Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales

Cahier 5

Échantillonnage des sols

Votre gouvernement

Québec

Coordination et rédaction
Cette publication a été réalisée par la Direction de la protection et de la réhabilitation des terrains et 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 produite par la Direction des communications du MELCCFP.

Renseignements

Pour information complémentaire sur les activités du
Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec
ou pour vous procurer nos documents, veuillez consulter notre site Internet à l'adresse suivante : www.ceaeq.gouv.qc.ca

Pour communiquer avec nous :

Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec
2700, rue Einstein, bureau E.2.220
Québec (Québec) G1P 3W8

Téléphone : 418 643-1301
Télécopieur : 418 528-1091
Courriel : guide.echantillonnage@environnement.gouv.qc.ca
Internet : www.environnement.gouv.qc.ca

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, 43 pages et 5 annexes.

Dépôt légal – 2025
Bibliothèque et Archives nationales du Québec
ISBN 978-2-555-00585-3

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

Table des matières

Équipe de réalisation ____ vi

Avant-propos ____ vii

Abréviations, acronymes ou sigles ____ viii

1. Introduction ____ 1

2. Préparation d'une campagne d'échantillonnage ____ 2

   2.1 Préparatifs avant d'aller sur le terrain ____ 2

   2.2 Préparatifs avant d'effectuer des sondages ____ 3

3. Prévention de la migration de contamination et de la contamination croisée ____ 5

   Préalablement aux travaux de sondage ____ 5

   Lors de travaux de sondage ____ 5

   Après les travaux de sondage ____ 6

4. Prélèvement de l'échantillon ____ 7

   4.1 Matériel d'échantillonnage ____ 7

   4.2 Nettoyage du matériel d'échantillonnage ____ 8

   4.3 Manipulation de l'échantillon ____ 10

   4.4 Échantillonnage pour l'analyse de composés volatils ____ 12

   4.5 Échantillonnage de sols grossiers ____ 12

   4.6 Échantillonnage d'un remblai ____ 13

   4.7 Assurance et contrôle de la qualité ____ 15

   4.8 Identification, description, note de terrain et photographie ____ 16

   4.9 Transport et conservation ____ 20

5. Techniques d'échantillonnage ____ 22

   5.1 Présondage par aspiration ____ 22

   5.2 Échantillonnage manuel ____ 23

   5.3 Échantillonnage dans une tranchée exploratoire ____ 27

   5.4 Échantillonnage à partir d'un forage ____ 27

Références bibliographiques 40

Documents consultés 42

Annexe 1 – Liste du matériel de terrain 44

Annexe 2 – Notes explicatives et exemple d'un rapport de sondage 46

Annexe 3 – Figure des proportions (ISSeP, 2018) 48

Annexe 4 – Identification des principales matières résiduelles constituant des remblais hétérogènes 50

Annexe 5 – Échantillon pour l'analyse des composés organiques volatils 53

Annexe 6 – Principaux types d'échantillonneur de sol 63

Liste des tableaux

Tableau 1 : Exemples de description granulométrique du sol ____ 18

Liste des figures

Figure 1 : Tarière manuelle ____ 24

Figure 2 : Tubes d'échantillonnage de sol ____ 25

Figure 3 : Marteau coulissant ____ 26

Figure 4 : Vérin d'extraction de l'échantillonneur ____ 26

Figure 5 : Échantillonnage avec un foreuse à tarière évidée ____ 30

Figure 6 : Échantillonnage avec la foreuse à poussée directe à l'aide d'un échantillonneur à double tube (Dual Tube) ____ 32

Figure 7 : Échantillonnage avec une foreuse ultrasonique ____ 33

Figure 8 : Forage horizontal avec la technique à poussée directe ____ 34

Figure 9 : Forage à l'aide d'un appareil à percussion ____ 35

Figure 10 : Carottier fendu ____ 36

Figure 11 : Système de rétention d'échantillons ____ 37

Figure 12 : Schéma d'un tube à paroi mince (Shelby) ____ 37

Figure 13 : Schéma d'un échantillonneur à piston ____ 38

Figure 14 : Échantillonneur à double tube (Dual Tube) ____ 39

Équipe de réalisation

Coordination et rédaction :	Van Trang Nguyen Johanne Laberge Serge Rainville
Révision et mise en page :	Manon Routhier Sylvie Raharinosy

Note au lecteur : Les renseignements relatifs aux marques déposées ou aux produits commerciaux ne sont donnés qu'à titre indicatif. Des produits équivalents peuvent leur être substitués.

La série *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales* comprend actuellement les cahiers suivants :

Cahier 1	Généralités	Cahier 5	Échantillonnage des sols
Cahier 2	Échantillonnage des rejets liquides	Cahier 6	Échantillonnage du fourrage pour l'analyse des fluorures
Cahier 3	Échantillonnage des eaux souterraines	Cahier 7	Méthodes de mesure du débit
Cahier 4	Échantillonnage des émissions atmosphériques en provenance de sources fixes	Cahier 8	Échantillonnage des matières dangereuses

Avant-propos

Le *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales* regroupe une série de cahiers traitant de l'échantillonnage de divers milieux. Il décrit un ensemble de bonnes pratiques qui régissent la planification et la réalisation des travaux d'échantillonnage. Il vise ainsi à assurer la qualité des prélèvements d'échantillons ainsi que la validité des données 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 (MELCCFP). Le Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec (CEAEQ), à titre de responsable ministériel du *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales*, publie les cahiers du guide et coordonne leur mise à jour.

Cette nouvelle édition du *Cahier 5 – Échantillonnage des sols* constitue une révision importante des bonnes pratiques recommandées pour la réalisation d'une campagne d'échantillonnage des sols. Dans un contexte de gestion de terrains potentiellement contaminés, ce document doit être utilisé en complément de la dernière édition du *Guide de caractérisation des terrains*, qui présente toutes les étapes de réalisation de l'étude de caractérisation environnementale d'un terrain, notamment en ce qui concerne la stratégie d'échantillonnage. Ainsi, cette nouvelle version du cahier 5 est recentrée sur les techniques de prélèvement. La stratégie pour l'échantillonnage dans des contextes spécifiques, par exemple l'échantillonnage des sols en pile, l'échantillonnage d'une contamination de surface par voie aéroportée et l'échantillonnage de sol sur les terrains en réhabilitation, est traitée dans le *Guide de caractérisation des terrains*. En amont de ces guides, les situations entraînant l'obligation de caractériser un terrain ou de le réhabiliter sont décrites dans la version courante du *Guide d'intervention – Protection des sols et réhabilitation des terrains contaminés*.

Cette mise à jour a été réalisée par la Direction des lieux contaminés, en consultant différents spécialistes du domaine des sols contaminés. Cette édition tient compte des nouvelles technologies disponibles, des mises à jour des ouvrages de référence dans le domaine de la caractérisation de terrains contaminés ainsi que des conditions réelles des travaux de terrain au Québec. Les commentaires provenant des utilisateurs depuis l'édition précédente ont également été pris en considération. Nous tenons à les remercier très sincèrement pour leur contribution. Nous remercions également les auteurs des éditions précédentes ainsi que toutes les personnes qui ont collaboré de près ou de loin à la préparation de ce document.

Tout commentaire ou toute question concernant ce cahier peuvent être transmis à l'adresse courriel suivante : guide.echantillonnage@environnement.gouv.qc.ca.

Abréviations, acronymes ou sigles

ASTM	Société américaine pour les essais des matériaux (American Society for Testing Materials)
CCME	Conseil canadien des ministres de l'environnement
CEAEQ	Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec
COV	Composé organique volatil
GPS	Système de positionnement par satellites (*global positioning system*)
HAP	Hydrocarbure aromatique polycyclique
HDPE	Polyéthylène ou polyéthylène de haute densité (*high-density polyethylene*)
HP C_{10}-C_{50}	Hydrocarbures pétroliers C_{10}-C_{50}
MELCCFP	Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs
PFAS	Substances perfluoroalkylées et polyfluoroalkylées (*per- and polyfluoroalkyl substances*)
SPT	Test de pénétration standard (*standard penetration test*)

1. Introduction

L'échantillonnage du sol constitue une étape importante de la caractérisation environnementale d'un terrain. Les résultats de l'analyse d'un échantillon ou d'un groupe d'échantillons reflètent la présence et, le cas échéant, la concentration et la répartition spatiale d'une substance sur le site. Des décisions prises à la suite d'un échantillonnage peuvent entraîner certaines conséquences sur la santé humaine et l'environnement (analyse de risques), sur le plan économique (mesures de mitigation, de réhabilitation, etc.) ainsi que sur le plan juridique (litige).

Le terme « sol » utilisé dans ce guide désigne la partie solide et meuble d'un terrain. Le sol peut avoir à la fois une origine organique et minérale. Dans le contexte de sols contaminés, le terme « sol » inclut également les remblais. Ce sont des matériaux qui ont été mis en place de façon anthropique. Dans un remblai, le sol peut être mélangé avec des matières naturelles (gravier, cailloux, etc.) ou des matières résiduelles (scories, mâchefer, cendre, sable de fonderie, bois, brique, métal, pierre concassée, etc.).

L'objectif d'un échantillonnage de sol est la représentativité, c'est-à-dire que l'échantillon prélevé devrait refléter le mieux possible une ou des caractéristiques d'intérêt du volume de sol qu'il est censé représenter. Toutefois, cet objectif n'est pas toujours facile à atteindre en raison des éléments suivants :

- l'hétérogénéité de constitution du sol;
- l'hétérogénéité de la distribution des substances;
- le nombre limité de points d'échantillonnage ou d'échantillons prélevés et analysés;
- la faible quantité de matière dans chaque échantillon.

Le présent document fournit à l'utilisateur les lignes directrices de base pour réaliser une campagne d'échantillonnage du sol à des fins d'analyses environnementales (en excluant les analyses microbiologiques[1]) de même que les bonnes pratiques qui y sont associées. Toutefois, il ne constitue pas une revue exhaustive de toutes les techniques existantes dans le domaine de l'échantillonnage du sol et ne garantit pas le succès dans toutes les situations. Étant donné les différentes particularités associées aux sols, la planification et la réalisation d'une campagne d'échantillonnage doivent être effectuées par des personnes compétentes dans le domaine des terrains contaminés (titulaires d'un diplôme d'études postsecondaires dans une discipline scientifique et possédant de l'expérience dans le domaine de la caractérisation et de la réhabilitation des terrains, etc.).

1 Consulter les documents Protocole d'échantillonnage de matières résiduelles fertilisantes et dispositions particulières reliées à l'accréditation (DR-12-MRF-02) et Mode de conservation pour l'échantillonnage des sols (DR-09-02).

2. Préparation d'une campagne d'échantillonnage

De nombreuses situations inattendues (la météo non favorable, le bris des équipements ou des véhicules, les accidents de travail, etc.) pourraient créer des retards, voire mettre en péril l'atteinte des objectifs d'une campagne d'échantillonnage. Afin d'assurer la qualité des travaux de terrain, le texte suivant suggère une liste non exhaustive des éléments requis lors de l'étape de préparation. Le préleveur est responsable des travaux sur le terrain. Une campagne d'échantillonnage bien planifiée débute donc par une bonne compréhension de la mission et de ses objectifs par le préleveur. À noter que la santé et la sécurité des travailleurs doivent être priorisées dans tous les cas.

2.1 Préparatifs avant d'aller sur le terrain

1. Prendre connaissance des éléments du plan d'échantillonnage, de la portée et de l'objectif de la campagne et des exigences sur la qualité et la quantité de données. L'obtention d'une autorisation est parfois requise pour avoir accès au terrain à l'étude.
2. Vérifier avec le responsable de la caractérisation les particularités du terrain à l'étude (topographie, occupation du site, autorisation d'accès, présence d'obstacles souterrains ou aériens, etc.). L'information sur les substances préoccupantes, leur emplacement possible et les profondeurs auxquelles elles sont susceptibles de se trouver est aussi importante.
3. Examiner le plan de santé et de sécurité. Vérifier les risques engendrés par des substances ou des matières résiduelles susceptibles d'être présentes sur le site et les procédures de travail (échantillonnage dans une tranchée ou dans un forage, échantillonnage dans un lieu mal aéré, échantillonnage dans un poste de distribution d'électricité, échantillonnage proche d'une aire d'accumulation de résidus miniers, échantillonnage au bord d'un cours d'eau, etc.). Des protocoles d'échantillonnage spécifiques doivent être élaborés si les matières échantillonnées sont des matières dangereuses, notamment des matières radioactives ou de l'amiante. Pour plus de détails, consulter les versions les plus récentes du *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales : Cahier 1 – Généralités* et du *Cahier 8 – Échantillonnage des matières dangereuses* et contacter le laboratoire d'échantillonnage.
4. Confirmer avec le responsable de la caractérisation les méthodes et les points d'échantillonnage, ainsi que les essais à effectuer ou les mesures à prendre sur le terrain à l'aide de détecteurs ou d'analyseurs portables.
5. Consulter le laboratoire avant d'élaborer le protocole d'échantillonnage. Ceci est particulièrement recommandé pour l'échantillonnage des contaminants auxquelles s'appliquent des considérations particulières, par exemple les substances perfluorées ou les dioxines et furanes, pour lesquelles la limite de détection est très basse (ng/L ou ng/kg) ou le risque de contamination croisée et le risque d'obtenir des faux positifs sont élevés.
6. Réviser les méthodes d'échantillonnage ou les manuels d'utilisation des détecteurs ou des analyseurs portables, en portant une attention particulière à la séquence des étapes et aux détails de chaque étape.
7. Vérifier le fonctionnement / l'étalonnage du matériel d'échantillonnage et des instruments portables, conformément aux méthodes, normes et instructions du fabricant. Les travaux d'entretien, de calibration et de vérification des appareils de mesure devraient être documentés afin de s'assurer de leur bon fonctionnement.
8. S'assurer d'avoir la quantité nécessaire de contenants selon le nombre d'échantillons à récupérer, les paramètres à analyser et les duplicata. Il est recommandé de prévoir une quantité supplémentaire correspondant à au moins 10 % du nombre de contenants prévu,

pour tenir compte des possibilités de bris ou de la contamination découverte sur le terrain qui nécessiterait la prise inattendue d'échantillons.

9. Discuter et convenir, avec le laboratoire, des modalités particulières de la campagne (par exemple : arrivée des échantillons en dehors des heures d'ouverture, type de contenant et exigences de prélèvement et de conservation pour les paramètres à analyser de façon occasionnelle).
10. S'assurer que tous les réactifs, solutions de nettoyage ou standards d'étalonnage requis sont disponibles en quantité suffisante et prêts à être utilisés sur le terrain. Prévoir les agents de conservation et le matériel nécessaire pour la conservation et le transport des échantillons. Vérifier l'accès à une source d'eau.
11. Prévoir un plan de gestion des résidus pour les déblais ou tout autre résidu de forage (résidus de nettoyage des équipements ou des eaux récupérés).
12. Si l'échantillonnage requiert l'utilisation de machinerie (excavatrice, foreuse, appareil à percussion, etc.) dans les milieux humides et hydriques, privilégier les modèles utilisant des huiles biodégradables. Les opérateurs des appareils doivent posséder les compétences requises. Peu importe le type d'huile utilisé, un plan d'intervention et de mesures d'urgence en cas de déversement doit être prévu.
13. Assembler et ranger en toute sécurité tout le matériel d'échantillonnage, les instruments pour procéder aux essais ou mesures sur le terrain, les contenants, le matériel de sécurité et l'équipement de protection individuelle. En guise d'aide-mémoire, une liste du matériel à apporter sur le terrain est présentée à l'annexe 1 de ce cahier.

2.2 Préparatifs avant d'effectuer des sondages

1. Il est primordial de s'informer auprès du propriétaire, de la municipalité et d'Info-Excavation afin d'obtenir tous les documents pour localiser les services souterrains, par exemple des conduites de gaz, des câbles, des réservoirs souterrains, des séparateurs eau/huile, des pipelines, des réseaux d'eau potable et des égouts. Si la présence d'une structure souterraine est suspectée, mais que son emplacement n'est pas connu, il faudra la localiser en faisant appel à une entreprise de repérage de services souterrains ou au gardien du terrain connaissant bien le lieu.
2. En présence d'une ligne électrique aérienne ou d'une autre structure aérienne, implanter les sondages de façon que les équipements, notamment le mât de la foreuse ou le bras hydraulique de la pelle, puissent respecter en tout temps une distance sécuritaire. La consultation auprès d'Hydro-Québec est parfois requise.
3. Positionner les sondages en respectant le plus possible le plan d'échantillonnage, de manière à pouvoir retrouver l'endroit précis de chaque sondage, si nécessaire. Pour un terrain de grande dimension, l'utilisation d'un appareil d'arpentage ou d'un GPS d'un ordre de précision inférieur à 1 m avec les coordonnées des sondages préenregistrées est recommandée.
4. Discuter avec le responsable de la caractérisation pour tout déplacement de sondages en tenant compte de l'objectif du projet, de la présence des infrastructures, de l'emplacement de la source de pollution, de la topographie, du sens d'écoulement des eaux souterraines et des indices de contamination. Dans le cas d'une modification de l'emplacement du sondage, il faut garder en tête que l'échantillon doit être représentatif du milieu, ce qui est grandement déterminé par son emplacement.
5. Dans le cadre d'un échantillonnage aléatoire systématique combiné avec un traitement statistique des résultats d'analyse, la sélection des points d'échantillonnage doit être réalisée avec précaution, et toute interférence aux localisations prévues constitue un biais sur le plan de l'échantillonnage statistique. Si l'échantillonnage est impossible à certains points de sondage (arbres, bâtiments, fondations, réseaux utilitaires, etc.), les

modifications au plan d'échantillonnage doivent être approuvées par le responsable de la caractérisation (par exemple : suppression d'un sondage ou déplacement dans une marge d'environ 10 % de la maille).

6. En principe, la profondeur des sondages est prédéfinie au plan d'échantillonnage selon la configuration du site, la nature du sol, le type de substance préoccupante, le moment où est survenu l'événement à risque, l'existence d'un aquifère et sa profondeur ainsi que la présence d'une nappe perchée ou isolée. Toutefois, cet élément peut être modifié lors d'un refus ou selon des observations faites sur le terrain. En présence d'indices organoleptiques de contamination (odeur d'hydrocarbures pétroliers, odeur de créosote, odeur de soufre, etc.) ou en présence de matières résiduelles (briques, scories, plastiques, cendres, etc.) au-delà de la profondeur prévue, il est recommandé de continuer le sondage sous le niveau le plus bas de la contamination observée et d'en faire l'analyse afin d'essayer de délimiter la profondeur de la contamination.

À noter que toute modification apportée au plan d'échantillonnage doit être approuvée par le responsable de la caractérisation et rapportée dans les notes de terrain.

3. Prévention de la migration de contaminants et de la contamination croisée

Les travaux de sondage peuvent perturber considérablement le lieu. Les bonnes pratiques de prévention de la migration de contaminants et de la contamination croisée doivent être appliquées, en particulier dans le cas d'un forage. Lors de la construction d'un puits d'observation à partir d'un forage et de l'échantillonnage de l'eau souterraine, il est recommandé de se référer à la version la plus récente du *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales : Cahier 3 – Échantillonnage de l'eau souterraine*. Cette section présente d'autres précautions à prendre pour tous les types de sondage et pour l'obturation d'un trou de forage qui n'est pas converti en puits d'observation.

Avant les travaux de sondage

- Dans la mesure du possible, planifier la réalisation des sondages de sorte à progresser des zones les moins susceptibles d'être contaminées vers les zones plus contaminées.
- Lorsque la présence d'un contaminant dans le sol sous forme de produit pur ou en phase libre (liquides immiscibles légers ou denses) est suspectée, il faut éviter de forer au milieu du panache. Si le forage à cet emplacement est inévitable, il faut utiliser les techniques de forage avec les tubes lisses plutôt que la tarière évidée afin d'éviter d'entraîner la contamination plus en profondeur.
- Comme on le mentionne précédemment, lorsqu'un niveau élevé de contamination ou la présence de matières résiduelles dangereuses sont suspectés, il est encore plus important de préparer au préalable un plan de gestion des résidus de forage ou d'échantillonnage (phases libres récupérées, déblais de forage et eau, etc.).

Pendant les travaux de sondage

- Les équipements (la tarière, le tube extérieur de la foreuse, le godet d'excavatrice, etc.) doivent être exempts de contamination provenant du sondage précédent. Si les sondages sont effectués dans des sols fortement pollués ou dans les zones contenant des produits en phase libre, l'eau de nettoyage de la machinerie doit être collectée et gérée adéquatement.
- Si de l'eau est utilisée lors du carottage du revêtement de surface, cette eau peut être chargée de contaminants (hydrocarbures aromatiques polycycliques [HAP] dans l'asphalte, métaux lourds dans le foret de la carotteuse, etc.). Il faut tout d'abord faire attention à la qualité de l'eau utilisée. Dans la mesure du possible, il faut limiter au maximum la quantité d'eau ajoutée et éviter de prélever l'échantillon directement sous le revêtement.
- Lorsque l'échantillon est prélevé par un échantillonneur (pelle, truelle, godet, carotte de forage, etc.), l'équipement d'échantillonnage est en principe propre. Il est toutefois recommandé de retirer la couche de sol superficielle qui pourrait être en contact avec l'échantillonneur.
- Idéalement, un sondage ne devrait pas traverser un horizon de sol peu ou pas perméable comme l'argile, surtout s'il y a contamination par des hydrocarbures lourds. Le sondage pourrait devenir un chemin préférentiel permettant à la contamination d'atteindre la nappe phréatique située sous l'horizon imperméable.
- Les déblais de sondage doivent être séparés en piles selon la probabilité qu'ils soient contaminés ou non, afin de limiter les efforts et les coûts de gestion, de traitement et

d'élimination de déblais ainsi que pour éviter de diluer les sols fortement contaminés avec les sols non contaminés. Les déblais pourront être échantillonnés ou stockés convenablement sur une membrane de polyéthylène et en être recouverts en vue de leur élimination conformément au plan de gestion des résidus. Afin de faciliter la gestion des déblais, il est possible de les déposer dans des contenants fermés (barils ou contenants de type Quatrex).

Après les travaux de sondage

- Après l'échantillonnage de sols, si l'on prévoit l'aménagement d'un puits d'observation, celui-ci doit être installé selon les règles de l'art afin de ne pas créer un chemin préférentiel susceptible d'entraîner une migration des contaminants. À cette fin, se référer à la version la plus récente du *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales : Cahier 3 – Échantillonnage de l'eau souterraine*.
- Si aucun puits d'observation n'est aménagé dans le trou de forage, ce dernier doit être rempli convenablement. Le déblai de forage peut être utilisé pour le remplissage, à la condition qu'il ne présente pas d'indices de contamination, qu'il atteigne la profondeur désirée et qu'il soit suffisamment compactable. Le remplissage devrait idéalement s'effectuer en veillant à respecter la séquence lithologique des horizons traversés décrite dans le rapport de forage.
- Les couches de sol non perméables ou peu perméables forment une barrière pour les contaminants. Si le forage a traversé une couche imperméable (ex. : argile), un bouchon étanche (ex. : bentonite) doit être mis en place à ce niveau lors du remblayage du trou. Idéalement, le bouchon de bentonite devrait être plus épais que la couche imperméable afin de contrer l'effet de tassement du sol qui déplacerait le bouchon.
- Si les horizons traversés sont composés de sols perméables, le trou de forage peut être comblé au moyen de gravier ou de sable filtrant.
- Si le niveau de contamination ou la structure du sol l'exigent, le trou de forage doit être complètement rempli au moyen de matériaux étanches ou d'argile gonflante afin d'éviter toute dispersion de contaminants.

4. Prélèvement de l'échantillon

Un échantillon de sol doit être entièrement prélevé à l'intérieur d'une même couche ou dans une même pile. Une couche de sol est un horizon approximativement parallèle à la surface. Chaque couche diffère des couches adjacentes par des propriétés comme la composition chimique, biologique et minéralogique, la couleur, la structure, la texture, etc.

Les différentes couches de sol ont leurs caractéristiques géologiques propres, qui ont une influence variable sur la migration des contaminants; il est donc important de ne pas mélanger ces couches. Par exemple, les sols argileux, qui ont une bonne capacité d'adsorption, auront tendance à retenir davantage les contaminants que les sols sableux.

L'échantillon doit aussi être prélevé de façon la plus **représentative** possible en fonction des propriétés macroscopiques : granulométrie, couleur, présence d'indices de contamination ou saturation. Ainsi, il ne faut pas mélanger un sol visiblement contaminé avec un sol qui ne semble pas contaminé. Un sol saturé et un sol non saturé doivent être prélevés séparément.

Dans une couche de remblai hétérogène, il est plus difficile d'obtenir un échantillon représentatif que dans une couche homogène où les matériaux de sol sont distribués de façon uniforme. La section 4.6 présente des indications permettant de reconnaître un remblai pour bien le décrire et l'échantillonner. Peu importe l'homogénéité des sols, la qualité d'un échantillon est aussi grandement définie par son identification, sa description, sa conservation ainsi que par la propreté et l'innocuité de la composition du matériel d'échantillonnage (échantillonneur ou contenant) par rapport aux analyses à effectuer.

4.1 Matériel d'échantillonnage

Cette section présente le matériel généralement utilisé (récipients, gants, contenants, produits de lavage, etc.) lors du prélèvement d'échantillons. L'annexe 1 fournit une liste du matériel utilitaire à apporter sur le terrain. La section 5 présente une brève description des différentes techniques d'échantillonnage de sol et des échantillonneurs associés à chaque technique.

Récipient

Un récipient ou une plaque peuvent être utilisés pour la constitution de l'échantillon lorsqu'il est nécessaire de l'homogénéiser ou de le fractionner, ou encore de préparer un échantillon en duplicata.

Le matériel servant au prélèvement ou à la constitution de l'échantillon doit être idéalement fait d'un matériau chimiquement stable, comme de l'acier inoxydable exempt de corrosion, de peinture ou de vernis. Un matériau n'ayant aucune incidence sur les analyses chimiques prévues est aussi convenable, par exemple le plastique pour l'analyse de métaux. Le matériel d'échantillonnage doit aussi être propre (voir la procédure de lavage à la section 4.2).

Gants

Des gants en nitrile ou en latex à usage unique sans poudre sont requis pour la manipulation de l'échantillon. Pour les échantillons destinés à l'analyse des paramètres organiques dont les valeurs limites réglementaires sont très basses, comme pour les dioxines et furanes, le contact entre l'échantillon et les gants en nitrile ou en latex doit être évité. Pour sa propre protection, le préleveur ne doit pas toucher des échantillons souillés de produits dangereux avec ses gants en nitrile ou en latex. Dans de tels cas, l'utilisation d'un échantillonneur chimiquement inerte (truelle) est plus appropriée.

Contenant

Selon les paramètres à analyser, le contenant, fourni par le laboratoire d'analyse, peut être en verre ou en plastique rigide. Le contenant doit être muni d'un dispositif ou d'un bouchon permettant de le fermer hermétiquement. Le type de contenant doit être choisi de manière à préserver l'intégrité de l'échantillon pendant la période de conservation. Par exemple, pour un paramètre inorganique, plusieurs types de contenants peuvent être utilisés, comme des pots en polypropylène ou en verre, alors que l'utilisation d'un contenant de verre est prescrite pour l'analyse d'un paramètre organique. Les bouteilles ou pots en verre ambré à bouchon avec face intérieure en téflon ou avec feuille d'aluminium sont obligatoires pour les analyses des HAP ou des dioxines et furanes. Au contraire, l'analyse des substances perfluoalkylées et polyfluoalkylées (PFAS) exige des contenants exempts de téflon. L'analyse des composés organiques volatils (COV) requiert l'utilisation de seringues d'échantillonnage et la conservation dans des fioles contenant du méthanol ou l'utilisation de capsules hermétiques. Les échantillons destinés à une analyse granulométrique ou les échantillons de matières résiduelles peuvent être conservés dans des sacs en plastique de type Ziploc. Il est obligatoire de respecter la version la plus récente du document *Modes de conservation pour l'échantillonnage des sols, DR-09-02* et l'annexe 5 du présent guide, qui porte sur l'échantillon pour l'analyse des COV, en ce qui concerne le type de contenant requis pour les paramètres régulièrement analysés. Comme on le mentionne à la section 2.1, pour les paramètres dont la limite de détection est très faible, il est fortement recommandé de consulter le laboratoire d'analyse lors de l'élaboration du protocole d'échantillonnage.

4.2 Nettoyage du matériel d'échantillonnage

Chaque échantillonneur, outil ou contenant mis en contact avec le sol doit être préalablement propre, c'est-à-dire qu'il doit être exempt de substances susceptibles de fausser l'analyse prévue. Il est important de rappeler que la propreté des outils utilisés pour l'échantillonnage est un des éléments les plus importants qui déterminent la qualité de l'échantillon. Ainsi, tout matériel d'échantillonnage en contact direct avec l'échantillon (sauf les contenants neufs fournis par le laboratoire) doit être nettoyé avant chaque prélèvement, soit à l'eau savonneuse ou à l'acide et aux solvants, selon les besoins, afin de limiter la contamination croisée.

Le cahier 1 du *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales* (MELCCFP, 2023) présente deux étapes de lavage d'équipement d'échantillonnage. Les deux étapes de nettoyage proposées servent à s'assurer que l'équipement de prélèvement est nettoyé de façon adéquate, surtout lors d'une investigation particulière ou d'un échantillonnage où les substances préoccupantes sont présentes à de faibles concentrations. L'utilisation de l'acide et de solvants doit également être combinée avec d'autres mesures pour éviter l'interférence analytique. Par exemple, utiliser l'outil de plastique pour des échantillons soumis aux analyses de chimie inorganique. C'est au responsable de la caractérisation de décider de la nécessité de la deuxième étape de lavage selon le niveau de précision attendu du projet. Cependant, il est attendu que cette décision soit bien justifiée et documentée.

Les sections 4.2.1 et 4.2.2 apportent des précisions sur les exigences concernant les produits de lavage ainsi que sur la première étape de lavage de matériel d'échantillonnage.

4.2.1 Produits de lavage

Le préleveur doit apporter sur le terrain tous les produits nécessaires pour effectuer un lavage **adéquat** des outils d'échantillonnage. Un contenant permettant la récupération des résidus de lavage est aussi nécessaire. Ces résidus de lavage doivent par la suite être entreposés, transportés et éliminés selon les lois et règlements en vigueur.

Les produits nécessaires pour la procédure de lavage sont les suivants :

- Eau du robinet (eau de toute source d'eau potable);
- Eau déminéralisée ou distillée dont la conductivité < 2 µmhos/cm ou µS/cm à 25 °C ou la résistivité > 0,5 MΩ.cm à 25 °C. L'utilisation des produits commerciaux en vente libre dans les magasins est permise;
- Détergent de laboratoire biodégradable sans phosphate d'une marque standard. Le détergent (ex. : Liquinox®) doit être capable d'éliminer les huiles et la contamination organique en ne laissant pas de résidus;
- Solution d'acide nitrique (10 %) de qualité compatible avec l'analyse prévue. L'utilisation de l'acide n'est pas recommandée sur les surfaces en métal;
- Solvants (acétone, hexane) de qualité compatible avec l'analyse prévue.

Les résidus de lavage/décontamination doivent être conservés dans des contenants appropriés. Une fois utilisés, ces résidus ne peuvent pas être réutilisés et doivent être gérés dans des lieux appropriés.

4.2.2 Procédure de lavage

La première étape du nettoyage décrite au cahier 1 du *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales* est reprise ci-dessous de façon plus détaillée :

- Nettoyer l'outil d'échantillonnage avec une brosse et de l'eau du robinet pour enlever les résidus majeurs;
- Nettoyer les surfaces avec un détergent qui répond aux critères listés à la section 4.2.1;
- Rincer à l'eau trois fois pour enlever le détergent. Si le matériel comporte encore des traces de souillure, reprendre le lavage;
- Rincer à l'eau distillée ou déminéralisée deux fois et égoutter le surplus.

À titre de suggestion, l'utilisation de différentes chaudières pour chaque étape du nettoyage pourrait contribuer à l'efficacité du nettoyage et de la récupération des résidus de lavage.

La deuxième étape de nettoyage utilisant de l'acide et des solvants est applicable aux analyses des paramètres pour lesquels de basses limites de détection méthodologique doivent être obtenues. La procédure de nettoyage avec ces produits est présentée au cahier 1.

Selon les besoins spécifiques d'une investigation ou dans le cas où les produits de lavage recommandés pourraient créer une interférence analytique (par exemple, l'utilisation de l'acétone dans le cadre de l'analyse des composés organiques volatils), les solvants utilisés ainsi que les protocoles de lavage de la deuxième étape doivent être différents. Une consultation au laboratoire analytique s'impose dans ce contexte.

Le préleveur doit porter des lunettes protectrices et des gants résistants aux solvants utilisés lors du nettoyage, en particulier lors de la deuxième étape. De plus, puisque la manipulation de solvants peut être incommodante, le port d'un masque à cartouches peut s'avérer nécessaire dans certains lieux mal ventilés.

L'outil nettoyé peut être enveloppé dans un papier d'aluminium neuf afin de le protéger des risques de contamination entre le moment du nettoyage et celui du prélèvement de l'échantillon.

4.2.3 Lavage des contenants

Le préleveur utilise généralement les contenants pour échantillons fournis par le laboratoire, ce dernier ayant la responsabilité de fournir des contenants lavés de façon adéquate. Le préleveur n'a donc pas à les rincer ou à les laver.

Le préleveur peut également utiliser un contenant neuf, après s'être assuré auprès du laboratoire que cette procédure est acceptable pour les analyses de sol requises. Dans ce cas, le nettoyage du contenant n'est pas obligatoire.

4.2.4 Lavage de la machinerie

La machinerie (tarière d'une foreuse ou godet d'une excavatrice) doit être lavée avant l'arrivée sur le terrain et exempte de contamination avant chaque sondage. La méthode de préférence est l'utilisation d'un jet d'eau à haute pression ou un nettoyage à la vapeur afin d'enlever toutes les taches visibles de sols, de boues, de graisse ou d'huile qui peuvent contaminer les échantillons ou le lieu. Dans le cas d'échantillonnage dans des zones très contaminées ou en cas de présence possible de produit libre, il est nécessaire d'utiliser une plateforme de lavage constituée d'un matériau imperméable et permettant de capter toute l'eau de rinçage (ASTM D5088-15a, 2015).

4.3 Manipulation de l'échantillon

Le prélèvement de l'échantillon de sol doit être réalisé en limitant les manipulations afin de réduire les risques d'altération liée aux conditions environnantes. Ce qui suit s'applique à la manipulation de la plupart des échantillons destinés aux analyses physico-chimiques. Si les contaminants à analyser dans le sol sont des composés organiques volatils, les consignes présentées à la section 4.4 et à l'annexe 5 s'appliquent.

Pour un échantillon de surface, le prélèvement s'effectue en évitant la végétation (pelouse, graminées), mais en conservant le substrat organique sous la végétation. Une fois prélevé, l'échantillon doit être bien **homogénéisé**. Ensuite, l'échantillon de sol est transféré dans des contenants destinés aux différentes analyses pour être conservé et transporté au laboratoire dans les meilleurs délais.

De façon générale, dans les sols naturels, la fraction grossière est écartée de l'échantillon, car les substances recherchées sont en général très peu associées à cette fraction. La présence des éléments grossiers pourrait entraîner une dilution de la contamination. Cependant, si les indices de pollution sont relevés au niveau de la fraction grossière (gravier souillé d'hydrocarbure pétrolier) ou que la fraction grossière constitue des matières résiduelles, l'échantillonnage de cette fraction est nécessaire (voir les sections 4.5 et 4.6).

La quantité d'échantillon prélevé doit être suffisante pour l'analyse de tous les paramètres désirés. La version la plus récente du document *Modes de conservation pour l'échantillon des sols, DR-09-02* du CEAEQ donne des suggestions sur la quantité d'échantillon requise pour chaque paramètre d'analyse. Il est toujours préférable de prélever une quantité de sol plus importante que celle requise afin de permettre une reprise de l'analyse, si nécessaire.

Des situations d'échantillonnage souvent rencontrées lors des caractérisations de sol sont présentées ci-dessous.

4.3.1 Échantillon ponctuel

L'échantillon ponctuel est prélevé à un seul point d'échantillonnage ou à un emplacement précis sur le terrain. Il est généralement prélevé en une seule opération avec l'équipement d'échantillonnage.

L'échantillon ponctuel permet d'avoir une idée précise de la contamination à un endroit précis sur le terrain. Plusieurs échantillons ponctuels permettent d'avoir un portrait plus représentatif de la répartition spatiale de la contamination. Ce type d'échantillon est donc prescrit pour détecter une contamination et évaluer son étendue.

Lors de l'échantillonnage de sol en profondeur, les règles de base suivantes s'appliquent :

- En présence de différentes couches de sol, un échantillon ponctuel est prélevé pour chaque couche de sol rencontré;
- Dans une couche de sol d'épaisseur importante, si la contamination semble distribuée de façon homogène, un échantillon ponctuel est prélevé à chaque 0,5 m de profondeur (0,6 m dans un carottier fendu conventionnel), ou dans une surface maximale de 0,5 x 0,5 m dans une tranchée;
- Pour chaque couche dont la contamination est perceptible, prélever un échantillon ponctuel;
- Lorsqu'il s'agit d'une contamination uniquement de surface (causée, par exemple, par une contamination aéroportée ou par un nouveau déversement accidentel), l'intervalle d'échantillonnage peut être ajusté au besoin (0-5 cm, 5-10 cm, 10-20 cm);
- Il est fortement recommandé de conserver une partie des échantillons ou de prélever des échantillons supplémentaires qui seront conservés, et ainsi seront disponibles aux fins d'analyse s'il est nécessaire de vérifier les résultats antérieurs ou de les compléter.

4.3.2 Échantillon composé (composite)

L'échantillon composé est constitué d'un ensemble d'échantillons ponctuels, combinés en proportions égales ou de façon proportionnelle au poids ou au volume du secteur ou du lot que chaque échantillon représente.

La méthode d'échantillonnage composite est décrite comme une technique qui combine un certain nombre d'échantillons ponctuels (sous-échantillons) prélevés à partir d'un volume de matière en un seul échantillon homogénéisé aux fins d'analyse. L'objectif de l'échantillonnage composite du sol est de représenter la condition moyenne dans le volume de matière échantillonné.

Dans le contexte de l'échantillonnage de sol à des fins d'analyses environnementales, l'échantillonnage composite des sols a toutefois ses limites. Les concentrations élevées de certains sous-échantillons peuvent être diluées lors de la procédure d'échantillonnage, masquant ainsi des volumes de sol ou de remblai contaminés. Il est donc recommandé de limiter le plus possible le recours à ce type d'échantillonnage aux situations nécessitant une évaluation de la qualité environnementale du volume de matière plutôt que l'évaluation d'une contamination de type « panache ». Le *Guide de caractérisation des terrains* recommande les échantillons composés dans certains cas.

Cependant, il faut éviter de prendre échantillons composés de sols silteux ou argileux, des sols qui sont très difficiles à homogénéiser. De plus, l'échantillon composé ne convient pas non plus aux paramètres liés aux substances volatiles, en raison de la volatilisation des substances lors de la procédure d'homogénéisation (voir la section 4.4).

Quand le prélèvement d'échantillons composés est prescrit, il est recommandé de considérer également les éléments suivants :

- Tout en veillant à privilégier l'homogénéité du matériel à échantillonner, diviser le secteur à caractériser en plusieurs sections de volume et de forme similaires, sauf là où cela n'est pas géographiquement possible. Un échantillon composé devrait représenter un petit volume de sols;

- Sur le plan d'échantillonnage, les sous-échantillons doivent être de taille égale, provenir d'un secteur relativement homogène, être régulièrement espacés et être composés latéralement. Les lignes reliant les emplacements des sous-échantillons ponctuels ne doivent pas se croiser avec celles d'autres échantillons composés;
- Les sous-échantillons doivent être prélevés dans une même couche stratigraphique ou dans une même épaisseur de sol, ou encore dans une même section de pile. Dans une couche stratigraphique, les échantillons provenant des zones saturées ne peuvent pas être mélangés avec les échantillons provenant des zones non saturées. Les sous-échantillons doivent avoir des caractéristiques similaires. Par exemple, la taille des particules et le type de sol ou de remblai doivent être d'origines similaires. Ne pas mélanger les sols présentant des indices de contamination avec les sols semblant propres;
- Les sous-échantillons devraient être prélevés selon la même méthode d'échantillonnage. Chaque sous-échantillon doit apporter une quantité égale de matière à l'échantillon composé;
- Un échantillon composé formé de 5 sous-échantillons est considéré comme acceptable;
- Une fois prélevés, les sous-échantillons doivent être bien homogénéisés dans un récipient en matière inerte, propre et suffisamment grand. Par la suite, l'échantillon composé doit être transféré dans un contenant approprié pour être conservé et transporté au laboratoire. Dans le cas où les conditions de terrain (climatiques ou autres) ne permettent pas l'homogénéisation sur place, il faut indiquer une note spéciale au laboratoire, lui demandant explicitement une homogénéisation avant l'analyse.

4.4 Échantillonnage pour l'analyse de composés volatils

Une attention spéciale doit être accordée aux échantillons prélevés pour l'analyse des composés volatils. Le prélèvement sur le terrain doit être fait de façon à minimiser le contact de l'échantillon avec l'atmosphère. Pour une meilleure conservation des composés volatils dans les sols, l'utilisation d'un échantillonneur de type seringue ou autre permettant le prélèvement et la conservation simultanés des composés volatils est recommandée. Les instructions concernant le prélèvement des échantillons de sols pour l'analyse des COV sont indiquées à l'annexe 5.

4.5 Échantillonnage de sols grossiers

Les sols sont constitués de particules minérales de grosseurs différentes dans des proportions qui varient selon l'histoire géologique du dépôt. Chacune des grosseurs de particules peut être associée à une classe particulière. Par exemple, l'annexe II présente la classification qui découle de la norme ASTM D2487-98 pour les sols, dont les valeurs en pouces ont été converties en millimètres, puis arrondies.

Généralement, les blocs et cailloux sont exclus de l'échantillon et la fraction fine des échantillons, c'est-à-dire celle correspondant aux particules dont le diamètre est inférieur à 2 mm, est retenue pour les analyses chimiques. Parfois, dans les sols sableux, l'analyse de la fraction jusqu'à 5 mm pourrait être réalisée. Cette pratique est connue et acceptée pour les raisons suivantes :

- Les particules fines facilitent les traitements analytiques (extraction et digestion);
- Dans les sols naturels, les particules fines possèdent une plus grande surface de contact (surface spécifique) par rapport aux particules grossières et offrent ainsi plus de surface où s'adsorbent les molécules recherchées (contamination d'intérêt);
- Les particules fines sont susceptibles de provenir de l'effritement des plus grosses. Dans ce cas, elles sont donc représentatives du volume de sols échantillonnés;

- Étant plus mobiles et de petites dimensions, les particules fines représentent un risque d'exposition plus grand pour les récepteurs (inhalation, digestion, absorption).

Selon cette pratique, la concentration mesurée dans la fraction fine est considérée comme représentative de la masse de sols échantillonnés. Cependant, dans un contexte de gestion environnementale, cette façon de faire peut causer un problème de représentativité, surtout dans le cas où une partie du sol à caractériser est constituée d'une fraction importante de sol grossier (> 5 mm). Cette situation peut être d'origine naturelle (ex. : dépôt fluvio-glaciaire, dépôt de rivière) ou d'origine anthropique (ex. : concassés provenant d'une carrière, matériaux importés d'une gravière).

Dans le cas où la proportion des sols grossiers supérieure à 5 mm constitue plus de 80 % (p/p) du sol à caractériser selon un essai granulométrique ou une appréciation visuelle, il est possible d'analyser l'échantillon complet (c.-à-d. les fractions fines et grossières combinées).

Pour analyser les fractions fines et grossières combinées, les protocoles d'extraction doivent généralement être modifiés afin de tenir compte du nombre et de la dimension des particules soumises à l'analyse. Ainsi, le poids de l'échantillon à extraire et le volume de solvant doivent être augmentés et, dans certains cas, le choix du type d'extracteur doit également être révisé par le laboratoire. Il est essentiel de discuter avec le laboratoire et de s'entendre sur les protocoles de préparation et d'analyse des échantillons renfermant du sol grossier. Une demande claire à cet effet doit accompagner les échantillons au laboratoire. Les particularités en lien avec les analyses des fractions fines et grossières combinées doivent être documentées dans le rapport d'étude.

Dans les autres cas, l'analyse de la fraction fine (< 2 mm) doit être effectuée. Le tamisage et l'homogénéisation de l'échantillon permettent généralement de réduire la variation ou l'écart type des résultats d'analyse.

À noter que pour fins de gestion des matériaux excavés, il est toujours possible de ségréguer à grande échelle les sols sur le terrain afin d'analyser et de gérer séparément les fractions fines et les fractions grossières. Lorsque les fractions grossières d'un sol sont souillées par des composés organiques (ex. : produits pétroliers), le traitement par lavage, en récupérant et en traitant l'eau de lavage, est à envisager.

4.6 Échantillonnage d'un remblai

Il existe une difficulté lors de l'échantillonnage d'un remblai à cause de la distribution hétérogène des constituants. L'échantillonnage représentatif du remblai est primordial pour bien évaluer sa qualité environnementale et pour choisir le mode de gestion optimal. A priori, l'étude de caractérisation environnementale de site − phase I devrait permettre d'identifier des zones remblayées sur un site à l'étude. Si les matières résiduelles sont découvertes de façon fortuite dans les sondages, discuter avec le responsable et convenir de la caractérisation qu'il y a à faire.

Cette section vous indique comment reconnaître un remblai et comment bien le décrire et l'échantillonner.

Caractéristiques d'un remblai

Certains remblais présentent des indices qui permettent de déterminer qu'ils sont d'origine non naturelle, telle que la présence d'objets manufacturés, de rebuts de construction, de déchets de procédés ou de déchets domestiques.

Quand les matériaux dans le remblai présentent plusieurs similarités avec des sols (scories, sable de fonderie, cendre, etc.), il est plus difficile de se prononcer sur leur statut de matières résiduelles. Dans de tels cas, le sens de l'observation du préleveur est très important. Un remblai présente

généralement des signes de perturbation par rapport à un profil de sol naturel. Les caractéristiques suivantes peuvent être observées dans un remblai :

- L'absence de formation de profil de sols (couches/horizons stratigraphiques);
- La discontinuité latérale dans les couches;
- Les lentilles de matériau;
- La présence d'une couche de matière organique entre le remblai et le sol naturel sous-jacent.

Parfois, une observation minutieuse est requise pour reconnaître certains types de matières résiduelles, comme des scories, des mortiers ou encore des sables de fonderie. L'utilisation d'une loupe peut aider à les identifier plus facilement. Un trait caractéristique de la scorie est son apparence poreuse générée par des procédés de traitement à haute température suivi par un refroidissement rapide. Les photos de certains types de scories sont présentées à l'annexe 4. Dans le cas d'un mortier, les grains de sable restent attachés ensemble. Dans les sables de fonderie, en plus des agrégats de sables indurés, du bois qui servait à tenir les moules ou des briques réfractaires sont souvent présents. Les autres indicateurs de sables de fonderie sont des amas de sables soudés ensemble, des sables noircis, des briques, des briques réfractaires, etc.

Échantillonnage du remblai

De façon générale, voici la méthode à suivre lors de l'échantillonnage d'un remblai :

- Faire des sondages à l'aide de tranchées exploratoires afin de faciliter la description;
- Effectuer une bonne observation visuelle de chaque couche de remblai et prendre en note toute présence d'odeur perceptible (voir la section 4.8.2);
- Prendre beaucoup de photos variées et pertinentes (voir la section 4.8.4);
- Pour chaque couche de remblai : (i) effectuer une bonne description de chacun des constituants, en indiquant soit leur nature (par exemple : sol, scories, morceaux de bois, blocs de béton), leur pourcentage relatif par rapport aux autres composants (voir aussi la figure des proportions présentée à l'annexe 3), leur aspect physique, leur granulométrie, leur dispersion dans le remblai, leur couleur, leur odeur, etc.; (ii) prélever une grande quantité d'échantillon en gardant à l'esprit que l'analyse des constituants majeurs du remblai peut être requise. Un constituant majeur dont la granulométrie est variable peut être échantillonné pour chacune des fractions séparables;
- Dans le cas où les matières résiduelles ont une granulométrie fine, semblable à celle d'un sol, et qu'elles sont mélangées aux sols (scories, charbons, mâchefer, sables de fonderie), le mélange peut être échantillonné;
- Dans le cas où les matières résiduelles forment une couche ségrégable ou sont de grande taille, les constituants les plus susceptibles d'être contaminés doivent être échantillonnés et analysés, même s'ils sont présents en faible pourcentage dans le remblai. Ces constituants peuvent être la source de contamination du sol;
- Échantillonner et analyser les sols sous le remblai. Ces sols pourraient contenir des contaminants ayant percolé à partir du remblai.

Dans certains cas, si les constituants de grosses dimensions sont majeurs, en plus d'une description de pourcentage de chaque type de matériel (sable, gravier, scories, mâchefer, etc.), une estimation de pourcentage selon différentes classes de granulométrie pourrait être utile pour l'interprétation des résultats et la détermination des méthodes de gestion de matériaux excavés. Il est également recommandé de rapporter un sac de remblai au bureau pour fins de validation avec le responsable de la caractérisation. Voir aussi la section 4.5 sur l'échantillonnage des sols grossiers.

Dans le contexte d'une valorisation de mélange de sols et de matières résiduelles, plusieurs analyses supplémentaires (lixiviation, granulométrie, altération, etc.) peuvent être exigées en fonction de leur future utilisation. Il est donc recommandé de vérifier auprès du laboratoire d'analyse les exigences concernant l'échantillonnage en fonction de chaque analyse.

4.7 Assurance et contrôle de la qualité

L'application de mesures destinées à contrôler la qualité de l'échantillonnage est essentielle pour assurer la qualité de l'étude de caractérisation. Les exigences d'un programme d'assurance et de contrôle de la qualité sont présentées dans le *Guide de caractérisation des terrains* et au chapitre 4 du *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales : Cahier 1 – Généralités* (MELCCFP, 2023). Plusieurs éléments de contrôle de la qualité relèvent du personnel de terrain. Ce qui suit bonifie les exigences relatives au prélèvement des échantillons de contrôle de la qualité pour l'échantillonnage des sols. Les échantillons de contrôle de la qualité effectués par du personnel des laboratoires d'analyse ne sont pas abordés ici. Lors d'une caractérisation des sols en fonction du *Guide de caractérisation des terrains*, généralement, **seuls les duplicata de terrain sont requis**. La réalisation des blancs est toutefois très recommandée pour les paramètres dont les concentrations sont très faibles (dioxines et furanes, PFAS, etc.).

4.7.1 Duplicata de terrain

Un duplicata de terrain est un échantillon prélevé en double sur le terrain dans un but de contrôle et d'assurance de la qualité. Il permet à la fois d'évaluer la constance des méthodes d'échantillonnage et le degré d'hétérogénéité de la matrice ou de la distribution des substances dans la matrice.

Le duplicata doit être le plus représentatif possible de l'échantillon de référence. Dans un contexte d'échantillonnage de sols ou de remblais où la matrice peut présenter une hétérogénéité élevée dans la distribution des substances, il est recommandé que les duplicata soient préparés à partir d'un échantillon unique homogénéisé (pseudo-duplicata). Cependant, dans le cas d'un échantillon destiné à l'analyse des composés volatils, un échantillon prélevé immédiatement à côté de l'échantillon de référence est requis.

L'échantillon de référence et le duplicata doivent être expédiés au laboratoire sous deux identifications différentes. L'identification du duplicata ne doit pas permettre au laboratoire de deviner quel est l'échantillon de référence.

Il est généralement recommandé que les duplicata de terrain prélevés puis analysés représentent un minimum de 10 % du nombre total d'échantillons. Dans le cas des sols, les échantillons sont prélevés en continu dans les sondages, puis certains échantillons sont sélectionnés pour être analysés. Un échantillon de sol peut être analysé pour différents paramètres. Le programme d'assurance et de contrôle de la qualité exige également que le nombre d'analyses en duplicata corresponde à un minimum de 10 % du nombre total des analyses effectuées. Ainsi, lorsque la campagne d'échantillonnage totalise 10 analyses et moins, une analyse en duplicata au minimum doit être effectuée. Si plusieurs paramètres sont analysés, au minimum une analyse en duplicata doit être réalisée pour chaque paramètre (ex. : HP C_{10}-C_{50}, HAP, métaux).

Comme la sélection des échantillons soumis aux analyses chimiques est souvent effectuée après les travaux de terrain, en fonction des indices organoleptiques de contamination, il est recommandé que les duplicata soient pris en nombre plus élevé (15 à 20 %) sur le terrain dans les couches homogènes et susceptibles d'être contaminées. En employant cette méthode de travail, on s'assure ainsi de pouvoir se conformer à l'exigence relative au nombre minimum d'analyses en duplicata à effectuer.

4.7.2 Blanc de terrain

Un blanc de terrain est principalement utilisé pour évaluer le potentiel de contamination d'un échantillon par des contaminants provenant d'une source non associée à la source recherchée (par exemple, poussières en suspension dans l'air ou vapeurs organiques pouvant contaminer un échantillon de sol).

Pour les paramètres non volatils, les blancs de terrain sont préparés par le laboratoire en utilisant une matrice semblable au sol dont la concentration du paramètre recherché est connue (voir l'annexe 5 pour les paramètres liés aux substances volatiles). Sur le terrain, le blanc de terrain est ouvert au même moment que le prélèvement d'un échantillon et pour la même durée.

Lorsque c'est requis, il est recommandé de réaliser un blanc de terrain par jour d'échantillonnage.

4.7.3 Blanc de transport

Les blancs de transport servent à déterminer si les procédures d'expédition ou de conservation des échantillons influencent les résultats des analyses, par exemple en vérifiant si les échantillons soumis aux analyses de COV sont contaminés par les gaz d'échappement d'un véhicule ou par les équipements transportés avec les échantillons.

Les blancs de transport sont également fournis par le laboratoire. Ils sont transportés et conservés dans les mêmes conditions que les échantillons à prélever, mais ne doivent pas être ouverts.

Lorsque c'est requis, il est recommandé de réaliser un blanc de transport par jour d'échantillonnage.

4.7.4 Blanc de lavage

Les blancs de lavage permettent de déterminer si le protocole de décontamination des équipements d'échantillonnage établi est efficace. Ils sont normalement réalisés au début d'une campagne de terrain. Ils peuvent aussi être réalisés sur le terrain, quand les conditions changent (découverte fortuite d'une forte contamination). Pour réaliser un blanc de lavage, l'eau du dernier rinçage est récupérée et soumise aux analyses.

4.8 Identification, description, note de terrain et photographie

Dans cette section, on suggère la description des échantillons, ce qui facilitera l'identification des horizons stratigraphiques échantillonnés, comme l'explique le *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales : Cahier 1 – Généralités*. De plus, cette section vise à favoriser l'uniformité dans la description des échantillons d'un préleveur à l'autre.

4.8.1 Identification

Chaque échantillon doit être bien identifié de manière à garantir son unicité et sa traçabilité. L'étiquette apposée sur chaque contenant d'échantillon doit inclure les informations suivantes : l'identification de l'échantillon, l'identification du projet, la date de l'échantillonnage et le nom de la firme responsable de la caractérisation. L'utilisation d'un crayon à encre indélébile est nécessaire. L'identification de l'échantillon peut être constituée d'une chaîne de codes : Technique d'échantillonnage (suivi d'un numéro d'ordre) - Numéro séquentiel d'échantillonnage et/ou Profondeur.

Par exemple :

- Technique d'échantillonnage :

  F = Forage
  TR = Tranchée

SM = Sondage manuel

- Numéro séquentiel d'échantillonnage :

  CF = Carottier fendu
  TU = Tube d'échantillonnage

Par exemple :

- F03-CF2a-0,6-1,0 = Échantillon provenant du troisième forage, du deuxième carottier fendu et de la profondeur de 0,6 à 1,0 m;
- F03-CF2b-1,0-1,2 = Échantillon provenant du troisième forage, du deuxième carottier fendu et de la profondeur de 1,0 à 1,2 m;
- TR05-0,5-1,0 = Échantillon provenant de la cinquième tranchée, de la profondeur de 0,5 à 1,0 m.

Puisque les travaux de terrain sont souvent limités en termes de temps, une nomenclature trop longue est déconseillée, car elle peut engendrer des erreurs. Pour faciliter la compréhension, il est également recommandé d'inclure l'explication de la chaîne de nomenclature dans le rapport de sondage.

Chaque échantillon doit être associé précisément à l'endroit du prélèvement, autant en plan qu'en profondeur. Ainsi, à la suite de l'échantillonnage, l'emplacement précis du sondage doit être défini par chaînage, à l'aide d'un GPS ayant un ordre de précision inférieur à 1 m ou idéalement par arpentage, et indiqué sur un plan. La profondeur doit toujours être mesurée en unités du système métrique à partir de la surface du terrain. Si l'emplacement de l'échantillon en profondeur n'est pas indiqué dans l'identification de l'échantillon, il doit être indiqué dans les rapports de forage et dans les tableaux de résultats. Idéalement, la profondeur ajustée en fonction de l'élévation du sondage doit être incluse dans le rapport de sondage.

4.8.2 Description

Les observations de terrain doivent être soigneusement collectées, car elles font partie intégrante de l'interprétation des données. Chaque échantillon doit être décrit sur le terrain au moment du prélèvement. Cette description fera partie de la documentation portant sur l'échantillonnage : carte de localisation des prélèvements, rapport de sondage, photographies et notes de terrain.

Les exemples ci-dessous correspondent aux éléments descriptifs minimalement requis dans le rapport de sondage. Ce sont des informations qui ont plus d'impact sur les décisions prises à la suite d'un échantillonnage, telles que la sélection des échantillons à analyser, l'ajustement du modèle conceptuel de site et l'estimation des volumes de sols contaminés. Des exemples de termes à utiliser sont aussi présentés. Afin de faciliter la compréhension des rapports de sondage, il est recommandé de toujours utiliser les mêmes termes pour la description des échantillons. L'annexe 2 présente un exemple de rapport de forage ou de tranchée ainsi que les notes explicatives sur les rapports de sondage.

Type de sol : Le type de sol fournit une idée sur la présence et la distribution des contaminants :

- Terre végétale
- Terre naturelle
- Remblai

Granulométrie : La granulométrie est définie comme la distribution des particules du sol selon leur taille. Une suggestion de classification granulométrique selon la norme ASTM D2487-17 est présentée à l'annexe 2. Lors de l'échantillonnage des sols, une description de la granulométrie basée sur une estimation visuelle et des tests en main est attendue. Si une analyse granulométrique est effectuée au laboratoire, le système de classification granulométrique utilisé

doit être mentionné. La figure des proportions présentée à l'annexe 3 pourrait aider à l'estimation du pourcentage des constituants d'un sol sur le terrain.

Le tableau 1 présente des exemples de description granulométrique du sol en fonction des différentes proportions de la granulométrie du sol. La terminologie à utiliser, selon la proportion granulométrique, est présentée à l'annexe 2.

Tableau 1 : Exemples de description granulométrique du sol

Pourcentage des particules basé sur une estimation visuelle et des tests en main (%)						Description à écrire dans le rapport de sondage
Argile	Silt	Sable	Gravier	Caillou	Bloc	
	30	55		15		Sable silteux avec un peu de cailloux
	5	60	35			Sable graveleux avec trace de silt
70	30					Argile silteuse

Présence d'éléments grossiers ou de matières résiduelles : Lorsque ces éléments sont observés, leur nature ainsi que leur pourcentage (v/v) doivent être décrits comme l'indiquent les sections 4.5 et 4.6.

Couleur : La couleur dominante du sol et des taches contrastées doit être décrite de façon qualitative selon la norme LC 22-300 (ministère des Transports du Québec, 2019). L'utilisation d'une charte reconnue de couleur (exemple : nuancier de Munsell) est aussi possible. Il faut s'assurer d'avoir assez de lumière pour faire une bonne description de la couleur.

Compacité : La compacité du sol donne une idée de la perméabilité du milieu :

- Lâche
- Compact
- Très compact

L'échelle de compacité utilisée par des études géotechniques peut être utilisée pour les sondages environnementaux. Lorsque l'équipement d'échantillonnage permet de calculer les indices « N », il est facile de colliger ces indices, ce qui permet d'avoir des données numériques sur la compaction du sol échantillonné.

Présence d'eau : Dans les sondages, il est important de noter le degré de saturation en eau. Cette information donne une idée de la distribution possible des substances :

- Sec
- Humide
- Saturé

La profondeur de l'infiltration d'eau ainsi que les caractéristiques organoleptiques de l'eau (odeur, irisation, etc.) peuvent également être indiquées.

Indice visuel de la contamination : La présence de produits sous forme de liquide ou de matières résiduelles (voir la section 4.6 pour les sols mélangés avec les matières résiduelles) doit être indiquée.

Pour les produits sous forme de liquide, en plus de précisions sur la nature de la contamination (huile, essence, graisse, solvant, etc.), les notes suivantes peuvent être ajoutées :

- Disséminé
- Abondant

Pour les matières résiduelles (scories, mâchefer, cendre, briques, etc.), le pourcentage de chaque type de matière résiduelle doit être noté (voir l'annexe 4 pour les types de matières résiduelles et l'annexe 3 pour la description visuelle des proportions en pourcentage).

Indice olfactif de la contamination : Lors de la présence d'une odeur, des précisions sur le type et l'intensité d'odeur sont requises. Par exemple : odeur d'hydrocarbure, de soufre, d'ammoniac ou de créosote. L'odeur perceptible doit être rapportée, mais il n'est en aucun cas requis de réaliser une observation olfactive proactive :

- Faible
- Moyenne
- Persistante

L'utilisation d'un détecteur de type PID ou FID peut être utile surtout dans le cas de contamination par des produits pétroliers. Le résultat de la mesure ainsi que la marque et le modèle du détecteur utilisé doivent être notés au rapport de sondage.

Taux de récupération (échantillonneur en forme de cylindre) : Le taux de récupération est le pourcentage d'échantillon récupéré par rapport à la longueur de l'échantillonneur. Par exemple, dans un tube d'échantillon de 60 cm de longueur, si l'échantillon mesure 50 cm, le taux de récupération est de 83 %. Cette information fournit un indice sur la qualité d'échantillonnage.

4.8.3 Notes de terrain

Les notes de terrain doivent être collectées soit dans un cahier de notes, soit dans un rapport de travaux. Les informations à inclure sont notamment la date et l'heure des travaux, l'identification du projet et du site, les conditions météorologiques, les conditions de terrain, les équipements utilisés, les procédures suivies et le nom des membres de l'équipe pour chaque journée d'échantillonnage. Il est aussi important de noter toute anomalie ou tout événement ayant pu avoir un impact sur l'échantillonnage.

4.8.4 Photographies

Les photographies prises au cours des travaux de terrain servent à documenter et à décrire les caractéristiques du site, les activités de collecte d'échantillons, le matériel utilisé et les différentes couches de sol. Pour les dossiers légaux, il est parfois demandé que les numéros des photos soient fournis, et une justification est requise pour chaque photo absente ou retirée. De façon générale, les photos doivent être représentatives et accompagnées d'une légende permettant de les lier à la bonne station d'échantillonnage et au bon échantillon. Toutes les particularités sur le terrain devraient être décrites et photographiées. Les photographies fournissent des renseignements complémentaires, mais ne peuvent toutefois pas remplacer la description textuelle requise. Voici quelques suggestions d'ordre général que le préleveur devrait prendre en compte lors de la prise de photos :

- Les photos doivent avoir une bonne résolution;
- Dans la mesure du possible (autorisation, temps), prendre une variété de photos à différentes distances du sujet (gros plan, vue approchée, vue générale);
- S'assurer qu'il y a assez d'éclairage, en privilégiant la lumière naturelle, et essayer d'orienter l'appareil-photo afin de produire des photos avec peu ou pas d'ombre;

- Utiliser une échelle graduée ou un article de taille connue (stylo, pièce de monnaie, etc.) pour effectuer des comparaisons de tailles sur les photographies.

Le rapport photographique doit principalement inclure les renseignements suivants :

- Date (et heure);
- Identification du dossier, du site et/ou de l'échantillon;
- Numéro de la photo;
- Nom du photographe;
- Orientation géographique de la prise (le cas échéant);
- Description de l'activité ou de l'élément affiché, par exemple : échantillon TR3 ou F1-CF03 1,2-1,8;
- Toute autre information pertinente.

4.9 Transport et conservation

Les échantillons doivent être transportés de façon sécuritaire au laboratoire d'analyse le plus rapidement possible après le prélèvement. Si un service d'expédition est utilisé, un emballage et une expédition appropriés sont nécessaires pour protéger l'intégrité des échantillons. Il faut que les échantillons soient livrés de manière à laisser suffisamment de temps aux laboratoires pour commencer les analyses en respectant les délais de conservation recommandés. Une attention particulière devrait être accordée à l'expédition si les paramètres à analyser demandent un temps de conservation court. Prenez des dispositions avec le laboratoire avant d'envoyer des échantillons pour une livraison à la fin de la journée ou de la semaine. La consultation auprès des services d'expédition sur les horaires de service et les délais de transport est aussi nécessaire.

Le transport de matières dangereuses, telles que le méthanol, est réglementé. Il conviendra de consulter le *Règlement sur le transport des matières dangereuses* et de communiquer avec le transporteur (autobus, train, avion, hélicoptère) pour vérifier s'il est autorisé à transporter les échantillons potentiellement très contaminés ou qui contiennent des matières résiduelles dangereuses.

Voici des recommandations de préparation et d'emballage des échantillons avant leur transport ou leur expédition :

1. Sélectionner une glacière en plastique ou en styromousse propre, solide et en bon état;
2. S'assurer que les bouchons de tous les contenants d'échantillon sont bien serrés;
3. Vérifier que les étiquettes et les documents d'enregistrement de la chaîne de traçabilité sont correctement remplis. Il est essentiel de s'assurer que les échantillons prélevés correspondent bien à ceux identifiés sur les formulaires de la chaîne de traçabilité (communément appelés « formulaires de demande d'analyses »);
4. Placer le film à bulles au fond d'une glacière vide avant d'y mettre un grand sac en plastique, puis placer les contenants dans le sac en prévoyant un espace suffisant pour permettre l'ajout de matériau d'emballage entre les récipients en verre. Il est préférable de placer les contenants d'échantillon verticalement. Les pots d'échantillon peuvent aussi être placés dans leurs boîtes originales en carton qui s'insèrent dans les glacières. Il faut éviter de surcharger la glacière d'échantillons, car cela augmente le risque que des contenants se brisent;
5. Privilégier l'utilisation de blocs réfrigérants de type Ice-pack. Sinon, mettre la glace dans un autre sac en plastique (double sac) et sceller correctement. Placer les sacs de glace sur ou entre les échantillons. Plusieurs blocs réfrigérants ou sacs de glace sont

nécessaires (en fonction de la température extérieure, de la durée de l'étape, etc.) pour maintenir la température inférieure ou égale à 4 °C. Le respect de la température s'applique du prélèvement de l'échantillon de sol jusqu'à l'arrivée au laboratoire. C'est pourquoi il est important d'ajouter suffisamment de blocs réfrigérants pour s'assurer autant que possible que les échantillons seront maintenus dans un environnement d'une température de 4 °C ou moins, sans congélation, lors du transport;

6. Remplir tout l'espace restant entre les échantillons avec du matériel d'emballage. Fixer solidement le haut du grand sac en plastique avec du ruban adhésif;
7. Mettre les copies de la demande d'analyse dans un sac en plastique à fermeture à glissière (sac de type Ziploc) puis les placer par-dessus les échantillons et bien fermer la glacière à l'aide de ruban adhésif;
8. Le couvercle du contenant d'expédition devrait idéalement porter la mention « TENIR DEBOUT / THIS END UP » et les étiquettes fléchées indiquant la position correcte du contenant vers le haut;
9. Il est recommandé de ne pas transporter des produits pétroliers ou chimiques liquides dans le même espace que les échantillons. Ces mesures préviennent le risque de rejet ou d'introduction accidentelle de composés volatils lors du transport pouvant causer la contamination croisée des échantillons;
10. Certains transporteurs ont des exigences concernant le poids maximal de chaque glacière.

Relativement à la conservation de l'échantillon, il est obligatoire de respecter la version à jour du document *Modes de conservation pour l'échantillonnage des sols* (DR-09-02) du CEAEQ. L'échantillon prélevé doit être conservé dans un récipient adapté, à l'abri de la lumière, à une température inférieure ou égale à 4 °C. Pour certains paramètres, il est aussi possible de congeler des échantillons pour prolonger la période de conservation. Si c'est possible, les échantillons devront être conservés pendant toute la durée du projet.

Lorsque les échantillons sont prélevés à des fins de poursuites judiciaires, il est recommandé de respecter la version à jour du *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales : Cahier 1 – Généralités* qui précise une série de mesures de sécurité supplémentaires à prendre, par exemple l'utilisation des formulaires de chaîne de possession et l'apposition de vignettes ou de sceaux adhésifs, ou de verrous de sécurité au moment du transport et de l'entreposage des échantillons.

5. Techniques d'échantillonnage

Il existe plusieurs techniques d'échantillonnage pour caractériser les sols. La technique utilisée doit autant que possible permettre de prélever un échantillon de sol non remanié (le sol reste dans sa structure d'origine) avec un minimum de perturbation du milieu. Le choix d'une technique d'échantillonnage ou d'un équipement de prélèvement dépend aussi de facteurs comme l'accessibilité au terrain, la sécurité des travailleurs, les obstacles, le type de sol à prélever, la profondeur d'investigation, le nombre d'échantillons à prélever et le type d'analyse à effectuer sur cet échantillon.

Les techniques d'échantillonnage peuvent être divisées en trois catégories :

- L'échantillonnage manuel;
- L'échantillonnage dans un puits d'exploration ou dans une tranchée;
- L'échantillonnage à partir d'un forage.

Si l'échantillonneur est une truelle ou un échantillonneur de forme cylindrique, ses dimensions devraient correspondre au double des plus grosses particules à prélever. Cette précaution fait en sorte que chaque particule, petite ou grosse, de la matière à échantillonner aura une chance égale d'être prélevée.

Afin d'atteindre l'objectif de caractérisation, l'utilisation combinée de différentes techniques d'échantillonnage et d'échantillonneurs pour différents secteurs d'un même site devrait être envisagée.

Si les sections 5.2 à 5.4 et l'annexe 6 présentent brièvement des techniques d'échantillonnage ainsi que des échantillonneurs souvent utilisés, la section 5.1, ci-dessous, traite des techniques d'excavation par aspiration pour dégager l'emplacement du sondage.

5.1 Présondage par aspiration

Dans certaines situations, afin d'éviter d'endommager les canalisations ou les structures souterraines possiblement présentes, les sols de surface peuvent être dégagés par des techniques d'excavation par aspiration telles que l'hydro-excavation (*hydro-vac* ou excavation hydraulique) ou l'air-excavation (*dry-vac* ou excavation pneumatique).

Les deux systèmes d'excavation par aspiration injectent soit de l'eau, soit de l'air à haute pression pour désagréger le sol. Puis, les boues ou les sols secs non consolidés sont aspirés par une pompe à vide (*vacuum*). Ces déblais sont ensuite déposés dans le réservoir d'un camion-citerne. Chaque réservoir comporte une porte d'extrémité à grande ouverture pour vider les déblais accumulés.

L'excavation par aspiration est généralement le dernier recours lors d'une caractérisation environnementale de terrain. L'introduction de l'eau ou de l'air et l'agitation lors de l'excavation hydraulique ou pneumatique peuvent causer des perturbations comme la perte des substances volatiles ou l'introduction de substances telles que des chlorures (sels de voirie), des hydrocarbures (pipelines, station-service), des halogènes (nettoyeur à sec) ou des métaux. Quand son utilisation est justifiable, une fois que la couche de sol où le réseau d'infrastructures souterraines présent est dégagée, l'échantillonnage des couches sous-jacentes devrait être effectué à l'aide des techniques conventionnelles. Afin de connaître la qualité environnementale de l'épaisseur de sol de surface pré-sondée, le prélèvement de sol par une autre technique d'échantillonnage (pelle, tarière ou forage manuel) complémentaire sur les parois ou à côté de chaque trou pré-creusé est requis. Cependant, il faut éviter de prélever l'échantillon dans un sol perturbé par l'eau ou l'air injecté.

L'excavation par aspiration est également de plus en plus utilisée pour la réhabilitation des terrains contaminés. Toutefois, lors de tels travaux, des précautions doivent être prises pour minimiser les perturbations possiblement causées par l'injection de l'eau ou de l'air, afin d'assurer la qualité des échantillons de confirmation prélevés sur les parois et les fonds de l'excavation.

D'ailleurs, des déblais d'excavation par aspiration de différentes qualités environnementales seront mélangés dans le réservoir et devront être gérés de façon convenable. La boue issue de l'excavation hydraulique est généralement composée d'environ 60 % de matériaux liquides et de 40 % de matériaux solides. Par conséquent, les fractions solides et liquides doivent être caractérisées afin d'être disposées de façon conforme.

5.2 Échantillonnage manuel

L'échantillonnage manuel permet le prélèvement d'échantillons de sols à de faibles profondeurs. Il fait appel à des techniques simples, utilisant des équipements facilement accessibles et transportables, ce qui permet un prélèvement rapide et économique des échantillons. Toutefois, il ne convient pas à tous les types de sols et peut s'avérer difficile dans un sol graveleux ou très compact. Dans un sol graveleux, pour que les granulats plus grossiers aient une chance égale d'être prélevés en comparaison avec la fraction plus fine du sol, si désiré, il faut un équipement d'échantillonnage dont les dimensions sont appropriées. Dans un tel cas, il est recommandé que la largeur ou le diamètre de l'équipement soit le triple du diamètre des plus gros granulats que l'on désire prélever.

Les sections suivantes décrivent les techniques les plus couramment utilisées. Pour obtenir plus de renseignements sur les techniques existantes, consulter les fournisseurs d'équipement d'échantillonnage de sol.

5.2.1 Pelle et truelle

Lorsque l'échantillon à prélever se situe très près de la surface, une pelle ou une truelle est utilisée. Cette technique d'échantillonnage consiste essentiellement à creuser un trou à l'aide de la pelle ou de la truelle et à prélever le volume désiré de sol.

Cette technique permet d'examiner de près le sol et la présence de matières résiduelles. Elle est aussi utile en présence très dense de structures souterraines ou dans un espace restreint. Toutefois, elle a l'inconvénient de remanier considérablement le sol lors de l'échantillonnage, ce qui favorise l'évaporation des substances volatiles, le cas échéant. Pour cette raison, le trou creusé doit avoir une bonne surface avec des parois stables afin d'éviter que le sol de surface ne retombe au fond et qu'il soit prélevé. L'échantillon doit alors être prélevé de préférence sur une paroi, à une profondeur bien définie. Le préleveur doit procéder de la façon la plus systématique possible afin de pouvoir reproduire les mêmes conditions d'échantillonnage d'un emplacement à l'autre.

Une pelle ou une truelle est aussi utilisée pour le prélèvement des échantillons de sols dans une pile, dans un puits d'exploration ou dans une excavation (parois et fonds). Une truelle est également utilisée pour constituer un échantillon prélevé à partir d'un forage. Comme on le mentionne plus haut, si l'échantillon est destiné à l'analyse des composés organiques volatils, un échantillonneur de type « seringue » ou de type « capsule hermétique » doit être utilisé, conformément à l'annexe 5 de ce guide.

5.2.2 Tarière manuelle

Ce type d'échantillonneur est fixé à une rallonge, qui est elle-même fixée à une poignée en T. Ils sont reliés au moyen de raccords permettant de les démonter facilement. La figure 1 montre des exemples de différents types de tarières manuelles.

Le prélèvement d'un échantillon de sol à l'aide d'une tarière se fait en enfonçant manuellement la tarière dans le sol par un mouvement de rotation dans le sens des aiguilles d'une montre. Une fois la tarière enfoncée sur toute sa longueur, elle est retirée et l'échantillon est recueilli en inclinant la tarière.

Les tarières de différentes formes présentées à la figure 1 sont conçues pour prélever des échantillons dans les sols cohésifs (a) ou dans les sols non cohésifs (b). Leur utilisation est cependant plus difficile dans un sol compact ou graveleux.

Bien que la tarière manuelle soit le plus souvent utilisée pour l'échantillonnage de la couche de surface ou dans les piles, l'ajout de rallonges supplémentaires ainsi que de tubes de soutènement peut permettre, dans certaines conditions, de prélever plus en profondeur. Dans ce cas, il y a un risque d'éboulement de matériaux dans le trou creusé. Le sol provenant de la partie supérieure du trou risque ainsi de se mélanger au sol destiné à l'échantillonnage.

Figure 1 : Tarière manuelle

a **b**

©Eijkelkamp Soil &Water

5.2.3 Tube d'échantillonnage avec poignée (gouge)

La technique utilisant un tube d'échantillonnage consiste à prélever un échantillon en enfonçant un tube dans le sol en partant de la surface. Une fois enfoncé au maximum, le tube est retiré et l'échantillon de sol est recueilli.

Les tubes d'échantillonnage existent en plusieurs longueurs et diamètres. La figure 2 présente des exemples de tubes d'échantillonnage (a et b). Ils sont ouverts sur la longueur, ce qui permet une observation du sol lors du prélèvement. La figure 2 (c) présente un modèle de tube

d'échantillonnage qui permet d'exercer une pression avec le pied, pour un échantillonnage dans un sol plus compact. Ce modèle permet également l'utilisation d'un manchon (membrane intérieure en forme de tube), fabriqué généralement avec du plastique résistant, qui peut être retiré du tube d'échantillonnage, bouché et acheminé directement au laboratoire. Le matériau utilisé dans la fabrication du manchon doit toutefois être en mesure de résister aux propriétés des substances contenues dans le sol.

Figure 2 : Tubes d'échantillonnage de sol

a **b** **c**

a et b © Eijkeljamp Soil & Water

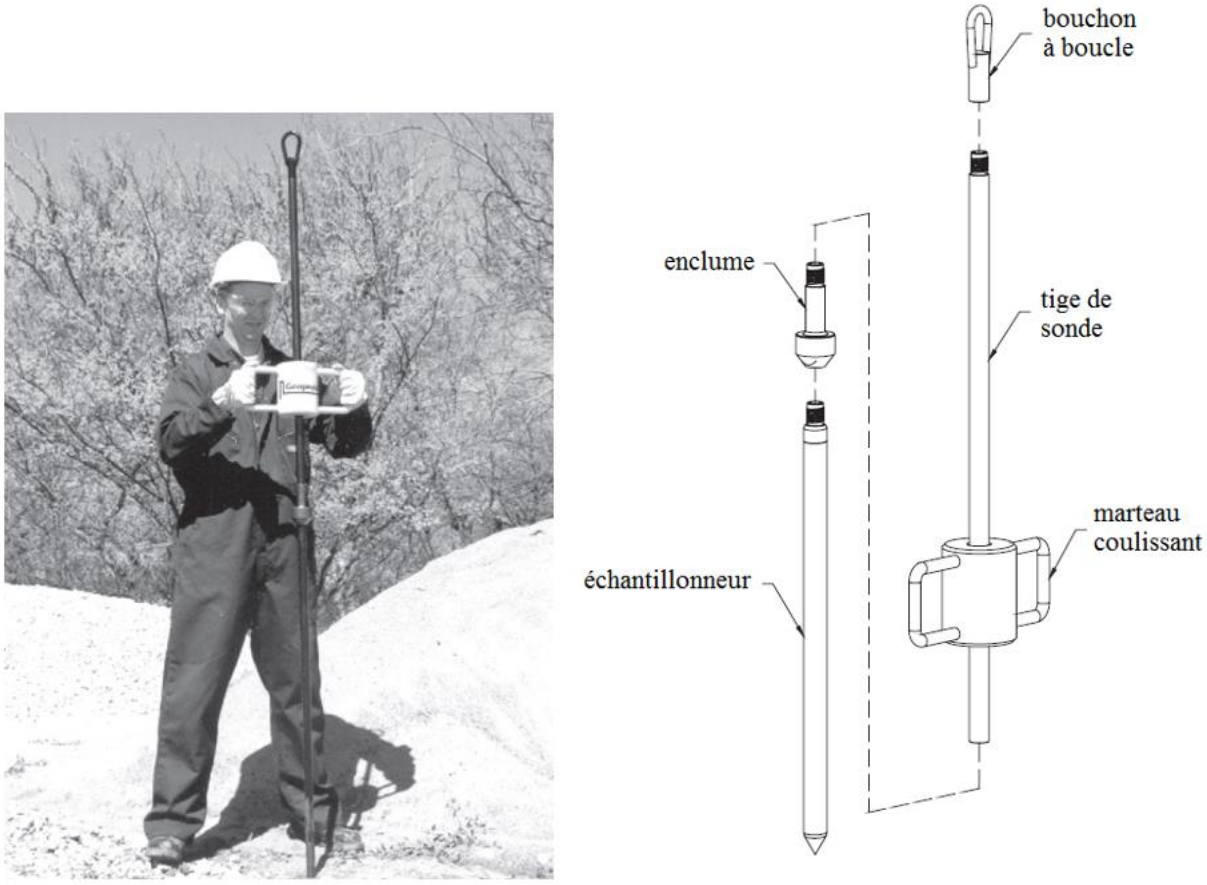
L'utilisation d'un tube d'échantillonnage permet de prélever un échantillon peu remanié, ce qui préserve la représentativité du sol prélevé. En outre, le tube d'échantillonnage se prête bien au prélèvement d'échantillon destiné à l'analyse d'un composé volatil, puisqu'il limite le risque de perte d'une partie de la substance par volatilisation.

Conçu pour le prélèvement de sol non compact de surface et pour un volume restreint de sol à un même endroit, ce type d'échantillonneur est adapté à la caractérisation des sols de surface lors d'un nouveau déversement ou d'une contamination aérotransportée.

5.2.4 Marteau coulissant

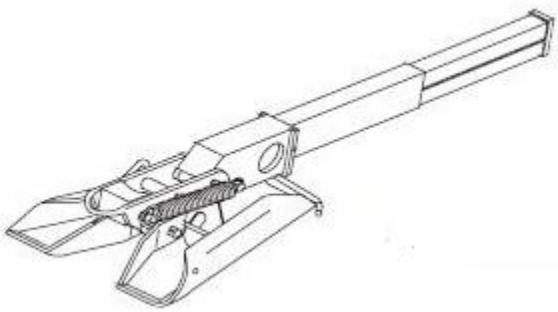
Un marteau coulissant lourd est soulevé manuellement puis lâché sur une enclume pour enfoncer l'échantillonneur dans le sol. Le marteau glisse le long d'une tige de sonde et est sécurisé par un bouchon à boucle installé à l'extrémité de cette tige (figure 3). Afin de favoriser l'enfoncement dans le sol, le tube d'échantillonnage (gouge), de calibre plus petit (1,25 pouce / 3,175 cm de diamètre), est spécialement conçu pour ce système. Une fois enfoncé dans le sol, l'échantillonneur est récupéré avec le vérin d'extraction (figure 4).

Figure 3 : Marteau coulissant



©Géoprobe

Figure 4 : Vérin d'extraction de l'échantillonneur



©Géoprobe

Cette technique d'échantillonnage, parfois considérée comme un forage manuel, ne nécessite qu'une seule personne. De plus, elle peut être utilisée dans les endroits restreints et sans source d'énergie (gaz, électricité). Cependant, puisque la paroi du trou n'est pas protégée contre les

éboulements, la profondeur d'échantillonnage est limitée. La quantité d'échantillons prélevés est faible compte tenu du faible calibre de l'échantillonneur.

5.3 Échantillonnage dans une tranchée exploratoire

Pour fin d'utilisation dans ce document, le terme « tranchée exploratoire » est considéré comme synonyme de « puits d'exploration », « tranchée », ou encore *test pit* en anglais. Une tranchée exploratoire ne doit pas être confondue avec un puits d'observation, qui permet le prélèvement d'eau souterraine.

L'échantillonnage dans une tranchée exploratoire requiert l'utilisation d'une excavatrice pour creuser des fosses rectangulaires de différentes longueurs et profondeurs.

En plus de permettre l'échantillonnage de sol, cette technique offre l'avantage de pouvoir examiner en détail la stratigraphie des sols en place et de faire des observations sur la présence de matières résiduelles ou d'autres contaminants. Pour ces raisons, cette technique est fréquemment utilisée lors des campagnes d'échantillonnage. Cependant, comme avec toutes les techniques d'excavation, les sols seront fortement remaniés, ce qui présente un risque de perte de composés volatils. Afin de diminuer l'effet de remaniement des sols, l'utilisation d'un godet à dents est à éviter.

À l'intérieur d'une tranchée exploratoire, l'échantillonnage peut être effectué à l'aide d'une pelle ou d'une truelle directement sur la paroi où le sol n'est pas remanié. Dans le contexte de l'excavation de sols contaminés, l'échantillonnage sur la paroi est acceptable seulement lorsque la profondeur et les pentes d'excavation permettent au préleveur de descendre dans la tranchée sans danger (voir le *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales : Cahier 1 – Généralités* [MELCC, 2008]). Dans ce cas, il est recommandé de faire une excavation excédant de 30 cm la profondeur de la tranchée à échantillonner. Avant d'échantillonner, le préleveur doit enlever la couche de sol (environ 2 cm) qui a été en contact avec l'équipement d'excavation. Il doit également éviter que la zone qui a été dégagée ne soit recouverte de nouveau par les sols environnants. Il est également recommandé de prendre l'échantillon du bas vers le haut pour prévenir la contamination croisée en raison de la chute de matériaux au fond du trou.

Lorsqu'il n'est pas possible de descendre dans la tranchée, l'échantillon peut être prélevé dans le godet de l'excavatrice, en prenant soin toutefois d'éviter la couche de sol ayant été en contact avec le godet. Dans ce cas, le préleveur doit tenter d'échantillonner les sols à une profondeur bien précise. La profondeur d'échantillonnage dans des tranchées exploratoires est souvent limitée en raison de la stabilité des pentes et du niveau de la nappe d'eau souterraine. Il est recommandé d'arrêter le creusage de la tranchée lorsqu'une venue d'eau est constatée. La présence d'eau dans une tranchée fragilise ses parois et peut également mobiliser des contaminants, entraînant ainsi une contamination croisée.

Finalement, il est préférable de séparer les déblais de chaque couche stratigraphique excavée en différentes piles afin de pouvoir les replacer au même niveau stratigraphique lors de la remise en état du terrain. Comme la réalisation d'une tranchée implique le déplacement d'un grand volume de sol, la planification de la remise en état du terrain doit tenir compte du foisonnement des sols excavés et de la difficulté de les ramener au niveau de compaction initial.

5.4 Échantillonnage à partir d'un forage

L'utilisation d'une foreuse permet d'échantillonner les sols à des profondeurs supérieures à celles atteintes par les techniques décrites précédemment. L'échantillonnage des sols à partir de forages a aussi l'avantage de moins perturber le sol et les lieux que l'échantillonnage dans une tranchée exploratoire. Cependant, la quantité d'échantillons prélevés à partir des forages est généralement restreinte en raison du volume de l'échantillonneur. Pour un échantillon prélevé à partir d'un

forage, le taux de récupération (pourcentage d'échantillon récupéré par rapport à la longueur de l'échantillonneur) est un indice de qualité et doit être indiqué dans le rapport de forage (voir la section 4.5.2.).

Cette technique requiert l'utilisation d'une foreuse et d'échantillonneurs adaptés. La foreuse enfonce l'échantillonneur dans le sol. Lorsque l'échantillonneur a atteint sa profondeur maximale, il est extrait du trou de forage. L'échantillon est ensuite récupéré et conservé pour les analyses ultérieures. Lors d'un échantillonnage environnemental en continu, il est important que la paroi du trou de forage soit stabilisée par un tube extérieur avant que l'échantillonneur soit extrait du trou de forage. Ce tube extérieur est généralement une tarière évidée d'un diamètre extérieur de 200 mm (8 pouces), mais peut également être un tube foncé (appelé casing) sur une foreuse à poussée directe ou un tube de carottage diamanté (aussi appelé *casing*) sur une foreuse à battage. Les tubes de carottage diamantés existent en plusieurs diamètres, ou calibres, les plus courants étant « H », « N » « PW » et « Z ». Ce tube extérieur empêche le rétrécissement du trou de forage à cause du gonflement de sol argileux ou d'éboulement de sols sableux.

5.4.1 Foreuses

La plupart du temps, le choix d'une foreuse dépend de plusieurs facteurs. Par exemple, pour une raison d'accessibilité, des sondages manuels ou à l'aide d'une foreuse portable sont souvent choisis pour le prélèvement d'échantillons dans un sous-sol. Si la foreuse doit être installée sur des structures de chemin de fer ou sur un remblai peu compacté, il serait préférable d'utiliser un modèle sur chenilles au lieu d'un modèle sur remorque. Si les travaux sont réalisés dans des zones sensibles (dans un milieu humide ou à proximité de cours d'eau), une machinerie utilisant de l'huile biodégradable est requise. Si les sols à prélever se situent sous une dalle de béton, un équipement adapté (ex. : une foreuse équipée d'une couronne diamantée ou une scie rotative) pour carotter le béton doit être prévu. Puisque de nouveaux modèles de foreuses sont introduits sur le marché chaque année, il est recommandé de consulter un entrepreneur en forage qui pourra proposer les options qui conviendront le mieux aux besoins du projet. Les facteurs suivants sont généralement à considérer :

- L'accès au site (terrain accidenté, escalier, etc.);
- L'espace de travail (superficie du local, hauteur de plafond);
- La stabilité du terrain;
- La nature des polluants;
- La présence de lignes électriques aériennes dans la zone de travail;
- Le recouvrement (béton, asphalte, remblai);
- Le type de sols ou de matières résiduelles susceptibles d'être trouvés dans le forage;
- La profondeur cible du forage et la profondeur estimée de la nappe d'eau;
- La profondeur estimée du roc;
- Le diamètre requis du puits d'observation pour l'échantillonnage de l'eau souterraine;
- Le besoin de combiner divers types d'investigation (forages géotechniques ou autre).

Bien que l'échantillon n'entre en contact qu'avec l'échantillonneur (section 5.4.2), le type de forage utilisé (par battage, rotation, vibration ou percussion) aura un impact sur l'intégrité de l'échantillon prélevé. Sachant que plusieurs techniques de forage et types d'échantillonneur sont parfois possibles à partir de la même foreuse, pour l'échantillonnage environnemental du sol, le type de forage utilisé doit respecter les critères suivants. Il doit :

- Préserver la structure du sol à l'intérieur de l'échantillonneur;
- Ne pas introduire de fluide (boue, eau ou air) à l'intérieur de l'échantillonneur;
- Ne pas générer de chaleur à l'intérieur de l'échantillonneur;
- Permettre à la fois l'échantillonnage en continu ou l'échantillonnage à un niveau précis et la stabilisation de la paroi du trou de forage.

Ainsi, les techniques de forage requérant une introduction de fluides, d'eau ou d'air sont généralement à éviter, sauf dans le cas d'échantillonnage par forage horizontal / directionnel avec l'échantillonneur à piston traité à la section 5.4.1.4. L'échantillonnage environnemental du sol par des techniques de forage destructif (forage par excavation hydraulique ou forage à tarière spirale pleine) n'est pas acceptable. L'utilisation des marteaux-piqueurs ou des carottiers motorisés est acceptable seulement dans les sols durs (faible risque d'éboulement de sols à partir des parois du trou de forage).

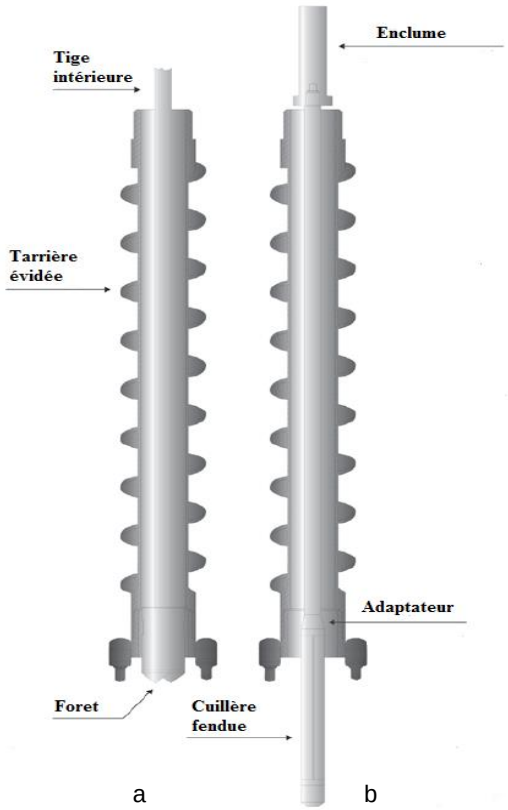
Les sections suivantes décrivent sommairement quelques techniques de forage régulièrement utilisées pour le prélèvement d'échantillons à des fins d'analyses environnementales. Si le forage doit être converti en puits d'observation pour l'échantillonnage de l'eau souterraine, il conviendra de consulter la version la plus récente du *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales : Cahier 3 – Échantillonnage de l'eau souterraine*. Si le forage doit être converti en puits d'observation pour la mesure de biogaz, il conviendra de consulter la version la plus récente du *Guide relatif à la construction sur le terrain d'un lieu d'élimination de matières résiduelles désaffecté.*

5.4.1.1. Foreuse à tarière évidée

Ce type de foreuse est équipé d'une tarière à vis de grand diamètre (figure 5). Cette tarière comporte en son centre un tube évidé qui permet d'y insérer un carottier fendu (aussi appelé « cuillère fendue ») afin de réaliser des essais géotechniques (ex. : essai de pénétration standard – SPT) ou de prélever des échantillons.

Dans le dernier cas, l'échantillonneur est enfoncé par battage. Avant que le carottier fendu soit extrait du trou, la tarière évidée est enfoncée par rotation jusqu'à la profondeur de l'échantillonneur afin de stabiliser la paroi du forage. Il est également possible de prélever des carottes continues à l'aide d'un tube à paroi mince (tube Shelby) inséré et fixé dans la première tarière.

Figure 5 : Échantillonnage avec une foreuse à tarière évidée



a – La tarière est descendue à la profondeur d'échantillonnage.

b – L'échantillonneur est enfoncé dans le sol puis retiré afin de récupérer l'échantillon. La tarière évidée est laissée en place pour stabiliser les parois du trou du forage.

©Géoprobe

La foreuse à tarière évidée est fréquemment utilisée pour le prélèvement d'échantillons de sols à des fins d'analyses environnementales. Elle permet l'utilisation de différents types d'échantillonneurs de différents calibres ou de différentes longueurs. Son grand format devient un inconvénient lors des travaux dans des espaces restreints (forages à l'intérieur d'un bâtiment ou à proximité de lignes aériennes d'électricité). Cependant, de petits modèles sont de plus en plus commercialisés. De façon générale, l'utilisation de la foreuse à tarière évidée dans les sols sableux est souvent limitée lorsque celle-ci atteint la nappe d'eau souterraine, en raison du phénomène de « remontée de sable »[2]. En présence de produits purs, l'utilisation de la tarière peut entraîner la migration de ces produits à des couches sous-jacentes.

5.4.1.2. Foreuse à poussée directe (*direct push*)

La foreuse à poussée directe est généralement de taille plus petite que les foreuses à tarière évidée. Les trois types d'échantillonneurs suivants sont souvent associés à cette technique de forage : échantillonneur à tube simple (*single tube*), à double tube (*dual tube*) et à piston. Cette technique d'échantillonnage requiert également un porte-échantillon (*liner*)

2 Cette expression s'applique à un mélange de sable fin et d'eau qui s'infiltre dans l'équipement de forage. Les remontées de sable pénètrent dans la tarière et empêchent le prélèvement d'un échantillon adéquat.

(voir la section 5.4.2.4), ou qu'une feuille d'insertion non métallique soit glissée à l'intérieur des échantillonneurs. Pour l'échantillonnage en continu d'un sol non consolidé, l'utilisation de l'échantillonneur à double tube (figure 6) est fortement recommandée.

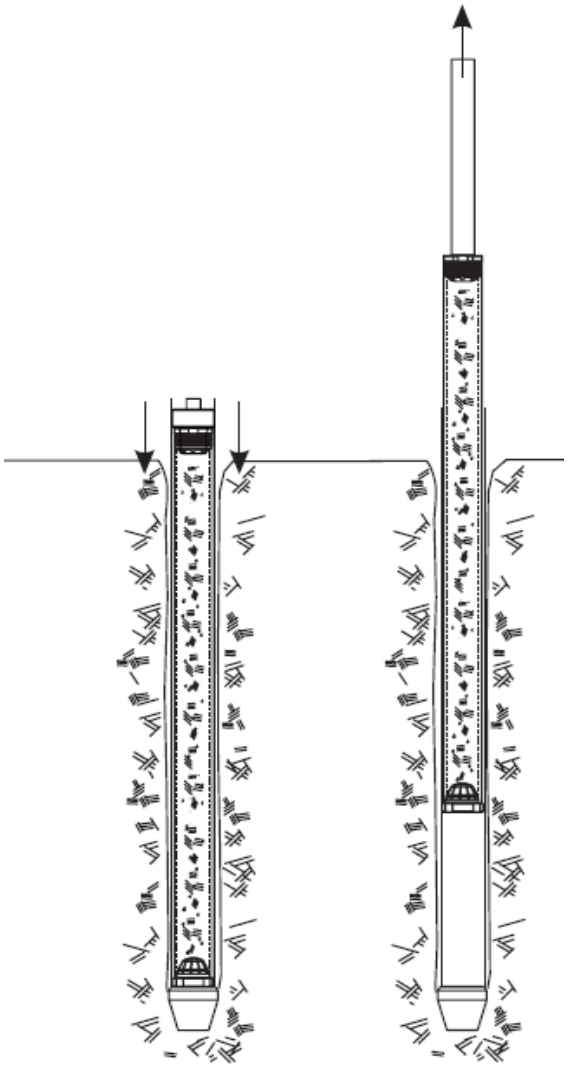
Lors d'un échantillonnage avec l'échantillonneur à double tube, l'échantillonneur (*liner*) et son tube extérieur (*casing*) sont simultanément enfoncés dans le sol par la technique hydraulique ou à percussion. L'échantillon de sol est récupéré à partir du trou à peine plus grand que l'échantillonneur, tandis que le tube extérieur reste dans le sol pour protéger et stabiliser la paroi du trou de forage. Pour poursuivre l'échantillonnage, une section de tube extérieur est ajoutée à celui en place, l'échantillonneur est fixé à une tige de sonde, il est descendu dans le tube extérieur jusqu'au fond du trou, et le tout est enfoncé dans le sol. Une nouvelle section de sol peut ainsi être retirée. Lors d'un échantillonnage à l'aide d'un échantillonneur à tube simple, une seule série de tubes est utilisée et les échantillons sont récupérés progressivement à mesure que le forage avance.

Ce type de forage perturbe moins le lieu et génère moins de déblais par rapport au forage à tarière évidée. Des modèles spécialisés peuvent être utilisés pour réaliser des mesures géophysiques, géochimiques et géotechniques *in situ*.

Le format réduit des foreuses à poussée directe est à la fois un avantage et un inconvénient. Il favorise la mobilité sur le terrain, et l'efficacité est supérieure à celle des techniques de forage conventionnelles utilisées à des fins d'échantillonnage. Cependant, son usage ne convient pas aux remblais hétérogènes, aux sols graveleux ou au roc. Tout comme le forage à tarière évidée, le phénomène de « remontée de sable » peut empêcher l'échantillonnage à l'aide de l'échantillonneur à double tube. Dans ce cas, l'utilisation de l'échantillonneur à piston s'avère plus efficace.

Cette technique de forage pourrait également favoriser le phénomène de compression des sols à texture spongieuse, comme la tourbe, faussant les épaisseurs de certains horizons stratigraphiques.

Figure 6 : Échantillonnage avec la foreuse à poussée directe à l'aide d'un échantillonneur à double tube (*dual tube*)



a – L'échantillonneur et son tube extérieur sont enfoncés simultanément dans le sol.

b – L'échantillonneur est retiré alors que le tube extérieur est laissé en place pour stabiliser les parois du trou du forage.

©Géoprobe

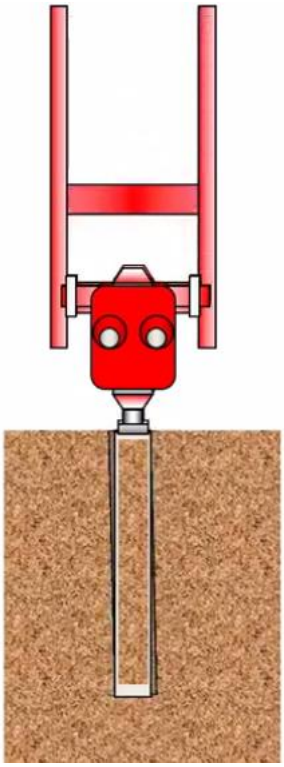
5.4.1.3. Foreuse ultrasonique

Cette technique de forage utilise des vibrations de haute fréquence produites par un oscillateur ou une tête de foreuse (figure 7). Un dispositif à deux câbles permet la mise en place simultanée d'un tube extérieur (*casing*) et d'un tube intérieur (carottier). Lors du prélèvement de l'échantillon, la vibration ameublit le sol environnant sur une étendue très limitée (1 à 5 mm) et permet une pénétration très rapide de l'échantillonneur. Une fois que l'échantillonneur est enfoncé sur toute sa longueur, le tube extérieur est ensuite enfoncé jusqu'au niveau de l'échantillonneur. Celui-ci assure la stabilité de la paroi du trou. L'échantillonneur est ensuite retiré pour récupérer

l'échantillon et la procédure est répétée. Cette technique est parfois considérée comme une technique à poussée directe.

Ce système n'utilise aucun fluide de forage; il assure donc un excellent taux de récupération et génère moins de déblais par rapport aux autres techniques de forage. La foreuse peut également perforer un large éventail de surfaces sans rencontrer de résistance. La vitesse de forage est élevée et le tout est très économique. Cependant, il est important de noter que le train de tiges se réchauffe parfois en pénétrant le sol, ce qui peut causer une certaine volatilisation des contaminants (CCME, 2016b).

Figure 7 : Échantillonnage avec une foreuse ultrasonique



©Geoprobe

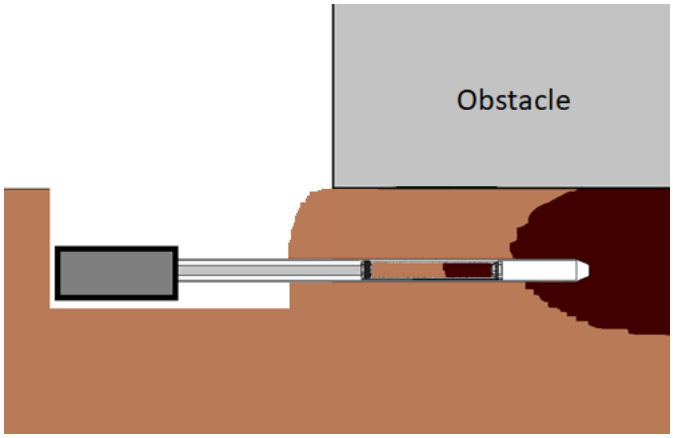
5.4.1.4. Forage horizontal/directionnel

Le forage horizontal/directionnel (figure 8) peut être utilisé pour prélever des échantillons de sol sans perturber les activités en surface (ex. : installation industrielle) et sans atteindre l'intégrité structurale des bâtiments.

Ce type de forage peut être réalisé avec la technique à poussée directe mentionnée à la section 5.4.1.2. Si cette technique est choisie, il faut privilégier l'échantillonneur muni d'un tube extérieur en métal permettant la stabilisation de la paroi du forage. Cette technique de forage ne génère pas de fluide et a l'avantage de ne pas trop perturber le milieu. Toutefois, comme on le mentionne plus haut, le forage à poussée directe éprouve des limites dans les milieux très graveleux. La distance à forer est aussi une limite de cette technique.

Comme montré sur la figure 8, cette technique de forage requiert qu'un espace soit aménagé à côté de la structure à protéger, à la même profondeur que l'horizon stratigraphique à échantillonner. Cette technique requiert donc de l'espace et un temps de préparation important.

Figure 8 : Forage horizontal avec la technique à poussée directe



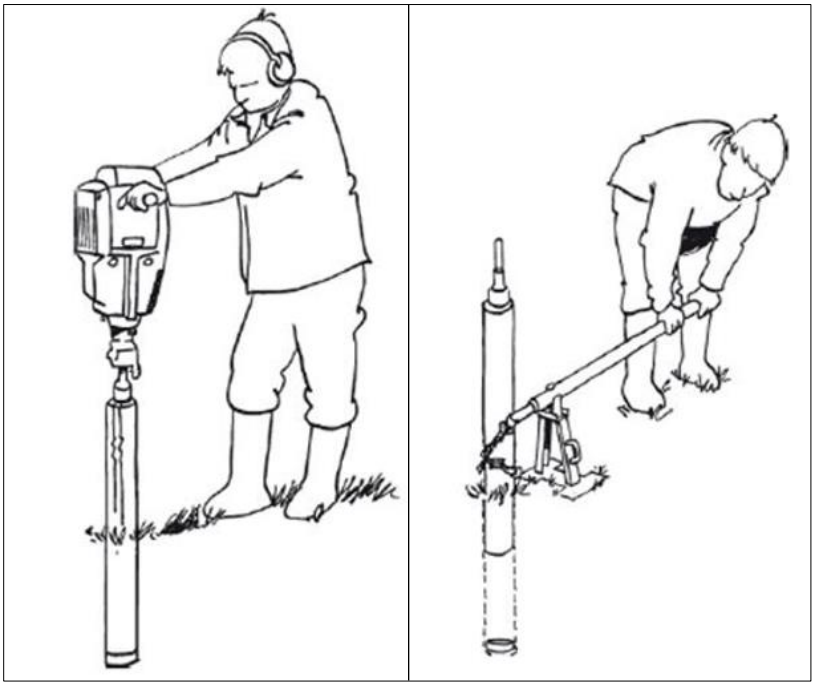
Le forage directionnel/horizontal à l'aide d'une foreuse rotative à boue (mélange d'eau et de bentonite ou d'autres additifs) est acceptable pour l'échantillonnage d'un point précis. Avec cette technique, un trou est initialement foré jusqu'au point à échantillonner. Un fluide de boue y est introduit à la fois pour retirer les déblais de forage et pour stabiliser la paroi du trou. Ensuite, le train de tige est récupéré et la tête de forage est retirée et remplacée par un échantillonneur scellé de type piston (voir la section 5.4.2.3.). L'échantillonneur est introduit dans le trou de forage et avance dans le trou préforé en gardant son étanchéité. Une fois que l'échantillonneur a atteint le point à échantillonner, un mécanisme permet l'ouverture de l'échantillonneur et le sol est prélevé. L'échantillonneur est ensuite récupéré et le processus est répété pour chaque échantillon.

En plus des enjeux de santé et de sécurité, cette technique de forage perturbe considérablement le lieu de forage et génère une quantité importante de déblais de forage à gérer. De plus, le processus répétitif d'échantillonnage, qui nécessite l'assemblage et le désassemblage de l'ensemble du train de tiges deux fois pour chaque échantillon, est long et coûteux lorsque plusieurs échantillons sont à prélever dans un même forage.

5.4.1.5. Forage à l'aide d'un appareil à percussion

Ce type de forage (figure 9) permet d'enfoncer l'échantillonneur dans le sol grâce à une perceuse à percussion ou un marteau-piqueur (ci-après appelés « appareil à percussion »). Afin de relier l'échantillonneur avec l'appareil à percussion, des ensembles échantillonneur-adaptateur sont conçus pour différents modèles d'appareil à percussion. Pour le prélèvement en profondeur, l'utilisation des échantillonneurs à double tube (*dual tube*) incluant un porte-échantillon (*liner*) et un tube extérieur (*casing*) est recommandée (section 5.4.2.4 et figure 14). Une fois enfoncé dans le sol, l'échantillonneur est par la suite récupéré par un vérin d'extraction de l'échantillonneur.

Figure 9 : Forage à l'aide d'un appareil à percussion



L'échantillonneur est enfoncé dans le sol **L'échantillonneur est récupéré**

Le forage à l'aide d'un appareil à percussion (communément appelé « forage manuel ») ne nécessite, pour son maniement, qu'une seule personne. De plus, comme on le mentionne plus haut, les équipements de petites dimensions présentent plusieurs avantages. Ils s'installent plus rapidement qu'une foreuse conventionnelle, sont moins coûteux et permettent les prélèvements dans des endroits restreints. Cette technique peut aussi être effectuée à partir d'une tranchée exploratoire ou dans une excavation. Elle a toutefois ses limites dans les sols très denses ou pour atteindre de grandes profondeurs.

Si l'équipement fonctionne avec un carburant, il faut faire attention aux émissions des composés organiques volatils et des gaz de combustion lors de son utilisation dans un endroit mal aéré. Une attention particulière doit également être apportée afin de bien enfoncer l'échantillonneur verticalement dans le sol.

5.4.2 Échantillonneurs

De façon générale, pour échantillonner des sols à partir d'un forage, des échantillonneurs cylindriques sont utilisés. Les échantillonneurs de différents calibres et longueurs provenant de différents fournisseurs peuvent être classés selon quelques types principaux. En fonction des conditions d'échantillonnage, différents adaptateurs permettent l'utilisation de divers types d'échantillonneurs sur un seul type de foreuse. Afin de récupérer l'échantillon, si l'échantillonneur n'est pas ouvert sur le long (carottier fendu), il doit être coupé sur sa longueur (porte-échantillon). L'échantillon peut également être récupéré par un extracteur (tube Shelby ou échantillonneur à piston). Les sous-sections suivantes décrivent les types d'échantillonneurs les plus utilisés, qui sont également présentés à l'annexe 6.

Peu importe le type d'échantillonneur utilisé, il est important de prélever des échantillons d'une longueur maximale de 0,6 m. Donc, si un tube mince a une longueur de 1,2 m, un minimum de deux échantillons d'une longueur maximale de 0,6 m devra être prélevé.

5.4.2.1. Carottier fendu

Un carottier fendu (aussi appelé « cuillère fendue »), peu importe la taille, est un échantillonneur fait d'acier (parfois en acier inoxydable), de forme cylindrique, séparable en deux parties égales dans le sens de la longueur. Les deux parties sont maintenues ensemble par un sabot de battage effilé, permettant une bonne pénétration dans le sol, et un joint de tête, permettant le raccord aux tiges de la foreuse. Le sabot et le joint de tête sont vissés aux deux extrémités de la partie fendue. La figure 10 illustre un carottier fendu standard. Il peut être utilisé seul ou avec un manchon d'échantillonnage (membrane intérieure ou gaine à échantillon) lorsqu'il ne doit y avoir aucun contact avec le sol prélevé. Un panier de rétention, comme l'illustre la figure 11, est installé à l'extrémité inférieure du carottier afin de retenir le sol lors de sa remontée. Le carottier est ensuite déposé sur une surface horizontale et ouvert sur la longueur pour l'observation et le prélèvement de l'échantillon.

L'échantillonnage avec un carottier fendu permet de récupérer des échantillons en continu et à un niveau précis. Ce type d'échantillonneur peut être utilisé dans tous les types de sols, mais il est particulièrement adapté dans un sol compact. Dans les sols graveleux, le taux de récupération est parfois très faible. Cette technique a également l'avantage de moins perturber le sol. Cependant, afin d'éviter la contamination croisée, l'échantillonneur doit être nettoyé de façon conforme avant chaque prélèvement (voir la section 4.2). Il faut également faire attention à ne pas prendre les premiers centimètres de matériau dans le carottier. Ce matériau provient généralement de la paroi du trou de forage qui s'en est détaché. Il est tombé au fond du trou lors du retrait du train de tiges de forage, ou avant et pendant l'insertion du carottier fendu.

D'autre part, puisque cette technique permet de récupérer une quantité limitée de sol, un carottier de grand diamètre, s'il est prévu effectuer des analyses granulométriques ou de plusieurs paramètres, peut être utilisé.

Figure 10 : Carottier fendu

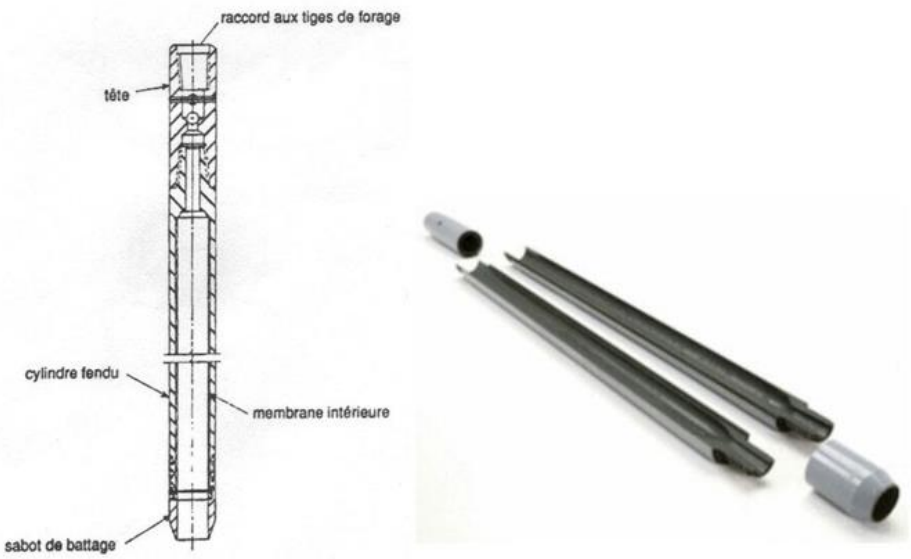
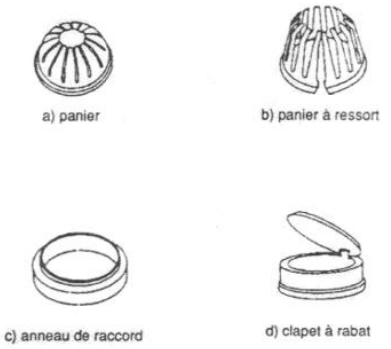


Figure 11 : Système de rétention d'échantillons



5.4.2.2. Tube à paroi mince (tube Shelby)

Le type d'échantillonneur appelé tube à paroi mince, ou tube Shelby, comme illustré à la figure 12, comprend deux parties distinctes : le tube lui-même contenant l'échantillon et la tête permettant le raccord aux tiges de forage.

Pour prélever un échantillon, le tube à paroi mince est fixé à l'extrémité du train de tiges de la foreuse. Le tube est ensuite descendu dans le trou de forage, à l'intérieur du tubage, jusqu'au fond du trou de forage. Plutôt que d'être enfoncé par battage, comme le carottier fendu, le tube à paroi mince est enfoncé dans le sol sous la pression exercée par l'équipement de forage.

Figure 12 : Schéma d'un tube à paroi mince (Shelby)

a b

a – Représentation schématique d'un tube Shelby
b – Tubes Shelby de différents calibres[3]

©ASTM international

3 Réimpression avec autorisation à partir d'ASTM D4700 – 15, Standard Guide for Soil Sampling from the Vadose Zone, copyright ASTM international, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19438. Une copie de la norme complète peut être obtenue auprès d'ASTM International, www.astm.org.

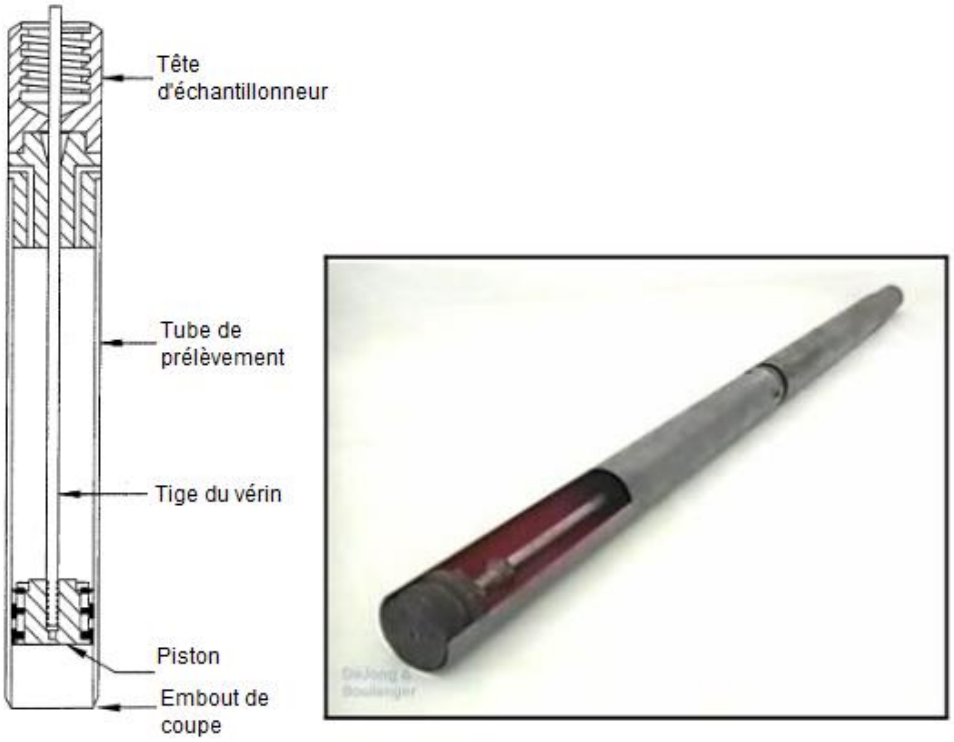
L'échantillonneur est ensuite retiré du sol et la tête est dévissée. Le tube peut alors être scellé et utilisé comme contenant pour le transport de l'échantillon au laboratoire. L'échantillon peut également être retiré du tube directement sur le terrain à l'aide d'un extracteur dont le diamètre correspond au diamètre intérieur du tube à paroi mince. Le sol peut alors être récupéré pour l'analyse. L'échantillonnage en continu avec un tube à paroi mince peut être effectué de la même façon qu'avec le carottier fendu.

Le tube à paroi mince est conçu pour prélever un échantillon non remanié dans un sol cohérent (ex. : argile, silt). Il n'est donc pas recommandé dans un sol graveleux, pour éviter que l'échantillonneur soit endommagé.

5.4.2.3. Échantillonneur à piston

L'échantillonneur à piston (figure 13) est constitué d'un tube en acier inoxydable, ou parfois en plastique. Une fois enfoncé dans le sol, grâce au piston maintenu au bout du tubage, l'échantillonneur est étanche durant son avancement. Lorsque l'échantillonneur a été poussé à la profondeur souhaitée, le piston est déverrouillé. Le prélèvement de l'échantillon s'effectue en tirant sur la corde reliée au piston, en vue de créer une dépression de sorte que le sol puisse entrer dans le tubage et y rester lors de l'extraction du tubage.

Figure 13 : Schéma d'un échantillonneur à piston



©ASTM international[4]

L'échantillonneur à piston est adapté au prélèvement d'échantillons dans les sols sableux non consolidés saturés ou dans des sédiments sableux. L'échantillon peut être extrait du tubage en relâchant le piston. L'utilisation d'une gaine à échantillon facilite l'extraction de l'échantillon.

4 Réimpression avec autorisation à partir d'ASTM D4700-15, Standard Guide for Soil Sampling from the Vadose Zone, copyright ASTM international, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA19438. Une copie de la norme complète peut être obtenue auprès d'ASTM international, www.astm.org.

Les échantillonneurs à piston sont généralement étanches à l'air et à l'eau. Toutefois, si les joints toriques ne sont pas entretenus, des fuites peuvent se produire.

5.4.2.4. Tube d'échantillonnage à usage unique (*liner*)

Le tube d'échantillonnage à usage unique (figure 14) est généralement conçu en PVC rigide ou en polyéthylène flexible. Dans le cas d'un échantillonneur à double tube (*dual tube*), il est introduit à l'intérieur du tube extérieur (*casing*) d'un forage ultrasonique ou à poussée directe et utilisé comme un échantillonneur. Quand cet ensemble est enfoncé dans le sol, l'échantillonnage est effectué par ce tube en même temps que la stabilisation de la paroi par le tube extérieur. Une fois que l'échantillonnage est effectué, le tube d'échantillonnage est retiré du tube extérieur, coupé sur la longueur et ouvert pour la description et la récupération de l'échantillon.

Lorsque l'objectif de l'étude exige des niveaux de détection très faibles ou des substances préoccupantes inhabituelles, il peut être nécessaire d'utiliser des tubes d'échantillonnage conçus avec des matériaux de revêtement plus inertes, tels que le Téflon® ou l'acier inoxydable.

L'utilisation du tube d'échantillonnage permet une bonne récupération d'échantillon. Afin d'éviter la contamination croisée, toutes les parties non jetables (sabot, piston) doivent être nettoyées avant chaque échantillonnage. Le tube d'échantillonnage permet la constitution de l'échantillonnage sur place, mais peut aussi être scellé et utilisé comme contenant pour le transport de l'échantillon jusqu'au laboratoire. Cependant, l'utilisation de ces tubes demande une précaution importante pour maintenir la bonne orientation (haut et bas) de l'échantillon, particulièrement lors de l'échantillonnage à plusieurs profondeurs. Le maintien de la même orientation pour tous les échantillons prélevés est recommandé. L'orientation peut également être indiquée en faisant une marque à l'extérieur du tube d'échantillonnage à l'aide d'un stylo indélébile.

Figure 14 : Échantillonneur à double tube (Dual Tube)

Cet échantillonneur comprend un tube d'échantillonnage à usage unique (*liner*) inséré à l'intérieur d'un tube extérieur (*casing*).

Références bibliographiques

ANDERSON ET LABERGE, 2003. *Guide de caractérisation des terrains*.

ASTM (American society for testing material), 2015. *ASTM D5088-15a. Standard Practice for Decontamination of Field Equipment Used at Waste Sites*.

ASTM (American society for testing material), 2017. *ASTM D2487-17. Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purpose (Unified Soil Classification System)*.

BEAULIEU, 2019. *Guide d'intervention – Protection des sols et réhabilitation des terrains contaminés.* Direction du Programme de réduction des rejets industriels et des Lieux contaminés.

CCME (Le Conseil canadien des ministres de l'environnement), 2016a. *Guide sur la caractérisation environnementale des sites dans le cadre de l'évaluation des risques pour l'environnement et la santé humaine. Volume 1 : Orientations*.

CCME (Le Conseil canadien des ministres de l'environnement), 2016b. *Guide sur la caractérisation environnementale des sites dans le cadre de l'évaluation des risques pour l'environnement et la santé humaine. Volume 3 : Modes opératoires recommandés*.

CEAEQ (Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec), 2013. *Modes de conservation pour l'échantillonnage des sols. DR-09-02.*

COREM (Consortium de recherche en minéralogie), 2002. *Caractérisation inorganique et minéralogique de sols contaminés Dessau-Soprin*, Rapport final no : T7003-204 préparé pour CEMRS (Centre d'excellence de Montréal en réhabilitation de sites).

DSP-Montérégie (Direction de la Santé publique – Montérégie), 1995. *Impacts potentiels sur la santé associés aux silicates de calcium faiblement radioactifs répandus sur la rive sud de Montréal*.

ISSeP (Institut scientifique de service public), 2018. *Compendium Wallon des méthodes d'échantillonnage et d'analyse* (CWEA).

MELCCFP (Ministère de l'Environnement, de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs), 2024. *Guide de caractérisation des terrains*, 119 p, 9 annexes. Guide de caractérisation des terrains (gouv.qc.ca).

MELCCFP (Ministère de l'Environnement et 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, Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec*. http://www.ceaeq.gouv.qc.ca/documents/publications/echantillonnage/generalitesC1.pdf.

MELCCFP (Ministère de l'Environnement et 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. Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec*, 60 p, 1 annexe. http://www.ceaeq.gouv.qc.ca/documents/publications/echantillonnage/eaux_soutC3.pdf.

MELCCFP (Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, de la Faune et des Parcs), 2008. *Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales : Cahier 8 – Échantillonnage des matières dangereuses. Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec*, 87 p, 1 annexe. http://www.ceaeq.gouv.qc.ca/documents/publications/echantillonnage/mat_dang_C8.pdf.

Documents consultés

AMS, 2020. *Gas powered core sampling kit*. Consultation en ligne le 18 mars 2020 : https://www.ams-samplers.com/media/wysiwyg/pdf/GasPoweredCoreSampler_Complete.pdf.

APGO (Association of Professional Geoscientists of Ontario), 2011. *Guidance for Environmental Site Assessments under Ontario Regulation 153/04* (as amended).

ASTM (American society for testing material), 2017. ASTM D2487-17. *Standard practice for Classification for Soil for engineering purpose (Unified Soil Classification System).*

ASTM (American society for testing material), 2009. ASTM D4547-09. *Standard guide for sampling wastes and soils for volatile organic compounds.*

ASTM (American society for testing material), 2010. ASTM D6418-10, *Standard practice for using the disposable EnCore sampler for sampling and storing soil for volatile organic analysis.*

ASTM (American society for testing material), 2015b. ASTM D1587M-15. *Standard Practice for Thin-Walled Tube Sampling of Fine-Grained Soils for Geotechnical Purpose*s.

ASTM (American society for testing material), 2015c. ASTM D4700-15. *Standard Guide for Soil Sampling from the Vadose Zone*.

BNQ (Bureau de normalisation du Québec), 2013. BNQ 2501-025. *Sols – Analyse granulométrique des sols inorganiques.*

Bruxelles Environnement, 2017. *Code de bonnes pratiques No 5 : Code de bonnes pratiques pour la représentation graphique des descriptions de forage et de piézomètre.*

Bruxelles Environnement, 2018a. *Code de bonnes pratiques 9 : Excavation*

Bruxelles Environnement, 2018b. *Code de bonnes pratiques No 1 : Code de bonnes pratiques pour la réalisation des forages.*

Bruxelles Environnement, 2018c. *Code de bonnes pratiques No 3 : Code de bonnes pratiques pour la prise d'échantillon de sol, d'eau souterraine, de sédiment et d'air du sol, ainsi que la préservation (conservation et récipients) des échantillons prélevés.*

Eijkelcamp Soil & Water, 2006. *Operating instruction 04.19. Percussion drilling set*. Consultation en ligne le 19 mars 2020 : https://www.eijkelkamp.com/files/media/Gebruiksaanwijzingen/EN/m1-0419epercussionset.pdf

Eijkelcamp Soil & Water, 2018. *Soil column cylinder auger*. Consultation en ligne le 18 mars 2020 : https://en.eijkelkamp.com/products/augering-soil-sampling-equipment/soil-column-cylinder-auger.html

Eijkelcamp Soil & Water, 2018. *Soil coring kit for chemical soil research – Operating instructions*. Consultation en ligne le 18 mars 2020 : https://en.eijkelkamp.com/products/augering-soil-sampling-equipment/soil-coring-kit-for-chemical-soil-research.html

Geoprobe inc., 2012. *Instruction for Operating the Geoprobe® Manual Slide Hammer System*. Consultation en ligne le 18 mars 2020 : https://geoprobe.com/sites/default/files/storage/pdfs/17743_manual_slide_hammer_operation_-_booklet_v.0112_0_0.pdf

ITRC (Interstate Technology Regulatory Council), 2020. Incremental Sampling Methodology (ISM) Update. Consultation en ligne le 17 juin 2022 : ism (itrcweb.org)

MECCS (Ministry of Environment and Climate Change Strategy-British Columbia), 2009. *The British Columbia Field Sampling manual. Part D1 – Soil Sampling and Investigations.*

MTQ (ministère des Transports du Québec), 2019. LC 22-300 : Extraction d'un échantillon de sol cohérent d'un tube à paroi mince.

SDEC France. *Carottiers de sols motorisés (thermique ou électrique)*. Consultation en ligne le 18 mars 2020 : https://www.sdec-france.com/carottiers-de-sols-motorises.html.

SDEC – France, 2020. *Carottier motorisé pour colonne de sols – Kit de prélèvement non remanié de colonne de sol (1 mètre maximum)*. Consultation en ligne le 18 mars 2020 : https://www.sdec-france.com/ouverturepdf.php?file=1085732093_7.pdf

SDEC - France, 2020. *Tarière motorisée à tige creuse*. Consultation en ligne le 19 mars 2020 : https://agronomie.sdec-france.com/tariere-motorisee-tige-creuse.html

SERAS (Scientific, Engineering, Response and Analytical Service - New Jersey), 2017. *Standard Operating Procedure (SOP) – Field Description of Soil and Sediment Borings*.

SERAS (Scientific, Engineering, Response and Analytical Service - New Jersey), 2005. *Standard Operating Procedures (SOP) – Quality Assurance / Quality control samples*.

USEPA (United States Environmental Protection Agency), 2002. *Closed system purge& trap and extraction for volatile organics in soil and waste samples.*

USEPA (United States Environmental Protection Agency - Region 4 - Science and Ecosystem Support Division, Athens, Georgia), 2014. *Operating procedure - Soil Sampling*. SESDPROC-300-R3.

USEPA (United States Environmental Protection Agency - Region 4 - Science and Ecosystem Support Division, Athens, Georgia), 2015. *Operating procedure - Parking, Marking, Labeling and Shipping of Environmental and Waste Samples*. SESDPROC-209-R3.

USEPA (United States Environmental Protection Agency - Region 4 - Science and Ecosystem Support Division, Athens, Georgia), 2017a. *Operating procedure – Field Sampling Quality Control*. SESDPROC-011-R5-R3.

USEPA (United States Environmental Protection Agency - Region 4 - Science and Ecosystem Support Division, Athens, Georgia), 2017b. *Operating procedure - Field Sampling Quality Control*. SESDPROC-011-R5.

Annexe 1 – Liste du matériel de terrain

Documents

- □ plan du site illustrant les emplacements des sondages proposés et leur emplacement alternatif en cas de déplacement du sondage
- □ documents d'autorisation
- □ plans du site illustrant les emplacements des services souterrains publics et privés
- □ plan de santé et de sécurité du projet
- □ plan d'élimination des résidus (sols, eaux) des sondages
- □ Cahier 5 ou tout autre protocole d'échantillonnage pertinent
- □ manuel d'utilisation pour les appareils portables

Protection

- □ équipement de protection individuelle conforme (casque de sécurité, lunettes de sécurité, bottes de sécurité et veste de sécurité)
- □ protecteur de l'ouïe
- □ habit de protection
- □ gants de travail
- □ masque à cartouches
- □ sac à déchets
- □ chasse-moustiques
- □ écran solaire
- □ trousse de premiers soins
- □ trousses pour intervenir en cas de déversement accidentel

Description, identification et conservation

- □ détecteurs portables et leurs produits de calibration
- □ crayon
- □ ruban à mesurer
- □ chaîne à mesurer
- □ GPS
- □ piquet ou autre outil pour marquer
- □ boussole
- □ caméra
- □ contenant approprié fourni par le laboratoire ou contenant neuf (apporter au moins 10 % de plus que le nombre nécessaire)
- □ étiquettes autocollantes et crayon à encre indélébile
- □ formulaire de demande d'analyse

- □ formulaire de la chaîne de possession
- □ glacière
- □ bloc réfrigérant ou glace
- □ loupe
- □ aimant
- □ vignettes, sceaux adhésifs ou verrous de sécurité

Lavage

- □ eau du robinet
- □ eau distillée ou déminéralisée
- □ acide nitrique 10 %
- □ solvants organiques : acétone et hexane ou autre solvant selon les paramètres à analyser
- □ détergent sans phosphate
- □ tuyau et pistolet d'arrosage
- □ chiffon de coton
- □ essuie-tout
- □ brosse
- □ seau ou contenant de grande capacité
- □ contenant pour récupérer les résidus de lavage
- □ entonnoir à large bord
- □ papier d'aluminium

Prélèvement

- □ échantillonneur
- □ cuillère, spatule, truelle (jetable ou en acier inoxydable)
- □ récipient en acier inoxydable pour homogénéiser un échantillon
- □ tamis
- □ coffre à outils
- □ gants compatibles avec les paramètres à analyser

Annexe 2 – Notes explicatives et exemple d'un rapport de sondage

PROFONDEUR

Les profondeurs sont mesurées en mètres à partir de la surface du terrain.

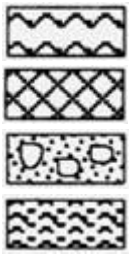
PIÉZOMÉTRIE

Faire un schéma de la conception du puits d'observation (ou piézomètre) s'il y a lieu. Inclure notamment les informations concernant la localisation de la crépine, du sable filtrant, du scellant, du bouchon de surface et d'autres matériaux de conception le cas échéant.

Inscrire la profondeur du niveau d'eau et de la phase flottante le cas échéant.

DESCRIPTION

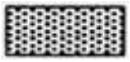
Types de sols


: terre végétale

: remblai

: cailloux et/ou bloc

: gravier


: sable

: silt

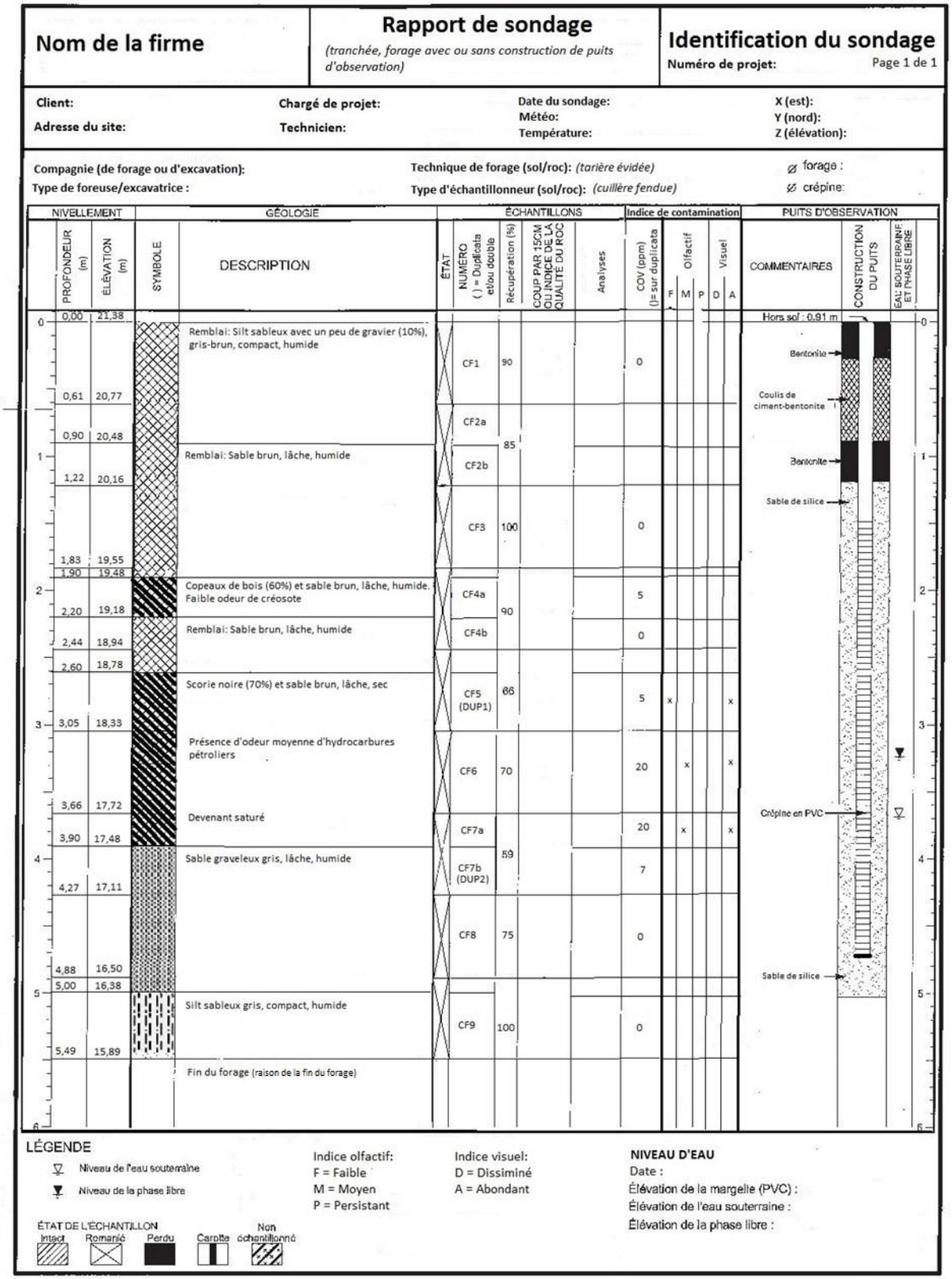
: argile

: matière résiduelle

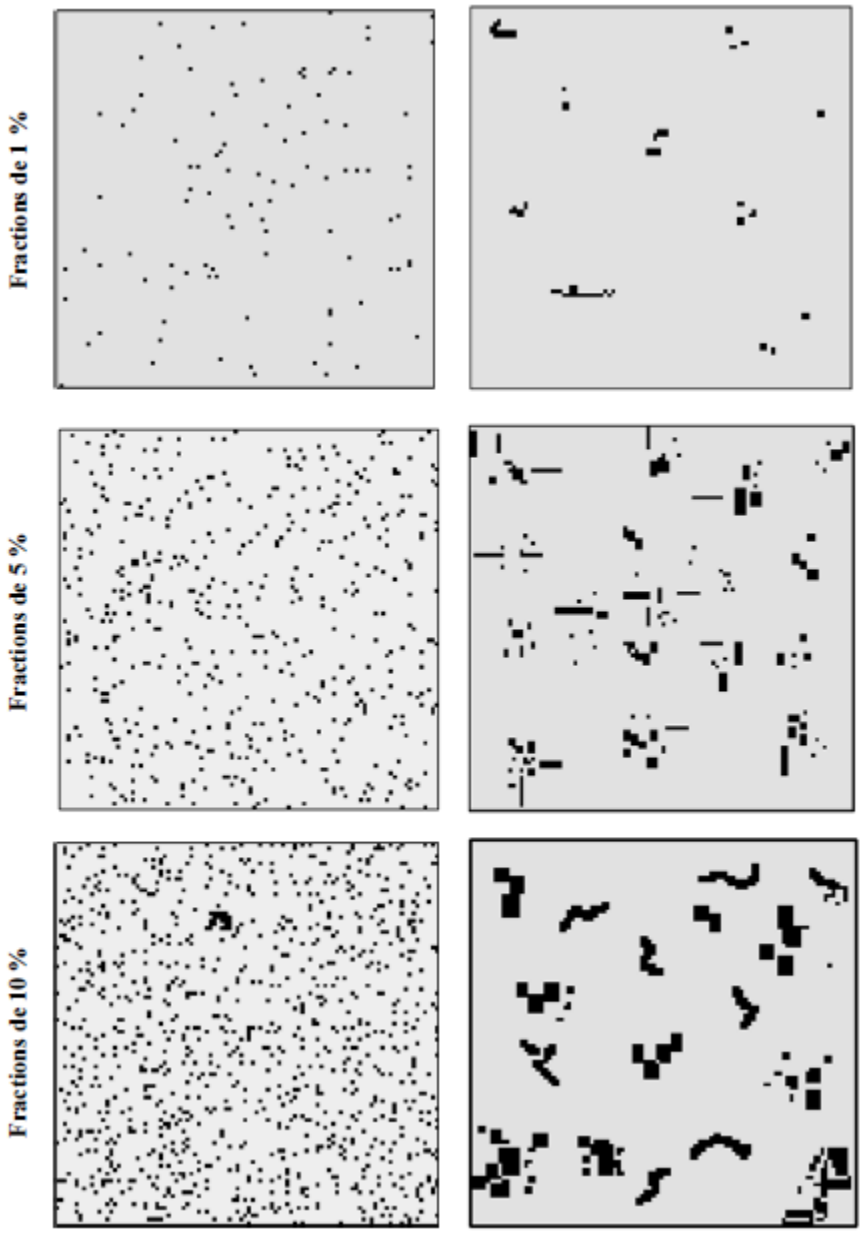
Dimension des particules selon la classification suggérée (ASTM D2487-17) :

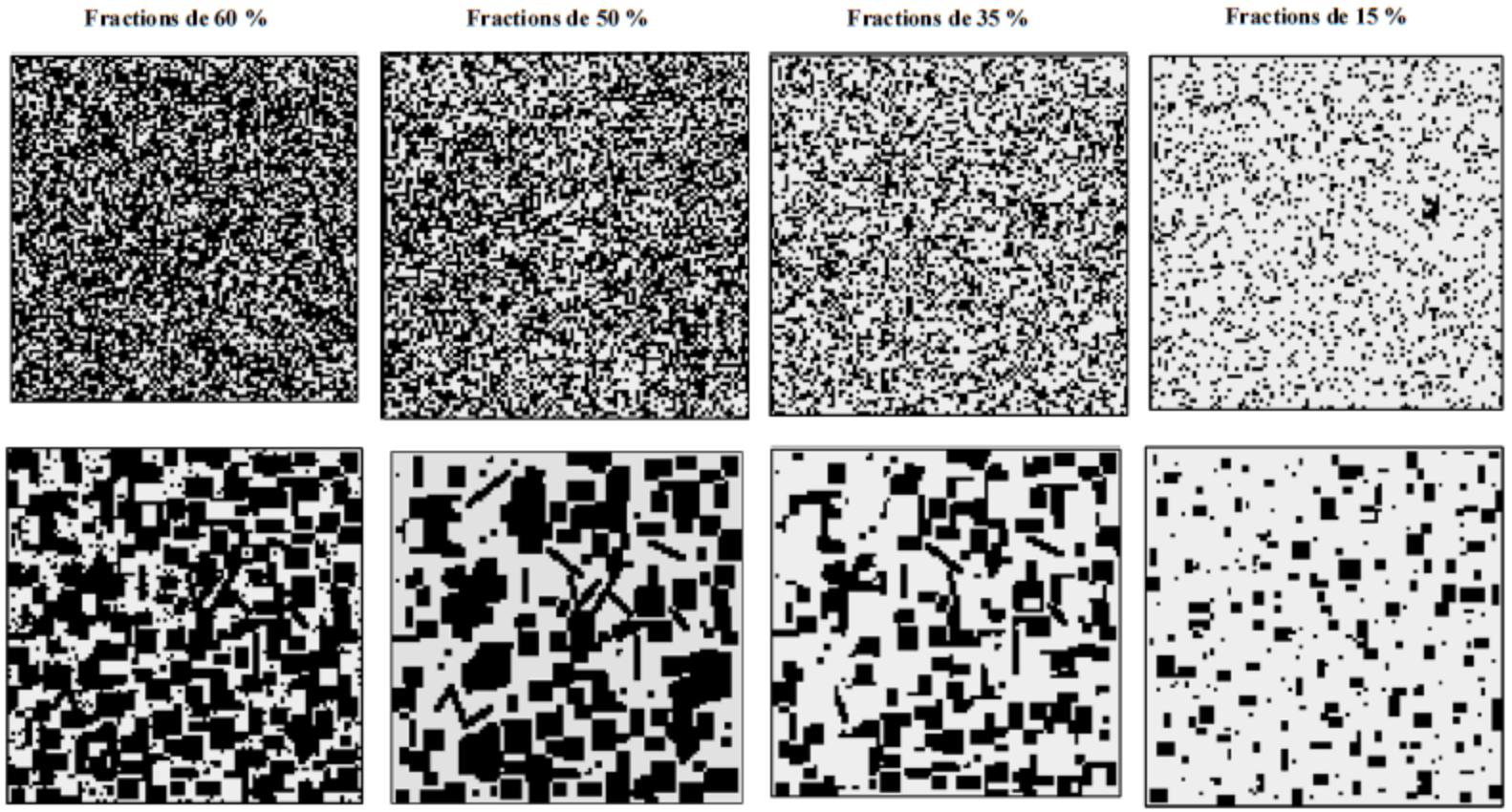
Bloc	> 300 mm
Caillou	80 mm à 300 mm
Gravier grossier	20 mm à 80 mm
Gravier fin	5 mm à 80 mm
Sable grossier	2 mm à 5 mm
Sable moyen	0,4 mm à 2mm
Sable fin	0,08 mm à 0,4 mm
Silt	0,002 mm à 0,08 mm
Argile	< 0,002 mm

Terminologie suggérée	**Proportion**
« traces » (ex : sable avec traces de silt)	< 10 %
« un peu » (ex : sable avec un peu de silt)	10 % à 20 %
« un adjectif » (ex. : sable silteux)	20 % à 35 %
« et » (ex. : sable et gravier)	≥ 35 %


Nom de la firme
Rapport de sondage
(tranchée, forage avec ou sans construction de puits d'observation)
Identification du sondage
Numéro de projet:
Page 1 de 1
Client:
Adresse du site:
Chargé de projet:
Technicien:
Date du sondage:
Météo:
Température:
X (est):
Y (nord):
Z (élévation):
Compagnie (de forage ou d'excavation):
Type de foreuse/excavatrice :
Technique de forage (sol/roc): (tarière évidée)
Type d'échantillonneur (sol/roc): (cuillère fendue)
ø forage :
ø crépine:
NIVELLEMENT
PROFONDEUR (m)
ÉLÉVATION (m)
GÉOLOGIE
SYMBOLE
DESCRIPTION
ÉCHANTILLONS
ÉTAT
NUMÉRO ( ) = Duplicata et/ou double
Récupération (%)
COUP PAR 15CM OU INDICE DE LA QUALITÉ DU ROC
Analyses
Indice de contamination
COV (ppm) (): sur duplicata
Olfactif
F M P
Visuel
D A
PUITS D'OBSERVATION
COMMENTAIRES
CONSTRUCTION DU PUITS
EAU SOUTERRAINE ET PHASE LIBRE
0,00 21,38
Remblai: Silt sableux avec un peu de gravier (10%), gris-brun, compact, humide
CF1 90 0
0,61 20,77
CF2a
0,90 20,48
CF2b 85
Remblai: Sable brun, lâche, humide
1,22 20,16
CF3 100 0
1,83 19,55
1,90 19,48
Copeaux de bois (60%) et sable brun, lâche, humide. Faible odeur de créosote
CF4a 90 5
2,20 19,18
Remblai: Sable brun, lâche, humide
CF4b 0
2,44 18,94
2,60 18,78
Scorie noire (70%) et sable brun, lâche, sec
CF5 (DUP1) 66 5 x x
3,05 18,33
Présence d'odeur moyenne d'hydrocarbures pétroliers
CF6 70 20 x x
3,66 17,72
Devenant saturé
CF7a 20 x x
3,90 17,48
Sable graveleux gris, lâche, humide
CF7b (DUP2) 89 7
4,27 17,11
CF8 75 0
4,88 16,50
5,00 16,38
Silt sableux gris, compact, humide
CF9 100 0
5,49 15,89
Fin du forage (raison de la fin du forage)
Hors sol : 0.91 m
Bentonite
Coulis de ciment-bentonite
Bentonite
Sable de silice
Crépine en PVC
Sable de silice
LÉGENDE
Niveau de l'eau souterraine
Niveau de la phase libre
ÉTAT DE L'ÉCHANTILLON
Intact
Remanié
Perdu
Carotte
Non échantillonné
Indice olfactif:
F = Faible
M = Moyen
P = Persistant
Indice visuel:
D = Dissiminé
A = Abondant
NIVEAU D'EAU
Date :
Élévation de la margelle (PVC) :
Élévation de l'eau souterraine :
Élévation de la phase libre :

Annexe 3 – Figure des proportions (ISSeP, 2018)




Fractions de 60 %
Fractions de 50 %
Fractions de 35 %
Fractions de 15 %

Annexe 4 – Identification des principales matières résiduelles constituant des remblais hétérogènes

Matières résiduelles	Photo
Scories métallurgiques[5] : Matières résiduelles provenant des fondants ou des minerais, ou de la ferraille en fusion. Elles sont plus denses et moins friables que les scories de bouilloires.	
Scories de bouilloires[4] **:** Matières résiduelles provenant de la combustion de la houille (charbon) et de locomotives à vapeur. Elles sont moins denses et plus friables que les scories métallurgiques et sont souvent associées à des fractions granulométriques riches en Cu, Pb, Zn, S.	

5 Photos (4) provenant d'une présentation du Consortium de recherche en minéralogie (COREM).

Matières résiduelles	Photo
Mâchefer[4] Résidus métalliques de l'incinération d'ordures ménagères.	
Houille ou charbon[4] Combustible solide noir, d'origine végétale et contenant une grande quantité de carbone.	
Scories silicatées radioactives en Montérégie : Ces résidus de la forme d'une roche poreuse et de différentes dimensions sont issus de l'extraction du phosphore à partir d'un minerai de phosphate déjà faiblement radioactif. Ces scories sont susceptibles d'être rencontrées sur un rayon d'environ trente kilomètres (de Sorel à Longueuil), autour de l'ancienne usine d'Albright Wilson Amérique à Varennes.	

Matières résiduelles	Photo
Amiante Le mot « amiante » désigne différents matériaux composés de fibres. La photo présente le minéral à l'état naturel dans une roche. Une fois mélangé dans les sols, l'amiante est parfois observé sous forme de fibres très fines, de couleur blanche, verte ou grise.	

Annexe 5 – Échantillon pour l'analyse des composés organiques volatils

Avant de réaliser l'échantillonnage d'un sol pour l'analyse des composés organiques volatils (COV), il est recommandé de communiquer avec le laboratoire pour recevoir les contenants et les outils d'échantillonnage appropriés.

Pour limiter la perte des COV, il faut minimiser le temps et la surface de contact de l'échantillon de sol avec l'atmosphère. Pour ce faire, l'échantillonnage des sols doit se réaliser comme suit :

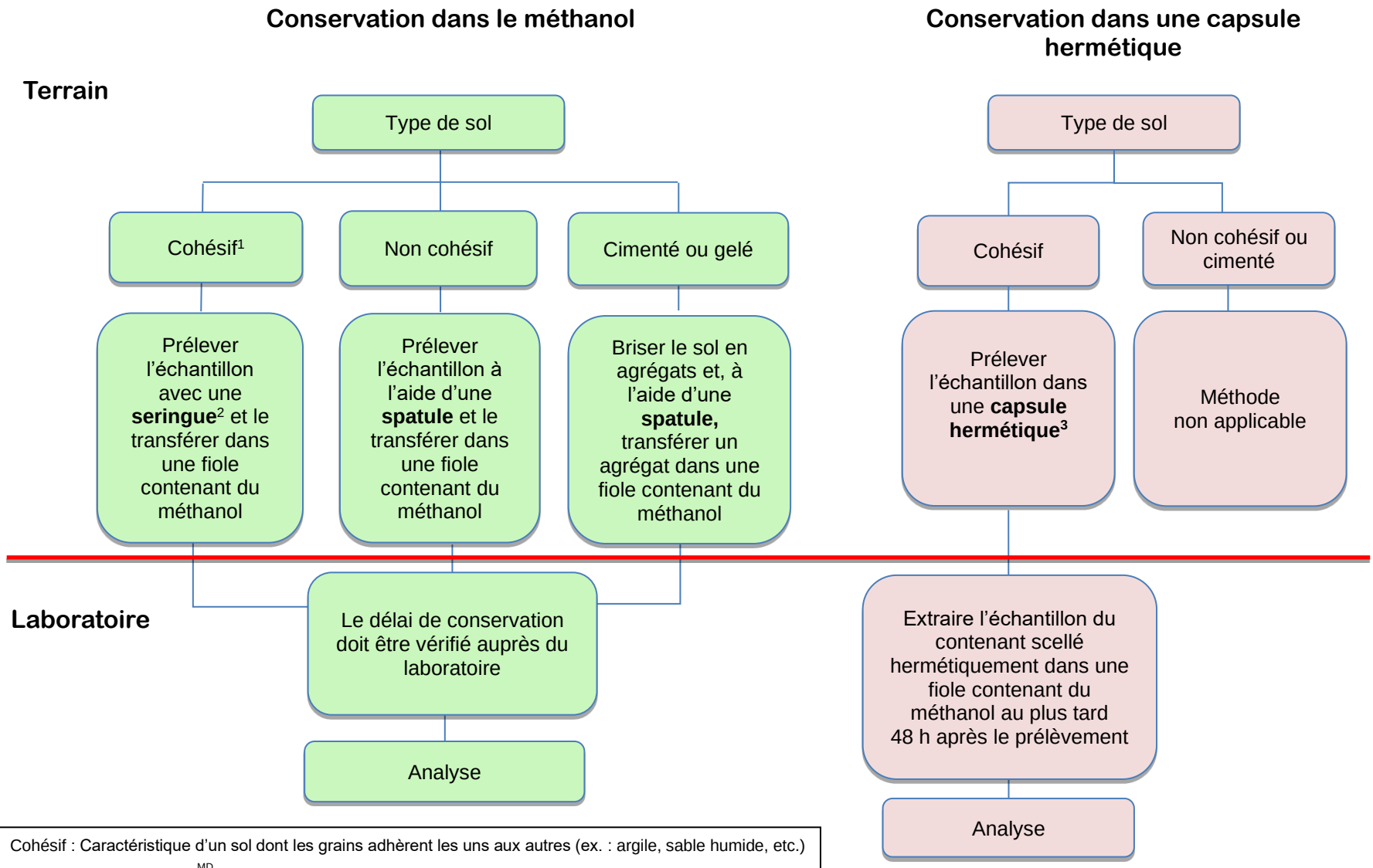
- avant le prélèvement des échantillons qui seront analysés pour des paramètres moins volatils;
- en conservant le plus possible la structure du sol;
- le plus rapidement possible;
- de manière ponctuelle.

Une méthode de prélèvement limitant la perte de COV par volatilisation et biodégradation doit être utilisée pour tous les échantillons de sols prélevés. Deux méthodes sont préconisées, soit le prélèvement de l'échantillon de sol à l'aide d'un échantillonneur de type seringue (par la suite nommé « seringue ») et sa conservation dans le méthanol sur le terrain, soit le prélèvement à l'aide d'un échantillonneur à capsule hermétique. Ces méthodes permettent la conservation de la structure du sol lors des manipulations, ce qui limite les pertes par biodégradation ou volatilisation. Le diagramme de la figure 1 illustre les procédures propres à ces deux méthodes.

Les procédures suivantes sont appliquées selon la surface à échantillonner :

- Paroi de tranchée ou d'excavation, surface du sol, empilements : une couche superficielle de sol est enlevée avec un outil propre pour obtenir une surface fraîchement exposée. La seringue ou l'échantillonneur à capsule hermétique est ensuite rapidement enfoncé dans le sol. Lors de l'échantillonnage d'un sol de surface fraichement contaminé (ex. : déversement d'essence en surface), il n'est pas recommandé d'enlever une couche de sol avant de procéder à l'échantillonnage;
- Forages : la seringue ou l'échantillonneur à capsule hermétique est enfoncé rapidement après l'ouverture du carottier fendu. Si une gaine de plastique est utilisée pour le prélèvement de sols, l'échantillonnage se fait directement avec la seringue à l'endroit où la gaine aura été perforée (un exemple de procédure d'échantillonnage dans les forages est présenté dans le Guide de la norme ASTM 4547-09).

Figure 1 : Procédure à appliquer pour l'échantillonnage des COV



1 Cohésif : Caractéristique d'un sol dont les grains adhèrent les uns aux autres (ex. : argile, sable humide, etc.)

2 Seringue (ex. : TerraCore[MD])

3 Ex. : Encore[MD] ou ESS Core N'One

Un duplicata de chantier est prélevé directement à côté de l'échantillon original[6]. De plus, 10 % de duplicata de terrain par lot d'échantillonnage doivent être prélevés et analysés.

Lorsqu'on utilise des échantillonneurs de types seringue ou capsule hermétique, il faut remplir un contenant additionnel de sols pour chaque point d'échantillonnage. Ce contenant permettra de déterminer le pourcentage d'humidité (voir la figure 2) qui sera appliqué pour exprimer les résultats d'analyse sur une base sèche.

Le remplissage d'un pot de verre à pleine capacité peut être considéré uniquement lorsque les méthodes permettant de limiter la perte de COV ne peuvent être utilisées (voir la section 3).

Figure 2 : Contenant de verre rempli de sol pour mesurer le pourcentage d'humidité accompagnant les échantillons prélevés pour la mesure des COV

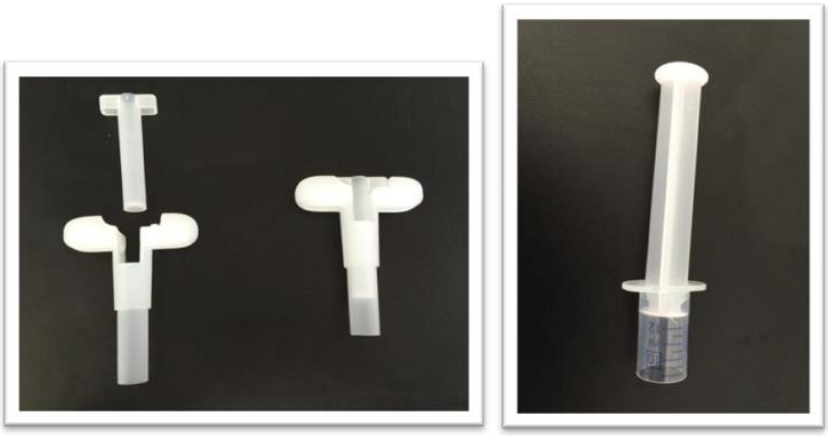
6 Les méthodes d'échantillonnage pour l'analyse des COV ne permettent pas de dupliquer ou d'homogénéiser un échantillon original.

1. Échantillonnage avec seringue

Cette approche nécessite qu'on conserve l'échantillon de sol dans le méthanol aussitôt qu'il est prélevé sur le terrain. L'échantillon pourra être prélevé en enfonçant une seringue à usage unique (ci-après nommée « seringue ») si les sols sont cohésifs[7] ou en utilisant une spatule seulement si les sols sont non cohésifs, cimentés ou gelés. L'échantillon est par la suite transféré directement dans une fiole contenant du méthanol.

Différents types de seringues sont disponibles sur le marché (et sont généralement fournies par le laboratoire) : les seringues médicales coupées et les seringues telles que Terra Core[MD], Easy Draw SyringeMD ou Power Stop HandleMD, (voir les exemples à la figure 3)[8]. Les avantages de ces seringues sont de permettre le prélèvement d'échantillons non remaniés et de prélever la quantité adéquate de sol selon la procédure du laboratoire.

Figure 3 : Échantillonneurs de type seringue (non hermétique) permettant la conservation de l'échantillon de sol dans le méthanol pour l'analyse des COV



Terra Core[MD] Seringue coupée

Des fioles préalablement pesées contenant la quantité de méthanol requise en fonction de la capacité de la seringue (ex. : 5 ou 10 ml) sont fournies par le laboratoire. Un trait de jauge indiquant le niveau du liquide est tracé sur la fiole, et le poids et le volume de méthanol sont inscrits sur chaque fiole par le laboratoire. Le poids de l'échantillon de sol sera par la suite établi au laboratoire en calculant la différence entre le poids de la fiole avec et sans l'échantillon.

Comme le méthanol est un liquide toxique et inflammable, il faut éviter d'inhaler ses vapeurs et porter des gants lors de l'échantillonnage des sols et de la manipulation des fioles.

Afin de permettre une reprise de l'analyse ou de limiter les impacts d'un éventuel bris, un minimum de deux fioles sont requises pour chaque échantillon prélevé (voir la figure 4). De façon générale, pour le prélèvement des échantillons, la méthodologie ci-dessous est appliquée :

1. Le préleveur inscrit un numéro d'identification sur les fioles et vérifie que le ménisque du méthanol est au niveau du trait de jauge (voir la figure 5). Si la quantité de méthanol est sous ce trait, c'est qu'il y a une perte et la fiole ne doit pas être utilisée;

7 Cohésif : Caractéristique d'un sol dont les grains adhèrent les uns aux autres (ex. : argile, sable humide, etc.).

8 Comme il est mentionné dans le Guide de la norme ASTM D4547, le plastique de ces outils d'échantillonnage aurait peu d'impact sur les pertes possibles dues à l'adsorption, étant donné leur temps de contact très court avec l'échantillon.

2. Comme chaque modèle de seringue a des caractéristiques particulières, il est recommandé de se référer à la procédure d'utilisation indiquée par le laboratoire. La seringue doit être enfoncée dans le sol afin de la remplir à pleine capacité. Son contenu est transféré délicatement dans la fiole, le plus rapidement possible (voir la figure 6). Il est recommandé d'incliner légèrement la fiole afin d'éviter les éclaboussures. Si des éclaboussures provoquent des pertes de méthanol à l'extérieur de la fiole, l'échantillonnage doit être repris avec une nouvelle fiole;
3. Le bouchon de la fiole est vissé de manière à éviter les fuites. La fiole peut être agitée légèrement afin d'assurer le contact du sol avec le méthanol (voir la figure 7). Les fioles doivent être maintenues propres le plus possible;
4. Les opérations 2 et 3 sont répétées avec l'autre ou les autres fioles à remplir pour chaque point d'échantillonnage. Les deux fioles sont placées dans un sac protecteur et peuvent être introduites dans un sac hermétique, par mesure de précaution;
5. Un contenant de sol supplémentaire est rempli afin d'établir le pourcentage d'humidité de l'échantillon (voir la figure 2)[9].

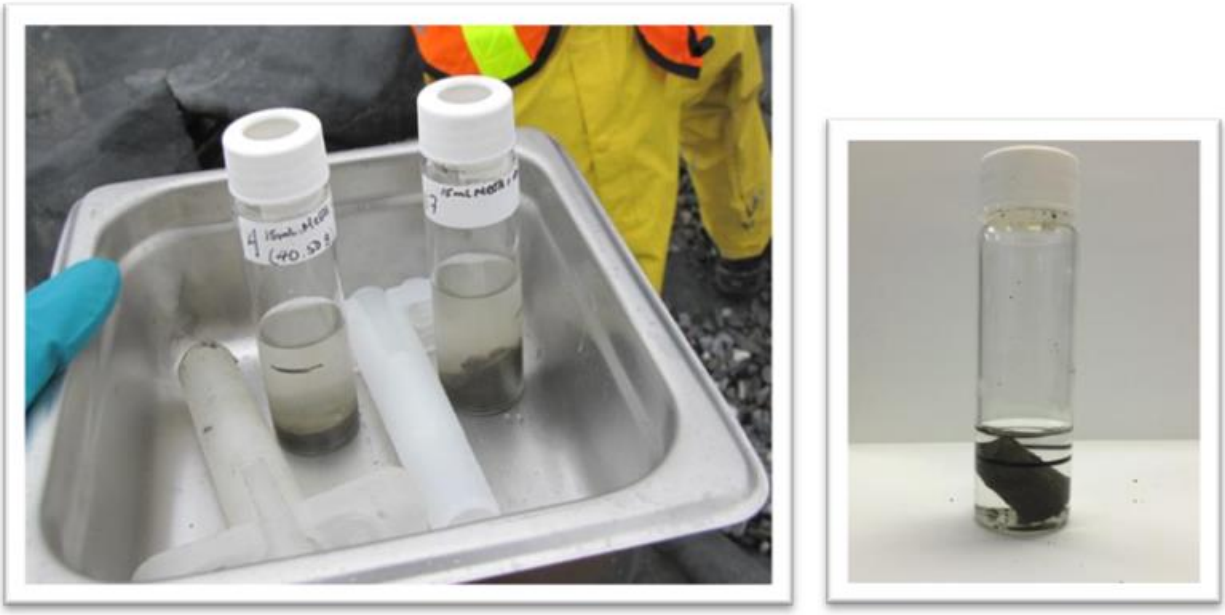
Figure 4 : Matériel d'échantillonnage de type seringue avec conservation des sols dans le méthanol pour l'analyse des COV

9 Lorsque d'autres analyses sont effectuées, ces contenants peuvent être utilisés pour la détermination du pourcentage d'humidité.

Figure 5 : Niveau de méthanol dans la fiole indiqué par le trait de jauge

Figure 6 : Transfert de l'échantillon de sol dans la fiole contenant le méthanol

Figure 7 : Sol immergé dans le méthanol



L'utilisation de seringues d'échantillonnage n'est pas toujours possible, particulièrement dans les sols non cohésifs ou cimentés. Dans ces cas, il est recommandé d'utiliser une petite spatule propre pour transférer rapidement le volume de sol correspondant au contenu de la seringue dans une fiole, en s'assurant que le sol soit immergé dans le méthanol.

Le méthanol peut capter les COV qui seraient présents dans l'air (gaz d'échappement de véhicules ou de génératrices, etc.). Ainsi il est recommandé d'éviter autant que possible de produire des sources de contamination. Si une source potentielle de contamination ne peut être éliminée, elle doit être documentée et prise en compte lors de l'interprétation des résultats grâce à un blanc de terrain ou de transport.

Blanc de terrain :

Il est recommandé de réaliser au moins un blanc de terrain par campagne d'échantillonnage. Réaliser un blanc de terrain consiste à ouvrir la fiole qui contient du méthanol (identifiée comme blanc) au même moment et pour environ la même durée que le prélèvement de l'échantillon de sol choisi. Le blanc est utilisé au point d'échantillonnage le plus susceptible de présenter des sources potentielles de contamination de l'air.

Blanc de transport :

Un blanc de transport peut accompagner les envois d'échantillons. La fiole représentant le blanc de transport contient la même quantité de méthanol que les fioles d'échantillonnage. Cependant, elle n'est jamais ouverte et doit être placée dans la glacière avec les échantillons destinés à l'analyse des COV. Puisque le blanc de transport est destiné à contrôler une éventuelle contamination des contenants ou des échantillons pendant le transport, il est suggéré de placer les contenants destinés à l'analyse des COV dans la même glacière.

Délais de conservation :

Les délais de conservation doivent être vérifiés auprès du laboratoire. Ces délais sont présentés, selon les paramètres à analyser, dans le document « Modes de conservation pour l'échantillonnage des sols, DR-09-02 » disponible sur le site Web du Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec (CEAEQ) du MELCCFP.

2. Échantillonnage avec capsule hermétique

Figure 8 : Échantillonneurs à capsule hermétique permettant l'envoi au laboratoire de l'échantillon de sol scellé pour l'analyse des COV

EnCore[MD]

ESS Core N'One[MD]

Il existe aussi des échantillonneurs à capsule hermétique à usage unique, par exemple EnCore[MD] ou ESS Core N'OneMD (voir la figure 8). Il est à noter que ces échantillonneurs ne peuvent être utilisés que si le sol est cohésif. Cette méthode d'échantillonnage peut s'avérer particulièrement utile si la situation ne permet pas la conservation des échantillons dans le méthanol sur le terrain. Comme chaque modèle a des caractéristiques particulières, il est recommandé de se référer à la procédure du fabricant.

Afin de permettre une reprise de l'analyse ou de limiter les impacts d'un éventuel bris, un minimum de deux capsules sont requises pour chaque échantillon prélevé. De façon générale, pour le prélèvement des échantillons, la méthodologie ci-dessous est appliquée :

1. La capsule est fixée au bout de la poignée en forme de T fournie par le fabricant;
2. On enfonce la capsule dans le sol pour la remplir. Une fois remplie à pleine capacité, elle est retirée du sol. Si la capsule est souillée, elle doit être bien essuyée avec un linge propre pour permettre la fermeture étanche du bouchon;
3. Le bouchon est rapidement installé de façon étanche au bout de la capsule selon les spécifications du fabricant;
4. Les opérations 2 et 3 sont répétées pour l'autre ou les autres capsules à remplir;
5. Un contenant de sol supplémentaire est rempli afin d'établir le pourcentage d'humidité de l'échantillon (voir la figure 2)[10].

10 Lorsque d'autres analyses sont effectuées, ces contenants peuvent être utilisés pour la détermination du pourcentage d'humidité.

Lorsqu'on utilise un échantillonneur à capsule hermétique, un blanc de terrain ou de transport ne sont pas obligatoires.

Une fois au laboratoire, l'échantillon de sol dans la capsule doit être transféré dans une fiole contenant du méthanol dans un court délai, au maximum 48 heures après son prélèvement.

3. Échantillonnage dans un contenant de verre

Si un échantillonnage de sol doit être réalisé sans avoir été planifié et que les méthodes décrites précédemment ne peuvent être utilisées, l'échantillonnage dans un contenant de verre est possible. Dans ce cas, une note doit être inscrite sur le certificat analytique et une justification du choix de cette méthode doit être présentée dans les rapports décrivant les travaux.

Dans ces cas particuliers, le contenant doit être rempli à pleine capacité, de façon à limiter les espaces d'air au-dessus de l'échantillon, puis fermé hermétiquement. Lorsque le sol est soumis à plusieurs analyses, un contenant réservé à l'analyse des composés organiques volatils doit être utilisé afin de minimiser les risques de perte de produits volatils lors de l'ouverture répétée du contenant au laboratoire.

Références

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM), 2009. Méthode D4547 – 09, « Standard guide for sampling wastes and soils for volatile organic compounds ». *Annual Book of Standards*, 2009, volume 00.01.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM), 2010. Méthode D6418 – 09, « Standard practice for using the disposable EnCore sampler for sampling and storing soil for volatile organic analysis », *Annual Book of Standards*, 2010, volume 11.04.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, révisé en juillet 2002. Méthode 5035A, « Closed system purge& trap and extraction for volatile organics in soil and waste samples ».

CENTRE D'EXPERTISE EN ANALYSE ENVIRONNEMENTALE DU QUÉBEC, 2013. *Modes de conservation pour l'échantillonnage des sols*, DR-09-02, ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs, 6 p.

Annexe 6 – Principaux types d'échantillonneur de sol

Échantillonneur	Technique	Application	Limitation	Précaution
Seringue	Applicable à toutes les techniques	– Échantillonnage des sols destinés à l'analyse des composés organiques volatils dans tous les types de sols.	- L'échantillon doit être transféré tout de suite dans des fioles contenant du méthanol fournies par le laboratoire. - Un minimum de deux fioles est requis pour chaque échantillon.	- Un contenant de sol supplémentaire est nécessaire afin d'établir le pourcentage d'humidité de l'échantillon. - Échantillonnage de façon ponctuelle. - Le duplicata de terrain doit être prélevé à côté de l'échantillon de référence.
Capsule hermétique	Applicable à toutes les techniques	- Échantillonnage des sols destinés à l'analyse des composés organiques volatils dans les sols cohésifs.	- À utiliser quand la conservation dans le méthanol n'est pas possible. Une fois au laboratoire, l'échantillon doit être transféré dans une fiole contenant du méthanol au maximum 48 heures après son prélèvement. - Un minimum de deux capsules est requis pour chaque échantillon prélevé.	- Un contenant de sol supplémentaire est nécessaire afin d'établir le pourcentage d'humidité de l'échantillon. - Échantillonnage de façon ponctuelle. - Le duplicata de terrain doit être prélevé à côté de l'échantillon de référence.
Pelle ou truelle	Échantillonnage manuel Tranchée exploratoire Forage (truelle)	- Échantillonnage du sol de surface. - Échantillonnage de piles ou dans les tranchées. - Constitution d'un échantillon prélevé à partir d'un forage (truelle).	- Échantillon remanié. - Échantillonnage difficile dans les sols compacts ou graveleux.	- Nettoyage avant chaque prélèvement - Prélèvement de l'échantillon sur la paroi du trou si c'est possible.

Échantillonneur	Technique	Application	Limitation	Précaution
Tarière manuelle	Échantillonnage manuel Tranchée exploratoire	- Échantillonnage du sol peu profond.	- Échantillon considérablement remanié. - Échantillonnage difficile dans les sols compacts ou graveleux.	- Pas de prélèvement avec une tarière de type spirale. - Pas de prélèvement d'échantillons pour l'analyse des composés volatils.
Tube d'échantillonnage avec poignée (gouge)	Échantillonnage manuel Marteau coulissant Forage	- Échantillonnage du sol peu profond (~0,5 m).	- Volume récupéré relativement faible.	- Répétition du prélèvement pour avoir la quantité nécessaire.
Godet	Tranchée exploratoire	- Échantillonnage du sol peu profond (< 4 m). - Observation en détail de la stratigraphie du sol.	- Échantillon remanié. - Perturbation considérable du lieu d'échantillonnage.	- Excavation excédant de 30 cm la profondeur d'échantillonnage. - Prélèvement des échantillons non remaniés sur la paroi dans la mesure du possible. - Éviter l'utilisation du godet à dents. - Si l'échantillon est prélevé à partir du godet, le noter dans le rapport de sondage. - Éviter d'échantillonner le sol touchant l'équipement d'excavation. - Refermer les tranchées en veillant à respecter les couches rencontrées.
Carottier fendu	Marteau coulissant Forage	- Échantillon faiblement remanié. Échantillonnage en profondeur.	- Risque d'entraînement plus en profondeur de la contamination.	- Nettoyage avant chaque prélèvement ou utilisation de gaine à échantillon ou de membrane intérieure.

Échantillonneur	Technique	Application	Limitation	Précaution
			- Difficulté d'accès possible (espace clos, talus instables, forte pente). - Échantillonnage possiblement difficile dans les sols grossiers.	- Précautions à prendre pour prévenir la migration de contaminants ainsi que le risque de contamination croisée lors des travaux de forage (section 3).
Tube à paroi mince (Shelby)	Marteau coulissant Forage	- Échantillon faiblement remanié. - Échantillonnage en profondeur. - Possibilité d'utiliser le tube comme contenant pour le transport de l'échantillon.	- Risque d'entraînement plus en profondeur de la contamination. - Difficulté d'accès possible (espace clos, talus instables, forte pente).	- Nettoyage avant chaque prélèvement ou utilisation de gaine à échantillon ou de membrane intérieure. - Précautions à prendre pour prévenir la migration de contaminants ainsi que le risque de contamination croisée lors des travaux de forage (section 3).
Échantillonneur à piston	Marteau coulissant Forage	- Échantillon faiblement remanié. - Échantillonnage en profondeur. - Particulièrement utile pour l'échantillonnage des sols sableux, non consolidés et saturés.	- Risque d'entraînement plus en profondeur de la contamination. - Difficulté d'accès possible (espace clos, talus instables, forte pente).	- Nettoyage avant chaque prélèvement ou utilisation de gaine à échantillon ou de membrane intérieure. - Précautions à prendre pour prévenir la migration de contaminants ainsi que le risque de contamination croisée lors des travaux de forage (section 3).
Porte-échantillon (*liner*)	Marteau coulissant Forage	- Insertion dans les tubages du système d'échantillonnage à double tube ou à piston afin de faciliter le retrait de l'échantillon. - Possibilité d'utiliser le porte-échantillon comme contenant pour le transport.	- Risque d'entraînement plus en profondeur de la contamination. - Difficulté d'accès possible (espace clos, talus instables, forte pente).	- Choix du matériel en fonction des paramètres à analyser. - Nettoyage des parties non jetables (sabot, piston).

Environnement,
Lutte contre
les changements
climatiques,
Faune et Parcs

Québec