
**Qualité du sol — Échantillonnage —
Partie 7:
Lignes directrices pour l'échantillonnage
des gaz du sol**

*Soil quality — Sampling —
Part 7: Guidance on sampling of soil gas*
**iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)**

ISO 10381-7:2005

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/daa54299-c323-45ea-bcee-0f009faa7407/iso-10381-7-2005>



PDF – Exonération de responsabilité

Le présent fichier PDF peut contenir des polices de caractères intégrées. Conformément aux conditions de licence d'Adobe, ce fichier peut être imprimé ou visualisé, mais ne doit pas être modifié à moins que l'ordinateur employé à cet effet ne bénéficie d'une licence autorisant l'utilisation de ces polices et que celles-ci y soient installées. Lors du téléchargement de ce fichier, les parties concernées acceptent de fait la responsabilité de ne pas enfreindre les conditions de licence d'Adobe. Le Secrétariat central de l'ISO décline toute responsabilité en la matière.

Adobe est une marque déposée d'Adobe Systems Incorporated.

Les détails relatifs aux produits logiciels utilisés pour la création du présent fichier PDF sont disponibles dans la rubrique General Info du fichier; les paramètres de création PDF ont été optimisés pour l'impression. Toutes les mesures ont été prises pour garantir l'exploitation de ce fichier par les comités membres de l'ISO. Dans le cas peu probable où surviendrait un problème d'utilisation, veuillez en informer le Secrétariat central à l'adresse donnée ci-dessous.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 10381-7:2005

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/daa54299-c323-45ea-bcee-0f009faa7407/iso-10381-7-2005>

© ISO 2005

Droits de reproduction réservés. Sauf prescription différente, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'ISO à l'adresse ci-après ou du comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office
Case postale 56 • CH-1211 Geneva 20
Tel. + 41 22 749 01 11
Fax. + 41 22 749 09 47
E-mail copyright@iso.org
Web www.iso.org

Publié en Suisse

Sommaire

Page

Avant-propos.....	iv
Introduction	v
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes et définitions	1
4 Points préliminaires à prendre en compte	4
5 Gaz permanents	5
5.1 Objectifs de l'étude.....	5
5.2 Principes de base	5
5.3 Considérations générales relatives à l'échantillonnage	7
5.4 Exigences relatives à l'échantillonnage	7
5.5 Équipement technique	9
5.6 Plan d'échantillonnage.....	11
5.7 Échantillonnage	12
5.8 Stockage et transport des échantillons pour l'analyse en laboratoire	13
5.9 Rapport d'échantillonnage	13
5.10 Assurance qualité	14
5.11 Interférences	17
6 Composés organiques volatils (COV)	17
6.1 Objectifs.....	17
6.2 Principes de base	17
6.3 Considérations générales sur l'échantillonnage	18
6.4 Exigences relatives à l'échantillonnage	19
6.5 Équipement technique	22
6.6 Plan d'échantillonnage.....	22
6.7 Échantillonnage	24
6.8 Stockage et transport des échantillons pour l'analyse en laboratoire	26
6.9 Rapport d'échantillonnage	26
6.10 Assurance qualité	26
6.11 Interférences	27
6.12 Interprétation des analyses de gaz du sol pour les COV	28
Annexe A (informative) Protocole d'échantillonnage.....	30
Annexe B (informative) Dégradation anaérobie et formation de méthane et de dioxyde de carbone	32
Annexe C (informative) Stratégie pour l'étude des gaz du sol	35
Annexe D (informative) Équipement pour le mesurage du débit du gaz	39
Annexe E (informative) Équipement portatif pour le mesurage des concentrations de gaz permanents.....	40
Bibliographie	40

Avant-propos

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (comités membres de l'ISO). L'élaboration des Normes internationales est en général confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique créé à cet effet. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO participent également aux travaux. L'ISO collabore étroitement avec la Commission électrotechnique internationale (CEI) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les Normes internationales sont rédigées conformément aux règles données dans les Directives ISO/CEI, Partie 2.

La tâche principale des comités techniques est d'élaborer les Normes internationales. Les projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour vote. Leur publication comme Normes internationales requiert l'approbation de 75 % au moins des comités membres votants.

L'attention est appelée sur le fait que certains des éléments du présent document peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence.

L'ISO 10381-7 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 190, *Qualité du sol*, sous-comité SC 2, *Échantillonnage*.

L'ISO 10381 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Qualité du sol* — *Échantillonnage*:

- *Partie 1: Lignes directrices pour l'établissement des programmes d'échantillonnage*
- *Partie 2: Lignes directrices pour les techniques d'échantillonnage*
- *Partie 3: Lignes directrices relatives à la sécurité*
- *Partie 4: Lignes directrices pour les procédures d'investigation des sites naturels, quasi naturels et cultivés*
- *Partie 5: Lignes directrices pour la procédure d'investigation des sols pollués en sites urbains et industriels*
- *Partie 6: Lignes directrices pour la collecte, la manipulation et la conservation de sols destinés à une étude en laboratoire des processus microbiens aérobies*
- *Partie 7: Lignes directrices pour l'échantillonnage des gaz du sol*
- *Partie 8: Lignes directrices pour l'échantillonnage de matériaux en tas*

Introduction

L'ISO 10381-7 fait partie d'une série de Normes internationales destinées à être utilisées conjointement en fonction des besoins. L'ISO 10381 (toutes les parties) traite des modes opératoires d'échantillonnage correspondant aux divers objectifs de l'étude du sol. Les mesurages indiqués pour les gaz du sol et les gaz de décharge ne fournissent aucune indication quantitative sur la quantité totale de matériaux détectée dans les gaz du sol ou dans le sol. Les résultats des mesurages peuvent être influencés notamment par la température, l'humidité, la pression atmosphérique, la profondeur minimale d'extraction, etc.

La terminologie générale utilisée est conforme à celle établie par l'ISO/TC 190 et, plus précisément, à la terminologie présentée dans l'ISO 11074-2.

Outre les principaux constituants (azote, oxygène, dioxyde de carbone), les gaz du sol peuvent contenir d'autres gaz (méthane, monoxyde de carbone, mercaptans, hydrogène sulfuré, ammoniac, hélium, néon, argon, xénon, radon, etc.). Ils peuvent également contenir des composés organiques très volatils ou des vapeurs inorganiques (mercure) qui présentent un intérêt particulier dans le cadre de l'analyse de la contamination du sol et des eaux souterraines.

Compte tenu des différentes propriétés physiques et des gammes de concentrations des gaz dans le sol et dans les décharges, ainsi que de l'étendue des objectifs de l'échantillonnage des gaz du sol, la présente partie de l'ISO 10381 est divisée en deux sections, après les articles généraux 1 à 4:

- a) les gaz permanents des gaz du sol et des gaz de décharge (Article 5); et
- b) les composés organiques volatils (COV) (Article 6).

Par conséquent, certains détails sont inévitablement répétés dans ces deux articles afin que les lignes directrices soient complètes.

iTeh STANDARD PREVIEW **(standards.iteh.ai)**

ISO 10381-7:2005

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/daa54299-c323-45ea-bcee-0f009faa7407/iso-10381-7-2005>

Qualité du sol — Échantillonnage —

Partie 7:

Lignes directrices pour l'échantillonnage des gaz du sol

AVERTISSEMENT — La présente partie de l'ISO 10381 concerne l'analyse sur site des gaz du sol et du sous-sol, nécessitant des précautions particulières en matière d'hygiène et de sécurité.

1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO 10381 donne des lignes directrices sur l'échantillonnage des gaz du sol.

La présente partie de l'ISO 10381 ne traite pas du mesurage des gaz du sol entrant dans l'atmosphère, ni de l'échantillonnage des gaz atmosphériques ou encore des modes opératoires d'échantillonnage passif.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence (y compris les éventuels amendements) s'applique.

ISO 10381-1, *Qualité du sol — Échantillonnage — Partie 1: Lignes directrices pour l'établissement des programmes d'échantillonnage*

ISO 10381-2, *Qualité du sol — Échantillonnage — Partie 2: Lignes directrices pour les techniques d'échantillonnage*

ISO 10381-3, *Qualité du sol — Échantillonnage — Partie 3: Lignes directrices relatives à la sécurité*

ISO 11074-1, *Qualité du sol — Vocabulaire — Partie 1: Termes et définitions relatifs à la protection et à la pollution du sol*

ISO 11074-2, *Qualité du sol — Vocabulaire — Partie 2: Termes et définitions relatifs à l'échantillonnage*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'ISO 11074-1 et l'ISO 11074-2 ainsi que les suivants s'appliquent.

3.1

échantillonnage actif des gaz du sol

échantillonnage par extraction d'un certain volume de gaz du sol

3.2

biodégradation

décomposition physique et chimique d'une substance par des organismes vivants, principalement des bactéries et/ou des champignons

3.3

sondage

trou formé dans le sol ou dans des matériaux mis en décharge, dans lequel une tuyauterie peut être installée pour permettre la surveillance des gaz

NOTE Un sondage est également utilisé pour l'évacuation ou l'extraction des gaz.

3.4

méthode par concentration/adsorption

méthode dans laquelle les substances à déterminer sont concentrées par adsorption sur un adsorbant (par exemple charbon actif ou résine XAD-4), puis désorbées et analysées

3.5

volume mort

volume qui est présent entre l'ouverture d'aspiration de la sonde et le flacon d'échantillonnage, comprenant le volume du flacon d'échantillonnage ou du tube d'absorption

3.6

méthode directe

méthode de mesurage direct

méthode d'analyse dans laquelle l'échantillon de gaz du sol (aliquote) est introduit directement dans un dispositif approprié, sans concentration préalable, puis est soumis à une analyse

3.7

tube de détection à lecture directe

tube de verre rempli de réactifs qui, après passage de certains composés gazeux, provoquent des réactions entraînant des changements de couleur en fonction de la concentration; cet équipement est, par conséquent, utilisé pour des analyses qualitatives et semi-quantitatives

NOTE Une attention particulière doit être portée aux interférences.

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/daa54299-c323-45ea-bcee-0f009faa7407/iso-10381-7-2005>

3.8

migration des gaz

mouvement des gaz et des vapeurs issus des déchets dans une décharge ou dans le sol vers les couches adjacentes, ou émission vers l'atmosphère

3.9

puits de surveillance des gaz

tuyauterie installée de manière appropriée dans un sondage et permettant le prélèvement d'échantillons de gaz afin de mesurer les concentrations de gaz du sol et de contrôler les variations de la composition des gaz du sol ou leur migration

3.10

échantillonnage des gaz

prélèvement, en vue de la réalisation d'essais, d'une proportion de matériau représentatif du gaz contenu dans la porosité du sol à l'emplacement d'échantillonnage

3.11

décharge

dépôt de déchets dans ou sur un terrain pour s'en débarrasser

NOTE Une décharge peut fournir de la terre qui pourra être utilisée à une autre fin.

3.12

gaz de décharge

mélange de gaz permanents (principaux constituants), dominé par le méthane et le dioxyde de carbone, formé par la décomposition de déchets dégradables sur des sites d'enfouissement

NOTE Le gaz de décharge peut également inclure un grand nombre de COV (composés à l'état de trace).

3.13**limite inférieure d'explosivité****LIE**

pourcentage minimal (fraction volumique) d'un mélange de gaz inflammable et d'air entraînant une explosion dans un espace confiné à une température de 25 °C et à la pression atmosphérique

3.14**échantillonnage des gaz du sol en une étape**

échantillonnage des gaz du sol réalisé directement à partir d'une sonde placée dans le sol, sans préforage

3.15**échantillonnage passif des gaz du sol**

échantillonnage basé sur l'adsorption des gaz du sol sur un adsorbant placé dans le sol, sans utiliser de dépression

3.16**gaz permanent**

élément ou composé dont le point d'ébullition est inférieur à – 60 °C à la pression atmosphérique

3.17**volume d'échantillon**

volume de sol à partir duquel l'échantillon de gaz du sol est prélevé

3.18**gaz du sol**

gaz et vapeur présents dans la porosité des sols

3.19**dispositif de surveillance des gaz du sol**

sondage dont la finition est réalisée avec un matériau approprié pour stabiliser la paroi du sondage et/ou pour limiter la zone d'échantillonnage

NOTE

Selon le type et la stabilité de l'assemblage, une distinction est faite entre les points de mesurage temporaires des gaz du sol (échantillonnage de sol unique ou répété à court terme) et les points de mesurage fixes (observations à long terme).

3.20**sonde de gaz du sol****sonde d'échantillonnage des gaz du sol**

sonde, généralement un tube, installée directement dans le sol (échantillonnage des gaz du sol en une étape) ou dans un sondage (échantillonnage des gaz du sol en deux étapes) en vue de prélever des échantillons de gaz du sol

NOTE

En appliquant une dépression à l'extrémité supérieure de la sonde (tête), les gaz du sol à l'extrémité inférieure (bout) sont aspirés via la ou les ouvertures d'aspiration et transférés vers un équipement de collecte des gaz et un équipement de mesurage en ligne (méthode de mesurage direct) ou vers un absorbant (méthode par concentration), ces dispositifs étant installés dans ou au niveau de la tête de la sonde ou utilisés ultérieurement.

3.21**essai d'aspiration des gaz du sol**

échantillonnage des gaz du sol à partir d'un sondage pendant une période contrôlée plus longue (souvent de plusieurs heures à plusieurs jours) en vue d'observer les variations temporelles de la concentration des substances et la distribution de pression dans le sol

3.22**échantillonnage des gaz du sol en deux étapes**

échantillonnage impliquant dans un premier temps l'installation d'un sondage à l'aide d'un instrument de forage ou au moyen d'un petit sondage, puis dans un deuxième temps l'échantillonnage des gaz du sol à partir d'une sonde installée dans le sondage

3.23

composés organiques volatils

COV

composés liquides à température ambiante (20 °C), dont le point d'ébullition est généralement inférieur à 180 °C

EXEMPLES Les COV comprennent notamment des hydrocarbures aromatiques à un seul noyau benzénique et des hydrocarbures halogénés à bas point d'ébullition utilisés comme solvants ou comme combustibles, ainsi que certains produits de dégradation.

4 Points préliminaires à prendre en compte

Le choix de la technique d'échantillonnage doit être cohérent avec les exigences de l'étude (y compris les modes opératoires d'analyse ultérieurs). Il convient également de prendre en compte la nature du terrain à analyser ainsi que la nature et la distribution de la contamination, la géologie et l'hydrogéologie. Il convient que tout soit mis en œuvre pour éviter une contamination croisée et qu'à aucun moment les couches aquifères ne soient exposées à des risques.

Avant le début des travaux intrusifs, il convient d'effectuer un contrôle complet du sol afin de garantir la sécurité des installations ou structures présentes et l'absence totale de dangers (voir l'ISO 10381-2 et l'ISO 10381-3 pour plus d'informations sur les techniques d'échantillonnage et la sécurité).

Lors de l'échantillonnage des gaz du sol à proximité de la surface, l'effet de la pénétration de l'air ambiant doit être pris en compte. La profondeur de l'échantillonnage sera déterminée par la présence d'une couche imperméable à la surface du sol, le type de sol (porosité, teneur en argile, etc.) et la profondeur du socle rocheux. On considère qu'il est peu probable que des échantillons utiles puissent être prélevés à une profondeur inférieure à 0,5 m. Pour la surveillance de routine des gaz du sol, une profondeur minimale de 1 m est recommandée.

Le froid rend difficile l'échantillonnage des gaz du sol. Le gel au sol limite sensiblement la mobilité des gaz dans le sol, ce qu'il convient de prendre en compte lors de la planification et de la réalisation de l'échantillonnage ainsi que lors de l'interprétation des résultats de mesurage. De même, la mobilité peut être limitée par un sol saturé en eau.

Le principal problème de l'échantillonnage des gaz sous un sol gelé est la perte de pores remplis d'air en raison de la forte teneur en humidité dans la zone comprise entre les parties gelées et les parties non gelées du sol. Par conséquent, les échantillons doivent être prélevés plus en profondeur.

Tous les bâtiments construits sur un sol non gelé jouent le rôle de voies ou de barrières pour la migration ascendante des gaz du sol. En outre, une dépression et des différences de concentration dans les bâtiments peuvent favoriser la pénétration des gaz dans les fondations des bâtiments.

Les effets de pression engendrés par la montée de l'air chaud dans les bâtiments peuvent favoriser l'entrée des gaz dans les bâtiments.

Certains polluants organiques dans la phase gazeuse du sol et du sous-sol peuvent présenter des risques toxicologiques plus ou moins graves. Par conséquent, il convient que le personnel dispose d'un équipement de protection adapté, en fonction de la toxicité potentielle (supposée ou mesurée).

Certaines vapeurs organiques peuvent former des mélanges détonants au contact de l'air (il convient de prendre en compte les limites d'explosivité et les températures d'auto-inflammation). Par conséquent, il convient d'utiliser des équipements et des outils électriques adaptés aux atmosphères explosives.

Il convient que les problèmes liés à l'hygiène et à la sécurité soient constamment pris en compte. Il convient que le personnel suive une formation lui permettant de bien comprendre les précautions à prendre (voir l'ISO 10381-3 pour plus d'informations sur la sécurité).

5 Gaz permanents

5.1 Objectifs de l'étude

5.1.1 Gaz du sol

Les objectifs de l'étude des gaz du sol permanents sont

- l'analyse de la composition des gaz du sol,
- la détermination de la différence de concentration sur un site.

5.1.2 Gaz de décharge

L'objectif de l'étude des gaz de décharge est

- l'analyse de leur composition.

5.1.3 Autres objectifs

D'autres objectifs peuvent être définis, à savoir:

- l'évaluation des raisons possibles de problèmes d'inhibition de croissance des plantes,
- l'optimisation ou le contrôle des couvertures ou des installations de collecte des gaz,
- l'estimation globale du potentiel de production de gaz et de la durée de cette production,
- la détection de combustion souterraine,
- la définition de mesures de protection contre les gaz dans les bâtiments.

5.2 Principes de base

5.2.1 Principes physiques et chimiques

Lorsque des matériaux biodégradables sont présents dans des décharges ou dans la matrice du sol remanié dans une friche industrielle, l'activité microbienne produit des gaz de décharge. Des gaz similaires peuvent également être émis dans des dépôts alluvionnaires et la matière organique naturelle en décomposition (voir l'Annexe B). Les gaz de décharge sont principalement constitués de méthane et de dioxyde de carbone (avec un rapport d'environ 60:40). En fonction de l'activité microbienne, ce rapport peut varier. Un certain nombre d'autres gaz traces peuvent être présents.

Les gaz permanents peuvent également être émis par les gisements de charbon, la tourbe, les dépôts naturels tels que la craie et les dépôts alluvionnaires, ou encore peuvent provenir de fuites dans le réseau de gaz distribué (gaz naturel) et de gaz d'égouts. Des informations sur les techniques permettant d'identifier l'origine des gaz sont données en 5.2.3.

Le méthane est explosif à des concentrations comprises entre 5 % et 15 % (fraction volumique) dans l'air; en dessous de 5 %, la concentration de gaz n'est pas suffisante pour entretenir la combustion et au-dessus de 15 % (fraction volumique), l'oxygène n'est pas suffisant pour entretenir la combustion. Le dioxyde de carbone est un asphyxiant pouvant avoir des effets néfastes sur la santé lorsque les concentrations sont supérieures à 0,5 % (fraction volumique).

Le gaz de décharge, généralement saturé en humidité, est corrosif. Il peut entraîner l'asphyxie de la végétation en raison de l'élimination de l'oxygène dans les racines des plantes ou de la présence de composés phytotoxiques. Sa masse volumique dépend de la proportion de dioxyde de carbone par rapport au méthane: plus la concentration de dioxyde de carbone est élevée, plus la masse volumique est grande.

La pression du gaz dans le sol dépend du taux d'émission de gaz, de la perméabilité de la masse de déchets et des couches environnantes, ainsi que des variations du niveau de lixiviat ou des eaux souterraines dans le site. La température et la pression atmosphérique constituent d'autres facteurs importants.

En fonction de la conception du site et de la géologie locale, le gaz peut migrer sur des distances considérables et représenter un danger pour les constructions environnantes. Dans le cas du gaz de mine, l'arrêt du pompage de l'eau peut conduire à une élévation du niveau de la nappe phréatique, ce qui peut augmenter la pression de gaz et donc les émissions de gaz en surface. Par conséquent, il est important de connaître les concentrations de gaz et les débits afin d'évaluer le potentiel de migration hors site ou d'émission vers l'atmosphère.

5.2.2 Conditions ambiantes

Au cours de la surveillance d'un site, il est important d'enregistrer les conditions atmosphériques pendant trois à quatre jours avant et pendant l'échantillonnage. De même, il convient d'enregistrer les conditions climatiques locales présentes au moment de la surveillance. Ces informations peuvent faciliter l'interprétation des données. Les paramètres les plus importants à enregistrer sont

- la pression atmosphérique, et
- la hauteur de précipitation.

Les paramètres suivants sont également utiles:

- la température (air ambiant et gaz du sol), [ISO 10381-7:2005](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/daa54299-c323-45ea-bcee-0f009faa7407/iso-10381-7-2005)
- la vitesse/la direction du vent, et [0f009faa7407/iso-10381-7-2005](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/daa54299-c323-45ea-bcee-0f009faa7407/iso-10381-7-2005)
- la profondeur de la nappe phréatique.

Au cours des périodes de sécheresse, le sol peut se fissurer, notamment lorsque de l'argile est utilisée pour couvrir les sites. On constate alors une augmentation des émissions de gaz à la surface. Lors des périodes de précipitation, l'argile devient humide, elle gonfle et les fissures sont colmatées. Les émissions de gaz à la surface sont alors réduites et une augmentation des concentrations de gaz ainsi qu'une augmentation de la migration latérale peuvent être observées. Le mesurage de la perméabilité du sol et de la teneur en humidité peut faciliter l'évaluation de ces effets.

L'élévation du niveau de la nappe phréatique, par exemple à la suite de précipitations, peut exercer une pression sur le gaz et forcer sa remontée à la surface; cette élévation peut également bloquer les voies de migration. La saturation des sols superficiels peut limiter l'évacuation des gaz de décharge vers l'atmosphère. Il peut alors s'ensuivre des variations de la pression et des concentrations de gaz.

La chute de pression atmosphérique peut augmenter les taux d'émission. La hausse de la pression atmosphérique peut avoir l'effet inverse. L'amplitude de cet effet dépend de la perméabilité du sol et du taux de variation de la pression.

En général, il peut toutefois être difficile de déterminer la cause des variations de concentrations et des émissions car elles peuvent être dues à une combinaison des facteurs précédemment mentionnés.

5.2.3 Identification de la source de gaz

L'identification de l'origine des gaz est importante pour la prise de décisions relatives à la surveillance et au contrôle. La composition d'un gaz peut faciliter l'identification de la source. Des exemples sont donnés ci-dessous.

- Le gaz issu d'une source géologique peut avoir une plus grande proportion de méthane que le gaz émis par une décharge.
- Généralement, les gaz d'origine géologique contiennent jusqu'à 15 % d'éthane et des hydrocarbures supérieurs, tandis que le méthane d'origine biologique n'en contient que des traces.
- Il peut être possible de différencier le gaz distribué des autres gaz si la composition exacte du gaz distribué local est connue. Des composés à forte odeur tels que les sulfures et les thiols peuvent être ajoutés au gaz distribué afin de lui donner une odeur distinctive; il peut également contenir des hydrocarbures à longue chaîne tels que l'octane et le nonane. L'hélium est souvent éliminé du gaz distribué.

Le gaz de décharge peut également contenir des concentrations d'hydrocarbures supérieurs plus élevées que la normale si les déchets contiennent des substances générant ou émettant de tels gaz et vapeurs.

L'identification des différents composés peut, toutefois, être limitée car ils peuvent être affectés par des modifications chimiques se produisant dans le sol au cours de la migration, par une dissolution dans les eaux souterraines et par une adsorption dans l'argile, etc.

Le méthane d'origine biologique (formé par l'activité microbiologique) et le méthane thermogénétique (formé par dégradation thermique de la matière organique à une température et une pression élevées) présentent des proportions différentes d'isotopes de carbone, le carbone 12 et le carbone 13, qui peuvent être mesurées pour identifier l'origine du gaz. La technique nécessite, toutefois, l'intervention de laboratoires spécialisés.

5.3 Considérations générales relatives à l'échantillonnage

ISO 10381-7:2005

Il convient que la stratégie soit spécifique au site et qu'elle soit basée sur les conditions particulières du site concerné ainsi que sur les informations obtenues grâce à l'étude du site (voir l'Annexe C).

Il convient de prendre en compte le fait que toute action de pénétration dans le sol peut influencer les schémas de migration et représenter une voie de migration pour le gaz.

Outre la surveillance des gaz, les sondages permettent également d'obtenir des informations relatives à l'hydrogéologie, la géotechnique et la contamination. Par conséquent, il s'agit d'outils très utiles à objectifs multiples.

S'il est nécessaire d'effectuer des mesurages de la concentration de gaz à différentes profondeurs, l'utilisation de sondages à plusieurs niveaux n'est pas souhaitable et il est préférable d'utiliser des puits différents.

Lorsque les résultats doivent être comparés à d'autres et notamment lors d'une surveillance à partir de tuyauteries, il convient que la technique utilisée soit cohérente afin de garantir l'obtention de résultats comparables entre différents opérateurs, différentes techniques et différentes périodes de surveillance. Pour ce faire, les mesures d'assurance qualité indiquées en 5.10 doivent être respectées.

Les mesurages de la concentration de gaz peuvent être réalisés à l'aide d'un équipement portatif (voir Tableau E.1) ou des échantillons peuvent être prélevés en vue d'une analyse en laboratoire hors site. Il est conseillé de prélever des échantillons de gaz à soumettre à une analyse de contrôle en laboratoire afin de vérifier les résultats de la surveillance sur site.

5.4 Exigences relatives à l'échantillonnage

5.4.1 Options d'échantillonnage

La surveillance des gaz peut être réalisée à l'aide de différentes techniques d'échantillonnage (voir Tableau 1).

Tableau 1 — Options pour l'échantillonnage des gaz permanents

Méthode	Description	Avantages	Inconvénients
Sondes peu profondes	Tube creux perforé enfoncé dans le sol et connecté à un détecteur de gaz	Très rapide Faible coût Facile à installer	Profondeur maximale de 2 m La sonde peut se boucher Confirme la présence de gaz mais pas leur absence
Tarière	Utilisation d'une tarière manuelle pour faire un trou dans le sol	Faible coût et facile à utiliser Permet, si besoin est, l'échantillonnage des solides Plus grandes profondeurs qu'avec les tiges métalliques/sondes peu profondes	Effort physique important Ne peut pas pénétrer dans un sol difficile Peut être longue à mettre en place
Sondes contrôlées	Tube creux doté d'un embout conique plein. Mécaniquement enfoncé dans le sol. Tuyau de surveillance installé dans le tube. Extraction du tube, sans retirer le cône.	Remaniement minimal du sol Transport facile donc problèmes d'accès peu probables Profondeur maximale de 10 m Permet la détermination du profil des gaz du sol	Pénétration impossible en cas d'obstacles Peut provoquer un colmatage dans les sols argileux qui limite l'entrée des gaz dans le trou de sondage
Sondages (sans dispositif d'injection)	Le sondage tubé est creusé à l'aide des techniques de percussion par câble. Une tuyauterie perforée est mise en place. Le tube est entouré de gravier, puis le tubage est retiré.	Possibilité d'atteindre de grandes profondeurs Remaniement minimal du sol Possibilité d'installer plusieurs tuyauteries dans un seul sondage afin de réaliser des mesurages à différentes profondeurs Possibilité de prélever des échantillons de couches de sol à différentes profondeurs au cours du forage Permet la surveillance des eaux souterraines Permet la détermination du profil des gaz du sol	Méthode relativement lente et coûteuse Possibilité de problèmes d'accès Ramène les matériaux contaminés à la surface Nécessite des précautions pour éviter la contamination d'un aquifère sous-jacent
Sondages (avec dispositif d'injection)	Similaire à la description précédente, mais le trou est foré à l'aide d'un outil rotatif et de l'air ou de l'eau est injecté(e) pour faciliter la pénétration de la roche.	Comme ci-dessus, mais: — plus rapide que la percussion par câble — équipement de sondage relativement mobile	Comme ci-dessus, mais: — pas intrinsèquement sûrs. Les étincelles peuvent présenter un danger sur un site produisant des gaz combustibles; — l'injection d'eau peut répandre une contamination; — l'injection d'air peut entraîner la migration des gaz du sol. Nécessite des précautions pour éviter la contamination d'un aquifère sous-jacent. Ne permet pas la détermination du profil des gaz du sol en raison des effets de l'injection.

Bien que chaque technique puisse être utilisée, lorsqu'il est nécessaire d'effectuer une étude détaillée à long terme du site, les puits de surveillance installés dans des sondages tendent à être l'option la plus favorable.

5.4.2 Construction des sondages

Au cours de la réalisation du sondage, il convient de contrôler l'atmosphère du trou à l'aide d'un équipement *in situ* à des intervalles de 1 m. En présence d'eaux souterraines, il est possible d'obtenir des informations utiles sur le contenu gazeux de la couche sous-jacente en mesurant les concentrations de gaz juste au-dessus du niveau de l'eau à des intervalles de 1 m au fur et à mesure de la progression du sondage.

5.4.3 Emplacement de l'échantillonnage

Il convient que l'emplacement et la conception des puits de surveillance ou toute autre technique choisie soient planifiés à l'avance conformément aux objectifs de l'étude du site, au modèle conceptuel du site et aux considérations telles que l'hygiène et la sécurité, l'emplacement des équipements souterrains, etc. (voir les Tableaux A.1 à A.5). Il convient qu'un plan détaillé soit établi et respecté, et que toute modification apportée à ce plan soit consignée.

Dans les zones où la contamination est supposée dangereuse, la réalisation des sondages peut générer des cheminements préférentiels et, par conséquent, il convient de s'informer sur les précautions à prendre pour la réalisation du forage.

L'espacement des sondages dépend de la nature des couches.

La profondeur à laquelle les échantillons sont prélevés dépend des objectifs. Les informations relatives aux concentrations à différentes profondeurs sont donc utiles car elles permettent de mieux comprendre la propension des gaz à migrer.

5.4.4 Volumes et débits d'échantillonnage

En cas d'échantillonnage ponctuel des gaz du sol, un petit volume est prélevé dans l'horizon (environ 10 ml) afin de détecter, probablement sans influence de paramètres externes, le volume poreux rempli de gaz. Lors de l'échantillonnage de volumes plus importants (pouvant atteindre plusieurs litres), la zone d'échantillonnage est diffuse et son emplacement ne peut pas être déterminé. L'échantillonnage des gaz du sol à partir d'un sondage dont le diamètre est supérieur à celui de la sonde est dit intégrant car le gaz peut être émis sur toute la longueur. Lors de l'échantillonnage de gaz de décharge, il convient de prélever des volumes d'échantillonnage plus importants afin de déterminer la composition du gaz sur une zone plus étendue.

Le débit de gaz doit être déterminé. L'Annexe D présente un certain nombre de techniques de mesurage du débit de gaz et décrit les avantages et les inconvénients de chacune.

5.5 Équipement technique

5.5.1 Généralités

Chaque instrument mesure un certain type de gaz, à différentes gammes de concentrations. Chacun a ses propres avantages et limites. Il est important que l'opérateur ait une bonne connaissance de l'équipement de surveillance des gaz et qu'il sache quel type d'équipement il convient d'utiliser pour chaque situation.

Le Tableau 2 répertorie un certain nombre d'instruments portatifs, les gaz analysés ainsi que les avantages et les inconvénients opérationnels. Pour plus de détails, voir l'Annexe E.