

Méthode	Version	Date d'entrée en vigueur
P-27	1	10/12/2023
Méthode pour la caractérisation des gaz du sol (concentrations et flux)		

Domaine d'application		
Matrice	Air du sol	
Références normatives	ISO 18400-204	2017
	NBN EN ISO 16017-1	2001
	NBN EN ISO 16017-2	2003

1. Objet

Cette méthode énonce les lignes directrices pour la caractérisation de la phase gazeuse contenue dans les pores du sol.

Elle traite également brièvement de la quantification des flux gazeux à l'interface sol-air, mais uniquement des dispositifs permettant la mesure de ces flux, sans entrer dans les aspects liés à la stratégie d'investigation ou au traitement des données.

Pour les stratégies d'investigations, se référer aux guides méthodologiques spécifiques (p.ex. CWBP dans le contexte des pollutions de sol).



2. Remarques préalables

2.1. Conditions météorologiques

La mesure des gaz du sol est très sensible aux fluctuations des conditions météorologiques et en particulier aux variations de pression atmosphérique. Au moment des prélèvements, on enregistrera donc au moins à fréquence horaire :

- La température ;
- La pression atmosphérique ;
- La vitesse du vent ;
- La présence de précipitations.

En l'absence de station de mesure sur site, les données météorologiques sont recherchées auprès de la station météorologique locale la plus représentative du site.

Il est recommandé de réaliser les mesures en dehors des périodes de gel (qui limitent la mobilité des gaz du sol) et en dehors de périodes très humides du sol, p.ex. en cours ou juste après une période de pluie. En effet, le sol saturé en eau empêche la migration des gaz du sol et un taux d'humidité trop élevé ne convient pas à certains dispositifs de mesure.

2.2. Stratégie d'investigation

La technique de mesure ou de prélèvement et la localisation des points de mesure sont choisies sur base de la stratégie d'investigation et des objectifs de l'étude dans le cadre de laquelle les mesures de gaz du sol ou de flux surfaciques vers l'atmosphère sont effectuées. La stratégie d'échantillonnage est établie préalablement à la campagne de prélèvements sur base des prescriptions des guides méthodologiques en vigueur.

3. Mesure de concentrations dans les gaz du sol

La composition de la phase gazeuse du sol dépend des équilibres s'établissant entre le sol et l'air ambiant et des perturbations imposées à ce système. En plus des principaux gaz présents dans l'air (N_2 , O_2 , CO_2 ,...), les gaz du sol peuvent contenir des composés organiques volatils, des composés inorganiques comme le mercure, et d'autres gaz comme le méthane, le sulfure d'hydrogène, l'ammoniac, le radon.

Ces composés gazeux, mesurables dans l'air du sol, peuvent avoir différentes origines, naturelles (activité bactérienne,...) ou anthropiques (déchets enfouis, pollution du sol et/ou de l'eau souterraine).

La mesure des concentrations dans les gaz du sol permet notamment de répondre à toute une série d'objectifs dans le contexte de la dépollution des sols. Ci-après sont présentés différents dispositifs, permanents ou temporaires, permettant de prélever les gaz du sol ponctuellement et/ou à fréquence régulière sur une période de temps pouvant s'étaler sur plusieurs années. Les méthodes permettant la réalisation de ces mesures sont ensuite détaillées.



3.1. Dispositifs de prélèvement

Canne de prélèvement

Ouvrage temporaire enfoncé dans le sol et laissé en place le temps de la réalisation des mesures/prélèvements. Différents modèles peuvent être utilisés : à pointe perdue, à pointe rétractable...

Un nettoyage rigoureux du dispositif de prélèvement est requis entre chaque point de mesure pour éviter des contaminations croisées.

Avantages : rapidité de mise en place, coût.

Inconvénients : mesure ponctuelle limitée aux horizons superficiels, sols meubles.

Piézair

Ouvrage permanent ou semi-permanent comprenant un conduit foré dans la zone non saturée du sol, dans lequel est inséré un tubage dont une portion est crépinée à la profondeur souhaitée pour laisser circuler les gaz du sol. L'ouvrage est isolé de l'air extérieur au moyen d'un système de fermeture étanche.

Avantages : suivi long terme possible, répétabilité des mesures.

Inconvénients : mise en place, coût.

Un piézair se compose typiquement :

- d'un trou de forage d'un diamètre de 50 à 80 mm, jusqu'à la profondeur souhaitée ;
- de l'équipement du forage :
 - Tubage plein de la surface jusqu'à la zone crépinée (minimum 1 m) ;
 - Tubage crépiné situé dans l'horizon à surveiller ;
 - Bouchon de fond.
- d'un matériau de remplissage de la zone annulaire :
gravier dans la zone crépinée, bentonite dans la zone pleine
- d'un capot hermétique de fermeture et d'une valve.

Les ouvrages sont identifiés de manière univoque.

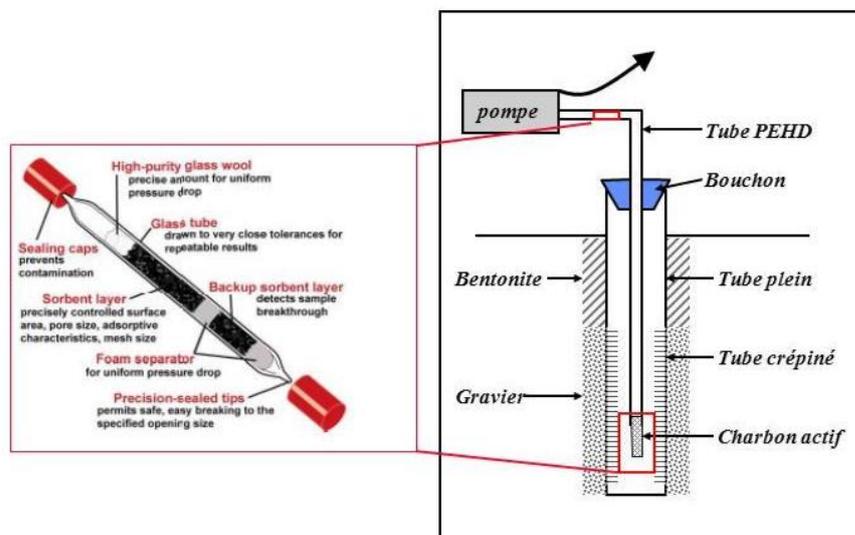


Figure 1 : Schéma général d'un piézair (issu du guide de référence pour l'étude de risque)



Les prélèvements de gaz du sol en piézair doivent être faits plusieurs jours après l'installation du piézair afin de permettre le rééquilibrage du milieu.

Une **purge préalable** à la mesure ou au prélèvement doit être réalisée à un débit identique à celui appliqué pour le prélèvement.

Volume ou durée de purge à appliquer :

- soit 5 fois le volume de l'installation de mesure (diamètre x profondeur ouvrage),
- soit jusqu'à stabilisation d'un paramètre mesuré en continu (O₂, CO₂,...).

Ouvrage de mesure de l'air sous dalle (« sub-slab »)

Dispositif mis en œuvre uniquement dans les bâtiments pour permettre le prélèvement des gaz du sol présents en dessous de la dalle. La dalle est percée et un système d'étanchéité est mis en place. Un aménagement de type piézair peut également être mis en place.

3.2. Analyses de l'air du sol

3.2.1. Méthodes *in situ*

Elles sont réalisées au moyen d'analyseurs portables permettant la lecture directe de valeurs de concentration des composés volatils : PID (détection par photoionisation), FID (détection par ionisation de flamme), divers modèles d'analyseurs multi-gaz (O₂, CO₂, H₂S, CH₄, CO).

Ces mesures peuvent être réalisées via un screening surfacique, dans les trous de forage, en piézair ou directement sur des carottes de sol lors de forages en liner.

Il s'agit généralement de mesures qualitatives ou semi-quantitatives permettant une première estimation rapide de la situation environnementale, des composés en présence ou de la localisation de la source de pollution.

3.2.2. Méthodes en laboratoire

Une série de techniques, présentées ci-dessous, permettent la réalisation de prélèvements de l'air du sol pour une analyse ultérieure en laboratoire. Le choix de la technique employée est à vérifier auprès du laboratoire pour qu'elle rencontre les objectifs attendus en termes de polluants ciblés et de limites de quantification.



Fixation sur filtre imprégné ou tube à adsorption

Cette méthode fait l'objet d'une norme belge pour les prélèvements en mode actif (NBN EN ISO 16017-1 :2001) et en mode passif (NBN EN ISO 16017-2 :2003).

Soit par échantillonnage passif : Utilisation d'un tube échantillonneur adapté au type de composés ciblés, à insérer directement dans le sol ou dans un piézair. Le tube est exposé aux gaz du sol un laps de temps prédéterminé puis récupéré et envoyé au laboratoire pour analyse.

Soit par échantillonnage actif : Même utilisation avec mise en place d'un pompage d'un volume d'air prédéterminé au travers du tube sélectionné, puis extraction et analyse en laboratoire.

Avantage : méthode normée et validée

Inconvénient : bonne connaissance a priori pour déterminer les temps d'exposition et atteindre les limites de quantification souhaitées

Prélèvement sur sac

Prélèvement actif par pompage et envoi d'un flux d'air vers un sac (généralement Tedlar ou Teflon) sur une période déterminée. Le contenu est ensuite analysé en laboratoire.

Avantage : un seul prélèvement pour l'analyse de plusieurs composés

Inconvénient : fragilité, petit volume échantillonné

Prélèvement en canister

Un canister est un conteneur préalablement mis en dépression, généralement fourni par le laboratoire. L'air est prélevé par la mise en place d'un détendeur sur le conteneur qui va capter l'air via la différence de pression entre le conteneur et l'air prélevé. L'ouverture du détendeur est programmée afin d'assurer un remplissage du conteneur selon la durée de prélèvement souhaitée. Le contenu est ensuite analysé en laboratoire.

Avantage : programmation à l'avance

Inconvénient : coût



4. Mesure de flux à l'interface sol-atmosphère

La mesure des flux à l'interface sol-atmosphère permet de quantifier les transferts de gaz en provenance du milieu souterrain vers le milieu d'exposition (air intérieur ou ambiant). La réalisation de mesures de flux exige une certaine expertise et un travail préalable conséquent pour définir la stratégie d'échantillonnage. Ces aspects ne sont pas abordés dans la présente procédure. Des guides spécifiques ainsi que des normes précisent toutefois la manière d'établir la stratégie d'investigations :

- La norme française FD X 43-191 :2017 [1] fait état des techniques disponibles dans le contexte des sites d'enfouissement de déchets.
- Le guide méthodologique de l'Environmental Agency (UK, 2010) [2] destiné également aux sites d'enfouissement.
- Le guide méthodologique Fluxobat [4] propose des stratégies dans le cadre des études de pollution des sols.

Les méthodes proposées peuvent combiner des phases de screening des concentrations, de mesures directes et/ou indirectes du flux.

4.1. Dispositifs de mesure des flux

La détermination de flux de composés volatils à partir de sources surfaciques peut se faire au moyen de différents dispositifs tels que la chambre de flux dynamique ou statique, le tunnel à vent ou encore la chambre labyrinthe.

Le principe de fonctionnement consiste à mesurer l'émission ou l'accumulation de composés gazeux au niveau de la surface de sol couverte par le dispositif de mesure au moyen d'un analyseur ad hoc connecté au dispositif. En fonction du système choisi, c'est la concentration à l'équilibre ou le gradient de concentration qui est utilisé pour déterminer le flux de composé(s) analysé(s) au niveau du sol.

4.2. Mise en œuvre du prélèvement

Lors de la réalisation des mesures sur site, il convient de vérifier les aspects suivants :

- L'étanchéité du dispositif de mesure : contact étanche avec le sol ;
- La présence ou non d'un système de recirculation ;
- Le cas échéant, le débit de recirculation de l'air dans la chambre : assurer la balance pour éviter la création d'une dépression ou a contrario l'accumulation des gaz dans la chambre ;
- La durée de prélèvement : fonction de la méthode et des limites de quantification des appareils utilisés.

Un traitement statistique des données recueillies est ensuite nécessaire pour permettre de déterminer le flux de composés volatils par unité de surface.



5. Rapport de prélèvement

Le rapport de prélèvement contiendra au minimum :

- La date, l'heure et la durée des mesures ;
- L'identification du ou des préleveurs (n° d'enregistrement du préleveur ou d'agrément d'expert le cas échéant) ;
- Les données météorologiques collectées ;
- Le nombre et la localisation (géoréférencée ou schéma du site) des points de mesures et/ou prélèvements ;
- Une description de la méthode de mesure/prélèvement (matériel, durée, référence à une méthode CWEA ou norme ISO, tout élément particulier,...) :
 - o Prélèvement actif :
 - Au démarrage de la pompe : heure, température, débit, pression atm
 - A l'arrêt de la pompe : heure, température, débit, pression atm
 - o Prélèvement passif :
 - Au démarrage de la pompe : heure, température, pression atm
 - A l'arrêt de la pompe : heure, température, pression atm
- Une identification univoque des échantillons prélevés.

6. Conditions de stockage et de transport

Les échantillons sont identifiés de manière univoque.

Ils sont stockés et transportés suivant les recommandations du laboratoire. Ils doivent être fermés hermétiquement et placés à l'abri de toute source de contamination et de la lumière.

7. Géoréférencement des points de mesure et prélèvement

On se référera à la méthode P-8 décrivant les prescriptions en la matière.

8. Ressources bibliographiques complémentaires

[1] FD X43-191 :2017, Qualité de l'air – Emissions diffuses issues des installations de stockage de déchets non dangereux (ISDND).

[2] Guidance on monitoring landfill gas surface emissions, UK-Environmental Agency, LFTGN07 v2, 2010.

[3] Guide pratique pour la caractérisation des gaz du sol et de l'air intérieur en lien avec une pollution des sols et/ou des eaux souterraines, BRGM RP-65870-FR ou INERIS-DRC-16-156182-01401A (Ineris, BRGM), 2016.

[4] Traverse S. et al. Projet Fluxobat - Evaluation des transferts de COV du sol vers l'air intérieur et extérieur, guide méthodologique, 2013.





9. Informations de révision

Sans objet (première version du protocole)