

Échantillonnage des déchets solides

Un module de l'aide à l'exécution relative à l'ordonnance sur la limitation et l'élimination des déchets (ordonnance sur les déchets, OLED)



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Office fédéral de l'environnement OFEV

Échantillonnage des déchets solides

Un module de l'aide à l'exécution relative à l'ordonnance sur la limitation et l'élimination des déchets (ordonnance sur les déchets, OLED)

Impressum

Valeur juridique

La présente publication est une aide à l'exécution élaborée par l'OFEV en tant qu'autorité de surveillance. Destinée en premier lieu aux autorités d'exécution, elle concrétise les exigences du droit fédéral de l'environnement (notions juridiques indéterminées, portée et exercice du pouvoir d'appréciation) et favorise ainsi une application uniforme de la législation. Si les autorités d'exécution en tiennent compte, elles peuvent partir du principe que leurs décisions seront conformes au droit fédéral. D'autres solutions sont aussi licites dans la mesure où elles sont conformes au droit en vigueur.

Éditeur

Office fédéral de l'environnement (OFEV)

L'OFEV est un office du Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication (DETEC).

Auteurs

R. Philipp (magma AG, Winterthur), F. Bühler (Bachema AG, Schlieren), R. Kettler (OFEV, Berne), K. Morgan (KIBAG RE, Rotkreuz), H. Musch (OFEV, Berne), St. Ringmann (KVA Linth, Niederurnen)

Groupe d'accompagnement

Hans Musch, division Déchets et matières premières, OFEV
Petar Mandaliev, division Déchets et matières premières, OFEV
Berenice Iten, division Droit, OFEV

Référence bibliographique

OFEV (éd.) 2019 : Échantillonnage des déchets solides. Un module de l'aide à l'exécution relative à l'ordonnance sur la limitation et l'élimination des déchets (ordonnance sur les déchets, OLED). Office fédéral de l'environnement, Berne. L'environnement pratique n° 1826 : 92 p.

Traduction

Service linguistique de l'OFEV

Graphiques

Firstbrand

Mise en page

Cavelti AG, Marken. Digital und gedruckt, Gossau

Photo de couverture

© blanke1973, Adobe Stock

Téléchargement au format PDF

www.bafu.admin.ch/uv-1826-f

(il n'est pas possible de commander une version imprimée)

Cette publication est également disponible en allemand et en italien. La langue originale est l'allemand.

Table des matières

Abstracts	6	6	Documentation du prélèvement	35
Avant-propos	7	6.1	Protocole de prélèvement	35
Abréviations et symboles	8	6.2	Mandat de laboratoire	35
Glossaire	9	Partie II Procédures et méthodes	36	
Résumé	11	7	Planification	37
1 Introduction	13	7.1	Quantité minimale de matière à prélever	37
1.1 Bases juridiques	13	7.2	Nombre d'échantillons	38
1.2 Objectifs	14	7.3	Sécurité au travail et protection de la santé (liste de contrôle)	40
1.3 Limites	14	8	Liste de méthodes	41
1.4 Structure	15	8.1	Méthode de délimitation	42
Partie I L'échantillonnage dans la pratique	16	8.2	Méthodes de prélèvement	43
2 Stratégie d'échantillonnage	17	8.3	Méthodes de prétraitement des échantillons	58
2.1 Objectifs	18	Partie III Bases théoriques de l'échantillonnage	66	
2.2 Hypothèse de travail relative aux substances et à leurs propriétés	19	9	Homogénéité et hétérogénéité	67
2.3 Plan d'échantillonnage	19	9.1	Analyse à l'échelle particulière	67
3 Échantillonnage	22	9.2	Hétérogénéité à petite échelle	68
3.1 Délimitation des domaines d'homogénéité	22	9.3	Hétérogénéité à grande échelle	69
3.2 Prélèvement des échantillons	22	9.4	Hétérogénéité temporelle	70
3.3 Cas particuliers	27	9.5	Résumé pour la pratique	70
4 Prétraitement des échantillons	30	10	Répartition des polluants dans le matériau de matrice	71
4.1 Préparation d'échantillons composites ou mélangés	30	10.1	Contamination particulière	72
4.2 Homogénéisation du matériau à échantillonner	30	10.2	Contamination de surface	72
4.3 Partage d'un échantillon	30	10.3	Polluants présents sous forme de phases	72
5 Conditionnement et transport	32	10.4	Saturation en polluants	73
5.1 Récipients pour échantillons	32	11	Quantité minimale de matière à prélever	74
5.2 Marquage des récipients	33	11.1	Définition de la quantité minimale de matière à prélever en cas de contamination particulière	74
5.3 Transport	34	11.2	Définition de la quantité minimale de matière à prélever en cas de contamination de la surface du matériau de matrice	76
5.4 Conditions d'entreposage	34	11.3	Détermination de la quantité minimale de matière à prélever dans le cas des polluants présents sous forme de phases	76

12	Prise en compte des incertitudes	77
12.1	Incertitudes liées au prélèvement et à l'analyse d'échantillons solides	77
12.2	Prise en compte de l'incertitude dans la représentation des valeurs mesurées : nombre de chiffres significatifs	78
12.3	Incertitude et valeurs limites ou autres valeurs déterminantes légales : règles à appliquer	79
Annexe 1 : Bases		80
Annexe 2 : Estimation de la proportion de polluants		83
Annexe 3 : Quantité minimale de matière à prélever – Bases théoriques		85
Annexe 4 : Exemple de protocole de prélèvement		91
Annexe 5 : Exemple de mandat de laboratoire		92

Abstracts

The enforcement aid explains the legal basis for the "Sampling of Solid Waste" module. Undefined legal terms are clarified with a view to a more uniform enforcement of the sampling of solid waste. The enforcement aid is aimed primarily at the enforcement authorities in the cantonal and municipal administrations.

L'aide à l'exécution explique les bases légales pour le module «Échantillonnage des déchets solides». Elle concrétise des notions juridiques indéterminées en vue de permettre une application uniforme dans le cadre de l'échantillonnage des déchets solides. L'aide à l'exécution est destinée en premier lieu aux autorités d'exécution dans les administrations cantonales et communales.

Die Vollzugshilfe erläutert die gesetzlichen Grundlagen für das Modul «Probenahme fester Abfälle». Unbestimmte Rechtsbegriffe werden im Hinblick auf einen einheitlichen Vollzug bei der Beprobung von festen Abfällen konkretisiert. Die Vollzugshilfe richtet sich in erster Linie an die Vollzugsbehörden in den kantonalen und kommunalen Verwaltungen.

Il presente aiuto all'esecuzione illustra le basi legali per il modulo «Campionamento di rifiuti solidi». Nel testo viene data concretezza a concetti giuridici indeterminati, nell'intento di uniformarne l'esecuzione nell'ambito del campionamento dei rifiuti solidi. La presente pubblicazione è destinata alle autorità incaricate dell'esecuzione nelle amministrazioni cantonali e comunali.

Keywords:

*sampling of solid waste,
enforcement aid ADWO*

Mots-clés :

*échantillonnage des déchets
solides, aide à l'exécution
OLED, ordonnance sur les
déchets*

Stichwörter:

*Probenahme fester Abfälle,
Vollzugshilfe VVEA,
Abfallverordnung*

Parole chiave:

*campionamento di rifiuti
solidi, aiuto all'esecuzione
OPSR, ordinanza sui rifiuti*

Avant-propos

L'ordonnance sur les déchets (OLED ; RS 814.600) est la clé de voûte de la législation suisse sur les déchets. De par ses contenus concrets, l'ordonnance en vigueur, qui a été totalement révisée en 2015, constitue une démarche novatrice et courageuse qui non seulement prend en considération et optimise des processus qui ont fait leurs preuves, mais qui comporte également de nouvelles dispositions qui tiennent compte des évolutions et qui posent ainsi les jalons d'une Suisse tournée vers l'avenir.

Dans ce contexte, l'approche stratégique adoptée consiste à considérer les déchets comme des sources de matières premières et, partant, des matières premières dans un cycle de grande qualité. L'application de ces nouvelles prescriptions soulève toutefois des questions et présente différents défis aux autorités. Cette aide à l'exécution vise la maîtrise et l'harmonisation de ces tâches d'exécution à la fois exigeantes et fondamentales.

L'Office fédéral de l'environnement (OFEV) a élaboré avec les cantons, les associations professionnelles du secteur privé ainsi que d'autres offices fédéraux une aide à l'exécution pour concrétiser l'OLED. Chaque partie de cette aide, structurée de façon modulaire, précise les conditions cadres pour un thème spécifique (p.ex. déchets de chantier, décharges, rapports). Certains modules sont en outre divisés en différentes parties selon les thématiques abordées. Les publications relatives à l'aide à l'exécution sont disponibles en allemand, en français et en italien et peuvent être téléchargées à l'adresse suivante : www.bafu.admin.ch/execution-oled.

Le présent module décrit l'échantillonnage des déchets solides et couvre les étapes allant de la planification de ce dernier à la remise au laboratoire des échantillons prélevés. Il expose les exigences à remplir dans le cadre de l'échantillonnage des déchets solides afin de satisfaire aux objectifs fixés par l'OLED en matière d'évaluation quantitative. L'OFEV remercie toutes les personnes qui ont contribué à l'élaboration de cette publication. Il adresse ses remerciements en particulier aux membres des groupes d'accompagnement des différentes parties des modules, qui se sont investis pour trouver les solutions les plus simples, applicables et conformes à la pratique possible afin de garantir le respect des exigences environnementales dans le cadre de l'échantillonnage des déchets solides.

Karine Siegwart
Sous-directrice
Office fédéral de l'environnement (OFEV)

Abréviations et symboles

α Intervalle de confiance	HAP Hydrocarbures aromatiques polycycliques
ε Marge d'erreur d'échantillonnage relative tolérée, soit l'écart relatif admis entre la valeur mesurée et la valeur attendue et induit par le processus d'échantillonnage (cf. [27])	HC Hydrocarbures
ρ_s Densité des particules polluantes	HCC Hydrocarbures chlorés
ω Fraction massique de particules polluantes	IUPAC Union internationale de chimie pure et appliquée
BTEX Hydrocarbures aromatiques (benzène, toluène, éthylbenzène et xylènes)	LNAPL Light non aqueous phase liquid: liquide difficilement soluble de densité <1, p. ex. essence, huile Diesel
COV Composés organiques volatils	$M_{\min}$ Quantité minimale de matière à prélever compte tenu des valeurs α et ε fixées
CV Coefficient de variation	p Proportion de la fraction de particules possédant la propriété considérée
d_5 Granulométrie « minimale » des particules potentiellement contaminées, 5 ^e centile de la courbe granulométrique	PCB Polychlorobiphényle
$d_{\max}$ Diamètre maximal des particules potentiellement contaminées, 95 ^e centile de la courbe granulométrique	PE Polyéthylène
DNAPL Dense non aqueous phase liquid: liquide difficilement soluble de densité >1, p. ex. trichloréthène (Tri), tétrachloroéthène (Per)	PTFE Polytétrafluoréthylène
EN Norme européenne	
g Facteur de correction appliqué à la distribution granulométrique	

Glossaire

Déchets

Choses meubles dont le détenteur se défait ou dont l'élimination est commandée par l'intérêt public (art. 7, al. 6, de la loi sur la protection de l'environnement).

Domaine d'homogénéité

Partie de la quantité de base ou zone du site pouvant être considérée comme homogène du point de vue d'un paramètre ou d'une caractéristique donnés.

Échantillon composite

Matière obtenue à la suite du rassemblement et du mélange d'échantillons partiels ou mélangés (d'après [9], [17]).

Échantillon d'essai

Matière constituée à partir de l'échantillon de laboratoire, de laquelle sont prélevées des fractions à des fins d'analyse ou de mesure.

Échantillon mélangé

Échantillon obtenu suite au rassemblement et au mélange d'échantillons simples prélevés d'une quantité de base et permettant d'obtenir un résultat moyen pour un paramètre donné (cf. [9]). Chaque échantillon simple répond aux exigences définies en matière de quantité minimale de matière.

Échantillon d'analyse

Fraction prélevée de l'échantillon d'essai faisant l'objet de l'analyse chimique ou physique.

Échantillon de réserve

Fraction, matériau utilisé :

- pour des analyses de contrôle ou des confirmations,
- pour documenter une évolution dans le cadre de processus industriels.

Un échantillon de réserve doit présenter les mêmes propriétés que la matière de base. Ces propriétés ne doivent pas évoluer pendant l'entreposage.

Échantillon de mesure

Fraction prélevée de l'échantillon d'analyse et faisant l'objet de mesures servant à déterminer des paramètres chimiques ou physiques.

Échantillon de terrain

Matière prélevée d'une quantité de base (lot) sous la forme d'échantillons simples, mélangés ou composites.

Échantillon de laboratoire

Matière prélevée mise à disposition du laboratoire. Il s'agit en règle générale d'un échantillon de terrain prétraité. Lorsque l'échantillon de laboratoire est partagé, mélangé, broyé ou soumis à une combinaison de ces traitements (réduit), on obtient l'échantillon d'essai. Si aucune préparation n'est nécessaire, on considère l'échantillon de laboratoire comme l'échantillon d'essai.

Échantillon partiel

Fraction représentative prélevée de l'échantillon (cf. [9]).

Échantillon simple

Fraction prélevée d'un lot et correspondant à une seule prise effectuée à un moment précis en un point de prélèvement donné (cf. [9], [17]). La masse minimale des échantillons simples peut varier fortement en fonction de la distribution granulométrique et de la répartition des polluants attendue.

Échantillon évaluatif

Matière prélevée par un expert sur la base de ses connaissances scientifiques et de ses capacités d'appréciation dans les cas où il est impossible de prélever un échantillon représentatif afin de tirer des conclusions sur les propriétés de la masse totale à analyser. L'expert prélève pour ce faire de façon ciblée des échantillons partiels de cette masse. La quantité à prélever est généralement inférieure à celle d'un échantillon représentatif et n'est pas conforme aux principes statistiques s'y appliquant (cf. [6]).

Échantillon représentatif

Matière dont les caractéristiques distinctives correspondent dans une large mesure aux propriétés moyennes de la quantité de base et répondant aux exigences minimales déterminées sur la base de principes statistiques (p. ex. en matière de quantité à prélever).

Échantillonnage

Processus de prélèvement et de constitution d'un échantillon.

Échelle

cf. Quantité de référence.

Évaluation organoleptique

Appréciation de l'échantillon par les organes sensoriels. Il s'agit d'évaluer la matière d'après son apparence (couleur, consistance, composants macroscopiques) et son odeur (cf. 3.1.1, p. 22, et procédure O, p. 42).

Hétérogénéité

Répartition non uniforme d'une propriété ou d'un élément au sein d'une quantité de matière prélevée.

Homogénéité

Répartition uniforme d'une propriété ou d'un élément au sein d'une quantité de matière prélevée (cf. chap. 9, p. 67).

Incrément

Quantité de matière (masse ou volume) prélevée au cours d'une même prise. Plusieurs incréments peuvent être nécessaires pour atteindre la quantité minimale de matière à prélever.

Lot

Quantité de substance ou de matière qui, de par sa nature, ses propriétés et sa disposition spatiale, constitue une unité.

Préparation de l'échantillon

Étapes opérationnelles devant être réalisées en laboratoire pour constituer un échantillon d'analyse/de mesure à partir de l'échantillon de laboratoire (p. ex. séchage, tamisage, homogénéisation, partage) (cf. [23]).

Prétraitement de l'échantillon

Phase faisant suite à l'échantillonnage et comprenant les étapes opérationnelles devant être réalisées sur site pour constituer un échantillon de laboratoire à partir de l'échantillon de terrain (p. ex. mélange, homogénéisation, partage) (cf. chap. 4, p. 30).

Quantité de base

Ensemble de la matière à échantillonner.

Quantité de référence (= échelle d'appréciation de l'hétérogénéité), échelle

Part minimale (masse ou volume) de matière à partir de laquelle les variations sont considérées comme négligeables.

Exemple : cendres issues des usines d'incinération des ordures ménagères : les teneurs en polluants varient d'un jour à l'autre. Mais si l'on considère la charge polluante hebdomadaire, ces variations sont lissées. Si la nature de la charge est déterminante dans le choix du mode d'élimination, on prend comme référence la quantité de cendres générée sur une semaine.

Traitement de l'échantillon

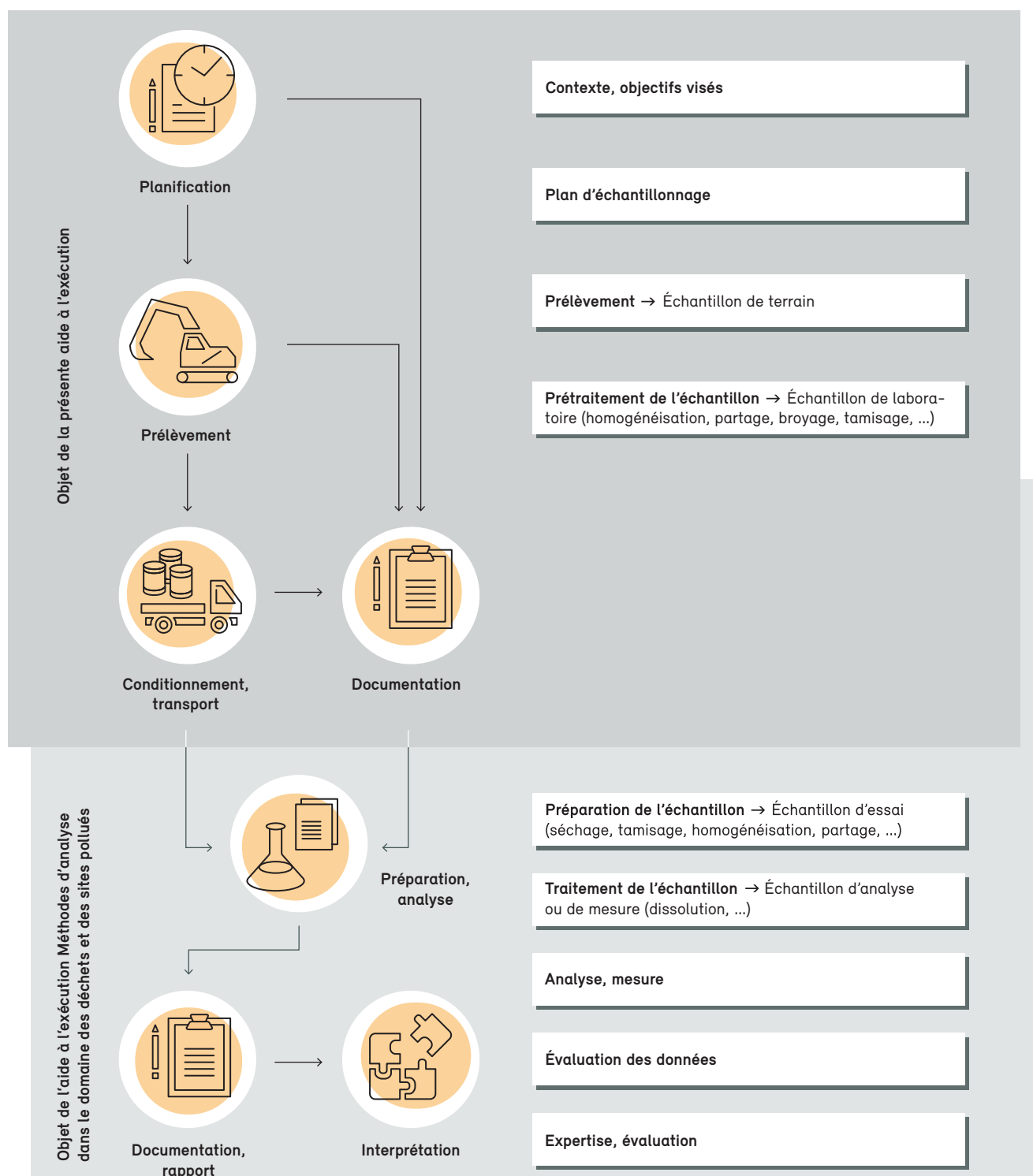
Étapes de traitement en laboratoire visant à obtenir à partir de l'échantillon d'essai un échantillon d'analyse/de mesure spécifique au paramètre considéré (p. ex. lixiviation, extraction, centrifugation ou distillation).

Résumé

L'analyse des échantillons solides se déroule selon le schéma ci-dessous.

Figure 1

Étapes d'analyse des échantillons solides (d'après [9])



Les réflexions et travaux entrepris au cours des étapes représentées à la figure 1 sont détaillés ci-après.



Planification de l'échantillonnage

La planification marque le début du processus d'échantillonnage et constitue une composante essentielle de l'assurance qualité. C'est pendant cette phase que sont déterminés les objectifs, le spectre des polluants possible et la procédure d'échantillonnage sur le terrain. Cf. chapitre 2, p. 17



Prélèvement

Au cours de cette étape, on prélève de la quantité de base une quantité de matière suffisamment importante. Il est possible pour ce faire d'utiliser une grande variété de techniques de prélèvement. Comme, pour des raisons pratiques, les laboratoires ne peuvent pas traiter des échantillons de toutes tailles, des méthodes de réduction sont employées. Cf. chapitre 3, p. 22



Conditionnement et transport des échantillons

Les échantillons prélevés sont conditionnés dans des boîtes de transport et envoyés au laboratoire d'analyse le plus rapidement possible. Un conditionnement dans un contenant non adapté peut conduire à l'obtention de résultats reflétant un écart inhabituel par rapport à la teneur en polluants réelle, en particulier dans le cas des polluants organiques volatils. Cf. 5.1, p. 32



Documentation de l'échantillonnage

Le processus de documentation se déroule en continu, en parallèle des étapes de planification, de prélèvement, de prétraitement de l'échantillon et de conditionnement de ce dernier. La documentation est essentielle car :

- elle permet d'informer le laboratoire d'analyse des conditions de prélèvement de l'échantillon,
- elle sert de base à l'évaluation de la plausibilité des résultats des mesures.

Cf. chapitre 6, p. 35



Préparation et mesure

La préparation des échantillons de laboratoire, la définition de la méthode de mesure et l'élaboration de rapports ne sont pas l'objet de la présente aide à l'exécution. En effet, ces points sont décrits dans l'aide à l'exécution [23] *Méthodes d'analyse dans le domaine des déchets et des sites pollués*.



Interprétation des résultats

Lors de l'interprétation des résultats des mesures, il convient de tenir compte des trois principes ci-après et de les considérer de manière critique.

- **Représentativité** : de quelle partie de la masse totale à analyser (lot) les mesures sont-elles représentatives ? Il convient également de tenir compte des incertitudes de mesure.
- **Cohérence** : les données relevées, pondérées entre elles, fournissent-elles une image cohérente de la situation globale ?
- **Plausibilité** : les valeurs mesurées peuvent-elles être clairement expliquées ? Les résultats correspondent-ils à ceux obtenus dans le cadre de prélèvements et de mesures antérieurs ou simultanés ? Si tel n'est pas le cas, peut-on expliquer l'écart constaté ?

Cf. 2.2, p. 19, figure 3, p. 19

1 Introduction

Pour éliminer les déchets dans le respect de l'environnement, il est généralement nécessaire de déterminer leur teneur en polluants. Les résultats des mesures effectuées sur les échantillons de déchets peuvent avoir des conséquences importantes aux niveaux écologique et financier. C'est pourquoi il est primordial, tant pour les autorités d'exécution que pour l'économie, d'harmoniser les exigences posées à l'ensemble de la procédure d'analyse, à savoir du prélèvement des échantillons à l'élaboration du rapport sur les résultats des mesures.

Le présent document décrit l'échantillonnage des déchets solides et couvre les étapes allant de la planification de l'échantillonnage à la remise des échantillons prélevés au laboratoire.

Les étapes de préparation des échantillons en laboratoire, les méthodes d'analyse ainsi que les exigences relatives à l'élaboration du rapport sont documentées dans l'aide à l'exécution [23] *Méthodes d'analyse dans le domaine des déchets et des sites pollués*.

1.1 Bases juridiques

L'art. 30 de la loi du 7 octobre 1983 sur la protection de l'environnement (LPE, RS 814.01) dispose que les déchets doivent être valorisés dans la mesure du possible et en règle générale éliminés d'une manière respectueuse de l'environnement.

Depuis l'entrée en vigueur de l'ordonnance du 4 décembre sur la limitation et l'élimination des déchets (ordonnance sur les déchets, OLED, RS 841.600) le 1^{er} janvier 2016, la limitation des déchets, le bouclage des cycles de matières et l'élimination des polluants occupent une place prioritaire. Pour les volumes de déchets importants, l'OLED précise quelles méthodes de valorisation peuvent être utilisées en fonction de la teneur en polluants. L'application des dispositions de l'OLED et des aides à l'exécution requiert donc l'analyse d'échantillons solides.

Ainsi, une obligation de valorisation des matériaux d'excavation et de percement non pollués a été intégrée

dans l'OLED (art. 19 OLED). L'interdiction de mélanger déjà introduite dans le cadre de l'ordonnance sur le traitement des déchets a quant à elle été maintenue (art. 9 OLED). En effet, pour atteindre les objectifs définis dans l'OLED, il est nécessaire de trier et d'éliminer les déchets en fonction de leur degré de contamination. Pour les matériaux d'excavation et de percement, l'art. 19 OLED précise quelles méthodes de valorisation peuvent être utilisées en fonction de la teneur en polluants. Les teneurs totales en polluants admises pour chaque méthode de valorisation des matériaux d'excavation et de percement sont détaillées à l'annexe 3 OLED.

Les déchets peuvent notamment être valorisés dans le cadre de la fabrication de béton et de ciment. Les exigences relatives à l'utilisation de déchets comme matières premières ou agents de correction du cru sont définies à l'annexe 4, ch. 1, OLED. Si les déchets servent de combustibles, les valeurs limites indiquées à l'annexe 4, ch. 2, OLED s'appliquent. De même, s'ils sont utilisés comme ajouts ou adjuvants, il convient de respecter les valeurs limites mentionnées à l'annexe 4, ch. 3, OLED.

Bien que les taux de recyclage augmentent, des millions de tonnes de déchets continueront d'être stockés définitivement chaque année. L'art. 25, al. 1, OLED prévoit que les déchets ne peuvent être mis en décharge que s'ils satisfont aux exigences de l'annexe 5 OLED. Les détenteurs d'installations d'élimination des déchets doivent contrôler les déchets à leur réception pour s'assurer que seuls des déchets autorisés sont éliminés dans les installations (art. 27, let. b, OLED). Pour les décharges de types B, C, D et E, l'annexe 5 OLED fixe des valeurs limites concernant non seulement la teneur totale en polluants des échantillons solides, mais aussi la quantité de polluants émis au cours des tests de lixiviation.

Selon l'art. 32c LPE, les cantons veillent à ce que les décharges et autres sites pollués par des déchets soient assainis lorsqu'ils engendrent des atteintes nuisibles ou incommodantes ou qu'il existe un danger concret que de telles atteintes apparaissent. Dans ce but et

conformément à l'ordonnance du 26 août 1998 sur les sites contaminés (OSites, RS 814.680), l'autorité évalue, par une investigation historique et une investigation technique, si un site pollué nécessite une surveillance ou un assainissement (art. 7 ss OSites). L'investigation technique sert à identifier le type et la quantité de substances présentes sur le site (art. 7, al. 4, OSites). Il est pour ce faire souvent nécessaire d'analyser également des échantillons solides.

1.2 Objectifs

La présente aide à l'exécution décrit les approches méthodologiques pouvant être adoptées lors de l'échantillonnage et du prétraitement des échantillons et constitue une base essentielle permettant de garantir la qualité des résultats des mesures effectuées sur des déchets solides. En effet, en particulier pour les déchets présentant une répartition hétérogène des polluants, il convient de tenir compte des principes mentionnés ci-après.

Le prélèvement représente une étape déterminante pour l'obtention de résultats de mesure probants. La qualité d'une caractérisation des déchets aux fins de déclaration dépend avant tout de l'échantillonnage, l'analyse n'ayant généralement qu'une portée secondaire.

Les méthodes décrites ci-après constituent une procédure pratique et uniforme de prélèvement de fractions (échantillons) permettant de déterminer les caractéristiques distinctives des déchets.

Le prélèvement de fractions suffisamment représentatives des caractéristiques distinctives des déchets n'a rien d'une tâche banale. C'est pourquoi la présente aide à l'exécution contient des explications et des instructions détaillées sur les aspects suivants :

- planification de l'échantillonnage (cf. chap. 2, pp. 17 ss),
- choix de la procédure d'échantillonnage selon la nature des déchets (cf. chap. 8, pp. 41 ss),

- définition de la masse minimale des échantillons simples en fonction de la distribution granulométrique et de la répartition des polluants attendue (cf. chap. 11, pp. 74 ss, cf. 7.1, pp. 37 ss),
- détermination du nombre minimum d'échantillons simples et composites en fonction de la quantité de déchets (cf. 7.2, pp. 38 ss),
- procédures de prétraitement et de réduction de l'échantillon sur le terrain (cf. chap. 4, p. 30).

Il convient de noter que ces instructions correspondent à des exigences minimales de base pouvant être largement supérieures, et variant notamment en fonction de l'objectif visé (p.ex. projet de recherche nécessitant un niveau d'exigences plus élevé en matière de fiabilité/crédibilité), de l'hétérogénéité de la composition du déchet ainsi que de l'absence d'homogénéité des substances contenues dans le matériau.

La présente aide à l'exécution est destinée aux autorités d'exécution dans les administrations cantonales et communales. Indirectement, elle s'adresse également aux laboratoires de mesure et aux bureaux d'experts qui sont chargés de l'élimination des déchets dans le respect de l'environnement.

1.3 Limites

La présente aide à l'exécution n'aborde la question de l'échantillonnage des déchets solides que sous l'angle de la planification et de la mise en œuvre des mesures d'élimination (cf. fig. 1, p. 11).

En effet, la constitution ainsi que la préparation d'échantillons d'analyse et la réalisation d'analyses chimiques font l'objet de l'aide à l'exécution sur les méthodes de mesure (cf. [23]).

Il existe en outre des aides à l'exécution spécifiques pour l'échantillonnage des déblais de voie (cf. [25]) et du bois usagé (cf. [22]) et pour l'élimination des boues issues du secteur de la construction (cf. [24]). Ces points ne sont

donc pas traités dans la présente aide à l'exécution. Le prélèvement et la préparation d'échantillons de sols pour l'analyse de substances polluantes sont également réglés séparément (cf. [28]).

Il en va de même pour ce qui est des stratégies d'échantillonnage relatives à l'évaluation de sites pollués. Les principes de préparation et de réalisation d'échantillons solides sont toutefois également applicables par analogie à ce domaine spécifique.

Les déchets radioactifs relevant de la responsabilité de l'Office fédéral de la santé publique, la question de leur échantillonnage n'est pas non plus abordée dans la présente aide à l'exécution.

1.4 Structure

La présente aide à l'exécution, composée de trois parties, est structurée comme suit.

- **Partie I : L'échantillonnage dans la pratique** (pp. 16 ss)
La partie I est consacrée à l'échantillonnage d'un point de vue pratique. Elle décrit l'ensemble de la chaîne des processus, de la stratégie d'échantillonnage au conditionnement et au transport, en passant par le prélèvement des échantillons et leur prétraitement (mélange, partage). Les exigences en matière de documentation sont exposées à la fin de cette partie.
- **Partie II : Procédures et méthodes** (pp. 36 ss)
La partie II est présentée comme un ouvrage de référence fournissant aux professionnels des indications volontairement concises concernant la planification (quantité minimale de matière et nombre d'échantillons à prélever, sécurité au travail et protection de la santé) et un large éventail de méthodes d'échantillonnage.

- **Partie III : Bases théoriques de l'échantillonnage** (pp. 66 ss)

La partie III résume les bases scientifiques de l'échantillonnage. On y traite en particulier de l'homogénéité et de l'hétérogénéité des caractéristiques distinctives représentant une proportion élevée de la distribution des résultats des mesures. Les thèmes de la répartition des substances (polluantes), de la quantité minimale de matière à prélever et des incertitudes apparaissant au cours des différentes étapes du processus d'échantillonnage sont également abordés dans cette troisième partie.

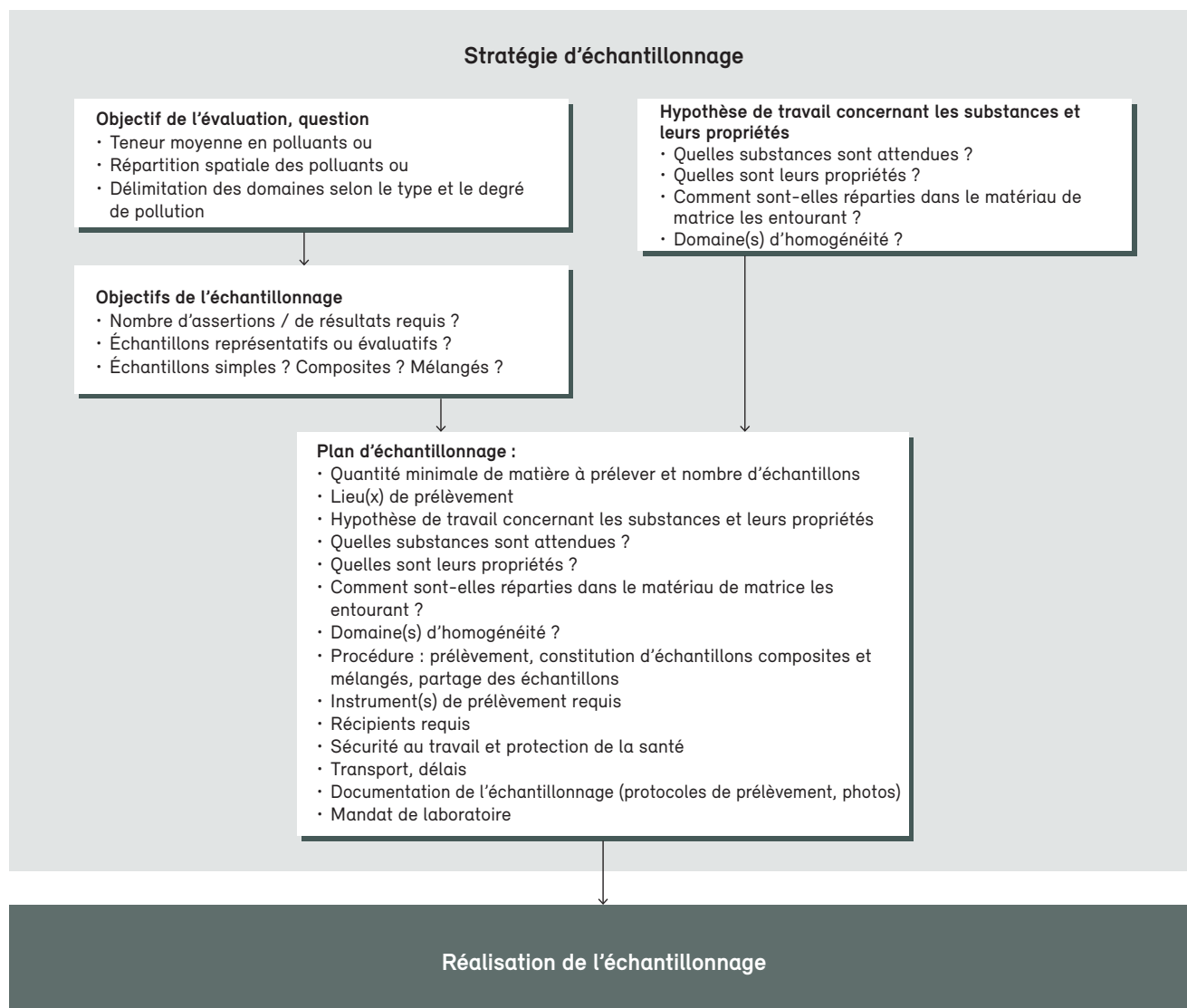
Partie I L'échantillonnage dans la pratique

Cette première partie est consacrée à l'échantillonnage d'un point de vue pratique. Elle décrit l'ensemble de la chaîne des processus (telle que représentée à la fig. 1, p. 11), de la stratégie d'échantillonnage au conditionnement et au transport, en passant par le prélèvement des échantillons et leur prétraitement (mélange, partage). Les exigences en matière de documentation sont présentées à la fin de cette partie.

2 Stratégie d'échantillonnage

Figure 2

Éléments de la stratégie d'échantillonnage



L'**objectif d'évaluation** relatif au matériau à échantillonner est défini sur la base de la question à traiter. Il s'agit généralement de vérifier que des exigences légales sont bien respectées. Les **objectifs de l'échantillonnage** découlent des questions auxquelles on cherche à répondre en mesurant les teneurs en polluants.

On détermine ensuite, dans le cadre d'une **hypothèse de travail** :

- quelles substances sont susceptibles d'être présentes dans les échantillons et
- comment elles peuvent être réparties dans le matériau de matrice qui les entoure.

Le **plan d'échantillonnage** est défini sur la base des objectifs visés et de l'hypothèse de travail formulée au sujet des substances présentes dans le matériau à échantillonner et de leurs propriétés. La présente aide à l'exécution établit les procédures d'échantillonnage sous la forme de directives concrètes.

2.1 Objectifs

De manière générale, l'échantillonnage vise à prélever des échantillons représentatifs permettant de décrire la répartition effective des polluants tout en tenant compte des questions posées et des objectifs fixés. La variabilité spatiale et, partant, l'hétérogénéité des paramètres analysés, jouent un rôle central dans ce contexte (cf. chap. 9, pp. 67 ss, et chap. 10, pp. 71 ss).

Les questions et les objectifs, qui constituent la base d'un échantillonnage planifié et réalisé dans les règles de l'art, de manière ciblée et efficace, doivent être clairement définis dès le départ.

Les questions relatives à l'échantillonnage et à l'analyse des échantillons prélevés peuvent notamment porter sur les points suivants :

- teneur moyenne en polluants de la masse totale à analyser,
- répartition spatiale des polluants,

- délimitation des domaines contaminés et non contaminés,
- caractéristiques des matériaux (sélection des substances).

Selon la question, il convient de différencier les **échantillons représentatifs** des **échantillons évaluatifs**.

L'**échantillonnage représentatif** permet d'analyser les propriétés jusque-là inconnues ou peu connues d'une masse totale (lot). Il peut par exemple s'agir de déterminer la concentration moyenne en polluants d'un tas de matériaux contenant des déchets. Souvent, dans ce genre de cas, on ne connaît suffisamment ni l'inventaire de référence des substances, ni la répartition spatiale de ces dernières dans la masse totale à analyser. Lors de la planification de l'échantillonnage, il est généralement nécessaire de formuler des hypothèses, concernant notamment l'hétérogénéité, la distribution granulométrique et la quantité de matière à prélever (en découlant).

Les **échantillons évaluatifs** sont souvent prélevés lorsqu'il est impossible de procéder à un échantillonnage représentatif,

- soit parce que l'on ne dispose pas d'une quantité suffisante de matériau d'échantillon (p.ex. carottes de petit diamètre),
- soit parce que la quantité de matière requise ne peut être prélevée sans efforts disproportionnés (p.ex. lorsque la matière présente une granulométrie très grossière ou est fragmentée).

L'échantillonnage évaluatif permet en outre de vérifier que des processus en cours remplissent des exigences prédéfinies, c'est-à-dire déjà connues. Ainsi, on prélève par exemple des échantillons évaluatifs à intervalles réguliers et on vérifie le respect des paramètres et des valeurs limites connus définis dans l'OLED ou dans des autorisations d'exploiter afin de contrôler les mises en décharge ou les teneurs en polluants des mâchefers provenant des usines d'incinération des ordures ménagères (UIOM). Dans le cadre de l'échantillonnage évaluatif, l'inventaire de référence des substances et leur répartition dans la masse totale à analyser sont

généralement suffisamment connus et déterminent la procédure d'échantillonnage.

C'est pourquoi on établit généralement une hypothèse de base pour la planification de l'échantillonnage.

Si l'échantillonnage évaluatif est moins fastidieux que l'échantillonnage représentatif, il est aussi moins fiable. C'est pourquoi, dans le cas des échantillons évaluatifs, on considère que les valeurs limites sont respectées uniquement lorsque les valeurs mesurées sont largement inférieures.

Le choix du type d'échantillonnage – représentatif ou évaluatif – se fait selon l'objectif d'évaluation défini et les moyens techniques à disposition. Il est préférable de prélever, dans la mesure du possible, des échantillons représentatifs.

Une fois l'échantillonnage réalisé, et en particulier lors de l'interprétation des données relevées, il convient de porter un regard critique sur les postulats émis et l'hypothèse de travail formulée.

Si certains postulats émis lors de la planification de l'échantillonnage se révèlent erronés, il est nécessaire de vérifier si l'échantillonnage réalisé reste suffisamment pertinent ou s'il est opportun de procéder éventuellement à un nouvel échantillonnage sur la base de postulats améliorés (cf. fig. 3, p. 19).

2.2 Hypothèse de travail relative aux substances et à leurs propriétés

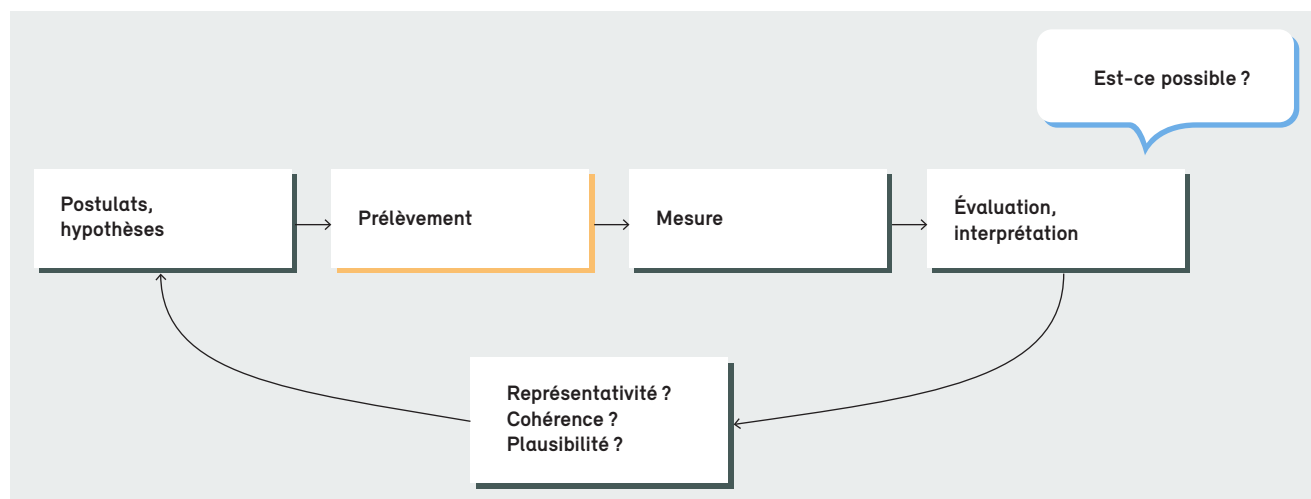
Dans le cadre de la planification de l'échantillonnage, il convient d'émettre des postulats, concernant par exemple la distribution granulométrique, le spectre des substances ou les concentrations attendues, en particulier lorsqu'il s'agit d'échantillonner et d'analyser un matériau ou un lot dont les propriétés sont peu connues, voire inconnues. Ces postulats peuvent se révéler plus ou moins exacts.

2.3 Plan d'échantillonnage

Sur la base des objectifs d'échantillonnage et de l'hypothèse de travail concernant les substances et leurs propriétés établis pour le matériau à échantillonner, on définit à l'avance le processus d'échantillonnage dans le cadre du plan d'échantillonnage. Ce plan regroupe les directives destinées à la personne chargée de l'échantillonnage.

Figure 3

Vérification de l'hypothèse de travail concernant les substances et leurs propriétés sur laquelle repose l'échantillonnage



Le plan d'échantillonnage constitue le garant de l'assurance qualité. C'est pourquoi il doit être consigné par écrit.

2.3.1 Quantité minimale de matière à prélever

Pour les matériaux faisant l'objet d'une contamination particulaire (cf. fig. 34, p. 75) ou d'une contamination de surface (cf. fig. 35, p. 76), il convient de procéder à une estimation approximative de la quantité minimale de matière à prélever en tenant compte des directives ci-après.

- Conformément aux dispositions de la norme SN 670 800c (cf. [19]), ch. 7, une réduction ou un fractionnement supplémentaire de la quantité minimale de matière définie selon la figure 34, p. 75, ou la figure 35, p. 76, ne sont *pas autorisés*. En effet, l'*intégralité* de la quantité minimale de matière doit être préparée (broyée et homogénéisée) de manière à constituer un échantillon de laboratoire.
- La quantité minimale de matière est définie non pas sur la base de la méthode de mesure choisie, mais à partir de considérations statistiques relatives à la répartition des substances dans la masse totale à analyser.
- Toute divergence par rapport aux procédures standard décrites sous 11.1, p. 74, et 11.2, p. 76, doit faire l'objet d'une discussion avec le laboratoire d'analyse et être définie dans le mandat qui lui est confié.

Le laboratoire d'analyse inscrit la quantité de matière livrée dans son rapport.

2.3.2 Nombre d'échantillons

L'expert définit, dans le cadre de l'hypothèse de travail formulée au sujet des substances ainsi que de leurs propriétés et sur la base des informations dont il dispose concernant le site, un ou plusieurs domaines d'homogénéité présentant des propriétés lithologiques et chimiques relativement constantes.

Le nombre d'échantillons est défini sous 7.2, pp. 38 ss. Au moins deux échantillons d'un même domaine d'homogénéité doivent être prélevés et mesurés. Le prélèvement d'un échantillon simple est autorisé uniquement en cas de petits volumes de déchets.

Si les résultats des mesures remettent en question l'hypothèse de travail formulée et l'homogénéité des échantillons de sous-sol quant au paramètre analysé, il est nécessaire :

- soit de prélever et d'analyser des échantillons supplémentaires issus du domaine d'homogénéité dans le cadre d'un échantillonnage ultérieur, ce jusqu'à ce que la plausibilité des résultats puisse être confirmée,
- soit, le cas échéant, de redéfinir le domaine d'homogénéité dans le cadre d'une vérification de la première hypothèse de travail.

2.3.3 Échantillons de réserve

Il est recommandé de prélever des échantillons de réserve lors de chaque échantillonnage et de les conserver jusqu'à ce que l'évaluation du site soit terminée. Ainsi, s'il est nécessaire de procéder à une nouvelle analyse ou à des mesures complémentaires, il sera possible d'utiliser les échantillons de réserve sans avoir à réaliser un nouveau prélèvement. Les échantillons de réserve doivent permettre de reproduire les processus non seulement de mesure, mais aussi de préparation et de prélèvement. Remarque : les échantillons de réserve constitués lors de l'échantillonnage ne sont pas identiques à ceux préparés par le laboratoire d'analyse d'après la procédure décrite dans [23].

Les échantillons de réserve ne sont *pas* compris dans la quantité minimale de matière définie sous 11.1, p. 74 (cf. fig. 34, p. 75).

Il est conseillé de prélever et de conserver un échantillon de réserve d'une quantité au moins équivalente à celle de l'échantillon fourni au laboratoire d'analyse.

L'échantillon de réserve doit être constitué de matière brute. Les échantillons de réserve formés au cours des étapes de préparation ne doivent pas satisfaire à cette exigence.

Les échantillons de réserve sont prélevés indépendamment de l'échantillon original et stockés dans un récipient séparé.

Les échantillons de réserve doivent être conservés dans des conditions appropriées jusqu'à ce que la décision des autorités concernant les résultats d'analyse soit connue.

Les échantillons de réserve sont conditionnés et entreposés au sec sur le lieu de prélèvement ou dans les locaux de l'auteur des prélèvements/de l'expert. Les échantillons de réserve contenant des substances volatiles doivent en outre être entreposés au froid.

2.3.4 Sécurité au travail et protection de la santé

Des mesures de sécurité au travail adaptées doivent être prévues lors de la planification de l'échantillonnage. Tous les travaux effectués sur des sites pollués, et donc les opérations d'échantillonnage réalisées dans le cadre des études de sites, requièrent au minimum le port des équipements suivants :

- gants à usage unique (cf. norme EN 388: Gants de protection contre les risques mécaniques),
- masque anti-poussière,
- lunettes de protection (cf. norme EN 166).

Selon la nature des substances attendues, il peut être nécessaire de prendre d'autres mesures de sécurité au travail, incluant notamment l'utilisation :

- de vêtements de protection contre les produits chimiques,
- de dispositifs de ventilation des excavations et des puits,
- d'équipements de protection des voies respiratoires,
- de systèmes de radiocommunication à sécurité intrinsèque munis d'une fonction de veille automatique.

Pendant les travaux d'échantillonnage sur chantier, le port des équipements de protection individuelle listés ci-après est obligatoire :

- chaussures de sécurité (cf. EN 345),
- casque,
- veste de signalisation à haute visibilité,
- protection auditive.

Dans les situations dangereuses, des équipements supplémentaires peuvent être nécessaires, tels qu'un masque de protection du visage, des vêtements de protection et, lorsque l'on suspecte la présence d'amiante, un masque de protection des voies respiratoires conformes aux prescriptions de la SUVA (cf. [36]). Pour plus d'informations concernant les équipements de protection individuelle : [38], www.suva.ch/waswo-f.

3 Échantillonnage

3.1 Délimitation des domaines d'homogénéité

3.1.1 Évaluation organoleptique

L'évaluation organoleptique (cf. procédure O, p. 42) consiste à déterminer, sur la base des sensations perçues et au moyen des propriétés ci-après, les caractéristiques permettant de distinguer différents lots de matière [17] :

- couleur,
- distribution granulométrique et répartition des fragments selon leur taille,
- proportion de corps étrangers,
- consistance,
- odeur,
- formation de gaz,
- le cas échéant, réaliser un test tactile (veiller au respect des mesures de protection individuelle).

L'évaluation organoleptique est réalisée principalement pour vérifier si un lot de déchets peut être considéré comme homogène ou s'il doit être divisé en plusieurs lots partiels présentant des caractéristiques distinctes.

3.1.2 Appréciation visuelle de la proportion de corps étrangers

La notice [33] contient des illustrations pratiques qui facilitent l'appréciation visuelle de la proportion de corps étrangers dans les matériaux disposés en tas (cf. annexe 2, p. 83).

Il n'est pas toujours simple de procéder à une appréciation visuelle de la proportion de corps étrangers dans les matériaux cohésifs. Dans les matériaux limoneux et humides, la proportion de corps étrangers peut être largement sous-estimée, voire non détectée, car les particules étrangères peuvent être recouvertes d'une fine couche de limon. Ce phénomène concerne également – dans une moindre mesure – les matériaux graveleux contenant des fractions argilo-limoneuses (cf. [33]).

Outre l'évaluation organoleptique directe, deux méthodes de prétraitement permettent d'apprécier la proportion de corps étrangers :

- le tamisage par voie humide, répartition en deux groupes : > 8 mm et > 16 mm, comptage,
- le séchage, répartition en deux groupes : > 8 mm et > 16 mm, comptage.

Si le tamisage à sec est bien plus simple à réaliser que le tamisage par voie humide, il ne permet toutefois pas d'obtenir des résultats aussi précis. Le tamisage par voie humide étant une procédure difficile et fastidieuse, il ne présente qu'un intérêt limité dans la pratique (cf. [33]).

3.2 Prélèvement des échantillons

3.2.1 Instruments utilisés pour le prélèvement des échantillons

Les instruments utilisés pour le prélèvement des échantillons doivent être constitués de matériaux n'influant pas sur les propriétés et composants à analyser.

Il est préférable d'employer des instruments en acier inoxydable ou en plastique de qualité supérieure. Le choix de l'instrument dépend de la masse totale à analyser, de l'état physique de la matière, de la taille maximale des composants ainsi que de la nature de l'échantillon.

Le diamètre de l'ouverture doit être d'au moins 10 mm ou être au moins trois fois supérieur au diamètre maximal des composants.

Instruments utilisés pour prélever d'échantillons de sous-sol ou de matériaux disposés en tas

Tableau 1

Pertinence de différents instruments de prélèvement d'échantillons de sous-sol

Instrument de prélèvement	Sol (couche supérieure et sous-sol)	Échantillons de sous-sol à grain fin	Échantillons de sous-sol à grain grossier	Procédure (cf. chapitre 8, p. 41)
Sonde, tarière, pelle à main (tenir compte de l'égalité de volume)	+	–	–	U1, p. 43
Tarière hélicoïdale	+	–	–	U2, p. 44
Pelle mécanique	(+)	(+)	(+)	U3, p. 45
Appareils de forage de petit calibre : forages carottés battus.		+	(+)	U4, p. 46
Appareils de forage de gros calibre : carottages d'un diamètre de 3", 4½"		+	+	U5, p. 47 U6, p. 48

Réserve concernant les sondages à la pelle mécanique : sur les parois ou le sol des puits de sondage dont la profondeur est supérieure à 1 m.

pour des raisons de sécurité, il est dans la plupart des cas impossible de prélever des échantillons directement

Instruments utilisés pour le prélèvement d'échantillons de matériaux stockés

Tableau 2

Pertinence de différents instruments de prélèvement d'échantillons de matériaux stockés

Instrument de prélèvement	Matériaux cohésifs en vrac, tas cohésifs	Matériaux en vrac et tas non cohésifs			Procédure (cf. chapitre 8, p. 41)
		à grain fin, pulvérulents	à grain grossier	Matériaux fragmentés, pièces de grande taille	
Exemples	Matériaux d'excavation limoneux	Cendres, poussières de filtres	Mâchefers	Gravats, déblais de matériaux réfractaires, déchets solidifiés*	
Pelle mécanique, chargeuse sur pneus (tenir compte de l'égalité de volume)	+	–	+	(+)	L1, H1
Pelle de prélèvement	+	+	+	(+)	L2, H1
Pelle à main	+	+	+	–	L2
Spatule	+	+	–	–	L4
Lance d'échantillonnage, échantillonneur de zones, appareil d'échantillonnage de type sonde	–	+	–	–	L4
Tube de prélèvement, sonde, tarière	+	+	–	–	L4
Tarière à vis, tarière hélicoïdale, tarière à cuiller, tarière de sol	+	–	+	–	L3, L4
Carottier	–	–	–	(+)	L4
Marteau burineur	–	–	–	(+)	L4

* ne peuvent pas faire l'objet d'un échantillonnage représentatif

- Les méthodes d'échantillonnage représentatif ne peuvent pas être appliquées aux matériaux fragmentés et aux pièces de grande taille. Il est toutefois possible de prélever des échantillons de surface par burinage et par carottage.
- Les pelles de prélèvement et les pelles à main doivent être munies de bords relevés. La largeur des pelles et des spatules doit être au moins trois fois supérieure au diamètre maximal des composants (cf. EN 932-1 [14] : section 7).
- Il est important que les ouvertures des tarières (simples, à vis ou de sol), des sondes et des lances d'échantillonnage soient suffisamment grandes. En effet, elles doivent présenter une largeur d'au moins 10 mm ou au moins trois fois supérieure au diamètre maximal des composants.
- Les pelles pointues ne sont pas toujours adaptées. La largeur des pelles doit être au moins quatre fois supérieure au diamètre des composants.
- Les tarières à vis et les tarières de sol sont adaptées à l'échantillonnage d'une large palette de matériaux cohésifs (compost, sable, sols). Pour le compost, la vis doit présenter un diamètre d'au moins 100 mm (cf. [26]). Ce type d'instrument n'est toutefois pas adapté au prélèvement d'échantillons de matériaux non cohésifs.

Figure 4a
Pelle mécanique, chargeuse sur pneus



Figure 4b
Pelle de prélèvement à bords relevés



Figure 4c
Pelle à main



Figure 4d
Spatule



Figure 4e
Tube de prélèvement, sonde, tarière



Figure 4f
Lance d'échantillonnage



Figure 4g
Tarière à vis, tarière hélicoïdale



Figure 4h
Tarière à cuiller, tarière de sol

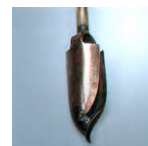


Figure 4i
Carottier (échantillonneurs de zones)



Figure 4j
Perforateur-burineur



Figure 4k
Appareil de forage

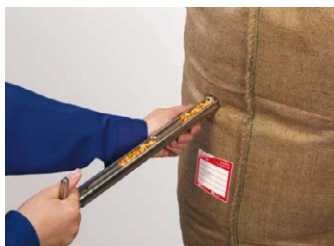


- Du fait de leur petit diamètre interne, les sondes, tarières et autres instruments de prélèvement tubulaires sont adaptés au prélèvement d'échantillons de matériaux à grain fin uniquement. Il convient de veiller à ce que la quantité minimale de matière définie à la figure 34, p. 75, soit prélevée.
- Les instruments gras doivent être nettoyés (dégraissés) avant utilisation.
- Les instruments doivent être nettoyés avant chaque prélèvement afin d'éviter toute contamination croisée.

Instruments utilisés pour le prélèvement d'échantillons de matériaux conditionnés

Figure 5

Prélèvement réalisé sur un sac à l'aide d'un échantillonneur de zones



Il est possible de percer les emballages en tissu ou en papier à l'aide d'un instrument adapté pour prélever un échantillon. Cette procédure n'est applicable que pour les matériaux à grain fin ($d_{\max} < 10 \text{ mm}$). Les instruments de prélèvement suivants peuvent pour ce faire être employés :

- spatule (pointue),
- tube de prélèvement,
- sonde,
- échantillonneur de zones.

Instruments utilisés pour le prélèvement d'échantillons de matériaux en mouvement

Si l'on procède régulièrement à des prélèvements sur des flux de déchets en mouvement, il peut être intéressant d'installer un échantillonneur automatique. Une liste non exhaustive des technologies les plus fréquemment employées pour ce type de prélèvements est présentée ci-dessous.

Tableau 3

Technologies utilisées pour le prélèvement d'échantillons de matériaux en mouvement (liste non exhaustive)

Lieu de prélèvement	Technologie
Convoyeur à bande	Échantillonneur pendulaire
Goulotte	Échantillonneur pour goulotte
Conduite, tuyau de descente	Échantillonneurs pour tuyau de descente (échantillonneur à cuiller, préleveur rotatif), échantillonneur hélicoïdal

3.2.2 Méthodes d'échantillonnage

Tableau 4

Pertinence de différentes techniques d'échantillonnage

Technique d'échantillonnage	Échantillons de sous-sol et de matériaux stockés			Matériaux conditionnés	Matériaux en mouvement	Remarque	Procédure (cf. chapitre 8, p. 41)
	à grain grossier	à grain fin	contenant des substances volatiles				
Prélèvement au moyen d'une tarière	–	+	–			Proche de la surface	U1
Prélèvement d'échantillons au moyen d'une tarière hélicoïdale	(+)	+	–				U2, L3
Prélèvement d'échantillons dans les puits creusés à la pelle mécanique	+	+	(+)			Uniquement les puits creusés à la pelle mécanique d'une profondeur < 1 m	U3
Prélèvement d'échantillons sur des carottes	(+)	+	–			Profondeur et quantité de matière limitées	U4
Prélèvement d'échantillons sur des carottes de grand diamètre	+	+	–				U5
Prélèvement d'échantillons sur des carottes intactes		+	(+)				U6
Prélèvement d'échantillons liners		+	+				U7
Prélèvement d'échantillons de matériaux stockés ou disposés en andains/tas au moyen d'une chargeuse sur pneus/pelle mécanique	+	+	–				L1
Prélèvement d'échantillons de matériaux homogènes disposés en tas : méthode des coupes	+	+	–			Uniquement si le tas présente un contenu homogène	L2
Prélèvement d'échantillons de matériaux stockés dans des camions ou des conteneurs	+	+	–				L4
Prélèvement d'échantillons à la vanne au moyen d'une tubulure				+			L5
Prélèvement d'échantillons de matériaux conditionnés en big bags ou en fûts				+			V1, V2
Prélèvement d'échantillons sur les flux de matériaux descendants					+		B1
Prélèvement d'échantillons sur les convoyeurs à bande					+		B2
Prélèvement d'échantillons pendant les processus de chargement et de déchargement					+		B3
Prélèvement d'échantillons de déblais de voie							[25]

3.3 Cas particuliers

3.3.1 Échantillons solides contenant des substances volatiles

Il n'est que rarement possible de prélever sur un lot des échantillons représentatifs de substances volatiles, qui présentent généralement une répartition équilibrée des phases liquide et gazeuse. Si le squelette minéral du matériau de matrice est détruit au cours du prélèvement, générant ainsi de nouvelles surfaces, une partie de la phase liquide s'évapore immédiatement, ce qui peut entraîner d'importantes erreurs d'échantillonnage.

Il convient d'éviter de recourir aux méthodes d'échantillonnage provoquant un échauffement de l'échantillon (p.ex. forages par carottier rotatif) ou une modification de sa structure (p.ex. prélèvement à la pelle) (cf. 6.3.4 dans [15]).

Les échantillons de matériaux à grain fin ou pollués par des composants aromatiques volatils ou des composés organiques volatils (COV) doivent être introduits dans des flacons spéciaux à verrouillage étanche de type «Headspace Vials» ou dans des flacons Schott de 100 ml par exemple (cf. [23]). Ces contenants ne permettant de prélever que de faibles quantités de matériau, il est la plupart du temps impossible de respecter les exigences définies en matière de quantité minimale de matière (cf. 11.1, p. 74, figure 34, p. 75).

Immédiatement après le prélèvement, l'échantillon peut être recouvert d'un solvant adapté (p.ex. méthanol), qui permet d'extraire l'analyte dans la phase liquide et de réduire considérablement la tension de vapeur.

Il est généralement impossible de procéder à un échantillonnage représentatif des substances volatiles sur un matériau de matrice présentant une granulométrie plus grossière que celle du sable fin à moyen.

Que l'on utilise des flacons spéciaux ou que l'on recouvre les échantillons, les pertes importantes et non quantifiables de substances volatiles sont inévitables.

Les mesures effectuées sur des échantillons solides contenant des substances volatiles donnent des indications et peuvent servir de base de comparaison. Les valeurs mesurées sont toutefois assorties d'une certaine incertitude.

3.3.2 Échantillons solides contenant des métaux particuliers

Pour les échantillons contenant des métaux particuliers (p.ex. matériaux pare-balles provenant des installations de tir), l'approche implicite selon laquelle l'échantillon peut être successivement broyé et partagé ne s'applique pas. En effet, une fois le processus de broyage terminé, les métaux particuliers (p.ex. fragments de projectiles) restent intacts dans le tamis et sont donc exclus de l'analyse effectuée par le laboratoire (cf. [23]).

Les échantillons solides contenant des métaux particuliers doivent être réduits de telle sorte que les fragments métalliques ne pouvant pas être broyés suffisamment finement pour être analysés soient retirés de l'échantillon. Les métaux particuliers non broyables doivent toutefois être inclus dans l'analyse. En effet, ces particules sont également présentes dans l'échantillon et sont au final amenées, par exemple en cas de mise en décharge, à être rejetées dans l'environnement (cf. [23]).

3.3.3 Substances liquides dans les systèmes polyphasés

Les substances telles que les hydrocarbures chlorés (HCC) présentent une solubilité dans l'eau limitée. Si leur concentration est supérieure à la limite de solubilité, une autre phase organique se présentant sous la forme de gouttes, de grumeaux ou de micelles peut apparaître entre les grains du matériau de matrice en plus de la phase aqueuse. Lorsque le squelette minéral du matériau de matrice est détruit ou ameubli pendant le processus d'échantillonnage, de tels systèmes polyphasés peuvent être mobilisés. Ils s'infiltrent plus profondément dans le matériau de matrice et ne sont donc pas présents dans l'échantillon prélevé (cf. 10.3, p. 72).

Le prélèvement d'échantillons solides contenant des HCC remanie inévitablement le squelette minéral, ce qui

provoque une perte par écoulement de HCC présents sous la forme de phase liquide. Un échantillon de matière solide remaniée ne fournit généralement qu'une valeur minimale des teneurs en HCC (cf. [30]).

Les «carottes intactes», recueillies par exemple avec un tube d'échantillonnage dans un forage carotté (carottier double, liner) fournissent des résultats plus représentatifs. De manière générale, on ne devrait utiliser que l'intérieur de la carotte pour l'analyse (cf. [30], méthode U7, p. 49).

3.3.4 Substances nécessitant le respect d'exigences spéciales en matière d'entreposage et de transport

Des précautions particulières doivent être prises lors de l'entreposage et du transport des substances suivantes :

- toutes les substances volatiles ou biodégradables (p.ex. essence, chlorure de méthylène, chloroforme),
- les composants aromatiques volatils (p.ex. benzène, toluène),
- le mercure.

Les précautions à prendre lors de l'entreposage et du transport d'échantillons solides contenant ces substances sont décrites dans le chapitre consacré aux récipients pour échantillons (cf. 5.1, p. 32). Les principes suivants s'appliquent :

- aussi rapidement que possible,
- autant que possible au froid,
- autant que possible à l'abri de la lumière.

3.3.5 Substances dont la manipulation requiert le respect d'exigences spéciales en matière de sécurité au travail

Des précautions particulières en matière de sécurité au travail doivent être prises par les personnes impliquées dans l'échantillonnage de nombreuses substances considérées comme nocives. Il convient en l'espèce de respecter les prescriptions correspondantes de la SUVA (p.ex. vêtements de protection; en cas de suspicion de la présence d'amiante, masque de protection des voies respiratoires conforme aux prescriptions de la SUVA, cf. [36]; etc.) pour les substances suivantes :

- les poussières fibreuses et particules fines respirables, en particulier les matériaux contenant de l'amiante ;
- les substances dangereuses pour la peau (cf. [8]), à savoir :
 - les matières corrosives (p.ex. ciment, cendres de bois),
 - les substances connues pour favoriser les risques d'eczéma et d'allergie, à savoir,
 - les plastiques et résines synthétiques non durcis,
 - les composants issus de la production de caoutchouc,
 - les biocides,
 - les ions métalliques (p.ex. ciment et cendres de bois du fait de leur teneur en chrome hexavalent, composés de nickel solubles);
- les substances provoquant des réactions cutanées (cf. [8]), à savoir :
 - les dérivés aminés et composés nitrés aromatiques et aliphatiques (p.ex. aniline, toluidine, nitrobenzène, triéthylamine ou anisidine),
 - de nombreux composés phénoliques tels que le phénol, le crésol ou l'hydroquinone,
 - les solvants spéciaux tels que le diméthylformamide (DMF), le glycoléther et l'éthylbenzène,
 - les hydrocarbures halogénés tels que le chlorobenzène, le chloroforme et le tétrachlorométhane,
 - de nombreux pesticides, en particulier les organophosphates comme le parathion,
 - certains composés organométalliques, en particulier les très toxiques composés méthylmercuriels,
 - le diméthylsulfoxyde ainsi que
 - l'essence, l'antigel, le liquide de freins ;
- les déblais contenant des métaux lourds (p.ex. déblais provenant des buttes pare-balles des installations de tir, matériaux pollués au mercure, poussières polluées au cadmium);
- les mâchefers contenant de la dioxine ;
- les matériaux contenant des HAP, tels que les revêtements goudronneux ou les déblais issus de la démolition des routes ;
- les matériaux contenant des PCB (sédiments, boues, déblais); liste non exhaustive.

Il convient de planifier des mesures de sécurité au travail suffisamment tôt lorsque l'on envisage de prélever des échantillons de matériaux contenant des substances nocives.

Si des échantillons doivent être prélevés dans des récipients contenant des substances particulièrement dangereuses, il est recommandé d'utiliser une boîte à gants (Glove Box).

3.3.6 Procédure à suivre pour les échantillons de grande taille

Comme déjà précisé, pour les matériaux faisant l'objet d'une contamination particulière, les quantités minimales de matière à prélever présentées à la figure 34, p. 75, ont été définies en tenant compte d'une marge d'erreur d'échantillonnage relative tolérée (ϵ) de 20 % (cf. [23], [27]). Pour réduire cette marge d'erreur tolérée, il faudrait augmenter encore la quantité d'échantillons (cf. annexe 3, A3.1 p. 85, cf. figure 40, p. 88).

Le graphique de la figure 34, p. 75, montre cependant également que déjà à partir d'un diamètre maximal des composants $d_{\max} \approx 50$ mm, il est nécessaire de prélever des échantillons d'une taille telle qu'il devient trop fastidieux de les préparer en laboratoire. On constate ici que la quantité minimale de matière à prélever est proportionnelle au cube du diamètre maximal des composants. Dans la pratique, il est donc impossible de procéder à un échantillonnage représentatif des matériaux à grain grossier (cf. annexe 3, équation [2], p. 85).

Si un tel échantillon doit être analysé, il est possible de séparer les gros grains des grains fins par tamisage. Il peut être judicieux de recourir à cette méthode même pour les diamètres inférieurs (cf. procédure S1, p. 60).

La part massique de la fraction grossière séparée ne peut pas être simplement additionnée en tant que part massique propre à la fraction fine analysée. Les deux fractions granulométriques doivent être traitées séparément.

- On prélève de la fraction fine (= tamisat) un échantillon de laboratoire répondant aux critères de quantité

minimale requise présentés à la figure 34, p. 75, et on l'analyse.

- Une partie de la fraction grossière peut être analysée à titre indicatif, comme un échantillon évaluatif. Si l'échantillon contient des morceaux de béton volumineux ou des graviers grossiers, il n'est par contre pas pertinent d'analyser la fraction grossière.
- Il est possible de calculer la teneur totale du paramètre analysé dans l'échantillon à partir de la part massique de la fraction grossière uniquement lorsque l'on peut supposer que la fraction grossière tamisée est propre.
- Cette procédure génère de plus grandes incertitudes, qui doivent être prises en compte dans le cadre de l'évaluation de l'incertitude d'échantillonnage globale (cf. chap. 12, p. 77).
- Cette procédure n'apporte pas de preuves claires attestant du respect de valeurs limites. Ainsi, lorsque la valeur attendue est proche de la valeur limite de référence, il convient de discuter de la procédure avec les autorités d'exécution compétentes.

4 Prétraitement des échantillons

4.1 Préparation d'échantillons composites ou mélangés

Pour obtenir un échantillon représentatif d'un ensemble, il est possible de regrouper plusieurs échantillons simples pour former un échantillon mélangé. Il est alors admis que la teneur du paramètre analysé dans l'échantillon mélangé correspond approximativement à la teneur moyenne présente dans l'ensemble faisant l'objet de l'échantillonnage, ce qui permet de compenser largement l'hétérogénéité de ce dernier lors du prélèvement (cf. [20], [28], [32]).

Les échantillons mélangés constitués à partir d'échantillons simples permettent également d'atteindre la quantité minimale de matière nécessaire à la formation d'un échantillon de laboratoire (cf. chap. 11, pp. 74 ss).

Pour constituer un échantillon mélangé, il convient de déterminer le nombre d'échantillons simples prélevés et leur répartition au sein de l'ensemble. Les principes suivants s'appliquent :

- l'augmentation du nombre d'échantillons améliore la reproductibilité des résultats,
- l'augmentation du nombre d'échantillons simples ne permet d'approcher l'hétérogénéité d'un paramètre que jusqu'à un certain point (cf. [20]). Pour cette raison, l'ensemble auquel un échantillon mélangé se rapporte devrait être aussi homogène que possible.

La procédure à suivre pour constituer un échantillon mélangé (cf. procédure M1, p. 58) ne peut pas être définie par avance dans tous les cas ; elle doit faire l'objet d'une analyse de plausibilité tenant compte des hypothèses faites au sujet de la pollution (cf. [28]). Il convient de noter que, bien que la constitution d'un échantillon mélangé permette de réduire le coût de l'analyse et l'incertitude (quatre échantillons simples réduisent l'incertitude de moitié environ), une perte d'informations sur la dispersion des données (point/moment de prélèvement) est possible.

4.2 Homogénéisation du matériau à échantillonner

Lorsque l'on suppose que le matériau constituant le cœur d'un tas ne possède pas les mêmes propriétés que le matériau présent à sa surface, il est nécessaire d'homogénéiser le tout avant de procéder au prélèvement. Pour prélever des échantillons représentatifs aussi bien du cœur que de la surface d'un tas, il est également possible d'appliquer la méthode des lits d'homogénéisation H1 (cf. procédure H1, p. 58), qui nécessite cependant le déploiement d'importantes ressources en termes de travail et/ou de machines.

4.3 Partage d'un échantillon

Il peut être nécessaire de partager ou de réduire l'échantillon prélevé sur le terrain afin de constituer un échantillon de laboratoire, en particulier dans le cas des échantillons composites.

La masse de l'échantillon partagé ou réduit ne doit pas être inférieure à la quantité minimale de matière à prélever pour l'analyse en laboratoire définie au chapitre 11 (pp. 74 ss).

Les techniques employées doivent permettre de garantir que même les échantillons présentant une tendance à la ségrégation soient partagés correctement.

Les techniques de partage listées ci-dessous sont généralement envisagées.

Tableau 5

Techniques de partage ou de réduction d'un échantillon

Technique	Procédure	Remarque
Partage au moyen d'un diviseur à couloirs	A1, p. 61	Uniquement pour les matériaux pulvérulents
Partage par pelletage fractionné vrai	A2, p. 62	
Partage par quartage (au moyen d'une croix de quartage)	A3, p. 63	Fastidieux, rarement employé dans la pratique
Partage par pelletage alterné	A4, p. 64	
Partage sur une bêche	A5, p. 65	
Partage au moyen d'un diviseur rotatif ou d'autres diviseurs automatiques	A6, p. 65	Uniquement pour les flux de matériaux sortants

5 Conditionnement et transport

5.1 Récipients pour échantillons

Les récipients doivent être conçus de sorte à éviter toute perte de polluant lors du transport et de l'entreposage (cf. [23]).

Les échantillons de laboratoire doivent être stockés dans des récipients fermés, propres, secs, imperméables à l'humidité, aussi hermétiques que possible et suffisamment grands. Il est recommandé de prévoir une réserve de récipients pour le partage des échantillons et les prélèvements supplémentaires (cf. 4.1 dans [7]). Les récipients doivent en outre remplir les exigences suivantes :

- leurs parois doivent être suffisamment hautes pour qu'ils supportent les contraintes auxquels ils sont soumis au cours de l'échantillonnage et du transport,
- leurs matériaux doivent être choisis de telle sorte qu'ils ne puissent pas contaminer les échantillons et que les polluants ne soient pas adsorbés au niveau des parois,
- ils doivent être constitués de matériaux compatibles avec le déchet analysé et le spectre des polluants attendus, ce afin d'éviter tout risque de déformation ou de rupture en cas d'attaque chimique,
- les récipients en plastique ne sont pas adaptés aux échantillons contenant des polluants volatils ; pour ce type de substances, il convient de prévoir des flacons à col large en verre avec bouchon à insert PTFE et de les remplir à ras bord,
- les échantillons contenant des polluants photosensibles doivent être stockés à l'abri de la lumière, par exemple dans des flacons en verre foncé,
- de façon générale, il convient de n'utiliser que des récipients neufs afin d'éviter tout risque de contamination croisée.

Tableau 6

Type et taille de récipient, et conditions de conservation des échantillons solides

Paramètre	Type de récipient et taille	Conservation	Remarque
Hydrocarbures C ₁₀ -C ₄₀ , aniline, aromates nitrés, HAP, PCB, phénols, métaux	Flacons en verre pour les échantillons < 1 kg, pots en PE, sachets en PE Seaux en PE ou sacs en plastique (p. ex. Nalgene™) pour les échantillons > 1 kg Récipients homologués par l'ONU pour les gros volumes de déchets spéciaux	Emballage étanche et entreposage au froid et à l'abri de la lumière	Il est conseillé d'utiliser deux sachets en plastique pour emballer les échantillons. Ainsi, la matière sera protégée même si l'un des sachets est endommagé.
Substances volatiles : HC _{C5-C10} , BTEX, mercure, composés mercuriels	Flacons en verre à verrouillage étanche avec bouchon à insert PTFE	Entreposage au froid et à l'abri de la lumière. Éventuellement, conservation dans le méthanol selon [23]	Remplir entièrement le flacon et le refermer immédiatement. La quantité d'air environnant doit être aussi faible que possible.
Matériaux contenant de l'amiante	Emballer hermétiquement le récipient rempli dans un sac pour déchets amiantés		Cf. fiches thématiques de la SUVA [36], [37] Mesures de protection des personnes selon les directives de la SUVA

Figure 6

Récipients pour échantillons solides

Source : www.wessling-group.com, avec l'aimable autorisation de Wessling AG

5.1.1 Exigences spéciales s'appliquant aux échantillons contenant des substances volatiles

Les échantillons solides contenant des HCC peuvent perdre jusqu'à 100 % de ces derniers s'ils sont exposés à des températures élevées et à l'air ambiant pendant une période prolongée, s'ils sont transportés dans des seaux en plastique non étanches à la diffusion ou s'ils ne peuvent être refroidis sans interruption (cf. [30]).

Les échantillons solides contenant des substances volatiles doivent donc être transportés jusqu'au laboratoire dans des flacons hermétiques réfrigérés (flacons en verre avec bouchon vissable à insert PTFE). Il est également possible de recouvrir l'échantillon de méthanol immédiatement après le prélèvement (cf. instructions sur les méthodes d'analyse [23] : Méthode S-8 ; cf. 6.3.2 de la norme DIN 19747, [9]).

Les sondages par enfoncement («direct push») permettent de prélever dans des liners en plastique des échantillons solides contenant des substances volatiles directement depuis le trou de forage. Ce procédé convient uniquement aux sous-sols présentant une granulométrie fine. Comme les hydrocarbures chlorés sont particulièrement susceptibles de se diffuser à travers les liners en plastique, ces derniers doivent être immédiatement refroidis et réfrigérés pendant le transport jusqu'au laboratoire.

5.2 Marquage des récipients

Afin d'éviter toute confusion, il est nécessaire d'inscrire de manière claire et simple sur le récipient contenant l'échantillon :

- le numéro d'échantillon,
- sa provenance ou le lot auquel il se rapporte,
- la date du prélèvement.

Il convient d'inscrire ces informations à l'aide d'un marqueur indélébile, non seulement sur le couvercle, mais aussi sur le récipient lui-même. Une fiche d'accompagnement (protocole de prélèvement, mandat de laboratoire) comportant une description de l'échantillon (ou des échantillons, selon les cas) doit également être fournie (cf. chap. 6, p. 35).

Figure 7

Marquage sur un récipient

5.3 Transport

Les échantillons contenant des substances volatiles, des anilines ou des phénols doivent parvenir rapidement au laboratoire d'analyse afin de limiter autant que possible les risques d'altération (cf. 6.5 dans [9]).

Lors du transport de polluants volatiles, il convient de veiller à ce que la chaîne du froid soit maintenue, notamment en utilisant des caisses d'expédition spéciales réfrigérées avec de la glace carbonique.

5.4 Conditions d'entreposage

Les récipients doivent être entreposés au sec, au froid et à l'abri de la lumière.

6 Documentation du prélèvement

6.1 Protocole de prélèvement

L'auteur des prélèvements doit joindre à chaque échantillon un protocole de prélèvement signé comportant au moins les informations suivantes :

- numéro d'échantillon unique,
- date et heure du prélèvement,
- lieu et profondeur du prélèvement,
- désignation du matériau ou produit,
- granulométrie, taille des composants,
- particularités organoleptiques (couleur, odeur, etc. ; cf. procédure S1, p. 60),
- inventaire des polluants visibles, proportion de corps étrangers,
- quantité de matière prélevée,
- mandant, site de production, auteur des prélèvements,
- conditions de prélèvement (p. ex. météo, température, humidité, etc.).

Les éventuelles divergences par rapport aux règles d'échantillonnage en vigueur ou autres particularités doivent être consignées dans le protocole de prélèvement.

Un exemple de protocole de prélèvement est présenté à l'annexe 4 (p. 91).

Afin de faciliter la transmission des informations entre l'auteur des prélèvements et le laboratoire d'analyse, il est recommandé de transmettre à ce dernier, en plus du mandat de laboratoire, des copies des protocoles de prélèvement.

Un exemple de mandat de laboratoire est présenté à l'annexe 5 (p. 92).

6.2 Mandat de laboratoire

Les échantillons prélevés sont remis au laboratoire accompagnés d'un mandat de laboratoire contenant une liste de tous les échantillons à analyser avec, pour chacun d'entre eux, les indications suivantes :

- numéro d'échantillon unique,
- date et heure du prélèvement,
- lieu et profondeur du prélèvement,
- cadre légal régissant l'échantillonnage et l'analyse (valeurs limites fixées dans l'OLED, l'OSol, etc.) et directives relatives à la préparation des échantillons,
- paramètres à analyser (programmes d'étude ou paramètres individuels).

Partie II Procédures et méthodes

Cette deuxième partie résume les approches pratiques pouvant être adoptées pour l'échantillonnage des déchets solides.

Elle met à la disposition des professionnels des indications volontairement concises concernant la planification et un large éventail de méthodes d'échantillonnage. Certaines informations présentées dans la partie I sont intentionnellement répétées ici.

7 Planification

7.1 Quantité minimale de matière à prélever

Cf. chapitre 11, pp. 74 ss

7.1.1 Échantillons faisant l'objet d'une contamination particulière

Cf. chapitre 11, p. 74, cf. figure 34, p. 75

Le texte, la figure et le tableau suivants s'appliquent aux échantillons solides contenant des polluants inorganiques tels que :

- les matériaux d'excavation contenant des métaux lourds,
- les autres matériaux contenant des métaux (lourds) sous forme particulaire (p.ex. fragments de projectiles)

ainsi que

- les matériaux bitumineux de démolition (des routes, p.ex.) contenant des HAP,
- les particules de créosote,
- les mâchefers et sables de fonderie,
- les matériaux minéraux non triés contenant des déchets de chantier contaminés aux PCB (p.ex. mastic pour joints et fenêtres),
- les autres matériaux contenant des substances sous forme particulaire.

Figure 8

Échantillons de matériaux faisant l'objet d'une contamination particulière

Quantité minimale de matière à prélever en fonction de la taille maximale des composants (d'après [13], [16], [23] et [27]). Les échantillons de réserve ne sont pas compris dans la quantité minimale de matière à prélever.

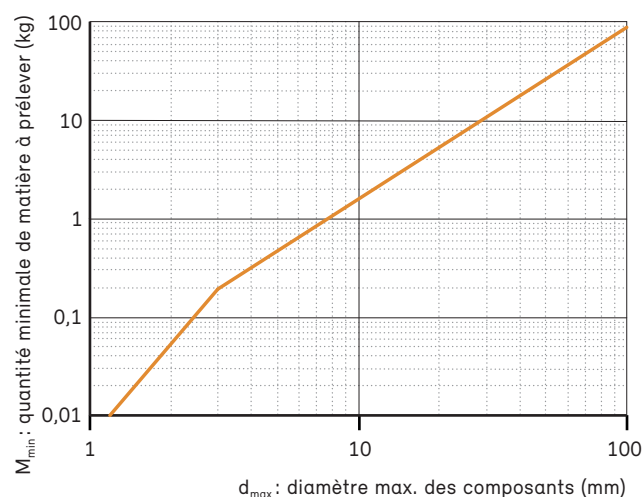


Tableau 7

Échantillons faisant l'objet d'une contamination particulière

Quantité minimale de matière à prélever en fonction de la taille maximale des composants, exemples.

$d_{\max}$: Diamètre maximal des particules	$M_{\min}$: Quantité minimale de matière à prélever
10 cm	100 kg
5 cm	30 kg
2 cm	6 kg
1 cm	1,5 kg
5 mm	500 g → recommandé: 1 kg
1 mm	5 g → recommandé: 1 kg

7.1.2 Échantillons faisant l'objet d'une contamination de surface

La masse minimale de l'échantillon varie également en fonction de la substance et de son type de présence dans le matériau de matrice (cf. chap. 11, p. 74, et fig. 35, p. 76).

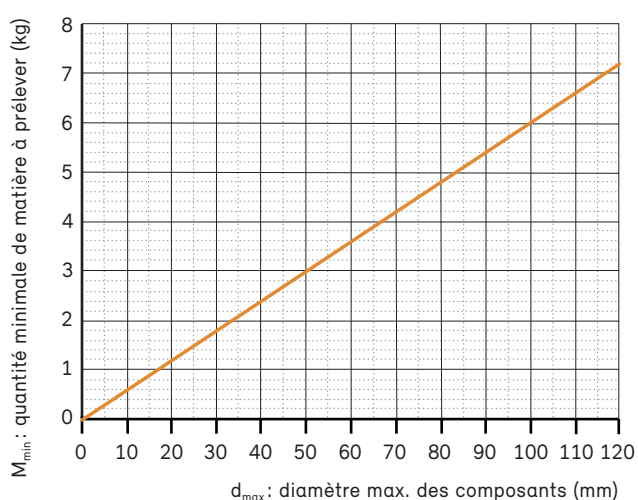
Le texte, la figure et le tableau suivants s'appliquent aux échantillons solides en cas de contamination de surface par des polluants organiques tels que :

- les hydrocarbures aromatiques aliphatiques et monocycliques (HC_{C5-C10}, HC_{C10-C40}, BTEX),
- l'essence, l'huile de chauffage, le diesel, le kérosène,
- les huiles contenant des PCB,
- les HCC,
- les autres substances en phase liquide.

Figure 9

Contamination de la surface du matériau de matrice

Quantité minimale de matière à prélever en fonction de la taille maximale des composants (d'après [13]). Les échantillons de réserve ne sont pas compris dans la quantité minimale de matière à prélever.



$$M_{\min} \approx 0,06 d_{\max} \quad \begin{array}{l} M_{\min} \text{ en kg} \\ d_{\max} \text{ en mm} \end{array}$$

Tableau 8

Contamination de la surface du matériau de matrice

Quantité minimale de matière à prélever en fonction de la taille maximale des composants, d'après [11], exemples.

d _{max} : diamètre maximal des particules	M _{min} : quantité minimale de matière à prélever
10 cm	6 kg
5 cm	3 kg
2 cm	1,2 kg
1 cm	600 g → recommandé: 1 kg
5 mm	300 g → recommandé: 1 kg
1 mm	60 g → recommandé: 1 kg

7.2 Nombre d'échantillons

Cf. 2.3.2, p. 20

7.2.1 Échantillonnage d'un domaine d'homogénéité dans le sous-sol

Il convient de prélever et d'analyser au moins deux échantillons mélangés pour un domaine d'homogénéité dans le sous-sol.

7.2.2 Échantillonnage de matériaux disposés en tas

Les différents échantillons simples doivent être prélevés de façon uniforme sur l'ensemble du lot. Les points de prélèvements doivent être consignés dans le protocole de prélèvement. Les différents échantillons simples doivent présenter un poids ou un volume à peu près équivalent. Des conseils pratiques pour la réalisation d'un examen organoleptique pour les matériaux disposés en tas ainsi que des illustrations pratiques qui facilitent l'appréciation visuelle de la proportion de corps étrangers dans ces matériaux sont disponibles sous 8.1, p. 42, et à l'annexe 2, p. 83 (notice [33]).

7.2.3 Accompagnement des travaux d'excavation et d'élimination ainsi que de tri des déblais

Il est nécessaire de procéder à un examen organoleptique afin de s'assurer de l'homogénéité du lot de déchets. S'il s'avère que ce dernier n'est pas homogène, il convient de délimiter les différents lots partiels et de les échantillonner séparément (cf. 3.1.1, p. 22, cf. procédure O, p. 42).

Tableau 9

Nombre minimum d'échantillons à prélever sur les lots de déchets présentant des caractéristiques homogènes

Volume du lot de déchets	Nombre d'échantillons simples	Nombre d'échantillons mélangés	Nombre d'échantillons de laboratoire
Jusqu'à 20 m ³ en vrac	1	1	1
Jusqu'à 100 m ³ en vrac	4	1	1
Jusqu'à 200 m ³ en vrac	8	2	2
Pour chaque volume supplémentaire de 100 m ³ en vrac	+4	+1	+1

7.2.4 Échantillonnage de matériaux stockés dans des récipients

Il est nécessaire de procéder à un examen organoleptique afin de s'assurer de l'homogénéité du lot de déchets. Les récipients à examiner ou à échantillonner sont choisis de manière aléatoire.

Il convient de constituer des échantillons mélangés à partir de quatre sondages au moins, prélevés aussi bien au centre que près des bords du récipient.

Si le récipient contient différents matériaux, il convient de les échantillonner comme des lots séparés.

Tableau 10

Nombre minimum de récipients (fûts, big bags, tambours, autres) à échantillonner

Nombre de récipients	Nombre minimum de récipients devant faire l'objet d'un examen organoleptique	Nombre minimum de récipients à partir desquels des échantillons mélangés doivent être constitués
Jusqu'à 5	chaque récipient	1
Jusqu'à 10	chaque récipient	2
Jusqu'à 30	10	2
Jusqu'à 60	15	3
Jusqu'à 100	20	4
Pour chaque tranche supplémentaire de 100 récipients	+5	+1

7.2.5 Échantillonnage de matériaux stockés en bennes (exception faite des bennes utilisées dans le cadre de processus industriels)

Procédure à suivre pour l'évaluation des matériaux d'excavation stockés en bennes

Tableau 11

Nombre minimum d'échantillons à prélever sur les matériaux d'excavation stockés en bennes

Volume des matériaux d'excavation stockés en bennes	Nombre d'échantillons simples	Nombre d'échantillons mélangés	Nombre d'échantillons de laboratoire
Jusqu'à 20 m ³ en vrac	1	1	1
Jusqu'à 100 m ³ en vrac	4	1	1
Jusqu'à 200 m ³ en vrac	8	2	2
Pour chaque volume supplémentaire de 100 m ³ en vrac	+4	+1	+1

Procédure à suivre pour l'évaluation des autres déchets stockés en bennes

Au moins quatre échantillons simples doivent être prélevés pour constituer un échantillon mélangé. Il convient de former au minimum un échantillon de laboratoire par benne.

Tableau 12

Nombre minimum de bennes contenant des déchets spéciaux à échantillonner

Nombre de bennes	Nombre minimum de bennes devant faire l'objet d'un examen organoleptique	Nombre minimum de bennes à partir desquelles des échantillons mélangés doivent être constitués
Jusqu'à 5	chaque benne	1
Jusqu'à 10	chaque benne	2
Jusqu'à 30	10	2
Jusqu'à 60	15	3
Jusqu'à 100	20	4
Pour chaque tranche supplémentaire de 100 bennes	+5	+1

Autres équipements requis dans les situations dangereuses :

- masque de protection du visage,
- équipement de protection des voies respiratoires,
- vêtements de protection contre les produits chimiques,
- systèmes de radiocommunication à sécurité intrinsèque munis d'une fonction de veille automatique,
- lorsque l'on suspecte la présence d'amiante : masque de protection des voies respiratoires selon [36].

Cf. 2.3.4, p. 21. Pour plus d'informations concernant les équipements de protection individuelle : [38], www.suva.ch/waswo-f.

7.3 Sécurité au travail et protection de la santé (liste de contrôle)

Exigences minimales :

- gants à usage unique (cf. EN 388 : Gants de protection contre les risques mécaniques),
- masque anti-poussière,
- lunettes de protection (cf. EN 166).

Travaux d'échantillonnage sur les chantiers :

- chaussures de sécurité,
- casque,
- veste de signalisation à haute visibilité,
- protection auditive.

8 Liste de méthodes

Tableau 13

Aperçu des différentes méthodes

	Page
8.1 Méthode de délimitation	42
O Examen organoleptique	42
8.2 Méthodes de prélèvement	43
8.2.1 Prélèvement d'échantillons de sous-sol	43
U1 Prélèvement au moyen d'une tarière	43
U2 Prélèvement d'échantillons au moyen d'une tarière hélicoïdale	44
U3 Prélèvement d'échantillons dans les puits creusés à la pelle mécanique	45
U4 Prélèvement d'échantillons sur des carottes	46
U5 Prélèvement d'échantillons sur des carottes de grand diamètre	47
U6 Prélèvement d'échantillons sur des carottes intactes	48
U7 Prélèvement d'échantillons liners	49
8.2.2 Prélèvement d'échantillons de matériaux stockés	50
L1 Prélèvement d'échantillons de matériaux stockés ou disposés en andains /tas au moyen d'une chargeuse sur pneus/pelle mécanique	50
L2 Prélèvement d'échantillons de matériaux homogènes disposés en tas : méthode des coupes	51
L3 Prélèvement d'échantillons de matériaux stockés ou disposés en andains/tas au moyen d'une tarière hélicoïdale	52
L4 Prélèvement d'échantillons de matériaux stockés dans des camions ou des conteneurs	52
L5 Prélèvement d'échantillons à la vanne au moyen d'une tubulure	53
8.2.3 Prélèvement d'échantillons de matériaux	53
V1 Prélèvement d'échantillons de matériaux conditionnés en big bags	53
V2 Prélèvement d'échantillons de matériaux conditionnés en fûts	54
8.2.4 Prélèvement d'échantillons de matériaux en mouvement	56
B1 Prélèvement d'échantillons sur les flux de matériaux descendants	56
B2 Prélèvement d'échantillons sur les convoyeurs à bande	57
B3 Prélèvement d'échantillons pendant les processus de chargement et de déchargement	57
B4 Prélèvement d'échantillons de déblais de voie	57
8.3 Méthodes de prétraitement des échantillons	58
8.3.1 Constitution d'un échantillon mélangé	58
M1 Constitution d'un échantillon mélangé	58
8.3.2 Homogénéisation	58
H1 Méthode des lits d'homogénéisation	58
8.3.3 Réduction de la taille des composants (tamisage)	60
S1 Tamisage sur le terrain/sur le chantier	60
8.3.4 Partage des échantillons	61
A1 Partage au moyen d'un diviseur à couloirs	61
A2 Partage par pelletage fractionné vrai	62
A3 Partage par quartage (au moyen d'une croix de quartage)	63
A4 Partage par pelletage alterné	64
A5 Partage sur une bêche	65
A6 Partage au moyen d'un diviseur rotatif ou d'autres diviseurs automatiques	65

8.1 Méthode de délimitation

O Examen organoleptique	
Taille des lots	Lots de toutes tailles
Objectif	On procède généralement à un examen organoleptique du lot de matière à échantillonner avant chaque prélèvement. Cet examen a principalement pour but : • de décrire de façon compréhensible la matière à échantillonner, • de vérifier les postulats émis lors de la planification de l'échantillonnage et, • le cas échéant, de subdiviser le lot à échantillonner en domaines d'homogénéité. S'il ressort de l'examen organoleptique que des postulats déterminants émis lors de la formulation de l'hypothèse de travail (p. ex. taille maximale des composants, répartition des substances) sont erronés, il convient de vérifier la planification de l'échantillonnage et de la corriger si besoin (en modifiant p. ex. la quantité minimale de matière ou le nombre d'échantillons à prélever).
Figure 10 : Tas de matériaux d'excavation contenant des déchets 	
Procédure à suivre pour les échantillons de sous-sol	L'évaluation organoleptique des échantillons de sous-sol contenant des déchets s'effectue : • soit par appréciation visuelle et olfactive des carottes, • soit par appréciation visuelle des parois des puits de sondage. Selon la profondeur et les conditions de luminosité, il peut être difficile d'évaluer les parois des puits de sondage. Il est interdit de pénétrer dans les puits et fosses non sécurisés de plus d'un mètre de profondeur. Dans ce genre de cas, il convient d'évaluer les matériaux excavés disposés en tas (cf. plus bas).
Procédure à suivre pour les matériaux stockés	Dans le cas des matériaux stockés en tas, il est nécessaire de procéder à une appréciation visuelle et olfactive de l'ensemble de la surface. Si le tas est de taille importante, il se peut que son centre présente des propriétés différentes de celles des matériaux ajoutés en dernier lieu visibles en surface. Dans ce cas, il convient de prélever un échantillon au centre du tas à l'aide d'un instrument (tarière, sonde, pelle, pelle mécanique) et de le comparer aux matériaux se trouvant en surface.
Procédure à suivre pour les matériaux conditionnés	Si plusieurs fûts doivent faire l'objet d'un échantillonnage, on réalise des prélèvements sur toute la profondeur du récipient et on les soumet à un examen organoleptique afin de vérifier leur homogénéité. Le nombre minimum de récipients devant faire l'objet d'un examen organoleptique est fixé sous 7.2.4, p. 39, tab. 10. S'il n'existe aucune exigence en matière de quantité minimale pour les échantillons prélevés aux fins de l'examen organoleptique, le diamètre de l'instrument de prélèvement doit toutefois être choisi en fonction de la taille maximale des composants. Procédure à suivre dans le cadre de l'examen organoleptique d'un fût : • ouvrir le fût avec précaution car il peut être sous pression, • prélever un échantillon au centre et un autre sur les bords à l'aide d'un instrument (tarière, sonde, échantillonneur de zones), retirer ce dernier et placer l'échantillon dans un récipient aussi transparent que possible, • refermer le fût. Une fois l'échantillonnage terminé, on compare les propriétés organoleptiques des échantillons se trouvant dans les récipients : • si l'homogénéité du lot est confirmée, on procède à l'échantillonnage en suivant la procédure V1, p. 53, ou V2, p. 54, • si l'homogénéité du lot n'est pas confirmée, on soumet chaque récipient à un examen organoleptique et on les divise en lots partiels en fonction des résultats.

O Examen organoleptique

Documentation Les constatations faites lors de l'examen organoleptique sont consignées dans le protocole de prélèvement (cf. 6.1, p. 35, et annexe 4, p. 91).

Caractéristiques à évaluer (cf. 3.1.1, p. 22)	• couleur • distribution granulométrique et répartition des fragments selon leur taille • proportion de corps étrangers • consistance • odeur • formation de gaz • le cas échéant, test tactile (veiller au respect des mesures de protection individuelle)
---	---

Référence [17]

8.2 Méthodes de prélèvement

8.2.1 Prélèvement d'échantillons de sous-sol

U1 Prélèvement au moyen d'une tarière

Conditions préalables La tarière ne permet pas d'effectuer des prélèvements à plus d'un mètre de profondeur environ. Elle est donc principalement utilisée pour prélever des échantillons de sol (cf. [28]). Elle doit présenter un diamètre interne au moins trois fois supérieur au diamètre maximum des composants du matériau à échantillonner (cf. 3.1.1, p. 22). La tarière est principalement employée pour les matériaux cohésifs à grain fin. Avec les matériaux à grain grossier ou rassemblés en tas compacts, il est souvent impossible de sonder suffisamment profondément.

Figure 11 : Tarière



Procédure Le **prélèvement d'échantillons représentatifs d'une surface** (en plusieurs prises) s'impose lorsque les hypothèses de travail indiquent que la pollution ne présente *pas* de gradient horizontal significatif. L'expérience montre que pour une surface de prélèvement de 100 m², 16 à 25 échantillons simples suffisent à former un échantillon mélangé (cf. [32]). Des **échantillons représentatifs d'un transect** doivent être prélevés (en plusieurs prises) lorsque les hypothèses de travail indiquent un fort gradient de pollution. Le transect de prélèvement est choisi perpendiculaire au gradient attendu, avec des échantillons simples régulièrement espacés. Les prises permettant de constituer les échantillons simples sont réalisées à la main, à l'aide de la tarière. Il s'agit alors de prélever des carottes à la profondeur souhaitée.

Traitement ultérieur : constitution de l'échantillon composite	Les carottes constituant les échantillons simples sont placées dans un récipient adapté (en règle générale, un seau en plastique, cf. fig. 6, p. 33) et rassemblées pour former un échantillon mélangé (procédure M1, p. 58).
--	---

Partage de l'échantillon composite	Comme la tarière ne permet généralement de prélever que de petites quantités de matière, il n'est dans la plupart des cas pas nécessaire de partager l'échantillon.
------------------------------------	---

U1 Prélèvement au moyen d'une tarière

Remarque	Pour les matériaux à grain grossier, il peut être difficile d'atteindre la quantité minimale de matière à prélever définie au chap. 11 (pp. 74 ss) moyennant des efforts raisonnables. Dans ce genre de cas, il est nécessaire d'augmenter la marge d'erreur tolérée (cf. fig. 40, p. 88).
Référence	[28], [32]

U2 Prélèvement d'échantillons au moyen d'une tarière hélicoïdale

Conditions préalables	La tarière hélicoïdale ne permet pas d'effectuer des prélèvements à plus d'un mètre/un mètre cinquante de profondeur environ. Elle est donc généralement utilisée pour prélever des échantillons de sol (cf. [28]) ou de déchets accumulés recouverts d'une couche protectrice de faible épaisseur. La tarière hélicoïdale est principalement employée pour les matériaux cohésifs à grain fin. Avec les matériaux à grain grossier ou rassemblés en tas compacts, l'utilisation de cet instrument est limitée.
-----------------------	---

Figure 12 : Prélèvement d'échantillons dans une accumulation de déchets au moyen d'une tarière hélicoïdale



Procédure	Le prélèvement d'échantillons représentatifs d'une surface (en plusieurs prises) s'impose lorsque les hypothèses de travail indiquent que la pollution ne présente <i>pas</i> de gradient horizontal significatif. L'expérience montre que, pour une surface de prélèvement de 100 m², 16 à 25 échantillons simples suffisent à former un échantillon mélangé (cf. [32]). Des échantillons représentatifs d'un transect doivent être prélevés (en plusieurs prises) lorsque les hypothèses de travail indiquent un fort gradient de pollution. Le transect de prélèvement est choisi perpendiculaire au gradient attendu, avec des échantillons simples régulièrement espacés. Les prises permettant de constituer les échantillons simples sont réalisées à la main, à l'aide de la tarière hélicoïdale. La matière est prélevée sur la tarière au moyen d'une petite pelle ou d'une spatule.
Traitement ultérieur : constitution de l'échantillon composite	Les échantillons partiels sont rassemblés pour former un échantillon composite (procédure M1, p. 58).
Partage de l'échantillon composite	Comme la tarière hélicoïdale ne permet généralement de prélever que de petites quantités de matière, il n'est dans la plupart des cas pas nécessaire de partager l'échantillon.
Remarque	Pour les matériaux à grain grossier, il peut être difficile d'atteindre la quantité minimale de matière à prélever définie au chap. 11 (pp. 74 ss) moyennant des efforts raisonnables. Dans ce genre de cas, il est nécessaire d'augmenter la marge d'erreur tolérée (cf. fig. 40, p. 88).
Référence	[28], [32]

U3 Prélèvement d'échantillons dans les puits creusés à la pelle mécanique

Sécurité au travail

Comme il est interdit de pénétrer dans les puits et fosses non sécurisés de plus d'un mètre de profondeur, il est pour des raisons de sécurité dans la plupart des cas impossible de prélever directement des échantillons de paroi ou de sol dans les puits de sondage d'une profondeur supérieure à un mètre.

Figure 13 : Sondage à la pelle mécanique



Procédure

Il est possible de prélever directement des échantillons de paroi ou de sol uniquement dans les puits et fosses *peu profonds* (< 1 m) et accessibles. Il convient alors de s'assurer de l'homogénéité des matériaux prélevés et de veiller à ce que la quantité minimale de matière définie soit prélevée (cf. chap. 11, pp. 74 ss). Pour les puits de sondage de plus d'un mètre de profondeur, les échantillons doivent être prélevés dans le tas de matériaux excavés (procédures L1, p. 50, à L3, p. 52). Le prélèvement ne peut s'effectuer directement sur le godet de la pelle mécanique que si l'échantillon est *homogène*.

Remarque

Précautions spéciales à prendre dans le cas des échantillons contenant des substances volatiles : en prenant certaines précautions, il est possible de prélever même dans les sols cohésifs des échantillons *non perturbés* de matériaux contenant des substances volatiles (p.ex. échantillons extraits des « mottes de pelleteuse » [30]). Il convient d'éviter que l'échantillon ne reste longtemps en contact avec l'air ambiant.

Référence

—

U4 Prélèvement d'échantillons sur des carottes de petit diamètre

Conditions préalables

Une carotte correspond à une « piqûre » dans la masse totale à évaluer. L'expert vérifie les postulats relatifs au domaine d'homogénéité émis dans le cadre de l'hypothèse de travail (cf. 2.2, p. 19). Il se base pour ce faire sur les caractéristiques lithologiques de la section de carotte à échantillonner ainsi que sur les propriétés des substances qu'elle contient tout en effectuant des comparaisons avec les sondages réalisés dans les zones environnantes.

La largeur de l'ouverture (ou le diamètre du tube carottier) doit être d'au moins 10 mm ou être au moins trois fois supérieure au diamètre maximal des composants du matériau à échantillonner (cf. 3.1.1, p. 22). On notera qu'à la fig. 14, le tube carottier du centre ne remplit pas cette exigence.

Figure 14 : Tiges de forage contenant des matériaux prélevés dans le cadre d'un forage carotté battu



Procédure

L'ensemble de la carotte est d'abord soumis à un examen organoleptique (cf. procédure O, p. 42), puis enregistré dans le protocole et photographié afin d'établir le profil de forage.

Sur une section présentant une certaine constance en matière de caractéristiques lithologiques et de propriétés des composants, on prélève à l'aide d'une petite pelle ou d'une spatule des fragments de carotte qui serviront d'échantillons simples.

La quantité de matière carottée prélevée doit correspondre à la quantité minimale de matière à prélever définie au chap. 11, p. 74. Il n'est pas toujours possible de prélever une quantité suffisante lorsque l'on procède à un carottage de petit diamètre alors que le matériau carotté présente une granulométrie grossière. Dans ce genre de cas, le risque d'erreur d'échantillonnage est forcément plus élevé.

Il est possible d'estimer la marge d'erreur d'échantillonnage sur la base du rapport entre la quantité de matière effectivement prélevée et la quantité minimale de matière à prélever (fig. 40, p. 88).

Traitement ultérieur : constitution de l'échantillon composite

Les fragments de carotte sont placés dans un récipient adapté (en règle générale, un seau en plastique, cf. fig. 6, p. 33) et rassemblés pour former un échantillon mélangé (procédure M1, p. 58).

Partage de l'échantillon composite

Comme les carottages de petit diamètre ne permettent généralement de prélever que de petites quantités de matière, il n'est dans la plupart des cas pas nécessaire de partager l'échantillon.

Remarque

Précautions spéciales à prendre dans le cas des échantillons contenant des substances volatiles : l'interface entre l'échantillon et le carottier peut être fortement échauffée par frottement mécanique. En outre, le carottage remanie presque inévitablement le squelette minéral. Il est donc impossible d'appliquer cette procédure pour prélever des échantillons de matériaux contenant des substances volatiles.

Référence

–

U5 Prélèvement d'échantillons sur des carottes de grand diamètre

Conditions préalables

Une carotte correspond à une « piqûre » dans la masse totale à évaluer. L'expert vérifie les postulats relatifs au domaine d'homogénéité émis dans le cadre de l'hypothèse de travail (cf. 2.2, p. 19). Il se base pour ce faire sur les caractéristiques lithologiques de la section de carotte à échantillonner ainsi que sur les propriétés des substances qu'elle contient tout en effectuant des comparaisons avec les sondages réalisés dans les zones environnantes. Le diamètre du tube carottier doit être trois fois supérieur au diamètre maximal des composants du matériau à échantillonner (cf. 3.1.1, p. 22).

Figure 15 : Boîtes de forage contenant des matériaux à grain grossier prélevés dans le cadre d'un carottage de 4½" de diamètre



Procédure

L'ensemble de la carotte est d'abord soumis à un examen organoleptique (cf. procédure O, p. 42), puis enregistré dans le protocole et photographié afin d'établir le profil de forage. Sur une section présentant une certaine constance en matière de caractéristiques lithologiques et de propriétés des composants, on prélève à l'aide d'une petite pelle ou d'une spatule des fragments de carotte qui serviront d'échantillons simples. La quantité de matière carottée prélevée doit correspondre à la quantité minimale de matière à prélever définie au chap. 11, p. 74.

Traitement ultérieur : constitution de l'échantillon composite

Les fragments de carotte sont placés dans un récipient adapté (en règle générale, un seau en plastique, cf. fig. 6, p. 33) et rassemblés pour former un échantillon mélangé (procédure M1, p. 58).

Partage de l'échantillon composite

Comme les carottages ne permettent généralement de prélever une quantité de matière suffisante que lorsque celle-ci présente une granulométrie fine, il n'est dans la plupart des cas pas nécessaire de partager l'échantillon.

Remarque

Précautions spéciales à prendre dans le cas des échantillons contenant des substances volatiles : l'interface entre l'échantillon et le carottier peut être fortement échauffée par frottement mécanique. En outre, le carottage remanie presque inévitablement le squelette minéral. Il n'est donc possible de prélever des échantillons de substances volatiles que sur des carottes intactes composées de matériaux cohésifs à grain fin (procédure U6, p. 48).

Référence

–

U6 Prélèvement d'échantillons sur des carottes intactes

Conditions préalables	Lors du prélèvement d'échantillons solides contenant des substances volatiles, l'interface entre l'échantillon et le carottier peut être fortement échauffée par frottement mécanique. En outre, le carottage remanie presque inévitablement le squelette minéral. Le prélèvement d'échantillons sur des carottes provoque donc forcément un dégazage et, le cas échéant, une perte par écoulement de la phase liquide. Le squelette minéral est beaucoup moins remanié lors des forages par carottier rotatif que lors des sondages par carottier battu. En outre, un terrain cohésif fin est nettement moins remanié qu'un terrain grossier (cf. [30]). <i>Par conséquent, les échantillons de matériaux cohésifs à grain fin contenant des substances volatiles doivent être prélevés aussi intacts que possible</i> • par carottage de grand diamètre (p. ex. Ø intérieur k 4½'', Ø extérieur k 168 mm) et • au cœur du matériau foré. Figure 16: Carotte composée de matériaux à grain fin prélevée dans le cadre d'un carottage de 4½'' de diamètre 
Procédure	Lors du prélèvement d'échantillons solides contenant des substances volatiles, le prélèvement doit être effectué immédiatement après le forage afin que les carottes n'aient pas le temps de se dessécher. En règle générale, seul le cœur du matériau foré est utilisé pour constituer l'échantillon. Il convient d'éviter que l'échantillon ne reste longtemps en contact avec l'air ambiant. Procéder comme suit : • découper la carotte au moyen d'une pelle à main, dégager le cœur et y prélever l'échantillon, • placer l'échantillon dans un récipient hermétique refermable (en règle générale, un pot en verre, cf. fig. 6, p. 33), • transporter immédiatement l'échantillon réfrigéré jusqu'au laboratoire d'analyse.
Quantité de matière à prélever	Comme les carottes intactes sont généralement constituées de matériaux à grain fin dont les composants présentent un diamètre maximal (d_{max}) inférieur à 0,063 mm (p. ex. limons argileux, argiles sableux et limoneux), il est dans la plupart des cas facile de prélever la quantité minimale de matière définie à la fig. 34 (p. 75) et à la fig. 35 (p. 76).
Traitement ultérieur : constitution de l'échantillon composite	Les fragments de carotte sont placés dans un récipient adapté (en règle générale, un seau en plastique, cf. fig. 6, p. 33) et rassemblés pour former un échantillon mélangé (procédure M1, p. 58).
Partage de l'échantillon composite	Il n'est dans la plupart des cas pas nécessaire de partager l'échantillon.
Remarques	Il est possible de prélever des échantillons intacts de matériaux à grain fin contenant des substances volatiles sur les carottes recueillies avec un tube d'échantillonnage dans le cadre d'un forage carotté (= échantillons liners, procédure U7, p. 49). Il est par contre impossible de prélever des échantillons intacts sur des carottes constituées de matériaux à grain grossier (cf. fig. 15, p. 47).
Référence	[30]

U7 Prélèvement d'échantillons liners

Conditions préalables	Ce procédé n'est adapté que pour les échantillons de sous-sol présentant une granulométrie fine.
Procédure	Les sondages par enfoncement (« direct push ») permettent de prélever dans des liners (tubes refermables) en plastique des échantillons solides contenant des substances volatiles directement depuis le trou de forage. Grâce à ce procédé, il est possible de prélever des échantillons généralement intacts et de limiter autant que possible les pertes de substances volatiles par dégazage et contact avec l'air.

Figure 17 : Un technicien retire un liner en plastique d'une tige de forage



Figure 18 : Échantillons solides de matériaux à grain fin contenant des substances volatiles stockés dans des liners en plastique



Traitement ultérieur	Comme les hydrocarbures chlorés sont particulièrement susceptibles de diffuser à travers les liners en plastique, ces derniers doivent être immédiatement refroidis et réfrigérés pendant le transport jusqu'au laboratoire. Les liners en plastique ne doivent pas être ouverts et leur contenu transféré dans les récipients sur le lieu de prélèvement. Il est en effet préférable de les transporter tels quels et de ne pas les ouvrir avant l'arrivée au laboratoire.
Référence	[30]

8.2.2 Prélèvement d'échantillons de matériaux stockés

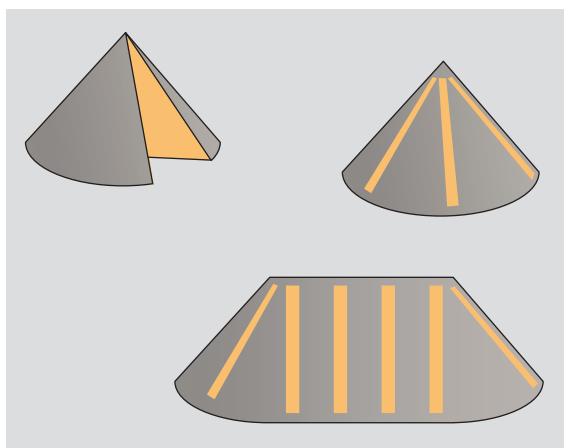
L1 Prélèvement d'échantillons de matériaux stockés ou disposés en andains/tas au moyen d'une chargeuse sur pneus/pelle mécanique	
Taille des lots	Andains, tas ou stocks de matériaux d'un volume supérieur à 100 m ³ environ
Procédure	• Jusqu'à 500 m³ : on pratique au moins deux ouvertures au moyen d'une pelle mécanique, • à partir de 500 m³ : on pratique au moins quatre ouvertures au moyen d'une pelle mécanique. Pour chaque ouverture, on prélève une section transversale complète dans l'andain/le stock/le tas. On peut ensuite procéder de différentes manières : • soit la totalité de la section transversale prélevée sert d'échantillon mélangé ; • soit on prélève de la surface de la section transversale une couche d'une épaisseur régulière présentant un volume de 30 à 40 l et on l'utilise comme échantillon mélangé ; • soit on prélève des échantillons simples répartis uniformément sur la surface de la section transversale et on les rassemble pour former un échantillon mélangé. Les échantillons simples sont soit mélangés dans un récipient prévu à cet effet, soit immédiatement déposés sur une bâche en plastique dépliée puis mélangés (échantillon mélangé représenté à la fig. 19).
Figure 19 : Réalisation de deux ouvertures dans un tas au moyen d'une pelle mécanique	
Traitement ultérieur : constitution de l'échantillon composite	Les échantillons partiels sont rassemblés pour former un échantillon composite (procédure M1, p. 58).
Partage de l'échantillon composite	L'échantillon composite est partagé sur la bâche pour former un échantillon de laboratoire (procédure A5, p. 65).
Remarque	La procédure L1, p. 50, ne convient pas au prélèvement d'échantillons solides contenant des substances volatiles. En effet, la destruction du squelette minéral et l'exposition prolongée à l'air ambiant qu'elle implique provoquent des pertes de substances volatiles non quantifiables.
Référence	[26]

L2 Prélèvement d'échantillons de matériaux homogènes disposés en tas : méthode des coupes

Taille des lots	Tas à partir d'un volume d'environ 1 m ³
Procédure	<i>Cette procédure n'est adaptée que si l'on part du principe que les matériaux constituant le cœur d'un tas de forme conique possèdent les mêmes propriétés que les matériaux présents à sa surface. Si cela n'est pas le cas, il convient d'homogénéiser le tas en appliquant la méthode des lits d'homogénéisation décrite dans la procédure H1, p. 58.</i> Sur les petits tas ($\emptyset < 5$ m) de forme conique, il est nécessaire de pratiquer au moins trois coupes en veillant à ce qu'elles soient réparties symétriquement sur la surface du tas et pratiquées sur toute la hauteur, de la pointe à la base du cône (cf. fig. 20, en haut). Sur les tas de grande taille ($\emptyset > 5$ m), il convient de pratiquer les coupes en veillant à ce qu'elles soient réparties sur l'ensemble du tas suivant un maillage régulier (cf. fig. 20, en bas) (cf. [17]). On prélève un échantillon simple sur chaque coupe. Les échantillons simples sont soit mélangés dans un récipient prévu à cet effet, soit immédiatement déposés sur une bâche en plastique dépliée puis mélangés.

Figure 20 : Répartition des coupes à la surface d'un tas constitué de matériaux homogènes (selon [17])

Hypothèse : Tas homogène, dont le cœur présente des propriétés identiques à celles de la surface



Traitement ultérieur : constitution de l'échantillon composite	Les échantillons partiels sont rassemblés pour former un échantillon composite (procédure M1, p. 58).
Partage de l'échantillon composite	L'échantillon composite est partagé sur la bâche pour former un échantillon de laboratoire (procédure A5, p. 65).
Remarque	La procédure L2 ne convient pas au prélèvement d'échantillons solides contenant des substances volatiles. En effet, la destruction du squelette minéral et l'exposition prolongée à l'air ambiant qu'elle implique provoquent des pertes de substances volatiles non quantifiables.
Référence	[17], [26]

L3 Prélèvement d'échantillons de matériaux stockés ou disposés en andains/tas au moyen d'une tarière hélicoïdale

Taille des lots	Andains, tas et stocks de matériaux d'un volume d'au moins 10 m ³ environ.
Procédure	• Jusqu'à 500 m³ : prélever au moins 60 à 80 l de matière • À partir de 500 m³ : prélever au moins 120 à 160 l de matière On prélève des échantillons simples en différents points et profondeurs au moyen de la tarière hélicoïdale, qui doit présenter un diamètre deux à trois fois supérieur au diamètre maximal des composants à échantillonner. Les échantillons simples sont soit mélangés dans un récipient prévu à cet effet, soit immédiatement déposés sur une bâche en plastique dépliée puis mélangés. Si le tas est de forme conique ou trapézoïdale, il convient de tenir compte de la répartition variable des volumes sur sa hauteur. Ainsi, il sera nécessaire de prélever davantage d'échantillons dans la partie inférieure que dans la partie supérieure du tas.
Traitement ultérieur : constitution de l'échantillon composite	Les échantillons partiels sont rassemblés pour former un échantillon composite (procédure M1, p. 58).
Partage de l'échantillon composite	Si nécessaire, l'échantillon composite est partagé sur la bâche pour former un échantillon de laboratoire (procédure A5, p. 65).
Remarque	La procédure L3 ne convient pas au prélèvement d'échantillons solides contenant des substances volatiles. En effet, la destruction du squelette minéral et l'exposition prolongée à l'air ambiant qu'elle implique provoquent des pertes de substances volatiles non quantifiables.
Référence	[12]

L4 Prélèvement d'échantillons de matériaux stockés dans des camions ou des conteneurs ouverts sur le dessus

Taille des lots	Lots de toutes tailles
Conditions préalables	• Il est généralement impossible de prélever des échantillons représentatifs dans des conteneurs de stockage ou des camions, parce que seule une petite proportion des matériaux qui y sont stockés sont accessibles et qu'il ne suffit pas de réaliser des prélèvements en surface. • Il est possible d'utiliser une sonde pour effectuer les prélèvements uniquement si les matériaux présentent une granulométrie fine ($d_{\max} < 15 \text{ mm}$). • Pour prélever des échantillons représentatifs de matériaux présentant une granulométrie plus grossière, il est indispensable de vider complètement les conteneurs de stockage. Pour ce type de matériaux, il est donc recommandé de prélever les échantillons lors du chargement ou du déchargement (méthode B3, p. 57). • Diamètre maximal des composants : $< 1/3$ du diamètre interne de l'instrument de prélèvement.
Procédure	Matériaux à grain fin ($d_{\max} < 10 \text{ mm}$) : Prélever les échantillons à l'aide d'un instrument (tarière, sonde, échantillonneur de zones) au niveau des points sélectionnés aléatoirement. Retirer l'instrument et placer l'échantillon dans la boîte de transport. Répéter l'opération jusqu'à atteindre la quantité minimale fixée dans le plan d'échantillonnage. Matériaux à grain grossier ($d_{\max} > 15 \text{ mm}$) : Vider entièrement le conteneur et disposer les matériaux en tas. Procéder à l'échantillonnage en suivant les méthodes L1, p. 50, à L3, p. 52.
Traitement ultérieur : constitution de l'échantillon composite	Les échantillons partiels sont rassemblés pour former un échantillon composite (procédure M1, p. 58).
Partage de l'échantillon composite	L'échantillon composite est partagé pour former un échantillon de laboratoire (procédures A2 à A5, pp. 62 ss).
Remarque	Il est dans la plupart des cas préférable de prélever les échantillons pendant le chargement ou le déchargement (méthode B3, p. 57).
Référence	[4], [6], [17]

L5 Prélèvement d'échantillons à la vanne au moyen d'une tubulure

Taille des lots	Trémies de stockage, camions-silo et wagons-silo
Conditions préalables	Il est généralement impossible de prélever des échantillons solides représentatifs à la vanne d'échantillonnage, car il se produit un phénomène de ségrégation tant au moment du remplissage que du vidage du conteneur. En outre, les matériaux s'y trouvant peuvent être issus de plusieurs remplissages correspondant à différents lots, si bien qu'un échantillon prélevé en un point donné présente un caractère aléatoire. Il n'est possible d'effectuer un échantillonnage représentatif de l'ensemble du contenu qu'en formant un échantillon mélangé à partir de plusieurs échantillons simples prélevés suivant la méthode B3, p. 57, lors du chargement ou du déchargement complet du conteneur. Il est dans la plupart des cas impossible de prélever des échantillons représentatifs à la vanne d'échantillonnage. Cette méthode est donc uniquement adaptée au prélèvement d'échantillons évaluatifs.
Procédure	Lorsqu'il est indispensable de prélever un échantillon simple évaluatif et non représentatif à la vanne, il faut tenir compte des indications suivantes: • Le matériau pouvant être sous haute pression au niveau des points de prélèvement, il convient d'ouvrir la vanne lentement et avec précaution. • Le matériau qui se trouve entre le conteneur et la vanne (espace mort) ne doit pas être utilisé pour l'échantillonnage. Il faut donc laisser s'écouler au moins le triple de son volume avant le prélèvement. • Des voutes peuvent se former, empêchant le matériau de s'écouler. Dans ce cas, il convient de refermer la vanne et de discuter de la marche à suivre avec les supérieurs compétents. • Une fois l'échantillonnage terminé, il faut veiller à refermer complètement la vanne.
Traitement ultérieur : constitution de l'échantillon composite	Les échantillons partiels sont rassemblés pour former un échantillon composite (méthode M1, p. 58).
Partage de l'échantillon composite	L'échantillon composite est partagé pour former un échantillon de laboratoire (procédures A2 à A5, pp. 62 ss).
Référence	[6]

8.2.3 Prélèvement d'échantillons de matériaux conditionnés**V1 Prélèvement d'échantillons de matériaux conditionnés en big bags**

Taille des lots	Lots constitués de matériaux uniformes conditionnés dans un ou plusieurs big bags d'un volume d'environ 0,3 à 2,5 m ³ chacun.
Conditions préalables	• Il n'est possible de prélever des échantillons représentatifs que si le matériau présente une granulométrie fine ($d_{\max} < 10 \text{ mm}$). • Taille maximale des composants $d_{\max} < \frac{1}{3}$ du diamètre interne de l'instrument de prélèvement.
Préparation, planification	Homogénéité du lot Il convient tout d'abord de confirmer l'homogénéité du lot en procédant à un examen organoleptique (méthode O, p. 42). Nombre minimum d'échantillons Le nombre minimum de big bags à échantillonner est défini suivant les indications fournies sous 7.2.4, p. 39, tab. 10. Instrument de prélèvement Le type et le diamètre de l'instrument de prélèvement doivent être déterminés en fonction de la nature du matériau et du diamètre maximal des composants $d_{\max}$ (cf. 3.2.1, p. 22).
Instructions concernant les matériaux cohésifs à grain fin	Les échantillons doivent dans la mesure du possible être prélevés sur toute la profondeur du récipient, au moyen des instruments suivants : tube de prélèvement, sonde, tarière, tarière à vis, tarière de sol ou tarière à cuiller. Dans des cas exceptionnels, il est également possible d'utiliser une pelle à main ou une spatule, qui ne permettent toutefois qu'un échantillonnage de surface. Il convient de mentionner cette particularité dans le protocole de prélèvement.

V1 Prélèvement d'échantillons de matériaux conditionnés en big bags

Instructions concernant les matériaux non cohésifs à grain fin	Il n'est pas rare d'observer des phénomènes de ségrégation lors du transport de matériaux en vrac non cohésifs, même sur une courte distance. Pour recueillir des échantillons représentatifs, il est donc indispensable de prélever de la matière sur toute la profondeur du récipient. Pour ce faire, on utilise principalement des lances d'échantillonnage, des échantillonneurs de zones ou des appareils d'échantillonnage de type sonde. Un échantillon prélevé en surface à l'aide d'une pelle à main ou d'une spatule peut servir uniquement d'échantillon évaluatif.
Instructions concernant les matériaux non cohésifs à grain grossier, les matériaux fragmentés et les pièces de grande taille	<i>Il est impossible de prélever des échantillons représentatifs de matériaux à grain grossier ($d_{\max} > 10 \text{ mm}$) ou de matériaux fragmentés conditionnés dans des big bags.</i> Dans ce genre de cas, il convient dans la mesure du possible d'effectuer les prélèvements uniquement pendant le chargement ou le déchargement des matériaux (cf. méthode B3, p. 61). Il est également possible de vider entièrement les big bags de leur contenu et de procéder à l'échantillonnage selon la méthode L1, p. 50, en effectuant des coupes (cf. également CEN/TR 15310-2, [6] : 12.1.3).
Procédure	Marche à suivre pour le prélèvement de matériaux cohésifs ou non cohésifs en vrac • Ouvrir le big bag par le haut. • Introduire l'instrument par le haut ou le côté, prélever des échantillons partiels au centre et dans les coins, puis les placer dans des boîtes de transport. Pour prélever un échantillon simple, il convient de procéder à quatre sondages au moins (deux au centre et deux dans les coins). Après chaque sondage, retirer la matière de l'instrument et la placer dans la boîte de transport. • Répéter si besoin l'opération en répartissant les points de sondage uniformément sur la section transversale, ce jusqu'à prélever la quantité minimale de matière définie dans le plan d'échantillonnage. • Refermer le big bag et, en cas de sondage latéral, boucher les points de prélèvement à l'aide d'étiquettes fortement adhésives.
Traitement ultérieur : constitution de l'échantillon composite	Les échantillons partiels sont rassemblés pour former un échantillon composite (méthode M1, p. 58).
Partage de l'échantillon composite	L'échantillon composite est partagé pour former un échantillon de laboratoire (procédures A2 à A5, pp. 62 ss).
Référence	[3], [5], [2], [6], [17]

V2 Prélèvement d'échantillons de matériaux conditionnés en fûts

Taille des lots	Lots constitués de matériaux uniformes conditionnés dans un ou plusieurs fûts d'un volume de 50 à 250 l chacun.
Conditions préalables	• Il n'est possible de prélever des échantillons représentatifs que si le matériau présente une granulométrie fine ($d_{\max} < 10 \text{ mm}$). • Taille maximale des composants $d_{\max} < 1/3$ du diamètre intérieur de l'instrument de prélèvement. • Une grande variété de matériaux, dangereux ou non, peuvent être transportés et stockés dans des fûts. Avant d'ouvrir un fût, il est donc nécessaire d'en identifier clairement le contenu et de se munir des équipements de protection individuelle mentionnés dans le plan d'échantillonnage.
Préparation, planification	Homogénéité du lot Il convient de tout d'abord confirmer l'homogénéité du lot en procédant à un examen organoleptique (méthode O, p. 42). Nombre minimum d'échantillons Le nombre minimum de fûts à échantillonner est défini suivant les indications fournies sous 7.2.4, p. 39, tab. 10. Instrument de prélèvement Le type et le diamètre de l'instrument de prélèvement doivent être déterminés en fonction de la nature du matériau et du diamètre maximal des composants $d_{\max}$ (cf. 3.2.1, p. 22).
Instructions concernant les matériaux cohésifs à grain fin	Les échantillons doivent dans la mesure du possible être prélevés sur toute la profondeur du récipient, au moyen des instruments suivants : tube de prélèvement, sonde, tarière, tarière à vis, tarière de sol ou tarière à cuiller. Dans certains cas exceptionnels, il est également possible d'utiliser une pelle à main ou une spatule, qui ne permettent toutefois qu'un échantillonnage de surface. Il convient de mentionner cette particularité dans le protocole de prélèvement.

V2 Prélèvement d'échantillons de matériaux conditionnés en fûts

Instructions concernant les matériaux non cohésifs ou pulvérulents

Il n'est pas rare d'observer des phénomènes de ségrégation lors du transport de matériaux en vrac non cohésifs, même sur une courte distance. Pour recueillir des échantillons représentatifs, il est donc indispensable de prélever de la matière sur toute la profondeur du récipient. Pour ce faire, on utilise principalement des lances d'échantillonnage, des échantillonneurs de zones ou des appareils d'échantillonnage de type sonde. Un échantillon prélevé en surface à l'aide d'une pelle à main ou d'une spatule peut servir uniquement d'échantillon évaluatif.

Instructions concernant les matériaux non cohésifs à grain grossier, les matériaux fragmentés et les pièces de grande taille

Il est impossible de prélever des échantillons représentatifs de matériaux à grain grossier ($d_{max} > 10\text{ mm}$) ou de matériaux fragmentés conditionnés dans des fûts.

Dans ce genre de cas, il convient dans la mesure du possible d'effectuer les prélèvements uniquement pendant le chargement ou le déchargement des matériaux (cf. méthode B3, p. 57). Si cela est impossible et qu'un échantillonnage est indispensable, on ne pourra généralement prélever (manuellement ou par carottage p. ex.) que des échantillons de surface ne présentant aucun caractère représentatif.

Procédure

Marche à suivre pour le prélèvement de matériaux cohésifs ou non cohésifs en vrac :

- ouvrir le fût avec précaution, car il peut être sous pression,
- prélever des échantillons au centre et dans les coins, les retirer de l'instrument puis les placer dans des boîtes de transport,
- pour prélever un échantillon simple, il convient de procéder à quatre sondages au moins. Répéter si besoin l'opération en répartissant les points de sondages uniformément sur la section transversale, ce jusqu'à prélever la quantité minimale de matière définie dans le plan d'échantillonnage,
- refermer le fût.

Figure 21 : Prélèvement d'échantillons dans un fût : exemple avec quatre sondages



Traitement ultérieur : constitution de l'échantillon composite

Les échantillons partiels sont rassemblés pour former un échantillon composite (méthode M1, p. 58).

Partage de l'échantillon composite

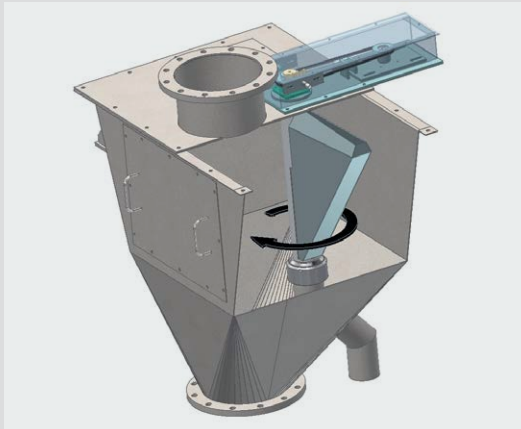
L'échantillon composite est partagé pour former un échantillon de laboratoire (procédures A2 à A5, pp. 62 ss).

Référence

[3], [5], [2], [6], [17]

8.2.4 Prélèvement d'échantillons de matériaux en mouvement

B1 Prélèvement d'échantillons sur les flux de matériaux descendants

Taille des lots	Lots de toutes tailles
Conditions préalables	Le flux de matériaux descendants doit être accessible via des points adaptés. Si le prélèvement s'effectue manuellement, il convient de porter une attention particulière à la sécurité des personnes.
Procédure	Le flux de matériaux est traversé sur toute sa largeur ou recueilli intégralement sur un laps de temps prédéterminé à l'aide d'un récipient collecteur. Lors de l'échantillonnage, le récipient collecteur doit couvrir l'ensemble du flux de produits et en prélever une section transversale représentative. Il ne doit pas déborder. Pour recueillir des échantillons représentatifs, il ne suffit pas de procéder à un échantillonnage ponctuel du flux de matériaux descendants. Différentes techniques peuvent être appliquées, selon la largeur et l'épaisseur du flux de matériaux (cf. CEN TR 15310-2 [6]). Flux de matériaux de faibles largeur et épaisseur • Tenir une pelle de prélèvement dans le flux de matériaux en l'orientant dans la direction souhaitée jusqu'à ce que la quantité de matière définie dans le plan d'échantillonnage soit atteinte. • Retirer la pelle du flux de matériaux en l'orientant dans la même direction. • Placer l'échantillon dans un récipient. Flux de matériaux larges de faible épaisseur • Déplacer le récipient collecteur à vitesse constante de manière à ce qu'il traverse le flux de matériaux et se remplisse toujours par le même côté. Flux de matériaux larges et épais • Effectuer le prélèvement en deux passages. Appliquer pour ce faire la technique d'échantillonnage des flux de matériaux de faibles largeur et épaisseur en veillant à modifier l'angle d'orientation de la pelle de 90 ° entre les deux passages. Si, lors d'un passage, on ne parvient pas à recueillir suffisamment de matière pour constituer un échantillon simple, il convient de répéter l'opération immédiatement jusqu'à ce que la quantité minimale de matière à prélever soit atteinte. Échantillonneur transversal pour conduites Dans l'idéal, l'échantillonnage représentatif est effectué au moyen d'un échantillonneur transversal automatique (procédure A6, p. 65). Pour de plus amples informations, consulter la méthode du centre pour une exploitation durable des déchets et des ressources (ZAR) (cf. [40], 3.1).
	Figure 22 : Échantillonneur pour flux de matériaux descendants (www.vock-gmbh.de) 
Traitement ultérieur : constitution de l'échantillon composite	Les échantillons partiels sont rassemblés pour former un échantillon composite (procédure M1, p. 58).
Partage de l'échantillon composite	L'échantillon composite est partagé sur une bache (procédure A5, p. 65) ou à l'aide d'un diviseur rotatif ou d'un autre diviseur automatique (procédure A6, p. 65) pour former un échantillon de laboratoire.
Référence	[6], [17], [40]

B2 Prélèvement d'échantillons sur les convoyeurs à bande

Taille des lots	Flux de matériaux sortants d'un volume minimum d'environ 10 m ³
Conditions préalables	Les matériaux pouvant se ségréger sur la bande, cette dernière doit être accessible sur toute sa largeur aux fins de l'échantillonnage.
Procédure	Comme les matériaux peuvent se ségréger lorsqu'ils sont déversés sur la bande, il est nécessaire de prélever au moins les quantités ci-après, même si elles dépassent la quantité minimale de matière à prélever définie selon le chap. 11 (pp. 74 ss) : • jusqu'à 500 m³ : 60 à 80 l de matière, • à partir de 500 m³ : 120 à 160 l de matière. Il convient de prélever des sections transversales complètes au moyen d'un instrument adapté. Les prélèvements s'effectuent soit à des moments différents si le convoyeur est en mouvement, soit en des points différents si le convoyeur est à l'arrêt. Le fait de prélever une section transversale complète permet de s'assurer que les matériaux qui se ségrégent en tombant sur la bande soient échantillonnés dans leur intégralité. Les sections transversales sont soit mélangées dans un récipient prévu à cet effet, soit immédiatement déposées sur une bâche en plastique dépliée, puis mélangées.
Traitement ultérieur : constitution de l'échantillon composite	Les échantillons partiels sont rassemblés pour former un échantillon composite (procédure M1, p. 58).
Partage de l'échantillon composite	L'échantillon composite est partagé sur une bâche (procédure A5, p. 65) ou à l'aide d'un diviseur rotatif ou d'un autre diviseur automatique (procédure A6, p. 65) pour former un échantillon de laboratoire.
Remarque	Sur le plan technique, il est souvent plus simple de prélever des échantillons au niveau du point de déversement ou d'un point de transfert entre deux convoyeurs. Dans ce cas, les échantillons simples sont prélevés sur le flux de matériaux descendants selon la méthode B1 (p. 56).
Référence	[1], [6], [17], [40]

B3 Prélèvement d'échantillons pendant les processus de chargement et de déchargement

Taille des lots	Lots de toutes tailles
Conditions préalables	• Le flux de matériaux est accessible. • La sécurité des personnes est assurée.
Procédure	Il est dans la plupart des cas préférable de prélever les échantillons pendant les processus de chargement et de déchargement plutôt que dans des conteneurs ou des camions. Les échantillons sont prélevés à intervalles réguliers pendant le processus de chargement ou de déchargement. Le nombre d'échantillons et l'intervalle auquel ils doivent être prélevés sont fixés pendant le processus de planification. Il est possible d'appliquer les méthodes d'échantillonnage suivantes : • prélèvement d'échantillons sur les flux de matériaux descendants : méthode B1, p. 56, • prélèvement d'échantillons sur les convoyeurs à bande : méthode B2, p. 57, • matériaux transportés par des pinces : prélever à intervalles réguliers tout ou partie du matériau suspendu à une pince.
Traitement ultérieur : constitution de l'échantillon composite	Les échantillons partiels sont rassemblés pour former un échantillon composite (procédure M1, p. 58).
Partage de l'échantillon composite	L'échantillon composite est partagé sur une bâche (procédure A5, p. 65) pour former un échantillon de laboratoire.
Référence	[6]

B4 Prélèvement d'échantillons de déblais de voie

Remarque	La procédure d'échantillonnage des déblais de voie est décrite dans l'aide à l'exécution <i>Directive sur les déblais de voie</i> [25].
Référence	[25]

8.3 Méthodes de prétraitement des échantillons

8.3.1 Constitution d'un échantillon mélangé

M1 Constitution d'un échantillon mélangé	
Taille des lots	Lots de toutes tailles
Objectif	Rassembler plusieurs échantillons simples • pour compenser l'hétérogénéité d'un lot et ainsi former un échantillon de terrain représentatif, • pour atteindre la quantité minimale de matière à prélever définie au chap. 11 (pp. 74 ss) et ainsi former un échantillon de laboratoire.
Nombre échantillons simples	Principe de base : l'augmentation du nombre d'échantillons améliore la reproductibilité des résultats.
Procédure de regroupement d'échantillons partiels de faible masse ou de petit volume	Les carottes de sondage (prélevées au moyen d'une tarière ou dans le cadre de forages) ou les échantillons simples de matériau conditionné sont collectés dans un récipient adapté (en règle générale, un seau en plastique, cf. fig. 6, p. 33) et regroupés pour former un échantillon mélangé.
Procédure de regroupement d'échantillons partiels de forte masse ou de grand volume	Étaler le matériau sur une bâche. Séparer les mottes du reste du matériau, les écraser puis les mélanger à nouveau. Il convient pour ce faire soit d'utiliser une pelle, soit de soulever la bâche par les coins et de l'incliner d'un côté et de l'autre afin que le matériau roule jusqu'au coin opposé et se mélange. Lorsque le matériau est déjà très homogène, il suffit généralement de procéder à deux mélanges. Lorsque le matériau est inhomogène, il convient de répéter l'opération jusqu'à obtenir un échantillon composite visuellement homogène.
Traitement ultérieur : partage de l'échantillon mélangé	Lorsqu'un échantillon mélangé est constitué afin de compenser l'hétérogénéité d'un lot, il peut être nécessaire de le réduire afin de former un échantillon de laboratoire (procédures A1 à A5, pp. 61 ss).
Remarque	La procédure à suivre pour constituer un échantillon mélangé ne peut pas être déterminée par avance dans tous les cas ; elle doit faire l'objet d'une analyse de plausibilité tenant compte des hypothèses faites au sujet de la pollution (cf. [20]).
Référence	[20], [28]

8.3.2 Homogénéisation du matériau à échantillonner

H1 Méthode des lits d'homogénéisation	
Taille des lots	Tas d'un volume minimum d'environ 1 m ³
Conditions préalables	<i>Lorsque l'on suppose que le matériau constituant le cœur d'un tas de forme conique ne possède pas les mêmes propriétés que le matériau présent à sa surface, il est impossible de procéder à l'échantillonnage en suivant la méthode des coupes (méthode L2). Ce cas de figure se présente régulièrement lors de l'excavation de matériaux pareballes contenant des métaux lourds, lorsque l'on creuse d'abord au centre de la butte pareballes, puis vers l'extérieur, c'est-à-dire vers les zones moins contaminées. La méthode des lits d'homogénéisation décrite ci-après permet de prélever des échantillons représentatifs aussi bien du cœur que de la surface d'un tas.</i>

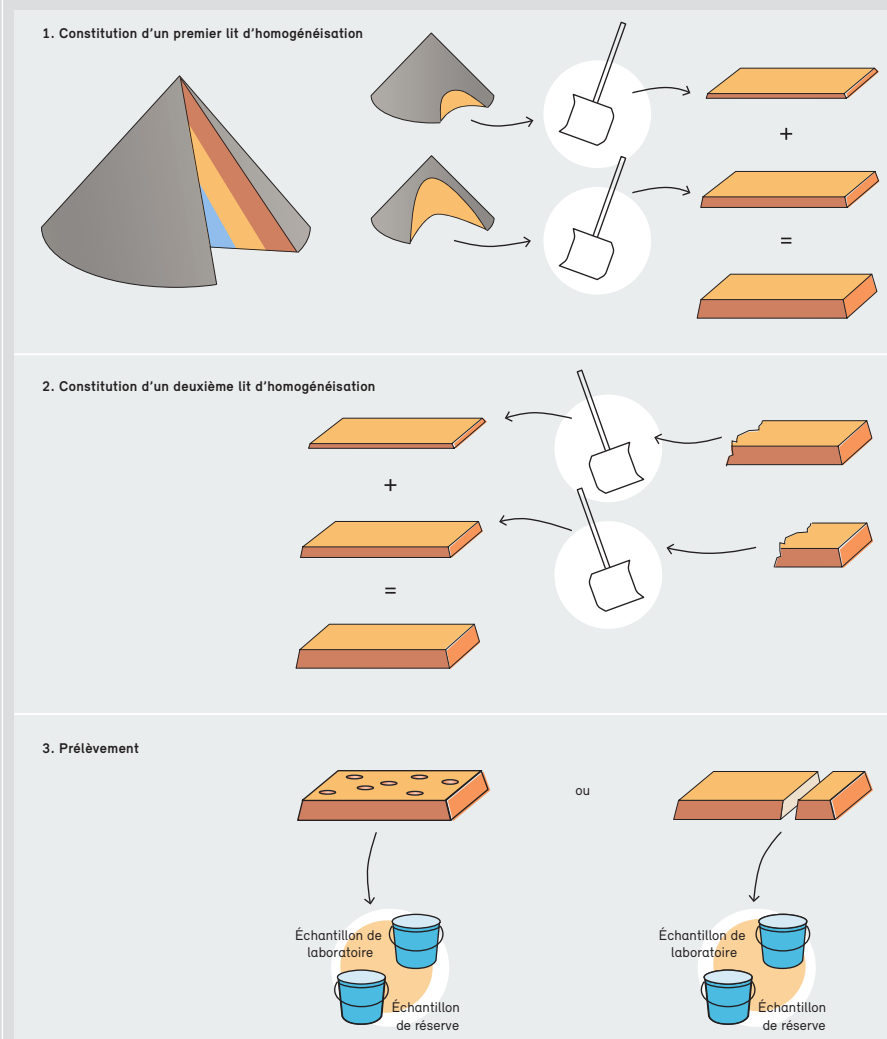
H1 Méthode des lits d'homogénéisation

Procédure

Lorsque le matériau n'est pas bien mélangé ou est entassé de façon hétérogène, il doit dans un premier temps être mélangé en constituant un « lit d'homogénéisation ». Pour ce faire, on étale, pelletée par pelletée, le matériau sur une surface plane en veillant à répartir le contenu de chacune d'elles sur une large zone. Pour chaque portion, l'épandage doit commencer et se terminer en des points différents. On procède ainsi avec l'ensemble du matériau constituant le tas de manière à former un lit d'homogénéisation rectangulaire. Pour obtenir un mélange encore plus homogène, on creuse dans ce lit d'homogénéisation depuis un côté et on répartit à nouveau le matériau en strates de façon à constituer un deuxième lit d'homogénéisation. C'est dans ce deuxième lit d'homogénéisation que sont prélevés les échantillons simples. Pour ce faire, on creuse des trous verticaux en cinq points au moins (cf. fig. 23, en bas à gauche). Il est important de creuser les trous sur toute la profondeur du lit. Si le matériau a tendance à glisser, il est nécessaire de planter des tubes ou des cadres de forme carrée dans le lit d'homogénéisation afin d'isoler les échantillons simples du reste (cf. [40]). Il est également possible de procéder à une ou plusieurs coupes complètes (cf. fig. 23, en bas à droite) et de prélever à la surface de la section transversale une couche d'une épaisseur régulière présentant un volume de 30 à 40 l.

Figure 23 : Homogénéisation du matériau à échantillonner au moyen de la méthode des lits d'homogénéisation (selon [40])

Hypothèse : Tas non homogène dont le cœur peut présenter des propriétés différentes de celles de la surface



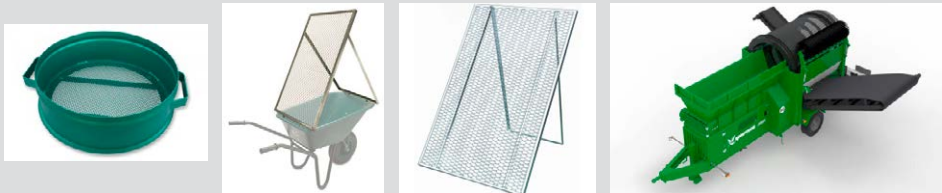
Traitement ultérieur :
constitution de
l'échantillon composite

Les échantillons partiels sont rassemblés pour former un échantillon composite (procédure M1, p. 58).

H1 Méthode des lits d'homogénéisation

Partage de l'échantillon composite	Si nécessaire, l'échantillon composite est partagé sur une bâche pour former un échantillon de laboratoire (procédure A5, p. 65).
Remarque	L'échantillon de laboratoire et l'échantillon de réserve sont prélevés séparément sur le lit d'homogénéisation. La procédure H1 ne convient pas au prélèvement d'échantillons solides contenant des substances volatiles. En effet, la destruction du squelette minéral et l'exposition prolongée à l'air ambiant qu'elle implique provoquent des pertes de substances volatiles non quantifiables. La procédure des lits d'homogénéisation nécessite le déploiement d'importantes ressources en matière de travail et/ou de machines.
Référence	[17], [26]

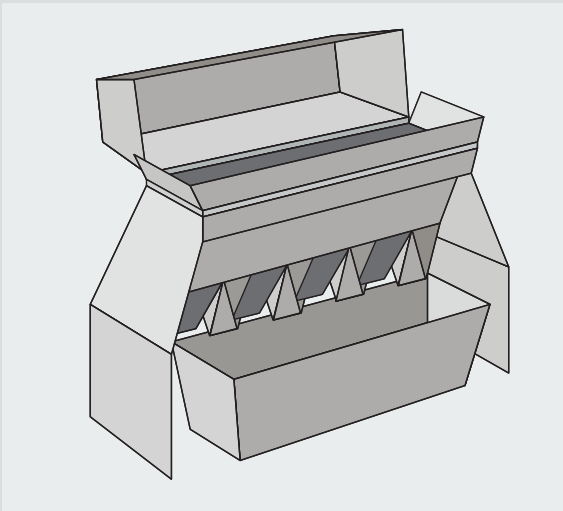
8.3.3 Réduction de la taille des composants (tamisage)**S1 Tamisage sur le terrain / sur le chantier**

Remarques préliminaires	• Cette procédure n'est adaptée que pour les matériaux pulvérulents. • Elle ne peut être appliquée que si la valeur attendue est suffisamment éloignée de la valeur limite de référence, c'est-à-dire nettement supérieure ou inférieure à cette dernière. • Les étapes de prétraitement (tamisage des grains grossiers) visant à réduire les échantillons de sol prélevés selon l'OSol sont décrites dans le manuel (cf. [28]).
Taille des lots	Tas d'un volume minimum d'environ 1 m ³
Procédure	Pour les matériaux à grain grossier faisant l'objet d'une contamination particulière, à partir d'un diamètre maximal des composants (d_{max}) d'environ 32 mm, il est nécessaire de prélever des échantillons d'une taille telle qu'il devient trop fastidieux de les préparer en laboratoire (cf. fig. 34, p. 75). Il est donc impossible de procéder à un échantillonnage représentatif des matériaux à grain grossier. Si un tel échantillon doit toutefois être analysé, il est possible de séparer les gros grains des grains fins par tamisage. Il peut être judicieux de recourir à cette méthode même pour les diamètres inférieurs. Selon l'objectif fixé et la quantité de matériau, il est possible d'utiliser sur le terrain ou le chantier différents tamis permettant de séparer les grains grossiers. Figure 24 : Exemples de tamis permettant de séparer les grains grossiers : tamis vibrant, crible à compost, crible rotatif  Les deux fractions granulométriques doivent être traitées séparément.
Tamisé, fraction fine	On prélève de la fraction fine un échantillon de laboratoire répondant aux critères de quantité minimale requise présentés à la fig. 34 (p. 75) et on l'analyse.
Refus de tamisage, fraction grossière	Une partie de la fraction grossière peut être analysée de manière semi-quantitative ou à titre indicatif (échantillon prélevé à des fins d'orientation). Si l'échantillon contient des morceaux de béton volumineux ou des graviers grossiers, il n'est par contre pas pertinent d'analyser la fraction grossière. Il est possible de calculer la teneur totale du paramètre analysé dans l'échantillon à partir de la part massique de la fraction grossière uniquement lorsque l'on peut supposer que la fraction grossière tamisée est propre.
Traitement ultérieur : constitution de l'échantillon composite	Les échantillons partiels sont rassemblés pour former un échantillon composite (procédure M1, p. 58).

S1 Tamisage sur le terrain / sur le chantier

Partage de l'échantillon composite	L'échantillon composite est partagé sur une bâche pour former un échantillon de laboratoire (procédure A5, p. 65).
Remarque	L'auteur des prélèvements doit expliquer de façon détaillée, dans le protocole de prélèvement ou dans un rapport, pourquoi telle ou telle fraction granulométrique a fait l'objet d'un tamisage et d'un traitement séparé. De même, il convient de consigner par écrit les informations relatives à la procédure de tamisage, aux instruments utilisés et à la part massique des fractions grossière et fine. Cette procédure est source de plus grandes incertitudes, qui doivent être prises en compte dans le cadre de l'évaluation de l'incertitude d'échantillonnage globale.
Référence	–

8.3.4 Partage des échantillons**A1 Partage au moyen d'un diviseur à couloirs**

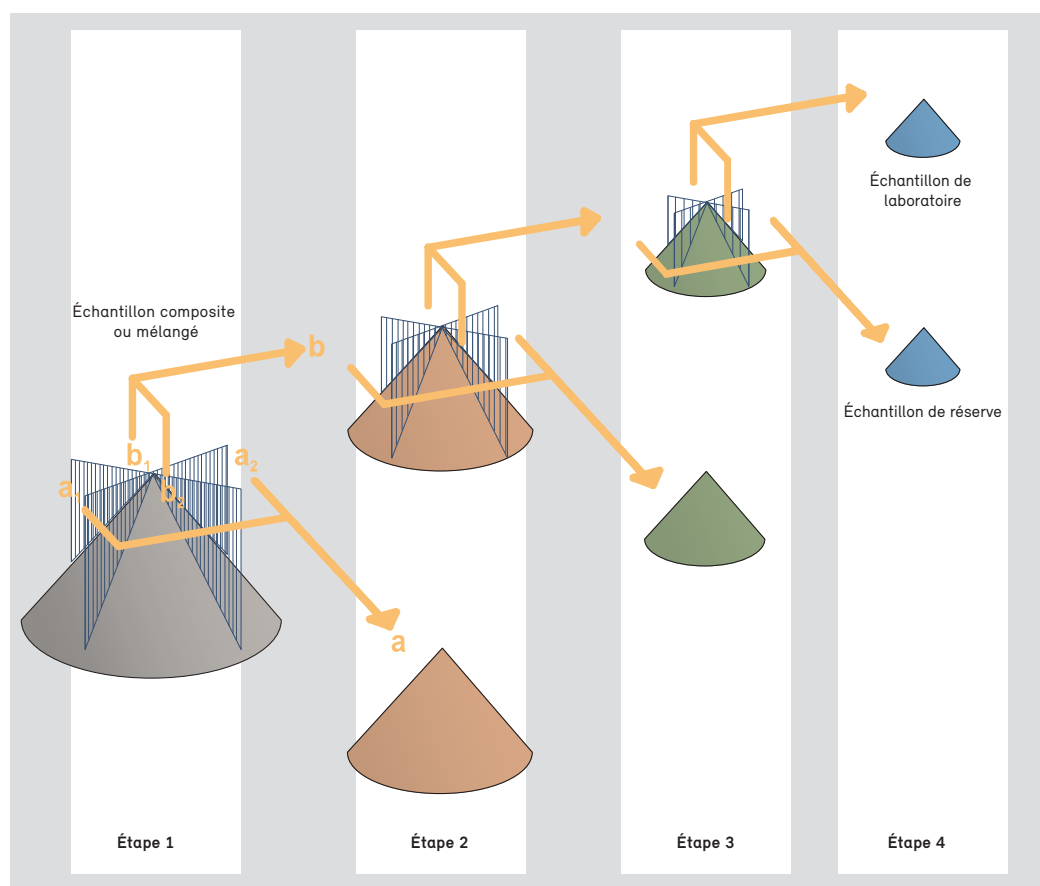
Taille des lots	Pour les diviseurs de laboratoire : quelques kg Pour les grands diviseurs de chantier : quelques m ³
Conditions préalables	Matériau pulvérulent
Appareils/machines	Le choix de l'appareil adapté se fait en fonction de la taille des composants du matériau. Pour partager ou réduire un matériau dont les composants présentent un diamètre inférieur à 32 mm, il est possible d'utiliser un diviseur, et notamment un diviseur à couloirs de laboratoire. Certaines entreprises de génie civil disposent de grands diviseurs sur remorque permettant de partager ou de réduire les matériaux à échantillonner sur les chantiers. Le diviseur doit comporter un nombre pair de couloirs, qui ne peut être inférieur à huit. La largeur de chaque couloir doit être au moins trois fois supérieure au diamètre maximal des composants. Figure 25 : Diviseur à couloirs 
Procédure	Le matériau à échantillonner doit être déversé dans le diviseur à l'aide du récipient prévu à cet effet ou d'une large pelle. Le récipient ou la pelle doivent couvrir exactement la largeur du diviseur, et donc l'ensemble des couloirs. Le matériau ne doit pas être déversé dans le diviseur directement au moyen d'un seau ou « épandu » au-dessus des couloirs à l'aide d'une pelle. En effet, il doit tomber dans les couloirs le plus verticalement possible. Un phénomène de ségrégation du matériau peut éventuellement se produire lors du remplissage du récipient, sans que cela ait d'incidence sur le partage.
Remarque	La machine doit être nettoyée après chaque partage.
Référence	[19], [40]

A2 Partage par pelletage fractionné vrai

Taille des lots	Pour des raisons pratiques, cette procédure ne peut être appliquée qu'aux petits échantillons composites ou lots d'un volume inférieur ou égal à 1 m ³ environ.
Conditions préalables	Cette méthode est utilisée lorsque le matériau ne peut être partagé au moyen d'un diviseur à couloirs (procédure A1, p. 61) ou d'un diviseur rotatif (procédure A6, p. 65), par exemple parce qu'il est humide ou non pulvérulent, ou lorsque l'on ne dispose d'aucun diviseur ayant la taille requise.
Procédure	Le pelletage fractionné vrai est une procédure consistant à partager un échantillon mélangé ou composite pour constituer plusieurs échantillons partiels de taille équivalente (masse, volume). On choisit ensuite l'un d'entre eux, qui servira d'échantillon de laboratoire. On définit tout d'abord la masse de l'échantillon de laboratoire et ainsi le nombre d'échantillons partiels devant être formés à partir du grand échantillon composite. On prélève ensuite de ce dernier des pelletées que l'on déverse une par une sur chaque échantillon partiel, jusqu'à ce que la totalité du matériau constituant l'échantillon composite ou le lot soit épuisée. On choisit la taille de la pelle de telle sorte que chaque échantillon partiel soit formé à partir de 25 pelletées au moins. Le pelletage doit s'effectuer sans tenir compte des hétérogénéités ou variations de composition du matériau visibles. Toutes les pelletées doivent être de taille équivalente. Il n'est pas nécessaire d'essayer de « compenser » les supposées inégalités de répartition. Le matériau est ainsi réparti en échantillons partiels de taille égale dont la masse doit correspondre à celle de l'échantillon final. On choisit ensuite l'un d'entre eux, qui servira d'échantillon de laboratoire. Les autres échantillons partiels peuvent être soit utilisés comme échantillons de réserve, soit rejetés.
Remarque	Une fois le partage terminé, la totalité du matériau constituant l'échantillon partiel retenu doit être utilisée comme échantillon de laboratoire. Les échantillons de réserve doivent être formés à partir du matériau rejeté.
Référence	[17], [40]

A3 Partage par quartage (au moyen d'une croix de quartage)

Taille des lots	Pour des raisons pratiques, cette procédure ne peut être appliquée qu'aux petits échantillons composites ou lots d'un volume inférieur ou égal à 1 m ³ environ.
Procédure	Le matériau constituant le grand échantillon composite est déversé sur une surface de travail adaptée (p.ex. bâche en plastique), soigneusement mélangé puis disposé de manière à former un tas conique. Le tas est ensuite divisé en quatre au moyen d'une croix de quartage. On sélectionne alors deux quartiers opposés que l'on conserve et on rejette le reste. On répète ainsi l'opération jusqu'à atteindre la quantité de matière nécessaire à la formation de l'échantillon de laboratoire (cf. fig. 26). Il convient de noter que lors du partage de matériaux constitués de composants de différentes tailles, il peut se produire un léger phénomène de ségrégation susceptible de conduire à la formation d'échantillons partiels non valides.

Figure 26 : Partage d'un échantillon composite ou mélangé d'après la méthode du quartage (selon [17])

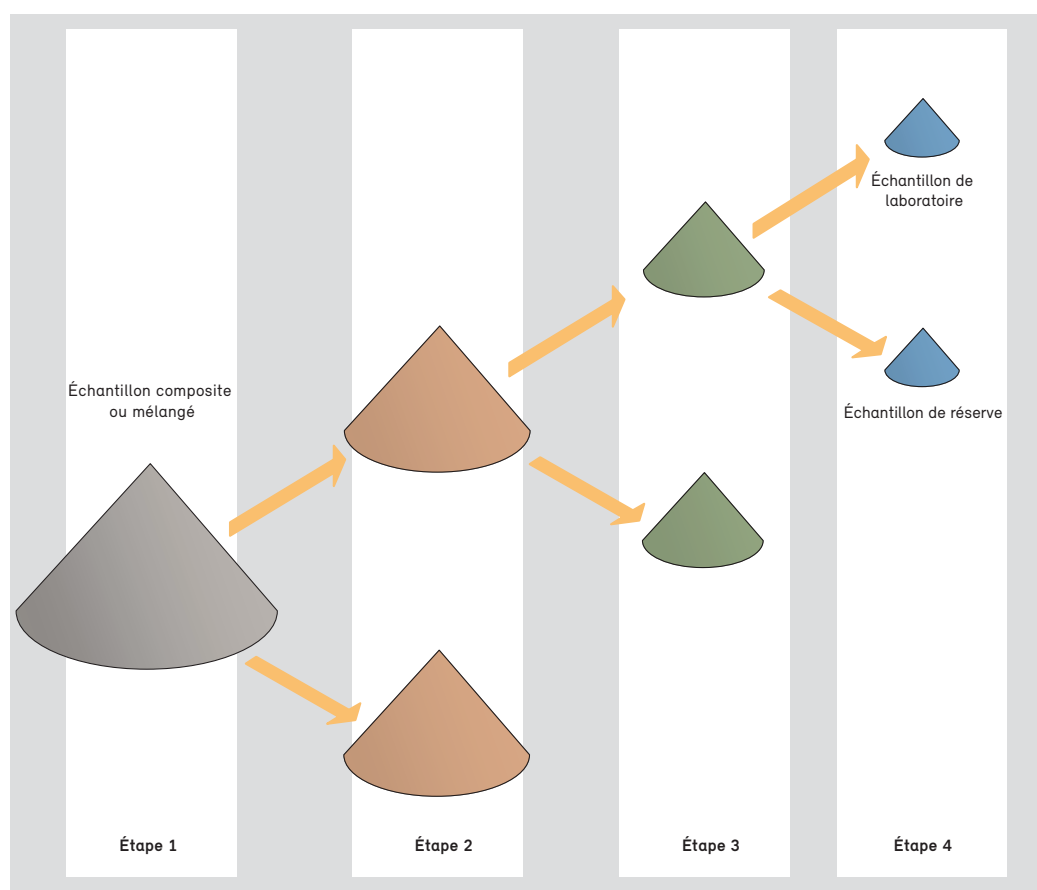
Remarque	Une fois le partage terminé, la totalité du matériau constituant l'échantillon partiel retenu doit être utilisée comme échantillon de laboratoire. Les échantillons de réserve doivent être formés à partir du matériau rejeté. Le quartage étant une méthode de partage très coûteuse, il n'est que rarement appliqué dans la pratique. La méthode du pelletage alterné, moins fastidieuse, constitue une alternative souvent utilisée (procédure A4, p. 64).
Référence	[17]

A4 Partage par pelletage alterné

Taille des lots	Pour des raisons pratiques, cette procédure ne peut être appliquée qu'aux petits échantillons composites ou lots d'un volume inférieur ou égal à 1 m ³ environ.
-----------------	--

Procédure	Il convient de privilégier le pelletage alterné par rapport au partage par quartage, en particulier lorsque le matériau a tendance à se ségréger ou contient des pièces de grande taille qui rendent le quartage difficile. On retire avec une pelle l'intégralité du matériau constituant le grand échantillon composite et on forme plusieurs tas (au moins deux) de même volume en alternant les pelletées, qui doivent être de taille équivalente. Une fois le pelletage terminé, on sélectionne au hasard l'échantillon partiel qui sera partagé au cours de l'étape suivante. Et on procède ainsi de suite jusqu'à obtenir plusieurs échantillons partiels correspondant chacun à la quantité de matière nécessaire pour former l'échantillon de laboratoire. Enfin, on choisit de façon aléatoire l'échantillon qui servira d'échantillon de laboratoire.
-----------	--

Figure 27 : Procédure simplifiée de partage d'un échantillon composite ou mélangé selon la méthode du pelletage fractionné



Remarque	Une fois le partage terminé, la totalité du matériau constituant l'échantillon partiel retenu doit être utilisée comme échantillon de laboratoire. Les échantillons de réserve doivent être formés à partir du matériau rejeté.
Référence	[10]

A5 Partage sur une bâche

Taille des lots	Pour des raisons pratiques, cette procédure ne peut être appliquée qu'aux petits échantillons composites ou lots d'un volume inférieur ou égal à 1 m ³ environ.
Procédure	On trace deux diagonales sur l'échantillon composite étalé sur une bâche afin de le diviser en quatre secteurs. On rejette un secteur (soit env. 25 % du matériau) et on mélange à nouveau le matériau restant. On répète ainsi l'opération jusqu'à atteindre la quantité de matière nécessaire à la formation de l'échantillon de laboratoire. Lorsque l'on doit partager des échantillons composites de grande taille, il est également possible de rejeter deux quartiers (soit env. 50 % du matériau), de mélanger à nouveau le matériau restant et de procéder ainsi de suite jusqu'à atteindre la quantité de matière nécessaire à la formation de l'échantillon de laboratoire. Dans ce cas, le processus de partage doit être effectué au moins deux fois.
Remarque	Une fois le partage terminé, la totalité du matériau constituant l'échantillon partiel retenu doit être utilisée comme échantillon de laboratoire. Les échantillons de réserve doivent être formés à partir du matériau rejeté.
Ref.	–

A6 Partage au moyen d'un diviseur rotatif ou d'autres diviseurs automatiques

Taille des lots	Flux de matériaux sortants d'un volume minimum d'environ 10 m ³
Conditions préalables	Toutes les exigences relatives à l'échantillonnage des flux de matériaux (procédure B1, p. 56) s'appliquent également aux opérations de partage effectuées à l'aide d'un diviseur rotatif. Pour de plus amples informations, consulter la méthode du ZAR (cf. [40], 3.1). Les diviseurs rotatifs ne peuvent être utilisés que sur les matériaux s'écoulant facilement. En effet, ils ne sont pas adaptés aux matériaux contenant des fils ou autres composants volumineux.
Procédure	Les diviseurs rotatifs fonctionnent selon le principe de l'échantillonnage des flux de matériaux décrit dans la procédure B1 (p. 56). Chaque rotation donne automatiquement lieu à un incrément de la quantité de matière prélevée.
Référence	[40]

Partie III Bases théoriques de l'échantillonnage

La présente partie regroupe quelques observations fondamentales relatives à l'échantillonnage des déchets solides, dont il convient de tenir compte quel que soit le mode de prélèvement. Ces observations concernent notamment :

- *les propriétés des substances à analyser susceptibles d'influer sur le processus d'échantillonnage,*
- *la forme des substances à analyser et leur répartition dans le matériau de matrice qui les entoure,*
- *la représentativité de l'échantillon prélevé par rapport à l'ensemble du lot à évaluer et les exigences en matière de quantité minimale de matière et de nombre minimal d'échantillons en résultant.*

9 Homogénéité et hétérogénéité

L'homogénéité ou l'hétérogénéité d'un déchet constitue un paramètre essentiel sur lequel repose son évaluation (définitions des termes homogène et hétérogène : cf. Glossaire, pp. 9 ss). Selon l'Union internationale de chimie pure et appliquée (cf. [31]), ces deux termes désignent le degré de distribution d'une propriété ou d'une caractéristique distinctive dans une quantité de matériau donnée.

À l'inverse, si les particules porteuses de la caractéristique distinctive sont réparties aléatoirement dans la quantité de base, on considère que cette caractéristique présente une distribution *hétérogène*. Dans ce cas, l'échantillon doit être d'une taille suffisamment importante pour garantir sa représentativité.

Ce principe est clairement exposé à la figure 28.

9.1 Analyse à l'échelle particulaire

Un déchet solide est constitué de nombreuses particules. Chacune d'elle peut porter une certaine quantité d'une caractéristique distinctive (p.ex. d'un métal lourd ou d'un polluant organique). Cette observation somme toute banale revêt une grande importance pour l'échantillonnage, comme expliqué ci-après.

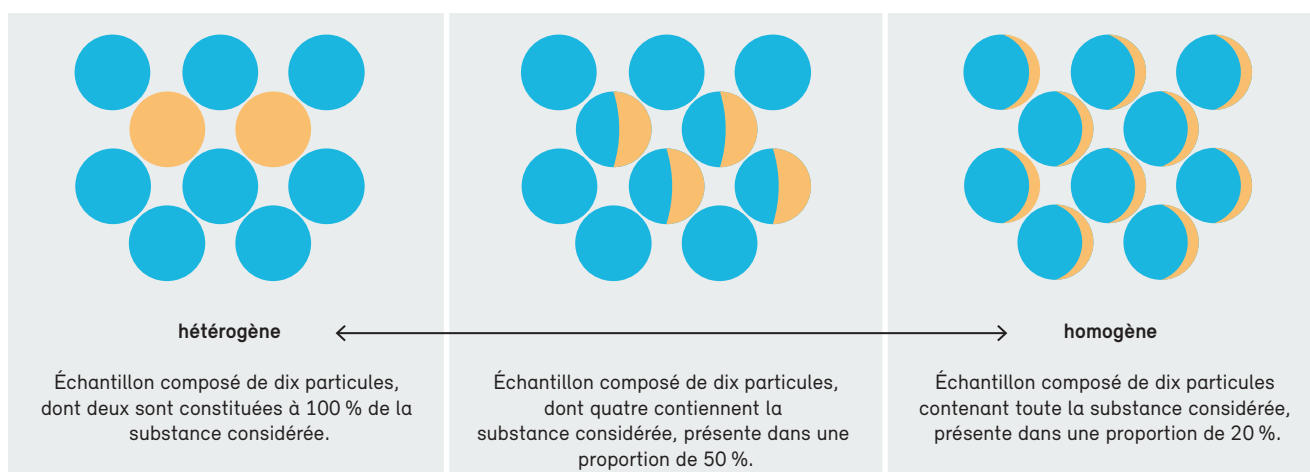
Si les particules porteuses de la caractéristique distinctive (à une concentration identique) sont réparties de manière parfaitement uniforme, on considère que cette caractéristique présente une distribution *homogène*. Dans ce cas, un petit échantillon suffit car il possède quasiment les mêmes propriétés que la quantité de base et est donc *représentatif*.

- Si l'on prend comme échantillon une particule issue de la population homogène, cette dernière sera parfaitement représentative de la quantité de base que constituent les dix particules (cf. fig. 28, schéma de droite).
- À l'inverse, si l'on prend comme échantillon une particule issue de la population hétérogène, les résultats d'analyse montreront dans 80 % des cas que la caractéristique considérée est absente et dans 20 % des cas qu'elle est présente dans une proportion bien supérieure à la valeur réelle (cf. fig. 28, schéma de gauche).

Il ressort de cette observation simple que lorsque le matériau est homogène, une petite quantité de matière suffit à constituer un échantillon simple alors que lorsqu'il

Figure 28

Particules présentant les propriétés recherchées. Dans les trois exemples, la substance considérée est présente en quantité identique, cf. annexe B de la norme DIN 15002 (cf. [13])



est plus hétérogène, il convient de prélever une quantité suffisamment importante de matière.

Le schéma présenté à la figure 29 illustre clairement cette notion.

Le matériau illustré à la figure 29 contient des particules polluantes (p.ex. revêtement de routes), représentées en rouge, entourées d'une matrice non contaminée (particules blanches et fond jaune clair). On ne connaît pas la concentration des polluants présents dans la masse totale à analyser.

- Le petit volume partiel 1 contient sept particules rouges.
- Le petit volume partiel 2 contient une particule rouge.
- Le volume partiel encadré en pointillés, 9 fois plus grand, contient quant à lui 27 particules rouges, ce qui correspond à 3 particules rouges par petit volume partiel.

L'hétérogénéité est à l'origine de la plupart des erreurs d'échantillonnage. C'est pourquoi il convient de veiller à ce que l'échantillon prélevé soit représentatif des propriétés de l'ensemble du lot à évaluer. Pour tous les déchets solides s'appliquent les principes ci-après, en fonction du degré d'hétérogénéité et de l'échelle considérée :

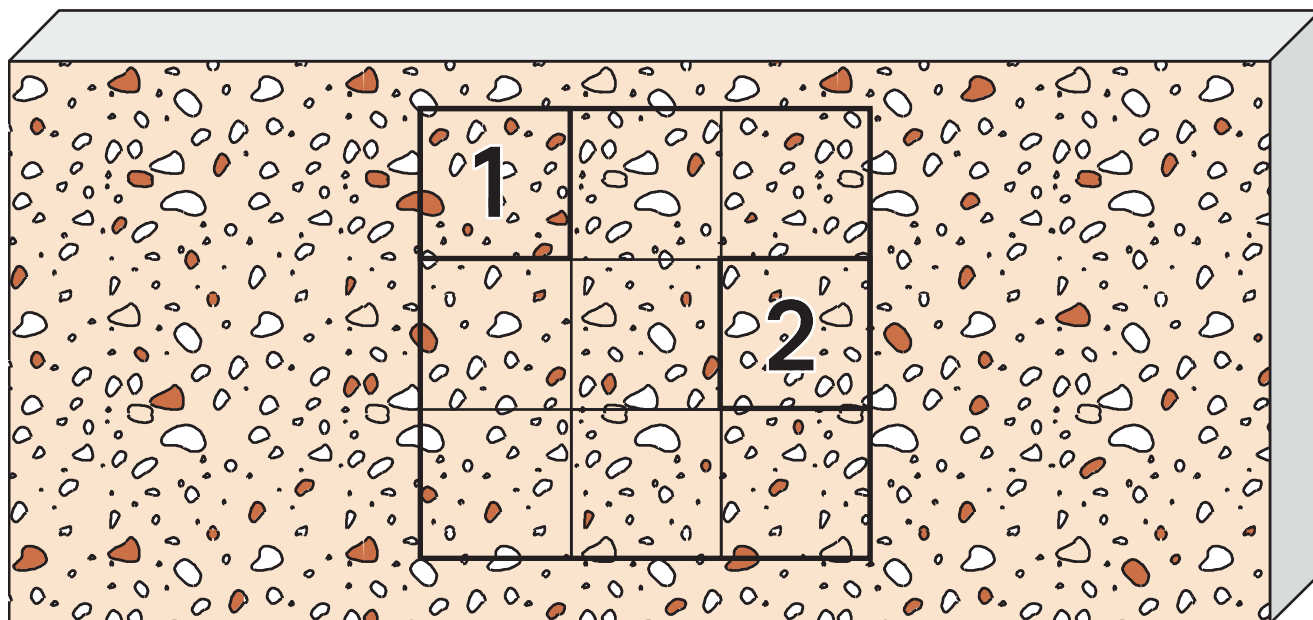
- les échantillons doivent être constitués à partir d'une quantité suffisante de matière,
- les échantillons doivent être prélevés en nombre suffisamment grand.

9.2 Hétérogénéité à petite échelle

La réponse à la question de savoir si un matériau est homogène ou hétérogène dépend aussi de l'échelle considérée. En effet, si l'on considère une portion de la quantité de base un peu plus importante que celle examinée au point précédent, on observe souvent d'autres phénomènes. L'examen organoleptique permet de détecter les domaines inhomogènes : cf. Glossaire, pp. 9 ss, 3.1.1, p. 22.

Figure 29

Volume d'échantillonnage dans un matériau inhomogène (représenté sous forme de schéma)



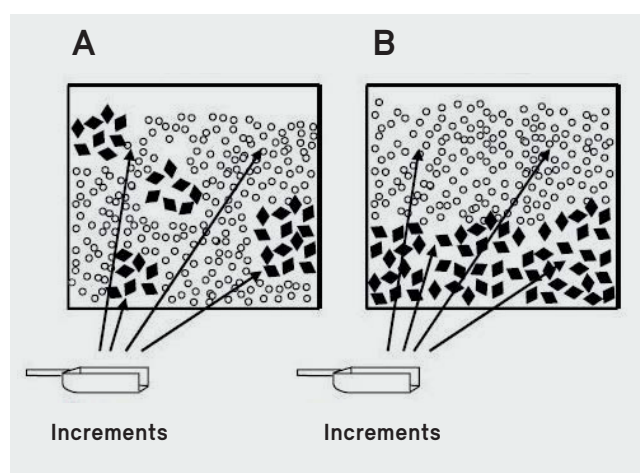
Ainsi, on peut également constater une hétérogénéité à petite échelle, lorsque les particules polluantes s'agglomèrent (A) ou se ségrègent (B).

Ces phénomènes d'agglomération (A) ou de ségrégation (B) se produisent souvent pendant le transport des matériaux et sont par exemple liés au fait que les composants de ces derniers ne présentent pas tous les mêmes caractéristiques en matière de densité, de nature de surface, de composition chimique ou encore de charge électrique.

Si l'on prélève un échantillon à la surface d'un récipient contenant un matériau ségrégué, sa composition diffèrera largement de celle d'un échantillon prélevé dans les couches plus profondes.

Figure 30

Incidence des phénomènes d'agglomération (A) et de ségrégation (B) des particules sur l'échantillonnage (d'après [15])



Le fait de constituer un échantillon simple à partir de plusieurs incréments permet de réduire considérablement le risque d'erreur d'échantillonnage.

9.3 Hétérogénéité à grande échelle

Le thème de l'hétérogénéité liée à une répartition aléatoire des particules portant la caractéristique considérée a été traité ci-dessus. L'échelle considérée couvrirait un espace plutôt réduit s'étendant sur seulement quelques mètres.

Lorsque l'on examine une quantité de matériau plus importante, il est souvent très intéressant de se poser la question suivante :

- le lot de déchets peut-il être considéré comme homogène et traité en conséquence, ou doit-il être divisé en plusieurs lots partiels ?

Pour y répondre, il est essentiel d'évaluer l'hétérogénéité à une échelle de plusieurs mètres.

Dans le cas des déchets de production, il convient de tenir également compte de facteurs temporels (cf. 9.4, p. 70).

9.3.1 Examen préalable des matériaux d'excavation et de percement ainsi que des déchets de chantier

En Suisse, ce sont les travaux d'excavation et de percement ainsi que les autres activités de construction qui génèrent la plus grande quantité de déchets. La séparation précoce des déchets en fonction de leur degré de contamination et des modes d'élimination correspondants revêt donc une importance écologique et économique capitale et contribue à atteindre les objectifs fixés dans l'OLED.

S'il est possible de compenser l'hétérogénéité à petite échelle en prélevant une quantité suffisamment importante de matière ou en formant l'échantillon à partir de plusieurs incréments, l'évaluation de l'hétérogénéité à grande échelle nécessite une réflexion plus approfondie (p.ex. collecte d'informations supplémentaires, investigation historique, etc.).

Les examens préalables doivent être effectués de telle sorte qu'une fois les travaux lancés, on dispose de lots partiels pouvant être considérés comme homogènes au sens de la législation en matière de déchets et éliminés en fonction.

9.3.2 Caractérisation de la masse totale à analyser et échantillonnage de hotspots

Si l'examen préalable a permis de conclure à l'homogénéité du lot de déchets et n'a révélé aucune particularité organoleptique, il est possible de déterminer les caractéristiques du lot en prélevant des échantillons conformes aux exigences présentées au chapitre 11,

pp. 74 ss et sous 7.1, p. 37 (l'examen organoleptique permet de détecter les zones particulièrement polluées ou l'hétérogénéité d'un matériau; cf. Glossaire, pp. 9 ss, et 3.1.1, p. 22).

À l'inverse, si l'on constate la présence d'une zone «suspecte» (hotspot) dans le matériau, il convient de l'échantillonner séparément du reste des déchets.

9.4 Hétérogénéité temporelle

Lors de la planification de l'échantillonnage de déchets issus de processus industriels, il convient de tenir compte non seulement de l'hétérogénéité spatiale, mais aussi des variations temporelles ou saisonnières.

Si l'objectif est de caractériser la masse totale à analyser en procédant à un échantillonnage représentatif, il est nécessaire de prélever à intervalles réguliers des échantillons de même masse issus du processus, qui pourront ensuite être regroupés pour former un échantillon mélangé.

Lorsque l'on prélève des échantillons dans un tas de taille plus importante (p.ex. sur des places de transvasement), les résultats peuvent rarement être considérés comme représentatifs et revêtent généralement un caractère évaluatif.

On observe des variations similaires, liées aux saisons et aux conditions météorologiques, avec les déchets contaminés aux composés d'hydrocarbures volatils.

9.5 Résumé pour la pratique

Dans le présent contexte, le principe suivant s'applique: lorsque des substances sont présentes sous forme particulière, mais réparties uniformément dans un matériau solide, on considère que ce dernier est homogène. Il en découle ce qui suit.

- Sont considérés comme **homogènes** dans le cadre de la présente aide à l'exécution (cf. [15]):
 - les matériaux issus de processus industriels constants,

- les autres matériaux dont l'homogénéité est vérifiable par contrôle visuel dans la pratique ou qui présentent une composition constante dans le temps et dans l'espace (exemples: résidus issus de processus de production constants tels que les déchets de l'industrie du plastique, les copeaux métalliques, les poussières, les boues provenant de peintures ou de vernis, les poussières de filtres ou les autres produits de réaction issus de l'épuration des fumées des UIOM).
- Sont considérés comme **hétérogènes**: tous les autres matériaux, et notamment ceux issus de processus de production variables dans le temps. En règle générale, les déchets solides sont hétérogènes.

Il est possible de différencier les matériaux homogènes des matériaux hétérogènes ou de délimiter les domaines d'homogénéité au moyen de certains critères. Il s'agit notamment:

- des propriétés organoleptiques: couleur, proportion de corps étrangers, taille des particules, odeur, etc.;
- de l'ensemble des informations disponibles concernant la variabilité des matériaux solides à échantillonner (évolution en matière de composition, de lieux de stockage, de stratifications, etc.).

Les déchets ménagers sont en principe considérés comme hétérogènes. Il n'est donc généralement pas possible d'en prélever des échantillons représentatifs.

Figure 31

Matériau de remplissage contenant des déchets ménagers



10 Répartition des polluants dans le matériau de matrice

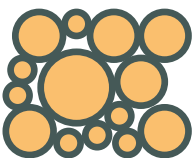
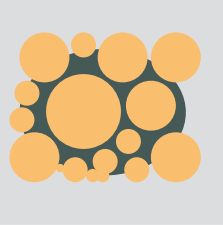
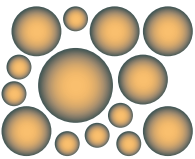
L'hétérogénéité a été présentée ci-dessus comme un indicateur de la répartition régulière ou irrégulière des polluants dans le matériau de matrice. On a utilisé pour ce faire un modèle simple s'appliquant aux répartitions particulières.

Dans la pratique, les polluants peuvent être répartis de différentes manières. Il est essentiel de connaître la répartition des polluants pour définir la quantité minimale de matière à prélever et la procédure d'échantillonnage.

On distingue les répartitions listées ci-après.

Tableau 14

Exemples de répartition des polluants

	Répartition des polluants	Exemples	Description
	Contamination particulaire = proportionnelle au volume	• Déblais contenant des résidus de revêtement de routes ou des particules de crésote • Matériaux pareballes contenant des fragments de projectiles • Mâchefers provenant des UIOM	Le polluant considéré est présent sous forme particulaire entre les grains non contaminés du matériau de matrice.
	Contamination de la surface du matériau de matrice = proportionnelle à la surface	• Déblais contenant de l'huile de chauffage, du diesel ou de l'essence • Ballast ferroviaire contaminé par des HAP, des hydrocarbures aliphatiques	Le polluant considéré est adsorbé à la surface des grains du matériau de matrice et forme de fines couches sur ces derniers.
	Polluants présents sous forme de phases	• Déblais contenant des solvants chlorés • Déblais contenant de l'huile de chauffage, du diesel ou de l'essence • Déblais contenant de la crésote	Les polluants en phase liquide forment des gouttes, des grumeaux ou des micelles entre les grains du matériau de matrice.
	Saturation en polluants	• Matériaux contenant du tétrachloroéthène • Matériaux contenant du plomb sous une forme oxydée	Le polluant considéré s'est déposé ou intégré dans les micropores ou dans le réseau cristallin des grains du matériau de matrice.

10.1 Contamination particulaire

Exemples : déblais contenant des résidus de revêtement de routes (HAP), des particules de créosote ou des fragments de projectiles (plomb métallique)

Le polluant considéré est réparti aléatoirement, sous forme particulaire, entre les grains non contaminés du matériau de matrice. La teneur en polluants des particules ne dépend pas de la taille des grains du matériau de matrice (= répartition proportionnelle au volume). La fraction de particules contenant le polluant considéré est répartie au hasard dans le matériau de matrice.

Plus la proportion de la fraction de particules contenant le polluant est faible, plus l'hétérogénéité est importante à petite échelle.

La quantité minimale de matière à prélever est donc inversement proportionnelle à la part massique de la fraction de particules contenant le polluant.

10.2 Contamination de surface

Exemples : déblais contenant de l'huile de chauffage, du diesel ou de l'essence, ballast ferroviaire contaminé

Les immissions liquides ou gazeuses conduisent généralement à une contamination de la surface du matériau de matrice par le polluant considéré.

La substance est adsorbée à la surface des grains du matériau de matrice et forme de fines couches sur ces derniers. L'intérieur des grains n'est pas contaminé. La teneur en polluants dépend de la surface du matériau de matrice (= répartition proportionnelle à la surface). Les matériaux à grain fin (p.ex. sable fin, limon) présentent des teneurs en polluants par unité de volume supérieures à celles des matériaux à grain grossier (p.ex. graviers).

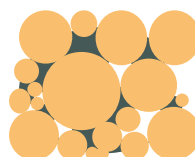
Les matériaux contaminés en surface peuvent être considérés comme quasiment homogènes. Il convient de prélever une quantité de matière suffisamment importante pour être représentative de l'ensemble du spectre granulométrique.

10.3 Polluants présents sous forme de phases

Les **substances en phase liquide** forment des gouttes, des grumeaux ou des micelles entre les grains du matériau de base. On distingue les substances de densité > 1 (DNAPL) des substances de densité < 1 (LNAPL).

Exemples : DNAPL tels que tétrachloroéthène (Per) ou créosote, LNAPL tels que huile de chauffage, diesel ou essence

Il s'agit souvent de matériaux contenant une phase volatile pour lesquels le prélèvement d'échantillons liners est parfaitement adapté.



La **saturation résiduelle** désigne la quantité maximale de liquide pouvant être absorbée par un matériau de matrice sans que la phase liquide ne s'écoule sous l'effet de la pesanteur. En physique, le phénomène s'explique ainsi : les accumulations de liquide présentes dans un espace poreux ne sont pas macroscopiquement reliées entre elles, si bien que le liquide ne peut s'écouler. La saturation résiduelle dépend de la porosité utile, de la fluidité et de la teneur en eau et en air du matériau.

Pour échantillonner un matériau soumis à saturation résiduelle, on procède de la même manière que pour les matériaux faisant l'objet d'une contamination particulaire.

Dans la présente aide à l'exécution, le thème des **substances en phase solide** (p.ex. métaux) est abordé dans la partie consacrée à la contamination particulière.

Exemples: matériaux pare-balles contenant des fragments de projectiles (p. ex. plomb, alliages de cuivre)

10.4 Saturation en polluants

Exemples: tétrachloroéthène (perchloroéthylène, Per), plomb sous une forme oxydée, chromate contenu dans les granulats de graviers

La substance s'est déposée sur les micropores des grains du matériau de matrice ou s'est intégrée dans ceux-ci. Comme on ne connaît généralement pas le degré d'incorporation des polluants dans le matériau de matrice, ce type de pollution est relativement difficile à évaluer. Lorsque la diffusion est restreinte, la répartition des polluants peut être évaluée comme dans le cas d'une contamination de surface. Lorsque la diffusion est forte, il convient de prendre en compte la répartition des polluants aussi bien sous l'angle d'une contamination particulière que sous l'angle d'une contamination de surface.

Pour échantillonner un matériau saturé, on procède de la même manière que pour les matériaux faisant l'objet d'une contamination particulière.

11 Quantité minimale de matière à prélever

La quantité minimale de matière à prélever correspond à la masse minimale de matériau devant être prélevée et analysée, après avoir éventuellement été préparée sur le terrain (p.ex. tamisée ou partagée), pour formuler une assertion *représentative* concernant la teneur en polluants d'un domaine considéré comme homogène. La masse des échantillons simples a une incidence directe sur l'ampleur de la dispersion (= variance) des résultats des mesures autour de la teneur en polluants moyenne réelle de la masse totale à analyser.

Lorsque l'on définit la quantité minimale de matière à prélever, il convient de distinguer, sur la base de l'hypothèse de travail formulée au sujet des propriétés des polluants :

- la contamination particulaire et
- la contamination de la surface du matériau de matrice (cf. 2.2, p. 19).

En cas de doute, il convient de définir la quantité minimale de matière à prélever en partant du principe que le matériau fait l'objet d'une contamination particulaire.

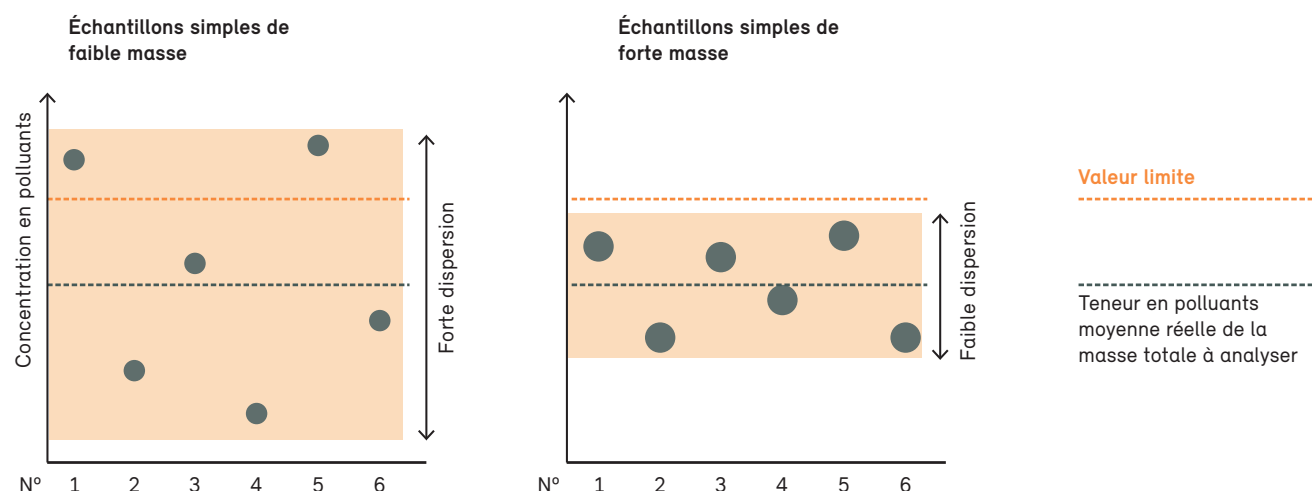
11.1 Définition de la quantité minimale de matière à prélever en cas de contamination particulaire

Les bases théoriques permettant de déterminer la quantité minimale de matière à prélever en cas de contamination particulaire sont résumées à l'annexe 3 (pp. 85 ss). Il est également possible de se référer à la littérature spécialisée : [13], [16], [27].

Il découle de ces bases théoriques les *principes fondamentaux de détermination de la quantité minimale de matière à prélever* applicables dans la pratique. Ces principes, qui sont décrits ci-après, représentent un compromis raisonnable entre erreur statistique acceptable, facilité de manipulation des échantillons et répartitions typiques des particules polluantes.

Figure 32

Échantillons issus du même matériau : lien entre la masse des échantillons simples et l'ampleur de la dispersion des résultats des mesures autour de la teneur en polluants moyenne réelle de la masse totale à analyser (représentation schématique)



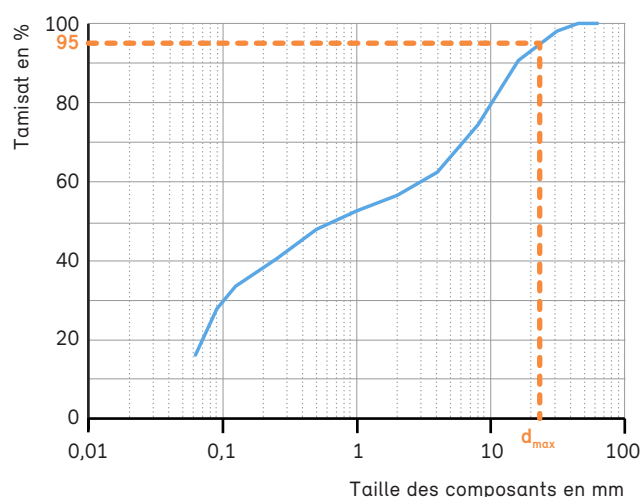
11.1.1 Estimation de la taille maximale des composants

La quantité minimale de matière à prélever est définie en fonction du diamètre maximal des composants du matériau à échantillonner.

On entend par diamètre maximal des composants le diamètre supérieur ou égal à celui de 95 % des composants du matériau.

Figure 33

Exemple de courbe granulométrique : détermination du diamètre maximal des composants $d_{\max}$



La présence de composants de grande taille devant être triés et exclus de l'échantillon (p.ex. grosses pierres et blocs) doit être mentionnée dans le protocole de prélèvement.

Lors de la planification d'un échantillonnage, il est cependant rare de disposer d'une courbe granulométrique servant de base pour déterminer le diamètre maximal des composants $d_{\max}$. Il convient donc d'estimer la valeur $d_{\max}$ en procédant à une évaluation visuelle du matériau.

11.1.2 Définition de la quantité minimale de matière à prélever

- Pour les échantillons dont les composants présentent un diamètre maximal inférieur ou égal à 50 mm, la

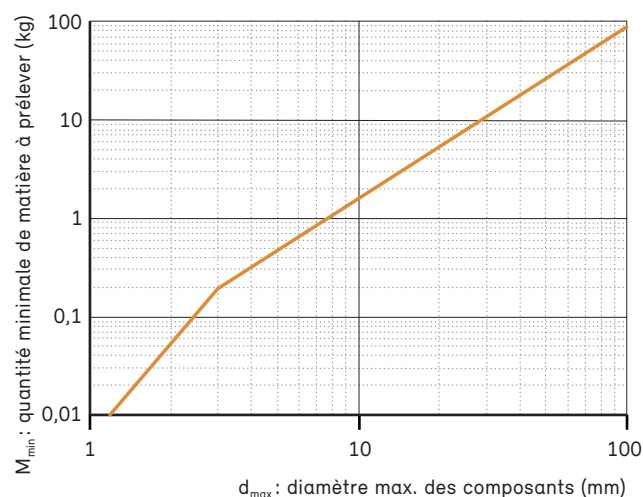
quantité minimale de matière à prélever est définie selon la figure 34, p. 75.

- La quantité minimale de matière est proportionnelle au cube du diamètre maximal des composants. C'est pourquoi les échantillons dont les composants présentent un diamètre supérieur à 50 mm ne peuvent être évalués selon cette règle fondamentale. En effet, dans ce genre de cas, il est nécessaire de tenir compte de considérations particulières pour déterminer la quantité minimale de matière à prélever.
- La règle présentée plus haut ne s'applique pas non plus au compost, pour lequel il convient de prélever les quantités de matière suivantes (cf. [26]) :
 - jusqu'à 500 m³ : au moins 60 à 80 l de matière,
 - à partir de 500 m³ : au moins 120 à 160 l de matière.
- En définissant la quantité minimale de matière à prélever d'après cette méthode, on prend comme base une *marge d'erreur d'échantillonnage relative tolérée ε de 20 %* (déterminée en fonction de la part massique de la fraction de polluants et de la taille des composants ; [13], [16], [23], [27]), cf. annexe 3, A3.1, pp. 85 ss, et figure 39, p. 88.

Figure 34

Échantillons de matériaux faisant l'objet d'une contamination particulière

Quantité minimale de matière à prélever en fonction de la taille maximale des composants (d'après [13], [16], [23] et [27]). Les échantillons de réserve ne sont pas compris dans la quantité minimale de matière à prélever.



11.2 Définition de la quantité minimale de matière à prélever en cas de contamination de la surface du matériau de matrice

Les bases théoriques permettant de déterminer la quantité minimale de matière à prélever en cas de contamination de la surface du matériau de matrice sont résumées à l'annexe 3, pp. 85 ss. Il est en outre possible de se référer à la norme DIN 15002 (cf. [13]).

Lorsque le matériau à échantillonner est en grande partie homogène et présente une densité élevée (p. ex. sable), et que l'on observe une contamination de la surface du matériau de matrice, il est possible de déterminer la quantité minimale de matière à prélever selon la formule empirique ci-dessous :

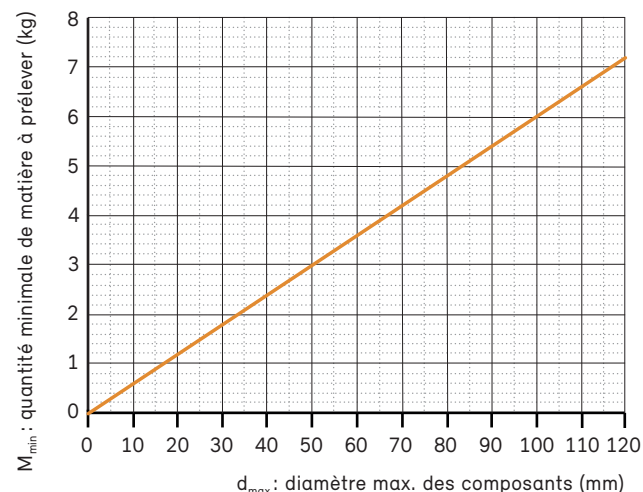
$$M_{\min} \approx 0.06 d_{\max} \quad \begin{array}{ll} M_{\min} & \text{en kg} \\ d_{\max} & \text{en mm} \end{array}$$

La quantité minimale de matière à prélever est définie en fonction du diamètre maximal des composants constituant le matériau à échantillonner. On entend par diamètre maximal des composants le diamètre supérieur ou égal à celui de 95 % des composants du matériau (cf. fig. 33, p. 75).

Figure 35

Contamination de la surface du matériau de matrice

Quantité minimale de matière à prélever en fonction de la taille maximale des composants (d'après [13]). Les échantillons de réserve ne sont pas compris dans la quantité minimale de matière à prélever.



11.3 Détermination de la quantité minimale de matière à prélever dans le cas des polluants présents sous forme de phases

Pour les **particules solides**, il est possible de suivre les indications données dans la partie consacrée à la contamination particulaire (cf. 11.1, p. 74).

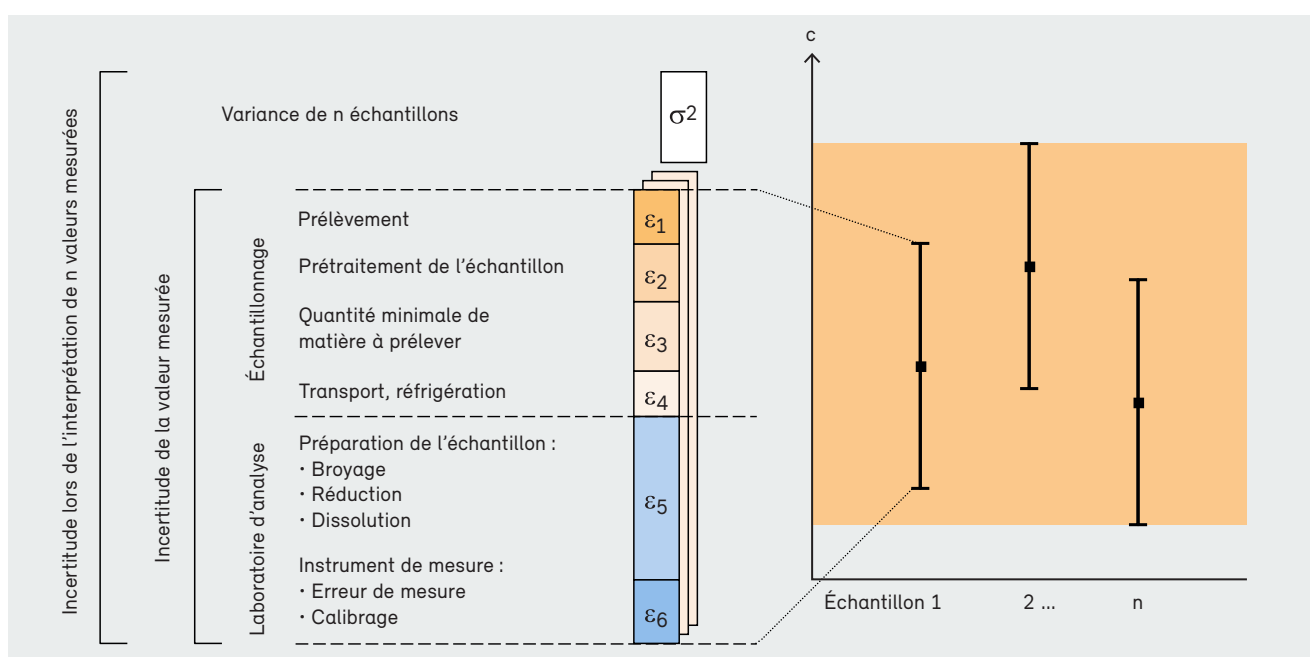
À proprement parler, les **polluants en phase liquide** sont répartis « proportionnellement à l'espace poral ». Le volume de l'espace poral utile dépend de la taille des composants et du degré d'irrégularité granulométrique. Pour déterminer la quantité minimale de matière à prélever, il est conseillé de procéder comme dans le cas d'une contamination de la surface du matériau de matrice (cf. 11.2, p. 76).

Si les propriétés des particules réparties sous forme particulaire présentent un intérêt particulier, on détermine la quantité minimale de matière à prélever en suivant les indications données dans la partie consacrée à la contamination particulaire (cf. 11.1, p. 74).

12 Prise en compte des incertitudes

Figure 36

Éléments à prendre en compte lors de l'évaluation des incertitudes de mesure et de l'interprétation de plusieurs valeurs mesurées dans un même domaine d'homogénéité (schéma, les éléments ne sont pas représentés à l'échelle)



12.1 Incertitudes liées au prélèvement et à l'analyse d'échantillons solides

La chaîne des processus couvrant le prélèvement et l'analyse des échantillons est représentée à la figure 36. À chacune de ces étapes apparaissent des écarts (ε_i) entre la valeur mesurée et la valeur réelle. Ces écarts peuvent présenter un caractère à la fois systématique et aléatoire.

12.1.1 Évaluation de l'incertitude totale de la valeur mesurée sur un échantillon donné

L'incertitude aléatoire totale d'une valeur mesurée (ε_{tot}) est déterminée comme suit, sur la base des différents éléments représentés plus haut ($\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n$) et selon la loi gaussienne de propagation des erreurs :

$$\varepsilon_{\text{tot}} = \sqrt{\frac{\varepsilon_1^2 + \varepsilon_2^2 + \dots + \varepsilon_n^2}{n - 1}}$$

Les incertitudes se propagent. Les contributions à l'incertitude apparaissant au cours d'une étape de la chaîne des processus ne peuvent être compensées par d'autres contributions partielles. Chaque étape de la chaîne des processus doit être mise en œuvre avec soin et conformément à l'état actuel de la technique. C'est pourquoi un large éventail de méthodes éprouvées pouvant être appliquées aux différentes étapes de l'échantillonnage sont présentées en deuxième partie de la présente aide à l'exécution (cf. **Partie II** : Procédures et méthodes, pp. 36 ss).

L'incertitude systématique ε_{tot} ne peut généralement être évaluée que de façon approximative. La référence [35], par exemple, contient d'autres indications concernant l'évaluation des incertitudes.

12.1.2 Contributions partielles à l'incertitude d'échantillonnage

Les contributions partielles à l'incertitude d'échantillonnage peuvent être classées selon le modèle ci-dessous.

Lieu de prélèvement ϵ_1

- Lorsque les déchets à échantillonner présentent une hétérogénéité à grande échelle, la localisation du point de prélèvement peut influencer fortement le résultat des mesures. C'est pourquoi il est nécessaire de prélever plusieurs échantillons simples répartis sur l'ensemble du lot de déchets lorsque ce dernier est de taille importante (cf. 2.3.2, p. 20).
- Lors de la planification de l'échantillonnage, l'expert définit, sur la base des informations dont il dispose concernant le site, un domaine d'homogénéité présentant des propriétés lithologiques et chimiques relativement stables (hypothèse de travail relative aux substances et à leurs propriétés). L'échantillon doit être représentatif de ce domaine d'homogénéité. Si le domaine à évaluer ne répond pas pleinement aux critères d'homogénéité susmentionnés, la valeur mesurée ne reflètera pas exactement ses propriétés réelles (cf. chap. 11, pp. 74 ss; fig. 34, p. 75, et fig. 35, p. 76).

Prétraitement de l'échantillon ϵ_2

- Les opérations de mélange et de partage effectuées dans le cadre du prétraitement de l'échantillon doivent couvrir l'ensemble du spectre granulométrique.
- Lorsque l'on rejette des fractions grossières, il est nécessaire de suivre des procédures particulières (cf. 3.3.6, p. 29).

Quantité minimale de matière à prélever ϵ_3

- La quantité minimale de matière à prélever est définie sur la base des modèles d'hypothèses relatifs à l'hétérogénéité à petite échelle (cf. 2.3.1, p. 20). Les quantités minimales de matière à prélever définies pour les matériaux faisant l'objet d'une contamination particulière et présentées à la figure 34 (p. 75) tiennent compte d'une marge d'erreur d'échantillonnage relative tolérée (ϵ) de 20 % et d'un intervalle de confiance de 95 % (cf. [23], [27]).
- Il est rare de connaître précisément les hypothèses concernant la répartition des particules. Il en va de

même pour le diamètre maximal des composants $d_{\max}$, qui dans la plupart des cas ne peut être évalué que de manière approximative et présente donc une certaine incertitude.

- Le prélèvement d'échantillons de **substances volatiles** implique des pertes non quantifiables susceptibles d'influencer considérablement les résultats des mesures (cf. 3.3.1, p. 27).

Transport et réfrigération ϵ_4

Dans le cas des substances volatiles, un conditionnement non adapté, une absence de réfrigération et un temps de transport ou d'entreposage prolongé peuvent conduire à d'importantes erreurs (cf. chap. 5, pp. 32 ss).

Incertitudes liées à l'analyse en laboratoire ϵ_5 et ϵ_6

La question des incertitudes systématiques liées à la préparation des échantillons et à leur analyse en laboratoire est traitée dans l'aide à l'exécution *Méthodes d'analyse dans le domaine des déchets et des sites pollués* [23].

12.2 Prise en compte de l'incertitude dans la représentation des valeurs mesurées : nombre de chiffres significatifs

Les résultats obtenus à l'aide des instruments de mesure utilisés dans les laboratoires d'analyse comportent généralement quatre ou cinq décimales significatives, voire plus. Ces résultats cachent souvent une précision largement supérieure à l'imprécision décrite plus haut, qui est liée à l'échantillonnage et se distingue par son caractère systématique et inévitable. Les résultats des mesures doivent donc être représentés de façon à prendre en compte l'imprécision systématique liée à l'échantillonnage et à ne pas donner une illusion de précision.

Dans les textes de loi et les aides à l'exécution, les comparaisons entre valeurs mesurées et valeurs indicatives ou valeurs limites sont effectuées sur la base de deux chiffres significatifs. Il est donc recommandé d'arrondir les résultats des mesures à deux chiffres significatifs dans les rapports (cf. [23], [34]).

Exemples

Tableau 15

Chiffres significatifs et valeurs mesurées arrondies, exemple (d'après [23])

Valeur limite	Valeur mesurée	Présentation de la valeur mesurée dans les rapports		Évaluation
		Représentation	Nombre de chiffres significatifs	
10	10,27	10	2	Valeur limite respectée
10	10,53	11	2	Valeur limite non respectée
1000	1012	1000	2	Valeur limite respectée
1000	1070	1100	2	Valeur limite non respectée
0,1	0,104	0,10	2	Valeur limite respectée
0,1	0,136	0,14	2	Valeur limite non respectée
0,1	<0,050	<0,05	2	Valeur limite respectée
0,01	0,0105	0,011	2	Valeur limite non respectée

12.3 Incertitude et valeurs limites ou autres valeurs déterminantes légales : règles à appliquer

Toute valeur mesurée est assortie d'une certaine incertitude. Lors de la caractérisation de déchets soumis à déclaration, il faut prêter une attention particulière aux substances dont les concentrations sont proches des valeurs limites ou d'autres valeurs déterminantes.

- Pour déterminer si un échantillon respecte la valeur limite ou la valeur déterminante, il convient de se baser exclusivement sur la valeur exacte obtenue, sans y soustraire ni y ajouter les incertitudes.
- S'il existe plusieurs échantillons d'un même lot de déchets, et donc plusieurs valeurs, il est recommandé de toujours utiliser la moyenne de toutes les valeurs (cf. [23]).

Ces règles ne peuvent s'appliquer à tous les cas de figure. En effet, la qualité d'une caractérisation de déchets aux fins de déclaration dépend avant tout de l'échantillonnage, l'analyse n'ayant généralement qu'une portée secondaire.

Les présentes règles ne doivent en aucun cas freiner ou limiter la réflexion de l'auteur des prélèvements ou de l'expert quant à la prise en compte des incertitudes dans le cadre de la formulation de l'hypothèse de travail relative aux substances et à leurs propriétés, de l'élaboration du plan d'échantillonnage et de la documentation de l'échantillonnage.

Les incertitudes inhérentes aux processus de prélèvement et d'analyse doivent être évaluées et discutées lors de l'élaboration du rapport d'analyse.

Annexe 1 : Bases

A1.1 Bases légales

OSites

Ordonnance du 26 août 1998 sur les sites contaminés – RS 814.680.

OLED

Ordonnance du 4 décembre 2015 sur les déchets – RS 814.600.

LPE

Loi du 7 octobre 1983 sur la protection de l'environnement – RS 814.01.

OSol

Ordonnance du 1^{er} juillet 1998 sur les atteintes portées aux sols – RS 814.12.

A1.2 Normes d'échantillonnage pertinentes

[1]

ASTM (2007): Standard Practice for Sampling Waste Streams on Conveyors – ASTM D7204-07.

[2]

ASTM (2011): Standard Guide for Sampling of Drums and Similar Containers by Field Personnel – ASTM D6063-11.

[3]

ASTM (2012): Standard Practice for Sampling Consolidated Solids in Drums or Similar Containers – ASTM D5679-94a (réapprouvée en 2012).

[4]

ASTM (2013): Standard Practice for Sampling Unconsolidated Waste From Trucks – ASTM D5658-13.

[5]

ASTM (2014): Standard Practice for Sampling Unconsolidated Solids in Drums or Similar Containers – ASTM D5680-14.

[6]

BSi British Standards (2006): Caractérisation des déchets – Prélèvement des déchets – Partie 2: guide relatif aux techniques d'échantillonnage – CEN/TR 15310-2, 29.12.2006.

[7]

BSi British Standards (2006): Caractérisation des déchets – Prélèvement des déchets – Partie 4: guide relatif aux procédures d'emballage de stockage, de conservation, de transport et de livraison des échantillons – CEN/TR 15310-4, 29.12.2006.

[8]

Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (2008): Gefährdung durch Hautkontakt. Ermittlung, Beurteilung, Massnahmen – Technische Regel für Gefahrstoffe 401 (TRGS-401), www.baua.de.

[9]

DIN (2009): Untersuchung von Feststoffen – Proben-vorbehandlung, -vorbereitung und -aufarbeitung für chemische, biologische und physikalische Untersuchungen – DIN 19747, juillet 2009.

[10]

DIN (2011): Schlamm, behandelter Bioabfall und Boden – Anleitung zur Probenvorbehandlung – DIN 16179-11.

[11]

DIN (2011): Baugrund, Untersuchung von Bodenproben – Bestimmung der Korngrößenverteilung Sol, reconnaissance et essai – Analyse granulométrique – DIN 18123-11.

[12]

DIN (2014): Untersuchung von Feststoffen – Probenahme von festen und stichfesten Materialien – Teil 1: Anleitung für die segmentorientierte Entnahme von Proben aus Haufwerken – DIN 19698-1, mai 2014.

[13]

DIN (2015): Charakterisierung von Abfällen – Herstellung von Prüfmengen aus der Laborprobe – DIN 15002-15 juillet 2015.

[14]

Comité européen de normalisation (1996): Essais pour déterminer les propriétés générales des granulats – Partie 1: méthodes d'échantillonnage – EN 932-1.

[15]

EPA (2002): RCRA Waste Sampling. Draft Technical Guide. Planning, Implementation and Assessment – Solid Waste and Emergency Response (5305W, EPA530-D-02-002), août 2002, www.epa.gov/osw.

[16]

LAGA (1983): LAGA PN 2/78K Grundregeln für die Entnahme von Proben aus Abfällen und abgelagerten Stoffen – Mitteilung der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) 9, décembre 1983.

[17]

LAGA 2001: LAGA PN 98 Richtlinie für das Procédure bei physikalischen, chemischen und biologischen Untersuchungen im Zusammenhang mit der Verwertung/Beseitigung von Abfällen – Mitteilung der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) 32, décembre 2001.

[18]

VSS (1986): Mineralische Baustoffe und Lockergesteine. Siebanalyse. Granulats minéraux et sols. Analyse granulométrique par tamisage – SN 670 810c, 1986.

[19]

VSS (1991): Mineralische Baustoffe, Probenahme – SN 670 800c, février 1991.

A1.3 Autres bases

[20]

Aichberger K. et al, 1985, Soil sampling for trace element analysis and its statistical evaluation, *extrait de*: Gomez A., Leschber R., L'Hermite P. (ed.), Sampling problems

for the chemical analysis of sludge, soils and plants – Elsevier Applied Science Publishers, 38-44, London.

[21]

OFEV (2006): Indemnisations en vertu de l'OTAS pour les installations de tir. Communications de l'OFEV aux requérants – L'environnement pratique, sites contaminés 34/06, UV-0634-F.

[22]

Prélèvement d'échantillons de bois usagé – fiche technique, avril 2016, www.ofev.admin.ch.

[23]

OFEV (2017): Méthodes d'analyse dans le domaine des déchets et des sites pollués (état 2017) – L'environnement pratique, UV-1715-F.

[24]

OFEV (en préparation): Aide à l'exécution concernant l'élimination des boues issues du secteur de la construction – Aide à l'exécution en préparation.

[25]

Office fédéral des transports (OFT) (2002): Directive sur les déblais de voie: Planification des travaux d'excavation en voie, évaluation et élimination des déblais de voie – septembre 2002.

[26]

Bundesgütergemeinschaft Kompost e.V. (éd.) (2006): Methodenbuch zur Analyse organischer Düngemittel, Bodenverbesserungsmittel und Substrate – 5^e édition.

[27]

Bunge R. & Bunge K. (1999): Probenahme auf Altlasten: Minimal notwendige Probenmasse – altlasten spektrum 3/99 pp. 174-179.

[28]

OFEFP (2003): Prélèvement et préparation d'échantillons de sols pour l'analyse de substances polluantes. Manuel de prélèvement sol (OSol) – L'environnement pratique, VU-4814-F.

[29]

ChloroNet (éd.) (2008): Guide des hydrocarbures chlorés (HCC) – Propriétés et comportement dans l'environnement – OFEV, mai 2008:

www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/sites-contamines/info-specialistes/chloronet.html.

[30]

ChloroNet (éd.) (2016): Investigation des sites pollués par des hydrocarbures chlorés (HCC). Rapport d'experts – OFEV, octobre 2016.

www.bafu.admin.ch/dam/bafu/fr/dokumente/altlasten/cug/untersuchung_vonckw-belastungen-expertenbericht.pdf.download.pdf/investigation_dessitespolluespardeshydrocarbureschloreshccrappor.pdf.

[31]

De Zorzi, P. et al (2015): Terminology in Soil Sampling (IUPAC Recommendations 2005) – Pure Appl. Chem., Vol. 77, No. 5, pp. 827-841, 2005.

[32]

Federer P. et al, (1989): Wie repräsentativ sind Bodenanalysen? – Landwirt. Schweiz, 6, pp. 363-367.

[33]

Konferenz der Vorsteher der Umweltschutzämter der Ostschweiz/FL (KVU Ost) (2015): Unverschmutzter Aushub: Definition der stofflichen Qualitätsanforderungen – Faktenblatt AUS 1, 30.06.2015.

[34]

Poppitz, W. (2010): Angabe und Beurteilung der Ergebnisse von Einzelmessungen unter Berücksichtigung der Messungenauigkeit und der Rundungsregel – Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie Sachsen, octobre 2010.

[35]

Spirgath, Th (2006): Entwicklung von Kriterien zur Beurteilung der Unsicherheiten bei der Probennahme von Feststoffen – Diss. Freie Univ. Berlin (2006).

[36]

SUVA (2014): Élimination à la décharge des déchets contenant de l'amiante faiblement aggloméré – Fiche thématique n° 33063.f, novembre 2014, www.suva.ch/waswo/33063.f.

[37]

SUVA (2014): Élimination à la décharge des déchets contenant de l'amiante fortement aggloméré – Fiche thématique n° 33064.f, novembre 2014, www.suva.ch/waswo/33064.f.

[38]

SUVA:

www.suva.ch/fr-ch/prevention/themes-specialises/equipements-de-protection-individuelle.

[39]

Terry R.D. & Chilingar G.V. (1955): Summary of «Concerning some additional aids in studying sedimentary formations» by M.S. Shvetsov – Journ. Sed. Petrology 25/3, pp. 229-234.

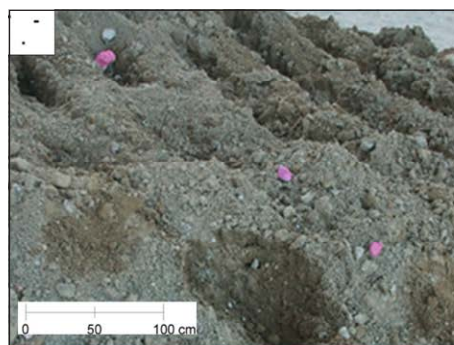
[40]

ZAR Stiftung Zentrum für nachhaltige Abfall- und Ressourcennutzung (éd.) (2014): Methodenband Probenahme, Probenaufbereitung und Analyse der thermischen Abfallbehandlung und deren Aufbereitungsprodukten – mars 2014.

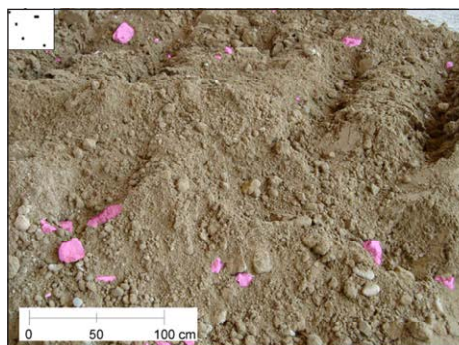
Annexe 2 : Estimation de la proportion de polluants



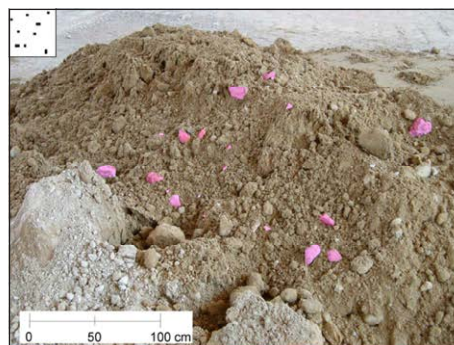
Référence:
déchets de
chantier
minéraux, 100%



1%



2%



3%



4%



5%

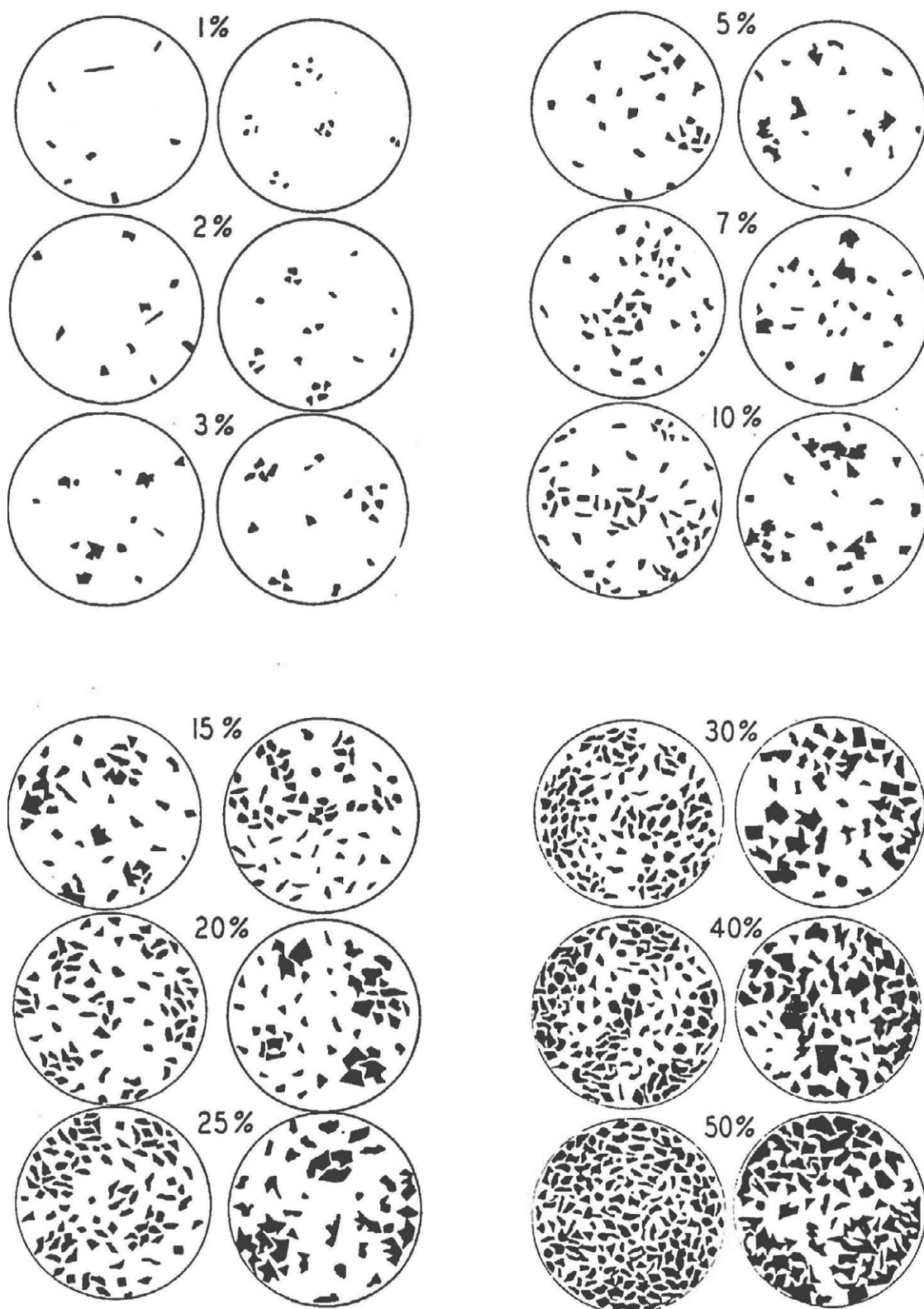


7%



9%

Extrait de [39]



Annexe 3 : Quantité minimale de matière à prélever – Bases théoriques

Abréviations :

$d_{\max}$

Diamètre maximal des particules potentiellement contaminées, 95^e centile de la courbe granulométrique.

d_5

Granulométrie « minimale » des particules potentiellement contaminées, 5^e centile de la courbe granulométrique.

Dans une solution (p.ex. une solution composée de sel de cuisine et d'eau), les concentrations sont partout les mêmes. Lors de l'échantillonnage, ni la localisation ni le volume du prélèvement n'influencent les résultats car chaque volume partiel constituant la solution présente la même composition.

Par contre, lorsque l'on prélève un échantillon d'une quantité définie de déchets solides (dénommée ici « lot »), sa teneur en polluants diffère généralement de la teneur moyenne en polluants de l'ensemble du lot. Cette situation s'explique par le fait que le lot ne présente pas la même composition en tous points. Souvent, on parle également d'hétérogénéité du matériau pour désigner ce phénomène.

L'échantillonnage doit être effectué de telle sorte que l'échantillon prélevé soit représentatif des propriétés de l'ensemble du lot à évaluer, et ce malgré l'hétérogénéité de ce dernier.

Il convient de procéder à l'échantillonnage en tenant compte du type d'hétérogénéité. Ainsi, on distingue :

- **L'hétérogénéité macroscopique.** À une échelle de plusieurs mètres, la concentration en polluants diffère d'un point à l'autre. Dans ce genre de cas, il est nécessaire de déterminer avant l'échantillonnage s'il est pertinent de procéder aux prélèvements en suivant un maillage régulier ou de partager le lot de façon

ciblée. Ces techniques ne sont toutefois pas abordées dans la présente aide à l'exécution (cf. 9.3, p. 69).

- **L'hétérogénéité à petite échelle.** Même à petite échelle (on entend par là quelques centimètres), la composition du matériau constituant un lot peut considérablement fluctuer. D'une part, la concentration en polluants est susceptible de varier fortement d'une particule à l'autre et, d'autre part, les particules peuvent être réparties de façon irrégulière dans le matériau (cf. 9.2, p. 68).
- **L'hétérogénéité temporelle.** La composition des déchets issus de processus industriels a tendance à varier dans le temps. Pour prélever des échantillons représentatifs, il est nécessaire de recourir à des échantillonneurs automatiques ou à des techniques d'échantillonnage par couche (cf. 9.4, p. 70).

A3.1 Matériau de matrice faisant l'objet d'une contamination particulière (= répartition des substances proportionnelle au volume)

Lorsque l'on prélève au hasard des échantillons sur une quantité importante d'un matériau composé de grains présentant différents teneurs en polluants et que l'on procède à leur analyse, on obtient des résultats comportant une marge d'erreur relative ε .

Cette erreur fondamentale dépend de la composition du matériau, de ses propriétés chimiques, de la forme des particules le constituant ainsi que de la distribution granulométrique. Elle ne peut être réduite par mélange ou homogénéisation.

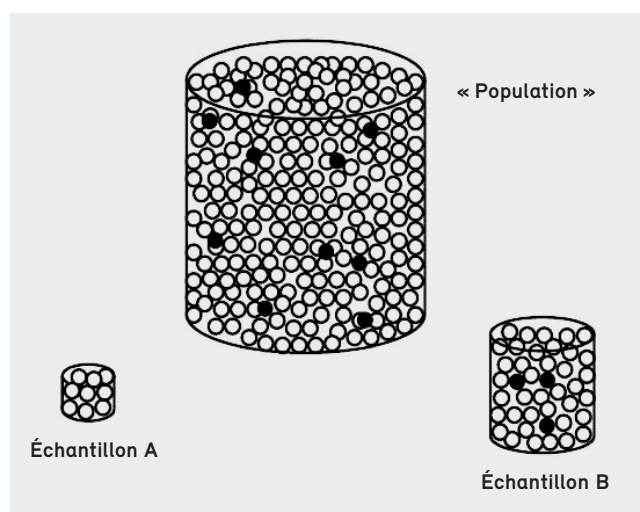
Un système modèle composé de nombreuses boules blanches et de quelques boules noires est présenté à la figure 37 (cf. [15]). Les boules noires représentent les particules polluantes présentes dans le matériau. Si l'on prélève un échantillon constitué de seulement quelques boules (échantillon A), il est peu probable qu'il contienne une ou plusieurs boules noires. Dans de nombreux cas, la proportion de boules noires dans la population sera donc

sous-estimée. En revanche, dans quelques rares cas (échantillons contenant une ou plusieurs boules noires), la proportion de boules noires dans la population sera surestimée.

Figure 37

Incidence de la taille de l'échantillon sur l'erreur fondamentale.

Extrait de [15]



Si l'on augmente le volume de l'échantillon (échantillon B), le nombre de boules noires sera davantage représentatif de la composition du système modèle.

L'équation ci-dessous, tirée de [27], permet de calculer la quantité minimale de matière à prélever pour les matériaux sfaisant l'objet d'une contamination particulière :

$$(1) \quad M_{\min} = \frac{1}{p} \left(\frac{z}{\varepsilon} \right)^2 \frac{\pi \rho}{6} \frac{1}{1 + 3 \lg \frac{d_{\max}}{d_5}} d_{\max}^3$$

- $M_{\min}$ Quantité minimale de matière en g
 $d_{\max}$ Diamètre maximal des particules (95° centile) en cm
 d_5 Diamètre des particules (5° centile) en cm
 ρ Densité moyenne des particules en g/cm³
 p Fraction de particules possédant la propriété considérée (cf. fig. 28, p. 67) : si chaque particule constituant l'échantillon contient la substance considérée en quantité identique, alors $p = 1$. Pour les substances présentes à une concentration supérieure, il est possible d'utiliser une valeur $p =$

0,1. Pour celles dont la concentration est inférieure (p. ex. les oligo-éléments), on peut considérer que $p = 0,001$.

- z Intervalle de confiance
 ε Marge d'erreur d'échantillonnage relative tolérée
 La marge d'erreur relative ε correspond au quotient de l'erreur absolue à la valeur exacte.

Les paramètres utilisés dans l'équation (1) prennent généralement les valeurs suivantes :

Intervalle de confiance

$\alpha = 95 \%$, $z = 1,96$

Marge d'erreur d'échantillonnage relative tolérée

$\varepsilon = 20 \%$

Fraction massique de particules polluantes

$p =$ de 0,1 à 10 %

Densité moyenne des particules minérales porteuses de polluants

$\rho = 2,5 \text{ g/cm}^3$

Densité moyenne des particules organiques porteuses de polluants

$\rho = 2,5 \text{ g/cm}^3$

Densité moyenne des particules métalliques porteuses de polluants

$\rho = 10 \text{ g/cm}^3$

Taille maximale des particules polluantes

$d_{\max} =$ de 0,1 à 10 cm

Spectre de distribution granulométrique

$\lg (d_{\max}/d_5) =$ de 1 à 2

Sur la base de ces hypothèses, on estime la quantité minimale de matière devant être prélevée ($M_{\min}$) pour ne pas dépasser la marge d'erreur d'échantillonnage relative tolérée ε au moyen de l'équation suivante (cf. [27]) :

(2)

$$M_{\min} = \frac{10 \rho}{p} d_{\max}^3$$

$M_{\min}$ en g

ρ en g/cm³

$d_{\max}$ en cm

p Fraction massique de particules polluantes

La quantité minimale de matière à prélever dépend donc uniquement de la taille et de la densité des particules polluantes, ainsi que de la fraction massique qu'elles représentent.

De cette formule découle le rapport entre le diamètre maximal des particules polluantes $d_{S_{\max}}$ et la quantité minimale de matière à prélever $M_{\min}$, représenté ci-dessous sous forme de graphiques (cf. fig. 38 et fig. 39).

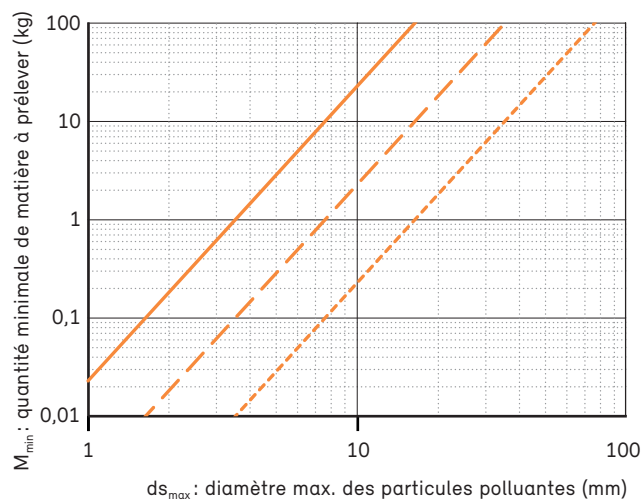
Figure 38

Matériau faisant l'objet d'une contamination particulaire

Rapport entre la quantité minimale de matière à prélever et le diamètre maximal des particules polluantes $d_{S_{\max}}$, établi sur la base des hypothèses suivantes :

- densité des particules polluantes $\rho_S = 2,5 \text{ g/cm}^3$,
- marge d'erreur d'échantillonnage relative tolérée $\varepsilon = 20 \%$,
- spectre de distribution granulométrique $\log(d_{\max}/d_{10}) = 1,5$.

(d'après [27]).



Fraction massique des particules polluantes

- p = 0,1%
- - - p = 1%
- - - - p = 10%

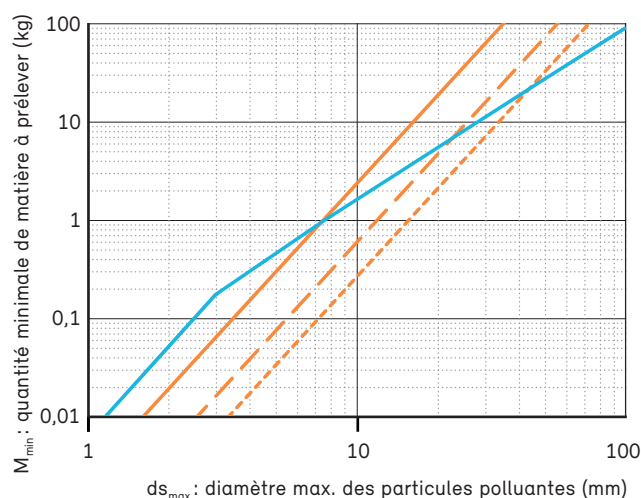
Figure 39

Matériau faisant l'objet d'une contamination particulaire

Rapport entre la quantité minimale de matière à prélever et le diamètre maximal des particules d_{max} , établi sur la base des hypothèses suivantes :

- densité des particules polluantes $\rho_S = 2,5 \text{ g/cm}^3$,
- marge d'erreur d'échantillonnage relative tolérée $\varepsilon = 20, 40 \text{ et } 60 \%$,
- spectre de distribution granulométrique $\log(d_{max}/d_{10}) = 1,5$.

(d'après [27]).



Marge d'erreur d'échantillonnage relative tolérée

- $\varepsilon = 20\%$
- - $\varepsilon = 40\%$
- ... $\varepsilon = 60\%$
- Aide à l'exécution [22]

Exemple : on doit procéder à l'échantillonnage de matériaux d'excavation mélangés à des résidus de revêtements bitumineux représentant une fraction massique p de 5 % et présentant une densité $\rho \approx 2,2 \text{ g/cm}^3$. Le spectre granulométrique des particules polluantes s'étend de 1 à 20 mm. Si l'on calcule la quantité minimale de matière à prélever au moyen de l'équation (2) en prenant comme base une marge d'erreur d'échantillonnage relative tolérée ε de 20 % et un intervalle de confiance de 95 % ($z = 1,96$), on obtient le résultat suivant : $M_{min} = 3,6 \text{ kg}$.

Une fois le prélèvement et l'analyse effectués, il est également possible, au moyen de l'équation (2), de déterminer la marge d'erreur d'échantillonnage relative tolérée ε en comparant la quantité minimale de matière à prélever en théorie à la quantité de matière effectivement prélevée (cf. fig. 40).

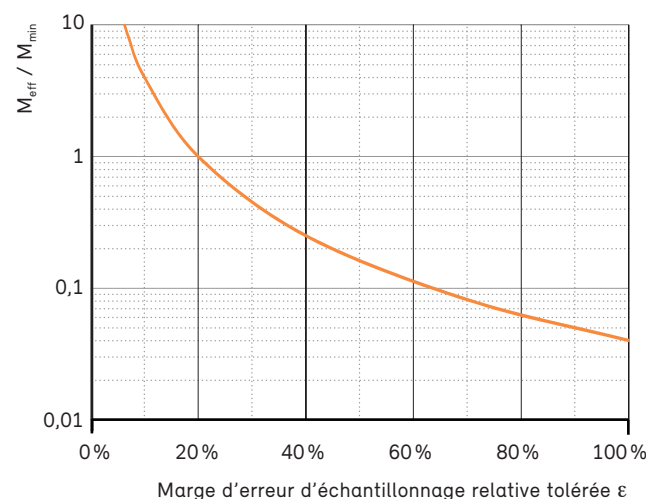
D'après la figure 40, si l'on prélève, dans le cas de l'exemple présenté plus haut, seulement 360 g de matière au lieu des 3,6 kg requis ($M_{eff}/M_{min} = 0,1$), il faudra tabler sur une marge d'erreur d'environ 60 %.

Figure 40

Marge d'erreur d'échantillonnage relative tolérée ε

Rapport entre la marge d'erreur d'échantillonnage relative tolérée ε et le quotient de la quantité de matière effectivement prélevée M_{eff} à la quantité minimale de matière à prélever M_{min} , établi sur la base des hypothèses suivantes :

- densité des particules polluantes $\rho_S = 2,5 \text{ g/cm}^3$,
 - spectre de distribution granulométrique $\log(d_{max}/d_{10}) = 1,5$
- (d'après [27]).



A3.2 Matériau de matrice contaminé en surface (= répartition des substances proportionnelle à la surface)

Lorsque le matériau de matrice est contaminé en surface, les formules présentées plus haut ne s'appliquent pas. Si elles sont toutefois appliquées «par sécurité», on obtiendra un résultat trop élevé, ce qui conduira la personne chargée de l'échantillonnage à prélever une quantité de matière plus importante que nécessaire (cf. [27]).

Un échantillon représentatif des concentrations de substances doit également refléter correctement la distribution granulométrique, même lorsque la surface du matériau de matrice est contaminée. Il est pour ce faire possible de se référer aux normes DIN 18123 (Bestimmung der Korngrößenverteilung [11]) et DIN 15002 (Charakterisierung von Abfällen, [13]).

Les quantités minimales de matière à prélever définies selon la norme DIN 18123 (cf. [11]) sont calculées sur une base purement statistique et dans l'hypothèse d'une répartition uniforme des substances sur toutes les fractions granulométriques. L'expérience ayant montré que la proportion de grains fins est très élevée sur l'ensemble de la surface des sous-sols à granulométrie non uniforme, les normes LAGA (cf. [16]) et, depuis peu, DIN 15002 (cf. [13]) proposent des quantités minimales de matière à prélever moins importantes, qui permettent toutefois d'obtenir des résultats acceptables pour les graviers limoneux et les sables peu graveleux par exemple. Dans le cadre de la norme DIN 15002 (cf. [13]), les quantités minimales de matière à prélever sont définies en tenant compte avant tout des teneurs en substances de la fraction fine de l'échantillon.

Lorsque le matériau de matrice est contaminé en surface, on estime la quantité minimale de matière à prélever au moyen de la formule présentée en annexe B de la norme DIN 15002 (cf. [13]):

$$(3) \quad M_{\min} = \frac{\pi}{6} d_{\max}^3 \rho g \frac{1-p}{CV^2 p}$$

- $M_{\min}$ Quantité minimale de matière en g
- $d_{\max}$ Diamètre maximal des particules en cm
- ρ Densité moyenne des particules en g/cm³
- g Facteur de correction appliqué à la distribution granulométrique: le facteur correspond au rapport d_{05}/d_{95} et donne une indication de la distribution granulométrique. Une valeur g proche de 1 correspond à une distribution granulométrique étroite. Une valeur g inférieure correspond en revanche à une distribution granulométrique large. Les matériaux souterrains naturels présentent généralement une distribution granulométrique de 0,25. Cette valeur peut servir de référence lorsque la distribution granulométrique n'est pas connue.
- p Fraction de particules possédant la propriété considérée (cf. fig. 28, p. 67): si chaque particule constituant l'échantillon contient la substance considérée en quantité identique, alors $p = 1$. Pour les substances présentes à une concentration supérieure, il est possible d'utiliser une valeur $p = 0,1$. Pour celles dont la concentration est inférieure (p. ex. les oligo-éléments), on peut considérer que $p = 0,001$.
- CV Coefficient de variation de l'erreur totale: le coefficient de variation décrit la dispersion d'une valeur. On le calcule en divisant l'écart-type de la valeur par la *valeur moyenne*.
Rapport avec la marge d'erreur d'échantillonnage relative tolérée ε :
 $\varepsilon = z \times \text{écart-type} / \text{valeur attendue}$
 $CV = \text{écart-type} / \text{valeur attendue}$
Ainsi, avec une marge d'erreur d'échantillonnage relative ε , le coefficient de variation CV est calculé comme suit: $CV = \varepsilon/z$.
En prenant comme base un intervalle de confiance de 95 % (arrondi de la valeur inclus) et une marge d'erreur d'échantillonnage relative de 20 %, on peut partir sur un coefficient de variation CV de 0,1.
Selon la nature du matériau à échantillonner et l'objectif de l'analyse, la valeur du CV peut osciller entre 0,1 et 0,3.

Exemple de quantités de matière calculées au moyen de la formule (3):

Tableau 16

Contamination de la surface du matériau de matrice

Quantité minimale de matière à prélever M_{min} calculée au moyen de la formule (3) selon la norme DIN 15002 (cf. [13]).

	Masse minimale par échantillon simple M_{min} [kg]			
	$d_{max} = 4 \text{ cm}$	$d_{max} = 1 \text{ cm}$	$d_{max} = 0,4 \text{ cm}$	$d_{max} = 0,1 \text{ cm}$
Très hétérogène: $p = 0,001$	2160	34	2,18	0,034
Hétérogène: $p = 0,02$	107	1,67	0,11	0,0017
Quasiment homogène: $p = 0,1$	19,6	0,306	0,020	0,0003

Pour les matériaux de matrice quasiment homogènes ou dont la surface est contaminée ($p \approx 0,1$) et présentant une densité élevée (p. ex. le sable), il est possible de définir la quantité minimale de matière à prélever sur la base de la formule empirique ci-dessous (cf. [13]):

(4)

$$M_{min} \approx 0.06 d_{max} \quad \begin{array}{ll} M_{min} & \text{en kg} \\ d_{max} & \text{en mm} \end{array}$$

Annexe 4 : Exemple de protocole de prélèvement

Investigation : - N° de mandat : - Désignation :		N° d'échantillon :		Date et heure du prélèvement :	
Point de prélèvement - Désignation : - Coordonnées : ☐ GPS - Profondeur/pt réf. : de à (cm)			Schéma, particularités : (utiliser le verso si besoin)		
Type d'échantillon ☐ Échantillon représentatif ☐ Échantillon évaluatif			☐ Échantillon simple ☐ Échantillon représentatif d'une surface (échantillon mélangé)		☐ Échantillon représentatif d'un transect (échantillon mélangé) ☐ Échantillon mélangé vertical
Échantillon - Humidité : ☐ saturé ☐ humide ☐ sec - Description : - Particularités organoleptiques :			- Fractions allogènes visibles - Fractions triées (description, poids [kg])		
Quantité de matière prélevée Taille maximale des composants $d_{\max}$ [mm] : ☐ Contamination particulaire ☐ Contamination de surface			Instrument de prélèvement :		
☐ Contamination particulaire ☐ Contamination de surface			Prétraitement de l'échantillon Méthode : ☐ Homogénéisation H1 ☐ Mélange M1 Partage : ☐ Diviseur à couloirs A1 ☐ Pelletage alterné A4 ☐ Sur une bêche A5 ☐ Autre méthode :		
Analyses à effectuer - Laboratoire : - Indications destinées au laboratoire : - Livraison (date et heure) :			Auteur du prélèvement - Nom : - Date, visa :		
			Réceptier :		
			Type de transport ☐ réfrigéré		

Annexe 5 : Exemple de mandat de laboratoire

Investigation : - N° de mandat : - Désignation :						
Prélèvement		Entreprise :			Nom :	
Laboratoire d'analyse						
		Entreprise :				
		Livraison des échantillons au laboratoire (date et heure) :				
☐ Sol / Matériaux d'excavation provenant de sites contaminés ou d'installations d'élimination des déchets ☐ Couche supérieure au sens de l'OSol ☐ Autres matériaux solides						
N° de zone :	Prélèvement : • Date • Heure	Désignation de l'échantillon :	Profondeur : • de • à	Préparation de l'échantillon :	Analyse, mesure : programme d'étude, paramètres individuels	Conserver le matériau pour d'éventuelles mesures supplémentaires
				☐ OLED ☐ OSol		☐
				☐ OLED ☐ OSol		☐
				☐ OLED ☐ OSol		☐
				☐ OLED ☐ OSol		☐
				☐ OLED ☐ OSol		☐
				☐ OLED ☐ OSol		☐
				☐ OLED ☐ OSol		☐
				☐ OLED ☐ OSol		☐
				☐ OLED ☐ OSol		☐
				☐ OLED ☐ OSol		☐

Annexes :		☐ Protocoles de prélèvement, nombre :
Remarques, indications :		
Personne à contacter en cas de questions :		
(tél., fax, courriel) :		
☐ D'autres échantillons suivent		
☐ Clôturer le mandat		