipement d'échantillonnage. Les équipements sont décrits dans la sous-section [7.2.2](#).

En résumé, l'accès aux matières résiduelles, la stabilité et la composition de la pile sont probablement les facteurs qui influencent davantage les stratégies d'échantillonnage adoptées. La norme ASTM, intitulée « Standard guide for sampling waste piles » (ASTM D6009), décrit comment les stratégies d'échantillonnage dépendent des caractéristiques particulières de la pile.

Les sous-sections [8.4.1](#) et [8.4.2](#) s'appliquent à l'échantillonnage en pile des matières dangereuses ou potentiellement dangereuses. Si la matière n'est pas dangereuse, elle est échantillonnée selon les exigences applicables aux matières résiduelles non dangereuses.

#### **8.4.1 Prélèvement d'échantillons composés**

Des explications et des exemples de situations où les échantillons composés sont appropriés sont décrits dans la sous-section 2.2 du [Cahier 1, Généralités](#), qui traite des types d'échantillons.

De plus, la sous-section [5.6](#) du présent cahier donne des exemples où il est recommandé d'échantillonner des matières dangereuses ou potentiellement dangereuses en prélevant des échantillons composés.

Le tableau 5 présente le nombre de sections dans une pile à considérer en fonction du volume de matière et, par conséquent, le nombre minimal d'échantillons requis.

**Tableau 5 : Nombre de sections dans une pile en fonction du volume de matière**

Volume de matière (m <sup>3</sup> )	Nombre de sections dans la pile
Moins de 30	1
30-60	2
60-100	3
100-200	4
200-1 000	4 + 1/100 m <sup>3</sup> au-delà de 200
1 000-2 000	12 + 1/250 m <sup>3</sup> au-delà de 1 000
2 000	16 + 1/1 500 m <sup>3</sup> au-delà de 2 000

Cette densité d'échantillonnage implique que la pile doit être considérée par section en respect du tableau ci-dessus. Les sections peuvent être délimitées en traçant un maillage sur une photo aérienne, une carte ou un plan illustrant la pile. Les emplacements sont ensuite localisés sur le terrain.

Chaque section doit être échantillonnée à l'aide d'un composé de cinq sous-échantillons ponctuels.

Toutefois, si une section du tas présente des indices d'hétérogénéité de contamination (ce qui correspond à des populations différentes d'un point de vue statistique), un échantillon composé devra être prélevé pour chacune de ces populations. La présence de différentes populations au sein d'une même section a pour conséquence d'augmenter le nombre d'échantillons à prélever.

Le terme « population » est défini comme étant une collection d'éléments possédant au moins une caractéristique commune et exclusive permettant de l'identifier et de la distinguer sans ambiguïté de toute autre (voir la sous-section 2.1 du [Cahier 1, Généralités](#)).

Dans le cas où il est impossible de respecter cette densité d'échantillonnage, ou lorsque les concentrations de contaminants sont présumées aux environs des normes ou des critères de décision et qu'alors une plus grande certitude est requise, il revient au responsable des matières de faire la preuve, par exemple au moyen de méthodes statistiques, que la densité d'échantillonnage qu'il propose est acceptable.

Le nombre de 5 sous-échantillons ponctuels proposé correspond à un coefficient de variation initial de la contamination de l'ordre de 200 %. Lorsqu'ils sont mélangés et homogénéisés, les 5 sous-échantillons ponctuels conduiront à un coefficient de l'ordre de 90 % (coefficient de variation =  $100 (S/x)$  où  $S$  est l'écart type qui serait obtenu avec les résultats des 5 sous-échantillons ponctuels sans mélange et  $x$  la moyenne des résultats). Ce nombre de sous-échantillons est considéré comme acceptable pour un ensemble de cas.

Si le coefficient de variation de la contamination des matières analysées diffère de la valeur de 200 %, il revient au responsable des matières de proposer un nombre de sous-échantillons ponctuels à partir du coefficient de variation jugé pertinent pour son cas.

Par ailleurs, il est expliqué, dans la sous-section 2.2 du Cahier 1, *Généralités*, et la sous-section 5.3 du présent cahier, que le prélèvement d'un échantillon composé peut entraîner une perte d'information. Cette perte peut être causée par la dilution de la concentration d'un contaminant dans un sous-échantillon ponctuel lors du mélange avec les autres sous-échantillons ponctuels. Il peut être préférable de ne pas mélanger les sous-échantillons ponctuels. Cela revient à prélever des échantillons ponctuels et à les analyser de façon distincte.

#### **8.4.2 Prélèvement d'échantillons ponctuels**

La sous-section 5.6 du présent cahier donne des exemples où il est recommandé d'échantillonner des matières dangereuses ou potentiellement dangereuses en prélevant des échantillons ponctuels.

Le prélèvement et l'analyse d'échantillons ponctuels distincts donnent une idée de la contamination dans la matière solide à différents endroits dans la section de la pile, ce qui n'est pas possible avec un échantillon composé.

La densité d'échantillonnage implique que la pile doit être considérée par sections en respect du tableau 5. Chaque section doit être échantillonnée à l'aide de cinq échantillons ponctuels.

Toutefois, si une section de la pile présente des indices d'hétérogénéité de contamination (ce qui correspond à des populations différentes d'un point de vue statistique), cinq échantillons ponctuels devront être prélevés pour chacune de ces populations. La présence de différentes populations au sein d'une même section a pour conséquence d'augmenter le nombre d'échantillons à prélever.

Tout comme dans la sous-section 8.4.1, il est possible, pour le responsable de la campagne d'échantillonnage, de démontrer que le coefficient de variation des concentrations est différent de 200 % et de proposer un nombre d'échantillons ponctuels adéquat dans ce cas.

Dans le cas où il est impossible de respecter cette densité d'échantillonnage, ou lorsque les concentrations de contaminants sont présumées aux environs des normes ou des critères de décision et qu'alors une plus grande certitude est requise, il revient au responsable des matières de faire la preuve, par exemple au moyen de méthodes statistiques, que la densité d'échantillonnage qu'il propose est acceptable.

### **8.4.3 Exemples de cas d'échantillonnage de piles**

La localisation des échantillons dans les sections de la pile varie selon les cas. Par exemple, si la pile est plutôt aplatie, il peut être préférable de prélever les échantillons à la même profondeur, mais à différents endroits dans la section. Si la pile est plutôt haute, les échantillons peuvent être prélevés au même endroit, à différentes profondeurs, en tenant compte de l'hétérogénéité verticale, comme cela est décrit dans la sous-section suivante.

#### **8.4.3.1 Hétérogénéité verticale**

S'il est possible de séparer verticalement les matières dont la contamination est différente, donc d'identifier plus d'une population (voir la sous-section 2.1 du [Cahier 1, Généralités](#)), il est nécessaire d'échantillonner chaque population individuellement (voir la sous-section [5.4](#) du présent cahier). Si les matières à échantillonner ont été exposées aux intempéries, on évite d'échantillonner la strate de surface, afin de s'assurer que l'échantillon n'a pas été altéré.

En contrepartie, s'il n'est pas possible de séparer les matières dont la contamination est différente ou s'il n'y a pas d'indice d'hétérogénéité pour une même section, il faut mélanger selon l'axe vertical. Dans ce contexte, il faut utiliser un échantilleur qui permet de prélever un échantillon vertical afin de couvrir toute la hauteur de la section. La représentativité de l'échantillon est alors maximisée. Cette représentativité est plus facile à obtenir lorsque la pile est carrée ou rectangulaire que s'il est conique. Il est donc préférable de ne pas constituer de piles coniques.

#### **8.4.3.2 Échantillonnage de résidus constitués de matériaux**

Il est notamment indiqué, dans la sous-section [5.6](#) du présent cahier, qu'il peut être justifié de ne prélever qu'un ou quelques échantillons ponctuels, si l'objectif est de déterminer la présence d'une matière dangereuse dans une pile. Voici un exemple concret :

Supposons une pile de matières résiduelles de cinq mètres de longueur sur trois mètres de largeur et un mètre de hauteur qui a été accumulée au cours des cinq dernières années d'exploitation d'une petite entreprise de fabrication de teinture. Tous les déchets et les résidus de l'entreprise ont été éliminés au même endroit. On y trouve toutes sortes de matériaux, dont :

- du bois, environ 10 % en volume;
- des morceaux de béton (10 %) qui proviennent de la démolition d'un petit hangar;
- du papier à toiture, environ 5 %;
- des matières dangereuses solides (environ 30 %); celles-ci ont été déversées quotidiennement par l'entreprise;
- une couche de sol (45 %), qui se trouve environ au milieu de la pile, qui provient de l'excavation réalisée pour la construction d'un bureau.

Un préleveur expérimenté se rend sur les lieux après avoir été informé de la composition de la pile. Il identifie très facilement les matériaux issus du procédé de fabrication de teinture. Ces derniers ont différentes couleurs et sont repérables parmi la masse de matériaux présumés non contaminés. Il prélève quelques échantillons, en prenant soin de classer les spécimens selon la couleur et de les placer dans des contenants distincts. Les résultats des analyses confirment la présence de métaux dans le lixiviat en concentration supérieure à la norme du RMD. En effet, des métaux dont la concentration dans le lixiviat est réglementée sont utilisés pour la fabrication de certaines couleurs de teinture.

Il est interdit de mélanger des matières dangereuses avec des matériaux non contaminés, dans le but de diluer les premiers et de se soustraire aux normes du RMD. Par conséquent, la seule option laissée au préleveur dans ce cas-ci est d'effectuer un échantillonnage ciblé (voir la sous-section 5.2 du présent cahier). Toute la pile est donc considérée comme une matière dangereuse. Si l'entreprise désire séparer certaines sections qui ne semblent pas contaminées, comme le bois, elle doit démontrer, après les avoir soustraites de la masse, qu'elles sont exemptes de contaminants. Encore là, le préleveur peut procéder à un échantillonnage ciblé.

Ce premier cas de distribution hétérogène démontre qu'il ne faut pas évaluer la concentration d'un contaminant dans l'ensemble d'une pile qui contient des matières dangereuses diluées avec des matériaux non contaminés. La variable importante à évaluer est la concentration de la partie contaminée. En règle générale, la dispersion des matériaux (hétérogénéité de distribution) nécessite une approche ciblée (voir les sous-sections 4.3.1.3 et 5.2 du présent cahier). Le plus souvent, un échantillonnage ciblé sera réalisé en prélevant un ou des échantillons ponctuels (voir la sous-section 2.2 du [Cahier 1, Généralités](#)).

#### **8.4.3.3 Échantillonnage d'un mélange de résidus de plusieurs procédés**

Ce cas est identique au premier, puisque, par définition, l'ensemble de la masse est considéré a priori comme une matière dangereuse, si un seul des matériaux est classé comme une matière dangereuse. Le préleveur utilisera un échantillonnage ciblé pour caractériser chacun des constituants du mélange, lorsque ceux-ci sont plus ou moins mélangés et identifiables. Ces stratégies ne sont possibles que si les matériaux sont relativement grossiers. Dans le cas de matériaux fins mélangés, il peut s'avérer très difficile, voire impossible, d'identifier les composantes du mélange. On considérera alors la pile comme étant un tout homogène. Un faible niveau de mélange occasionne parfois l'apparition de strates et, alors, chacune est échantillonnée (voir la sous-section 5.4 du présent cahier).

#### **8.4.3.4 Échantillonnage d'un résidu à granulométrie fine**

L'obtention d'un échantillon représentatif de ce type d'amas présente peu de difficultés. Toutefois, en présence d'une pile de plusieurs mètres cubes, l'homogénéité de la masse n'est pas certaine, même si l'apparence en témoigne. Une approche aléatoire de type systématique s'avère indiquée pour réaliser cette démonstration (voir la sous-section 5.1.2 du présent cahier). Après avoir au besoin effectué une manipulation de la pile pour la rendre sous une forme carrée ou rectangulaire plus compatible avec l'usage de ce modèle aléatoire, un maillage est dessiné en surface à la suite du choix aléatoire du premier point de prélèvement. Par la suite, des forages à l'intérieur de chaque maille de la grille (patron) permettront de recueillir des échantillons.

Un changement de la composition des matériaux dans le plan vertical est décelé au moyen d'un examen visuel des carottes. Si cet examen révèle la présence de strates, chaque carotte est subdivisée pour donner autant d'échantillons qu'il y a de strates (voir la sous-section 5.4 du présent cahier).

Une analyse individuelle de chaque échantillon ponctuel stratifié permet d'évaluer la composition de tous les points sélectionnés selon les axes verticaux et horizontaux. Ce dernier mode de traitement est le plus exhaustif. Ce type d'évaluation est également possible en l'absence de strates. Il suffit alors de séparer les carottes en sections d'une longueur déterminée.

#### **8.4.3.5 Échantillonnage des résidus avec des granulométries variables**

Les techniques décrites dans l'exemple précédent peuvent être utilisées, mais les résultats risquent de présenter une variation beaucoup plus grande que si le matériel a la même granulométrie. On pourrait envisager une homogénéisation au moyen d'un broyage, mais il existe des contraintes; cette homogénéisation n'est pas possible dans beaucoup de cas (voir la sous-section 6.1 du présent cahier). C'est pourquoi l'analyse est généralement effectuée sur la fraction fine de la matière échantillonnée, sans broyage de l'échantillon. Ces aspects ont aussi été discutés dans les sous-sections 4.3.1 et 6.4 du présent cahier.

En l'absence de matériaux d'une granulométrie adéquate pour des analyses chimiques, tels des blocs monolithiques relativement homogènes, on procédera au concassage de quelques agrégats. L'homogénéité de tels résidus peut être évaluée visuellement ou en examinant le procédé qui est à l'origine. Par exemple, des intrants finement broyés à l'entrée devraient produire des extrants homogènes. Des procédés entraînant une fusion ou une liquéfaction produisent un effet analogue. Dans une pile de blocs hétérogènes, en supposant que seulement la face externe est contaminée, il y a un risque de diluer cette fraction avec la fraction interne qui ne l'est pas. On peut alors couper l'agrégat avec des outils appropriés.

#### **8.4.4 Équipements d'échantillonnage d'une pile**

Les équipements doivent être adaptés à la dimension d'une pile, au type d'échantillon et à l'approche d'échantillonnage désirés (voir la section 5 du présent cahier). Ainsi, une pelle ou une truelle est utilisée pour réaliser des échantillonnages lorsque l'épaisseur de la pile est réduite. Lorsque la pile est plus volumineuse et que les matériaux sont de granulométrie moyenne, l'emploi d'un tube d'échantillonnage est recommandé. Ces instruments sont décrits dans la sous-section 7.2.2 du présent cahier.

Pour des matériaux rigides ou lorsque les piles sont très volumineuses, une foreuse peut être nécessaire. La section 5 du [Cahier 5, Échantillonnage des sols](#), présente divers modèles d'équipements pouvant s'appliquer également aux matières résiduelles solides.

Par exemple, l'échantillonnage ciblé peut être obtenu en prélevant, à même les tubes, des échantillons à des endroits précis, ou encore en choisissant les parties qui ont une texture ou une couleur déterminée.

En présence d'une pile compacte, il peut aussi être possible de creuser une tranchée avec une rétrocaveuse. Cette méthode permet de mettre davantage en évidence la stratification. L'échantillon peut être prélevé avec une truelle dans la tranchée, s'il est possible d'y descendre, ou dans le godet de la rétrocaveuse (voir la sous-section 5.3 du Cahier 5, *Échantillonnage des sols*).

### **8.5 Sélection des équipements selon les milieux et les approches d'échantillonnage**

Le tableau 6 résume des concepts décrits dans ce cahier. On y trouve une liste d'équipements utilisables en fonction des caractéristiques du milieu, du mode d'entreposage et de l'approche d'échantillonnage.

Lorsque l'usage de la statistique est requis, on procédera à la prise de plusieurs échantillons selon une approche aléatoire, avec les techniques décrites dans l'ouvrage.

**Tableau 6 : Exemples d'équipements utilisables selon l'approche d'échantillonnage et les modes d'entreposage**

Milieu	Mode d'entreposage	Approche d'échantillonnage				
		Échantillonnage aléatoire		Échantillonnage non aléatoire	Échantillonnage aléatoire ou non aléatoire	
		Simple	Systématique	Ciblé ou selon le jugement	Stratifié	Représentatif
Liquide homogène	Contenant, réservoir et citerne	S. O.*	S. O.*	S. O.*	S. O.*	Tous les équipements pour les liquides
Liquide hétérogène	Contenant, réservoir et citerne	Coliwasa, tube à clapet, tube de verre, pompe	Coliwasa, tube à clapet, tube de verre, pompe	Échantillonneur lesté	Coliwasa, tube à clapet, tube de verre, pompe	Coliwasa, tube à clapet, tube de verre, pompe
Solide granulométrie fine	Contenant, pile, conteneurs	Truelle, tarière, foreuse, échantillonneur à grains, seringue ou capsule hermétique (COV**)	Truelle, tarière, foreuse, échantillonneur à grains, seringue ou capsule hermétique (COV**)	Truelle, seringue ou capsule hermétique (COV**)	Truelle, tarière, foreuse, échantillonneur à grains, seringue ou capsule hermétique (COV**)	Truelle, tarière, foreuse, échantillonneur à grains, seringue ou capsule hermétique (COV**)
Solide granulométrie moyenne et grossière	Contenant, pile, conteneurs	Pelle, tube, foreuse	Pelle, tube, foreuse	Pelle	Pelle, tube, foreuse	Pelle, tube, foreuse

\* Sans objet.

\*\* Composés organiques volatils.

Pour les boues, voir la section 7.2.3 (autres équipements) du présent cahier.

## 9. ÉCHANTILLONNAGE DES SURFACES

Des matériaux d'usage courant peuvent devenir contaminés à la suite d'un contact avec des substances polluantes aéroportées. Ainsi, les bâtiments, les surfaces pavées, de même que les équipements ou matériaux exposés à l'environnement risquent d'être contaminés par des poussières en suspension dans l'atmosphère. L'action contaminante de ces substances est susceptible de se manifester sous forme de dépôt et d'affecter non seulement l'extérieur des bâtiments et des équipements, mais aussi l'intérieur par l'entremise des systèmes de ventilation.

De plus, les planchers d'un bâtiment ou les surfaces pavées peuvent devenir contaminés à la suite d'un déversement de matières dangereuses. Pareillement, les réservoirs, contenants, poutres, conduits ou autres équipements exposés à des matières dangereuses liquides ou solides peuvent être contaminés par des dépôts de surface et nécessiter un nettoyage avant leur réemploi ou leur recyclage.

Ainsi, les échantillonnages des surfaces peuvent servir à déterminer si de la ferraille ou d'autres objets de métal ou des matériaux provenant de travaux de construction, de démantèlement ou de rénovation d'un immeuble ou d'infrastructures, tels que le bois ou le béton, sont assimilés à une matière dangereuse (article 2, paragraphes 2 ou 3 et article 4 paragraphes 7e) ou 8 du RMD). L'article 4 paragraphes 7e) ou 8 du RMD peut aussi s'appliquer à d'autres matières que celles qui sont décrites dans l'article 2, paragraphes 2 ou 3.

Nous pouvons séparer en deux volets l'échantillonnage des surfaces, en fonction de la porosité du matériel. La technique par frottis s'applique aux surfaces non poreuses, alors que les techniques par carottage ou scarification s'appliquent aux surfaces poreuses.

On trouvera aussi de l'information sur l'échantillonnage des surfaces poreuses ou non poreuses dans la fiche [Info matières dangereuses résiduelles : matériaux de démantèlement et contamination de surface.](#)

Cette fiche et la sous-section 9.1 du présent cahier ne s'appliquent pas aux matériaux recouverts de peinture contenant des métaux ou métalloïdes puisqu'ils sont inclus dans la peinture, ils ne proviennent pas d'une source extérieure à la peinture. Dans ces cas, on prélève des fragments de peinture. L'échantillon inclut toutes les couches de peinture, mais, autant que possible, pas le matériau qu'elle recouvre. La sous-section 9.2.4 s'applique, en l'adaptant, à l'échantillonnage des surfaces poreuses recouvertes de peinture contenant des métaux ou métalloïdes. Au besoin, consultez le MELCCFP à ce sujet.

## **9.1 Échantillonnage des surfaces non poreuses**

### **9.1.1 Principe et théorie**

Généralement, les surfaces non poreuses sont échantillonnées par la technique de frottis. Par exemple, les plastiques, les surfaces peintes (sauf dans le cas décrit dans le paragraphe précédent) ou vernies, les pièces métalliques à nu et le béton recouvert d'époxy sont considérés comme des surfaces non poreuses.

L'aire de la surface à échantillonner doit être adaptée à la contamination présumée. Ainsi, une aire accrue est sélectionnée devant la perspective d'un faible degré de contamination ou d'une limite de détection analytique élevée. La forme de la surface n'a pas d'importance (carré, rectangle, cercle), l'aire doit cependant être connue avec précision afin de permettre le calcul de la concentration par unité de surface. La dimension typique de la superficie couverte lors d'un échantillonnage varie respectivement entre 400 et 900 cm<sup>2</sup> pour des prélèvements destinés à l'analyse inorganique et organique.

La démarcation de la zone à l'étude peut être réalisée en traçant le périmètre au moyen d'instruments appropriés, tels que règle, compas, etc. L'utilisation d'un gabarit est recommandée. Puisque la surface en contact avec le gabarit n'est pas échantillonnée, une assez grande latitude est laissée quant à la nature de ce dernier. Cependant, le matériel doit être assez résistant pour ne pas être affecté par de possibles contacts avec la gaze de coton lors de l'échantillonnage des surfaces.

### **9.1.2 Matériel d'échantillonnage**

Des gazes de coton non contaminées sont recommandées pour le prélèvement par frottis, en particulier pour l'identification et la caractérisation d'un contaminant. Il est préférable de prendre les gazes et les solvants fournis par le laboratoire. Dans le cas de l'utilisation de matériel d'échantillonnage autre que des gazes de coton, une validation auprès du laboratoire permettra de s'assurer de l'acceptabilité de celui-ci.

Le port de gants est recommandé pour éviter que des produits contenus sur la peau soient ajoutés à l'échantillon et pour éliminer les risques reliés à l'absorption cutanée de solvants ou de substances toxiques. Plusieurs types de gants existent sur le marché et de nouveaux produits sont continuellement développés. Il est donc important de vérifier auprès des manufacturiers la résistance des gants aux solvants utilisés.

L'utilisation de pinces à bouts plats et larges ou de pinces ayant un mécanisme de verrouillage est recommandée lorsque la surface est plane, pour réaliser un balayage uniforme de la surface. Cela permet également de limiter les risques d'interférence potentielle entre le solvant et les gants et d'appliquer une pression uniforme sur la surface échantillonnée.

### 9.1.3 Choix du solvant

Le choix du solvant doit tenir compte à la fois des risques de dissolution de la surface du matériel et de la solubilité du contaminant. Dans certains cas, la composition de la surface doit être connue pour déterminer les possibilités d'altération et de contamination causées par le frottement et le solvant. Il existe deux solvants dont l'usage est considéré comme universel : l'eau pour les composés de la chimie inorganique et l'hexane pour les composés de la chimie organique. Ni l'un ni l'autre ne possède de propriétés agressives de dissolution pour la vaste majorité des applications environnementales. Ils sont donc susceptibles de dissoudre lentement un grand nombre de contaminants, sans affecter la surface de façon significative. La friction causée par le passage d'un tissu contribue aussi à accroître l'adhérence de la poussière à la gaze et il est rarement nécessaire de recourir à des solvants très agressifs, à moins que les substances soient « collées » à la paroi. Au besoin, plusieurs gazes sont utilisées. En cas de doute, il est recommandé de contacter le laboratoire afin de connaître les interactions possibles des contaminants avec le solvant. En plus du caractère universel de l'eau et de l'hexane, l'acide nitrique ou l'acide chlorhydrique peuvent être utilisés sur une surface inerte, comme le verre.

Le tableau 7 énumère le choix des solvants à utiliser pour l'échantillonnage à l'aide de la technique des frottis.

**Tableau 7 : Choix des solvants pour l'échantillonnage à l'aide de la technique par frottis**

Paramètres	Solvants	Applications	Avantages/désavantages
Tous les composés inorganiques	Eau	Usage général	
	Acide nitrique ou acide chlorhydrique 5 %-10 %	Surface inerte comme le verre	Réagit avec les surfaces métalliques
Tous les composés organiques	Hexane	Usage général	

### 9.1.4 Contrôle de qualité

Chaque campagne d'échantillonnage de frottis doit être accompagnée de l'analyse d'un échantillon de tissu qui a été mis en contact avec le solvant utilisé pour démontrer l'aptitude de ce produit à être utilisé.

Les risques de dissolution d'une partie de la surface peuvent être évalués en prélevant un blanc de surface à l'aide de la technique par frottis sur une surface vraisemblablement non affectée par le contaminant lorsque celle-ci est disponible. Cette évaluation permettra, entre autres, de préciser le degré d'altération de la surface, la nécessité d'une restauration après l'échantillonnage et, éventuellement, l'interférence potentielle des composés de dissolution envers les contaminants recherchés.

De plus, cette vérification permettra d'évaluer les contaminants potentiels pouvant provenir des gants, de la technique de nettoyage des pinces et des autres étapes de manipulation.

Si ce n'est pas possible de faire un blanc d'une surface vraisemblablement non affectée par le contaminant, il est conseillé de faire un blanc pour déterminer si les gants, la technique de décontamination des pinces et les gazes de coton induisent des erreurs en manipulant le matériel, de la même façon que lors de la réalisation d'un frottis, sans passer sur la surface à échantillonner.

Afin d'éviter une contamination croisée, il est préférable de procéder à cette vérification avant de faire l'échantillonnage.

### **9.1.5 Vérification de la totalité de la récupération**

Après le prélèvement de l'échantillon, l'efficacité de la technique par frottis peut également être vérifiée en procédant à un dernier échantillonnage de la surface. Cet échantillon sera analysé de façon distincte. Il s'agit, en outre, d'une méthode très efficace pour évaluer le niveau de récupération des contaminants présents initialement sur la surface. Dans le cas d'une récupération presque totale, le dernier échantillon obtenu à l'aide de la technique par frottis ne devrait contenir qu'un infime pourcentage de la quantité récupérée lors des premiers prélèvements des échantillons sur la surface. Dans le cas d'une récupération incomplète, ce dernier échantillon permettra d'estimer le niveau minimal de la contamination encore présente sur la surface.

### **9.1.6 Méthode d'échantillonnage par frottis**

Marquer la surface à échantillonner au moyen d'un outil approprié ou d'un gabarit. Si un gabarit n'est pas utilisé, mesurer l'aire avec précision et la prendre en note.

Utiliser des gants appropriés et imbiber la gaze de coton avec le solvant, en évitant la formation de gouttelettes. Au besoin, utiliser un compte-gouttes pour ajouter le solvant. Essuyer la surface à l'aide de la gaze de coton par des mouvements verticaux ou horizontaux, en évitant de passer deux fois au même endroit. Plier la gaze de coton lorsqu'elle semble saturée par la contamination ou utiliser plusieurs gazes en notant leur quantité et la quantité approximative du solvant, surtout s'il est susceptible de contenir de petites quantités du ou des contaminants recherchés. Éviter le contact des gants avec les parties souillées des gazes de coton afin de limiter les pertes de contaminant. Lorsque la surface est plane, l'utilisation de pinces permet de limiter le transfert de contaminants aux gants. De plus, l'utilisation de pinces ayant un mécanisme de verrouillage peut s'avérer utile afin d'éviter d'échapper la gaze de coton.

Transférer la gaze de coton dans un contenant approprié comme cela est indiqué dans le [Mode de conservation des échantillons de matières dangereuses et de matières résiduelles](#).

## **9.2 Échantillonnage des surfaces poreuses**

### **9.2.1 Principe et théorie**

Généralement, lorsqu'un objet présente une surface poreuse, tel que le bois, le béton, la brique ou l'asphalte, il est probable que des contaminants l'aient pénétré. Afin de pouvoir gérer ces types de matières résiduelles, il est nécessaire de déterminer jusqu'à quelle profondeur la contamination a pénétré. Différentes techniques d'échantillonnage, telles que le prélèvement de carottes de forage ou le grattage manuel de la surface, permettent de déterminer le niveau de contamination de l'objet. L'épaisseur échantillonnée doit permettre d'avoir un portrait précis de la profondeur de la contamination. Dans de nombreux cas, il est possible de faire une distinction visuelle de la profondeur de la surface contaminée. De façon générale, l'échantillonnage des surfaces poreuses consiste à prélever une partie de la surface de l'objet et à analyser son contenu total ou lixiviable selon les paramètres choisis. S'il y a toujours apparence de contamination, un carottage ou grattage supplémentaire devra être effectué et ainsi de suite, si cela est nécessaire.

### **9.2.2 Matériel d'échantillonnage**

Les outils utilisés varient selon l'objet à échantillonner. Des échantillons d'asphalte sont recueillis au moyen d'un marteau, de carottes de forage ou par scarification. Le bois et le béton sont échantillonnés au moyen de ciseaux ou d'un marteau. Une attention particulière doit être apportée à la sécurité du préleveur. La méthode choisie ne doit pas altérer les contaminants par dégagement de chaleur ou par diffusion hors de la matrice.

### 9.2.3 Contrôle de la qualité

Il faut s'assurer que les équipements d'échantillonnage ne contaminent pas les échantillons. Avant de procéder à l'échantillonnage de la surface à évaluer, il est requis de prélever un échantillon témoin d'une surface non contaminée au moyen de l'équipement approprié, c'est-à-dire obtenir un blanc d'équipement d'échantillonnage. Le même équipement doit ensuite être utilisé pour le prélèvement de la surface à évaluer.

### 9.2.4 Techniques d'échantillonnage de surfaces poreuses

La description de la pièce à échantillonner ainsi que les dimensions de ses surfaces devront permettre de préciser la surface à échantillonner et de choisir le matériel approprié.

Prélever une partie de la surface jusqu'à 1 cm d'épaisseur avec un ciseau, un marteau ou tout autre instrument approprié selon la contamination observée, puis en analyser le contenu total ou en lixiviation selon les paramètres. L'épaisseur de la surface échantillonnée doit s'adapter à l'épaisseur de la contamination observée. Ainsi, afin d'éviter de diluer l'échantillon, lorsque c'est techniquement possible, l'épaisseur échantillonnée sera moindre qu'un centimètre si l'épaisseur de la contamination observée s'étend sur moins d'un centimètre d'épaisseur. Selon le même objectif, lorsque la contamination observée dépasse un centimètre d'épaisseur, chaque couche d'un centimètre sera échantillonnée et analysée séparément, car un gradient de concentration peut s'être formé dans le matériau.

Transférer le matériel dans des contenants appropriés, comme cela est indiqué dans le [Mode de conservation des échantillons de matières dangereuses et de matières résiduelles](#).

## 10. RAPPORT D'ÉCHANTILLONNAGE

Afin de bien rendre compte de la campagne d'échantillonnage des matières dangereuses ou potentiellement dangereuses, un rapport est rédigé. Les informations suivantes s'y retrouvent :

- Localisation du site;
- Objectifs de la campagne (voir la sous-section 4.1 du présent cahier);
- État physique des matières résiduelles, mode d'entreposage (voir les sous-sections 4.2 et 4.3 du présent cahier);
- Estimation des quantités (exemples : nombre de contenants, nombre et dimensions des conteneurs, dimensions approximatives des piles);
- Étude du procédé générateur des matières résiduelles ou étude de l'historique du site (voir la sous-section 3.1 du présent cahier);
- Choix des contaminants ou des paramètres à mesurer et justification (voir la sous-section 4.4 du présent cahier);
- Approches d'échantillonnage, types d'échantillons, stratégies d'échantillonnage (voir les sections 5 et 8 du présent cahier) et leurs justifications;
- Équipements d'échantillonnage utilisés (voir la section 7 du présent cahier);
- Description de la procédure de nettoyage des équipements d'échantillonnage (voir la section 3.1 du Cahier 1, *Généralités*);
- Nombre d'échantillons prélevés et leur justification;
- Identification du ou des préleveurs, décrire leurs qualifications et expérience;

- Localisation des lieux de prélèvement;
- Dates de prélèvement;
- Identification des échantillons et leur description;
- Contenants d'échantillons, méthodes de conservation (voir les sous-sections 3.2 et 3.4 du [Cahier 1, Généralités](#)). Consultez le [Mode de conservation des échantillons de matières dangereuses et de matières résiduelles](#);
- Assurance qualité et contrôle de qualité sur le terrain (voir la section 4 du Cahier 1, *Généralités*);
- Attestation de la conformité au plan ou au devis d'échantillonnage. S'il y a des divergences par rapport au plan ou devis, elles doivent être mentionnées et expliquées;
- Si le rapport est transmis au MELCCFP, un écrit est transmis en même temps afin d'attester que l'échantillonnage a été fait selon les formalités et les règles de l'art applicables (article 19 du RMD, voir la section 1 du présent cahier);
- Annexé au rapport, le plan ou devis d'échantillonnage (voir la section 2 du [Cahier 1, Généralités](#)).

Pour un rapport qui porte strictement sur l'échantillonnage en application du Cahier 8, *Échantillonnage des matières dangereuses*, le contenu listé jusqu'ici peut être suffisant. Dans la préparation d'un rapport de caractérisation, on ajoutera les points suivants, lesquels ne font pas partie du contenu du cahier 8 :

- Protocoles de laboratoire utilisés. Ils se trouvent dans la [Liste des méthodes d'analyses relatives à l'application des règlements découlant de la LQE](#);
- Les résultats d'analyses et leur interprétation;
- Annexés au rapport, les certificats d'analyse signés par un chimiste ou un professionnel responsable des analyses (ex. : bioessais ou microbiologie). Ces certificats sont fournis par le laboratoire.

Il s'agit d'un laboratoire accrédité par le MELCCFP pour les paramètres visés par le RMD, sauf la radioactivité (article 18 du RMD). La [liste des laboratoires accrédités](#) se trouve sur le site Web du Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec (CEAEQ). Dans le cas où aucune accréditation par le MELCCFP n'existe pour un paramètre visé, il doit s'agir d'un laboratoire qualifié ISO/CEI 17025 par un organisme reconnu.

Les informations liées à l'assurance et au contrôle de la qualité en laboratoire sont fournies par le laboratoire et incluses dans le rapport.

## 11. CONCLUSION

Ce cahier présente l'essentiel des principes qui doivent être assimilés pour parvenir à réaliser l'échantillonnage des matières dangereuses ou potentiellement dangereuses.

Les exemples illustrent les concepts applicables dans diverses circonstances. Toutefois, puisque chaque situation est unique, il n'est pas possible de présenter des modèles applicables de façon intégrale. Il appartient donc au préleveur, à partir de ces notions de base, de mettre au point un plan ou devis d'échantillonnage adapté à chaque conjoncture.

L'étape de la planification doit permettre de préciser les objectifs, le mode d'entrepose, l'état physique de la matière et de déterminer les paramètres analytiques requis. Par la suite, la stratégie d'intervention doit tenir compte du degré d'homogénéité du milieu, dont dépendent l'approche d'échantillonnage et le choix des équipements. Cette étape est généralement précédée d'une évaluation ou d'une visite préliminaire qui permet d'établir les points majeurs de la problématique.

Les stratégies d'intervention sont fortement influencées par la démonstration de la présence d'un contaminant et la détermination de la valeur typique de ce dernier. Dans le premier cas, un échantillonnage ciblé représente souvent la meilleure stratégie. Par contre, la détermination de la valeur typique nécessite l'établissement d'un mode d'intervention plus complexe. L'échantillonnage représentatif semble le plus approprié pour assurer l'atteinte de cet objectif.

Le préleveur doit de plus travailler en étroite collaboration avec le laboratoire afin d'obtenir une appréciation de la marge d'erreur de même que de la portée des résultats analytiques. Cette communication est davantage importante dans le cas des matières dangereuses ou potentiellement dangereuses en raison de la diversité des espèces chimiques, de l'hétérogénéité des milieux, des restrictions imposées lors de l'analyse et de la complexité des interactions possibles.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. ANRED (Agence nationale pour la récupération et l'élimination des déchets), 1983. *Échantillonnage*, Fiche no 1, Angers, 6 pages.
2. ANRED (Agence nationale pour la récupération et l'élimination des déchets), 1984. *Analyse et caractérisation des déchets industriels*, Cahiers techniques de la Direction de la prévention des pollutions, Angers, n° 12, 31 pages.
3. ASTM (American Society for Testing and Materials), 1996 révisée en 2019. *Standard guide for sampling waste piles*, D6009-96, West Conshohocken, 11 pages.
4. ASTM (American Society for Testing and Materials), 1998 révisée en 2018. *Standard practice for reducing samples of aggregate to testing size*, C702-98, West Conshohocken, 4 pages.
5. ASTM (American Society for Testing and Materials), 2014. *Standard guide for general planning of waste sampling*, D4687-14, West Conshohocken, 8 pages.
6. ASTM (American Society for Testing and Materials), 2015. Composite sampling and field subsampling for environmental waste management activities, D6051-15, West Conshohocken, 7 pages.
7. ASTM (American Society for Testing and materials), 2018. *Standard practices for sampling wastes from pipes and other point discharges*, D5013-18, West Conshohocken, 3 pages.
8. Bureau de recherches géologiques et minières, 1984. *Échantillonnage des déchets industriels, approches théoriques, recommandations et exemples pratiques*, Neuilly-sur-Seine, Secrétariat d'État auprès du premier ministre, chargé de l'environnement et la qualité de vie, rapport 84 RDM 023 MIN, 208 pages.
9. CCME (Conseil canadien des ministres de l'environnement), 1993. *Guide pour l'échantillonnage, l'analyse des échantillons et la gestion des données des lieux contaminés*, volume 1 « Rapport principal », Winnipeg, 90 pages.
10. CCME (Conseil canadien des ministres de l'environnement), 1993. *Guide pour l'échantillonnage, l'analyse des échantillons et la gestion des données des lieux contaminés*, volume 2, « Sommaire des méthodes d'analyse », Winnipeg, 180 pages.
11. Cheremisinoff, Paul N. et Manganiello, Bruce T., 1987. *Environmental Field Sampling Manual*, 2<sup>e</sup> édition, Chicago, Pudvan Publishing Company, 135 pages.
12. Commission canadienne des grains, 2019. *Guide sur le prélèvement d'un échantillon représentatif*, chapitre 5, Winnipeg, 7 pages.
13. Environnement Canada, 1983. *Échantillonnage pour la qualité de l'eau*, Ottawa, 65 pages.
14. Förstner, U. et Wittmann, G.T.W., 1981. *Metal Pollution in the Aquatic Environment*, New York, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, pages 121-131.
15. Gilbert, Richard O., 1987. *Statistical Methods for Environmental Pollution Monitoring*, New York, Van Nostrand Reinhold, 320 pages.
16. Grieco, Patricia et Trattner, Richard B., 1990. *Sampling for Environmental Data Generation*, Matawan (New Jersey), SciTech Publishers Inc., 233 pages.
17. ITRC (Interstate Technology Regulatory, Council), 2012. *Incremental sampling methodology, Technical and regulatory guidance*, Washington DC, pages 23 à 29.
18. Karassik, Igor J., Krutzsch, William C., Fraser, Warren H. et Messina, Joseph P., 1976. *Pump Handbook*, New York, Mc Graw-Hill Inc., pages 70-99.
19. Keith, Lawrence H., 1988. *Principles of Environmental Sampling*, Washington DC, American Chemical Society, 458 pages.
20. Keith Lawrence H., 1992. *Environmental Sampling and Analysis: A Practical Guide*, Chelsea, Lewis Publishers Inc., 143 pages.
21. Keith, Lawrence H., 1992. *Sampling and Analysis Methods*, Chelsea, Lewis Publishers Inc., 803 pages.
22. Lipsky, D. et al., 1993. *Methods for Evaluating the Attainment of Cleanup Standard, Soils and Solid Media*, Washington DC, U.S. Department of Commerce, vol. 1, 264 pages.

23. Martel, Jean-M. et Nadeau, Raymond., 1988. *Statistique en gestion et en économie*, Montréal, Gaëtan Morin éditeur, 621 pages.
24. [Ministère de l'Environnement du Québec, 2024. Guide de caractérisation des terrains](#), Québec, Direction de la protection et de la réhabilitation des terrains, 111 pages.
25. [Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs, 2021. Guide d'intervention – Protection des sols et réhabilitation des terrains contaminés](#), Québec, Direction de la protection et de la réhabilitation des terrains, 326 pages.
26. [Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs, 2023. Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales, Cahier 1 – Généralités](#), Québec, Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec, 72 pages.
27. [Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs, 2009. Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales, Cahier 2 – Échantillonnage des rejets liquides](#), Québec, Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec, 24 pages.
28. [Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs, 2012. Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales, Cahier 3 – Échantillonnage des eaux souterraines](#), Québec, Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec, 76 pages.
29. [Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs, 2025. Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales, Cahier 5 – Échantillonnage des sols](#), Québec, Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec, 66 pages.
30. Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs, 2023. *Guide de prévention en santé et sécurité du travail, interventions terrain régulières (GSS/TR)*, Québec, Centre de Contrôle environnemental du Québec, 290 pages.
31. [Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs. Liste des méthodes d'analyse relatives à l'application des règlements découlant de la Loi sur la qualité de l'environnement, édition courante](#), Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec.
32. Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs. *Loi sur la qualité de l'environnement (c. Q-2)*, édition courante, Québec, Éditeur officiel du Québec, 184 pages.
33. [Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatique, de la Faune et des Parcs, Matériaux de démantèlement et contamination de surface](#), édition courante, Direction des matières dangereuses et des pesticides, 4 pages.
34. [Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs. Mode de conservation des échantillons de matières dangereuses et de matières résiduelles](#), édition courante, Québec, Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec, édition courante, DR-09-01, 13 pages.
35. Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs. *Règlement sur les matières dangereuses (L.R.Q., c. Q-2, r. 32)*, édition courante, Québec, Éditeur officiel du Québec, 67 pages.
36. Ministère de la Justice du Canada. *Règlement sur le transport des marchandises dangereuses (DOSR/2001-286)*, édition courante, 991 pages.
37. Murdoch, Alena, Macknight, Scott D., 1991. *Handbook of Techniques for Aquatic Sediments Sampling*, Boca Raton (Floride), CRC Press, pages 29-89.
38. National technical information service, 1993. *Data Quality Objectives for Remedial Response Activities: Development Process*, Washington DC, U.S. Department of Commerce, 156 pages.
39. National technical information service, 1993. *Data Quality Objectives for Remedial Response Activities: Development Process Example Scenario: RI/FS Activities at a Site with Contaminated Soils and Ground Water*, Washington DC, U.S. Department of Commerce, 287 pages.
40. Ontario waste management corporation, 1994. *Practical guide for sampling wastes and industrial processes*, première édition, Toronto, Hazardous waste reduction and treatment specialists, 48 pages.
41. Parkhurst, David F., 1984. *Optimal Sampling Geometry for Hazardous Waste Sites*, Washington DC, Environ. Sci. Technol., n° 18, pages 521-523.

42. Rupp, G.L., Jones, R.R., 1993. *Characterizing Heterogeneous Wastes: Methods and Recommendations*, Washington DC, U.S. Department of Commerce, 144 pages.
43. Scherrers, Bruno, 1984. *Biostatistique*, Montréal, Gaëtan Morin éditeur, 1984, 850 pages.
44. Shelley, W.J., Ziegler, W.A., 1967. *Generation of quantitative data while sampling ores and concentrates*, Vienna, Symposium on nuclear material management, Communication SM67/36.
45. SIMMONS, Milagros S. *Hazardous Waste Measurements*, Chelsea, Lewis Publishers Inc., 1991, 315 pages.
46. Transport et Mobilité durable Québec. Règlement sur le transport des matières dangereuses (C-24.2, r.43), édition courante, Québec, Éditeur officiel du Québec, 18 pages.
47. Transport Québec, 2002. *Méthode d'essai LC-21-010, Échantillonnage*, Québec, Les Publications du Québec, 6 pages.
48. U.S. Environmental Protection Agency (USEPA), 1986. *Test Method for Evaluating Solid Waste*, 3<sup>e</sup> édition, Washington DC, SW846, volume II a, partie III, chapitre 9.
49. U.S. Environmental Protection Agency (USEPA), 1994. *A Guidance manual: Waste analysis at Facilities that Generate, Treat, Store and Dispose of Hazardous Wastes*, Rockville, Government Institutes Inc., EPA 530-R-12-001, 186 pages.
50. U.S. Environmental Protection Agency (USEPA), 1994. *Waste pile sampling*, Standard operation procedure (SOP) #2017, 5 pages.
51. U.S. Environmental Protection Agency (USEPA), 1994. *Tank sampling*, Standard operation procedure, SOP #2010, 5 pages.
52. U.S. Environmental Protection Agency (USEPA), 1994. *Guidance for the Data Quality Objectives Process*, Washington DC, USEPA Quality Assurance Management Staff, EPA QA/G4, 68 pages.
53. U.S. Environmental Protection Agency (USEPA), 2002. *RCRA waste sampling draft technical guidance, planning implementation and assessment*, Washington DC, USEPA Office of solid waste, EPA/530/D02/002, 353 pages.
54. U.S. Environmental Protection Agency (USEPA), 2003. *Guidance for obtaining representative laboratory analytical subsamples from particulate laboratory samples*, Washington DC, USEPA Office of research and development, EPA/600/R-03/027, 134 pages.
55. Van EE, Jeffrey J., Blume, Louis J. et Starks, Thomas H., 1990. *A Rationale for the Assessment of Errors in the Sampling of Soils*, Washington DC, U.S. Department of Commerce, 66 pages.

## ANNEXE

### Détermination des points de prélèvement dans le cas de réservoirs circulaires ou elliptiques

#### 1- Introduction

Dans le cas décrit dans la sous-section 8.3.4 du présent cahier, les réservoirs ronds ou elliptiques installés en position horizontale, c'est-à-dire lorsque la section courbe est perpendiculaire au sol, peuvent être échantillonnés en utilisant une technique spécifique afin d'améliorer la représentativité de l'échantillon. Cette technique requiert le partage du cylindre en sections d'égale hauteur et le calcul du volume de chacune. Ce volume est utilisé pour pondérer la quantité de liquide qui sera prélevée à chaque segment et qui servira à la préparation d'un échantillon composé.

Les calculs requis sont passablement laborieux, mais des feuillets de calcul disponibles en ligne éliminent la tâche de les réaliser manuellement. Cette annexe décrit le fonctionnement des deux feuillets conçus dans Excel. Ces feuillets sont applicables aux surfaces [circulaires](#) et [elliptiques](#) et permettent de déterminer la position des points d'échantillonnage (de prélèvement) selon deux méthodes :

- le volume de liquide à prélever à chaque point;
- le temps de pompage à chaque point, selon le mode d'échantillonnage choisi.

Les paragraphes suivants décrivent l'utilisation concrète des feuillets de calcul.

#### 2- Les variables

Ce modèle possède trois ou quatre variables « obligatoires » qui permettent de définir tous les paramètres nécessaires à l'échantillonnage de n'importe quel modèle de réservoir circulaire ou elliptique pour toute hauteur de liquide. Ces variables, qui sont placées dans les cases ombrées au début de la feuille de calcul, sont :

- le diamètre du réservoir circulaire ou les longueurs des deux axes, dans le cas du réservoir elliptique;
- la hauteur du liquide dans le réservoir;
- le nombre de points d'échantillonnage désiré.

Ces variables déterminent la position du point d'échantillonnage et le volume du liquide présent entre chaque segment du cylindre. Elles doivent nécessairement être numérisées pour que les feuillets de calcul fonctionnent correctement.

Le nombre de points d'échantillonnage maximal est fixé à 24, ce qui est suffisant pour des applications courantes.

Un message d'erreur apparaît à la droite des cases « hauteur de liquide » et « nombre d'échantillons » lorsque la hauteur du liquide dans le réservoir est supérieure au diamètre (au petit axe dans le cas de l'ellipse) ou lorsque le nombre d'échantillons est supérieur à 24. Dans le cas du programme pour les réservoirs de forme elliptique, le même message apparaît lorsque la dimension du grand axe est inférieure à celle du petit axe.

Les calculs accessoires réalisés avec les variables optionnelles facilitent l'utilisation pratique du modèle. Ces variables, pour lesquelles l'absence de valeur ne gêne pas les calculs, sont :

- le volume d'échantillons requis;
- la durée requise pour réaliser l'échantillonnage.

Ces deux données permettent de s'adapter aux contraintes du prélèvement, qui sont soit la détermination du volume d'échantillon à chaque point, soit, lorsque la pompe dispense un débit constant, la durée de pompage à chaque point.

Ce programme ne contient aucune formule pour convertir des unités de mesure. Par conséquent, si le centimètre est l'unité de mesure, les surfaces seront exprimées en centimètres carrés ( $\text{cm}^2$ ) et les distances en centimètres (cm). Il est donc nécessaire d'utiliser toujours la même unité de mesure pour les variables hauteur et diamètre. Un calcul erroné serait réalisé si, par exemple, le diamètre du cylindre était exprimé en mètres et la hauteur du liquide en centimètres.

Les unités des cellules « volume d'échantillons requis » et « durée requise » sont indépendantes des autres. On peut très bien utiliser des mètres pour les deux premières variables obligatoires et des millilitres pour le volume d'échantillons. À moins de modifier le nombre de chiffres significatifs dans le tableau des résultats, on trouvera pratique d'utiliser des millilitres comme unité de mesure du volume d'échantillons et des minutes pour la durée de l'échantillonnage. Des volumes de 500 ou de 1 000 ml sont couramment requis, et l'ordre de grandeur de la durée d'un échantillonnage est la minute.

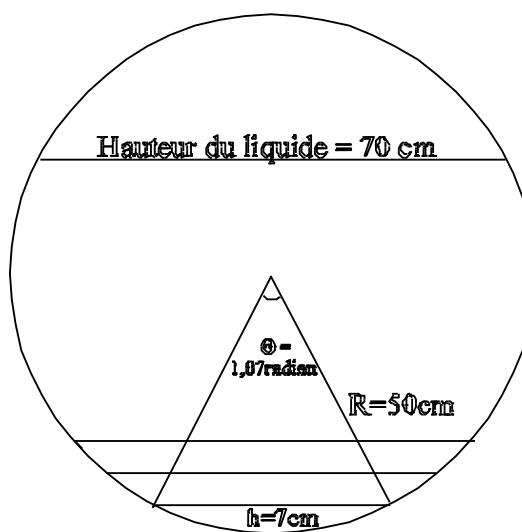
### 3- Exemple pour un réservoir circulaire

La méthode requiert d'estimer la surface sous une corde inscrite dans un cercle. Pour illustrer la méthode de calcul, utilisons un exemple dont les résultats sont reproduits dans le [feuillet de calcul pour un réservoir circulaire](#). Il s'agit d'un réservoir de 100 cm de diamètre et de 300 cm de longueur. Les liquides étant par définition homogènes dans le plan horizontal, il n'est pas nécessaire de tenir compte de la longueur pour établir les points d'échantillonnage et tous les calculs sont effectués dans un univers à deux dimensions, donc sur une surface de section circulaire.

Dans un premier temps, le cylindre, représenté par une surface circulaire, est divisé de façon imaginaire par des cordes. Toutes les cordes sont à égale distance les unes des autres et sont tracées à partir de la base jusqu'au niveau atteint par le liquide dans le réservoir. Les trois premières cordes et la dernière sont illustrées dans la figure A1.

Le calcul de la position des cordes est facilement réalisé en divisant la hauteur du liquide par le nombre de points d'échantillonnage requis, ce qui permet de fixer la position de la première corde. Des multiples entiers de cette dimension déterminent la position de toutes les autres cordes. Ce processus est répété jusqu'à ce que la dernière corde atteigne exactement la hauteur du liquide.

Figure A1



La méthode permet de calculer la surface totale sous chacune des cordes. La surface sous la deuxième corde moins la surface sous la première donne l'aire entre les deux cordes, et ainsi de suite. Dans l'exemple disponible en ligne dans le feuillet de calcul pour un réservoir circulaire, les surfaces ainsi obtenues à la colonne D sont 242, 427, 531, etc. Cette valeur permet de pondérer le volume qui sera prélevé dans chaque section. En effet, le quotient de la surface entre chacune des cordes par la surface totale couverte jusqu'à la hauteur du liquide constitue une mesure de la contribution de chacune des surfaces. Dans l'exemple donné dans le feuillet de calcul, pour les trois premières surfaces, les pourcentages à la colonne E sont respectivement 4,1, 7,3 et 9,0.

### 3.1 Détermination du point de prélèvement

Il existe deux approches pour estimer la position du point d'échantillonnage entre deux cordes. La première consiste simplement à le localiser à mi-chemin. Cette méthode est satisfaisante pour un bon nombre d'applications.

Toutefois, pour être rigoureux, le point exact devrait se trouver à un endroit où les surfaces supérieures et inférieures sont égales. Les surfaces médianes entre deux cordes sont obtenues en additionnant à la surface totale, sous une corde quelconque, la moitié de la surface sous la corde qui lui est supérieure. Ce calcul n'est pas automatique et requiert une intervention humaine (voir la sous-section 3.2 de cette annexe). Dans l'exemple donné dans le feuillet de calcul pour un réservoir circulaire, la position de la première corde, à mi-chemin, est de 3,5 (colonne C) alors qu'elle est de 4,4 (colonne M) selon le concept des surfaces égales, ce qui représente une différence substantielle.

De plus, il devient plus ou moins nécessaire de considérer cette différence lorsque la précision des instruments de mesure, qui permettent de positionner le tube à l'endroit désiré, est inférieure à la différence générée par les deux méthodes de calcul. Il faut aussi considérer d'autres sources d'erreur, comme la précision de la mesure du diamètre du cercle, l'imperfection géométrique de la structure circulaire, la présence de résidus solides à la base, etc.

### 3.2 Opération du logiciel

Les seules cellules qui nécessitent une intervention sont, à part les variables (cellules E5 à E9), les cellules situées sous les colonnes L et M dans le feuillet de calcul pour un réservoir circulaire. Les colonnes L et M doivent être numérisées à l'aide d'un calcul par itération, accompli par la fonction « Valeur cible » dans « Analyse scénarios » du menu « Données ».

La procédure suivante est utilisée :

- 1) Positionner le curseur dans la case L15;
- 2) Avec la souris, ouvrir le menu « Données » et sélectionner « Analyse scénarios ». Il apparaît alors un sous-menu où vous choisissez « Valeur cible ». Une boîte de dialogue s'ouvre; elle contient trois cases;
- 3) Si la cellule L15 a été sélectionnée au départ, la case « Cellule à définir » affiche : L15. Si une autre cellule est active avant d'ouvrir la boîte, écrire L15, ou simplement sélectionner L15;
- 4) Avec la souris, positionner le curseur dans la case « Valeur à atteindre » et écrire la valeur de la case K15, soit 121 dans l'exemple donné dans la feuille de calcul;
- 5) Avec la souris, activer la case « Cellule à modifier » et cliquer sur M15 ou taper M15;
- 6) Pour effectuer les calculs, appuyer sur « Retour » ou cliquer sur « OK ». Différentes valeurs sont affichées dans les cases L15 et M15, jusqu'à ce qu'un nombre voisin de 121 soit trouvé. La boîte de dialogue affiche un « État de la recherche »; cliquer sur « OK ». La procédure est répétée avec les cases L16 et M16 et la valeur contenue dans la case K16, etc.

Les valeurs demeureront inscrites dans les cellules de la colonne M jusqu'à une prochaine mise à jour manuelle.

#### 4- Méthode pour un réservoir elliptique

Les étapes de calcul pour des surfaces elliptiques sont très semblables à celles des surfaces circulaires. La figure A2 démontre cette similarité.

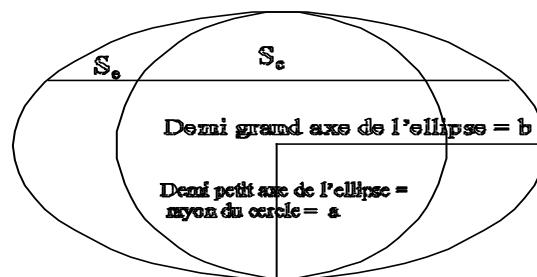
Un exemple est fourni dans le [feuillet de calcul pour un réservoir elliptique](#). Il peut être comparé à l'exemple expliqué précédemment pour un réservoir circulaire.

Pour les variables utilisées dans les feuillets de calcul, les longueurs du grand axe (2b) et du petit axe (2a) du réservoir elliptique remplacent le diamètre du réservoir circulaire.

Les surfaces entre chaque corde du réservoir elliptique sont augmentées d'un facteur  $b/a$  par rapport au réservoir circulaire.

Cependant, les positions des points d'échantillonnage entre deux cordes sont identiques pour les réservoirs elliptique ou circulaire si le demi-petit axe de l'ellipse (a) est égal au rayon du réservoir circulaire.

**Figure A2**





**Environnement,  
Lutte contre  
les changements  
climatiques,  
Faune et Parcs**

Québec 