

# Document d'orientation technique sur

# L'estimation, la mesure et la surveillance du méthane dans les lieux d'enfouissement

Décembre 2025



À moins d'avis contraire, il est interdit de reproduire le contenu de cette publication, en totalité ou en partie, à des fins de diffusion commerciale sans avoir obtenu au préalable la permission écrite de l'administrateur du droit d'auteur d'Environnement et Changement climatique Canada. Si vous souhaitez obtenir du gouvernement du Canada les droits de reproduction du contenu à des fins commerciales, veuillez demander l'affranchissement du droit d'auteur de la Couronne en communiquant avec :

Environnement et Changement climatique Canada  
Centre de renseignements à la population  
Place Vincent-Massey  
351, boulevard Saint-Joseph  
Gatineau (Québec) K1A 0H3  
Ligne sans frais : 1-800-668-6767  
Courriel : [enviroinfo@ec.gc.ca](mailto:enviroinfo@ec.gc.ca)

© Sa Majesté le Roi du chef du Canada, représenté par  
la ministre de l'Environnement et du Changement climatique, 2025

Also available in English

# Document d'orientation technique sur l'estimation, la mesure et la surveillance du méthane dans les lieux d'enfouissement

**Décembre 2025**

## Remerciements

La Division de la réduction et de la gestion des déchets d'Environnement et Changement climatique Canada (ECCC) tient à remercier les personnes et les organismes qui ont contribué à l'élaboration du présent document d'orientation technique. Le document intègre des renseignements compilés dans le cadre de plusieurs études préliminaires réalisées pour ECCC, notamment :

- Méthodes d'estimation, de mesure et de surveillance des émissions de méthane dans les lieux d'enfouissement, SCS Engineers, 2019
- Study to Develop Technical Guidance on Methodologies to Estimate, Measure, and Monitor Methane Emissions from Landfills (Étude visant à élaborer des orientations techniques sur les méthodes d'estimation, de mesure et de surveillance des émissions de méthane provenant des lieux d'enfouissement), Jacobs Engineering Group, 2021
- Review of Landfill Methane First-Order Decay Model Rate Constants ( $k$ ) and Oxidation Factors (Revue des constantes de taux de dégradation [ $k$ ] et des facteurs d'oxydation du modèle de dégradation de premier ordre du méthane des lieux d'enfouissement), iSWM Consulting Ltd, 2021

Ce document d'orientation a également bénéficié de la contribution de fournisseurs de technologie et d'experts techniques.

## Table des matières

Remerciements .....	i
Liste des abréviations .....	1
1. Introduction .....	2
1.1 Généralités .....	2
1.2 Règlement fédéral sur le méthane provenant des lieux d'enfouissement .....	3
1.3 Objectifs .....	3
1.4 Le méthane des lieux d'enfouissement : notions de base .....	4
2. Modélisation de la génération de méthane des lieux d'enfouissement .....	6
2.1 Modèles de génération de méthane par dégradation de premier ordre .....	6
2.2 Outil de modélisation du méthane des lieux d'enfouissement d'ECCC .....	7
2.3 Instructions pour l'utilisation de l'outil de modélisation du méthane des lieux d'enfouissement d'ECCC .....	10
3. Surveillance de la récupération du méthane .....	16
3.1 Surveillance du système de récupération des gaz d'enfouissement .....	17
3.2 Calcul de la récupération du méthane .....	21
3.3 Calcul de l'efficacité de la collecte .....	23
4. Surveillance du champ de captage des gaz d'enfouissement .....	25
4.1 Instruments .....	27
4.2 Documentation recommandée .....	28
5. Détection des fuites de l'équipement .....	30
5.1 La méthode 21 de l'US EPA .....	30
5.2 Méthodes de rechange .....	32
6. La mesure des concentrations de méthane en surface .....	33
6.1 Sources d'émissions de méthane au sol .....	33
6.2 Considérations pour la planification des SES .....	34
6.3 Méthode de relevés au sol .....	37
6.4 Relevé par drone au moyen d'un tube d'échantillonnage (OTM-51 de l'EPA) .....	40
6.5 Calcul de la concentration moyenne de méthane en surface par zone .....	46
6.6 Documentation des résultats du relevé de SES .....	47
6.7 Relevé par drone avec laser à colonne .....	48
7. La quantification des émissions de méthane .....	49
7.1 Estimation des émissions de méthane à l'aide d'équations de bilan massique .....	49

7.2 La mesure des émissions de méthane .....	51
7.3 Conversion des émissions de méthane en équivalent de dioxyde de carbone .....	53
Références.....	55
Annexe A1. Paramètres de l’outil de modélisation du méthane des lieux d’enfouissement d’ECCC - COD et COD <sub>f</sub> .....	57
Annexe A2. Paramètres de l’outil de modélisation du méthane des lieux d’enfouissement d’ECCC - constante du taux de dégradation (k) basée sur les précipitations annuelles moyennes .....	58
Annexe A3. Paramètres de l’outil de modélisation du méthane des lieux d’enfouissement d’ECCC - constante du taux de dégradation (k) basée sur la zone climatique .....	59
Annexe A4. Descriptions des catégories de déchets.....	60

### Figures

Figure 1 : Schéma général d’un exemple de système de récupération des gaz d’enfouissement .....	16
Figure 2 : Emplacements typiques de surveillance du système de récupération des gaz d’enfouissement .....	19
Figure 3 : Assemblage typique d’une tête de puits de récupération de gaz d’enfouissement .....	28
Figure 4 : Exemple de plan de suivi d’un relevé de SES au sol .....	39
Figure 5 : Composants du système de surveillance des émissions de surface par drone.....	41
Figure 6 : Vérification au sol de relevés de compteur élevés suite au relevé par drone .....	46

### Tableaux

Tableau 1 : Catégories de déchets dans l’outil de modélisation du méthane des lieux d’enfouissement d’ECCC .....	14
Tableau 2 : Densité du méthane à la température et à la pression de référence.....	20

### Équations

Équation 1 : Bilan massique du méthane des lieux d’enfouissement.....	5
Équation 2 : Masse de COD décomposable .....	8
Équation 3 : Masse de CODD accumulée dans le lieu d’enfouissement à la fin de l’année T .....	9
Équation 4 : Masse de CODDm décomposée dans le lieu d’enfouissement au cours de l’année T.....	9
Équation 5 : Méthane généré au cours de l’année T .....	10
Équation 6 : Calcul des précipitations annuelles ajustées en fonction de la recirculation des lixiviats.....	11
Équation 7 : Quantité de gaz d’enfouissement envoyée vers chaque dispositif de destruction ou d’utilisation, corrigée en fonction de la température et de la pression .....	21
Équation 8 : Volume quotidien de méthane récupéré.....	22
Équation 9 : Masse annuelle de méthane récupérée par dispositif .....	22
Équation 10 : Masse totale annuelle de méthane récupérée par le système de récupération des gaz d’enfouissement.....	23
Équation 11 : Efficacité de la collecte calculée selon les données modélisées de génération du méthane et les données mesurées de récupération du méthane .....	24

Équation 12 : Bilan massique du méthane du lieu d'enfouissement — sans système de récupération des gaz d'enfouissement .....	50
Équation 13 : Émissions de méthane des lieux d'enfouissement basées sur des données modélisées de génération de méthane et des données mesurées de récupération du méthane .....	51
Équation 14 : Conversion de la masse de méthane en équivalent dioxyde de carbone.....	53

## Liste des abréviations

AP	Automate programmable
C et D	Construction et démolition
CH <sub>4</sub>	Méthane
CO <sub>2</sub>	Dioxyde de carbone
COD	Carbone organique dégradable
COD <sub>f</sub>	Fraction de COD qui se décompose
DIF	Détecteur à ionisation de flamme
DPO	Dégradation de premier ordre
DSM	Déchets solides municipaux
ECCC	Environnement et Changement climatique Canada
FCM	Facteur de correction du méthane
GES	Gaz à effet de serre
GIEC	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
GPS	Système de positionnement global
ICI	Industriel/commercial/institutionnel
IRND	Infrarouge non dispersif
MDV	Mesure, déclaration et vérification
N <sub>2</sub>	Azote gazeux
OTM 51	Other Test Method 51
PRP	Potentiel de réchauffement de la planète
RCP	Règlement sur les combustibles propres
RIN	Rapport d'inventaire national: Sources et puits de gaz à effet de serre au Canada
SCADA	Systèmes d'acquisition et de contrôle des données
SES	Surveillance des émissions de surface
TDLAS	Spectroscopie d'absorption par laser à diode accordable

# 1. Introduction

Ce document a été élaboré pour fournir une référence technique canadienne sur l'estimation, la mesure et la surveillance de la génération et des émissions de méthane des lieux d'enfouissement. En plus d'appuyer la déclaration des émissions exigée par divers programmes et réglementations fédéraux, provinciaux et territoriaux, la quantification du méthane dans les lieux d'enfouissement contribue à l'atteinte des objectifs suivants :

- Concevoir des mesures d'atténuation des émissions
- Évaluer l'efficacité des approches pour la réduction des émissions
- Identifier les zones où des mesures supplémentaires de contrôle du méthane peuvent s'avérer nécessaires
- Démontrer les réductions de méthane

## 1.1 Généralités

Le méthane est un gaz à effet de serre (GES) puissant responsable d'environ 30 % du réchauffement de la planète depuis l'ère préindustrielle. En 2023, les émissions provenant des lieux d'enfouissement canadiens représentaient 17 % des émissions nationales de méthane et 3 % des émissions nationales de GES au Canada. Les engagements pris par le gouvernement du Canada pour lutter contre le changement climatique comprennent la réduction des émissions de méthane. [\*Plus vite et plus loin : La stratégie canadienne sur le méthane\*](#) du gouvernement du Canada souligne l'engagement du Canada à prendre des mesures nationales pour réduire les émissions de méthane, y compris dans le secteur des déchets.

Environnement et Changement climatique Canada (ECCC) a entrepris des travaux visant à soutenir la réduction des émissions de méthane dans les lieux d'enfouissement recevant des déchets solides municipaux (DSM). La quantification de la génération, du captage et des émissions de méthane dans les lieux d'enfouissement est un élément central des politiques et activités fédérales liées au suivi et à la réduction des émissions de méthane dans les lieux d'enfouissement, notamment :

- [Programme de déclaration des gaz à effet de serre](#) : Les exploitants des installations qui émettent annuellement 10 000 tonnes ou plus de GES (y compris le méthane) en d'unités d'équivalent dioxyde de carbone sont tenus de soumettre chaque année un rapport sur leurs émissions à ECCC.
- Régime de crédits compensatoires pour les gaz à effet de serre : Le protocole fédéral de crédits compensatoires [Récupération et destruction du méthane des sites d'enfouissement](#) exige la quantification des émissions de GES (méthane) dans des scénarios de référence et de projet.
- [Règlement sur les combustibles propres \(RCP\)](#) : La génération de méthane des lieux d'enfouissement doit être estimée pour évaluer l'admissibilité des réductions d'émissions de méthane provenant de la gestion des gaz d'enfouissement dans les calculs de l'intensité en carbone des combustibles du RCP.
- [Le Rapport d'inventaire national : Sources et puits de gaz à effet de serre au Canada](#) : L'inventaire annuel fournit une estimation des émissions nationales de GES, dont le méthane.

- Programmes de financement fédéraux : les programmes qui ont financé des projets visant à réduire les émissions de méthane des lieux d'enfouissement ont inclus des exigences pour quantifier les réductions d'émissions futures.

## 1.2 Règlement fédéral sur le méthane provenant des lieux d'enfouissement

En 2025, le gouvernement du Canada a publié le *Règlement sur le méthane provenant des lieux d'enfouissement* qui vise à réduire les émissions de méthane provenant des lieux d'enfouissement recevant des DSM. Les propriétaires et les exploitants des lieux d'enfouissement réglementés seraient tenus de calculer la génération de méthane; de surveiller et de respecter les limites de concentration de méthane à la surface du lieu d'enfouissement; de limiter l'évacuation dans l'atmosphère; d'acheminer les gaz d'enfouissement récupéré vers des dispositifs de destruction du méthane ou des systèmes de récupération d'énergie; de surveiller la performance des systèmes de récupération des gaz d'enfouissement; et de détecter et réparer les fuites de méthane. Des informations sur l'applicabilité du *Règlement sur le méthane provenant des lieux d'enfouissement* ainsi que sur les exigences en matière de surveillance et de déclaration sont disponibles sur [Règlement sur le méthane provenant des lieux d'enfouissement](#).

Le présent document d'orientation technique fournit des renseignements supplémentaires sur les technologies et les approches qui peuvent être utilisées pour se conformer au règlement. Cependant, il contient également des informations qui dépassent le champ d'application du règlement. **En ce qui concerne les obligations réglementaires, le texte du *Règlement sur le méthane provenant des lieux d'enfouissement* a préséance sur le présent document.**

Dans les sections applicables du présent document, un résumé des exigences prévues par le *Règlement sur le méthane provenant des lieux d'enfouissement* est présenté dans un encadré. L'alinéa ou le sous-alinéa pertinent du règlement est indiqué en italique (par exemple *4(1)b*).

## 1.3 Objectifs

Ce document d'orientation technique présente des méthodes d'évaluation de la génération et des émissions de méthane dans le but d'encourager l'utilisation de méthodes cohérentes dans les lieux d'enfouissement au Canada.

Ce document décrit les meilleures pratiques et les procédures normalisées pour l'estimation de la génération de méthane, l'identification des lieux où se produisent les émissions de méthane et la quantification des taux d'émission de méthane dans les lieux d'enfouissement. Un outil de modélisation de la génération de méthane dans les lieux d'enfouissement a également été développé en parallèle avec le présent document d'orientation. Pour obtenir une copie de cet outil, veuillez contacter : [ges-dechets-ghg-waste@ec.gc.ca](mailto:ges-dechets-ghg-waste@ec.gc.ca).

Le document est constitué des sections suivantes :

- La modélisation de la génération de méthane des lieux d'enfouissement (section 2)
- La surveillance de la récupération du méthane (section 3)
- La surveillance du champ de captage des gaz d'enfouissement (section 4)
- Détection des fuites de l'équipement (section 5)

- La mesure des concentrations de méthane en surface (section 6)
- La quantification des émissions de méthane (section 7)

Les technologies disponibles pour mesurer les émissions de méthane évoluent rapidement. Ce document d'orientation fournit des conseils spécifiques pour les technologies qui sont actuellement disponibles pour des tâches telles que l'identification des fuites de méthane et la mesure des concentrations de méthane en surface. Il décrit également les nouvelles technologies pour lesquelles il n'existe pas encore de méthodes normalisées, mais qui sont capables de mesurer les concentrations de méthane ou de quantifier les émissions de méthane. Ce document sera mis à jour, de temps à autre au fur et à mesure que d'autres méthodologies normalisées seront élaborées.

#### **1.4 Le méthane des lieux d'enfouissement : notions de base**

Lorsque les DSM sont déposés dans un lieu d'enfouissement, ils subissent d'abord une décomposition aérobie (en présence d'oxygène) qui produit principalement du dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ) et ne génère qu'une faible quantité de méthane ( $\text{CH}_4$ ). En général, au cours de la première année suivant le dépôt des déchets, ceux-ci se trouvent dans des conditions anaérobies (sans oxygène) et les bactéries méthanogènes (produisant du méthane) commencent à générer du méthane. À l'état stable, les gaz d'enfouissement contiennent entre 40 et 60 % de méthane en volume, une proportion similaire de dioxyde de carbone et de faibles quantités d'autres composants. La majeure partie des gaz d'enfouissement est générée au cours des 20 premières années suivant l'enfouissement des déchets, mais des gaz peuvent continuer à être émis durant plusieurs décennies après la fermeture d'un lieu d'enfouissement.

Les gaz d'enfouissement peuvent migrer latéralement dans les sols ou vers le haut à travers la couverture du lieu d'enfouissement. Lorsque ces gaz traversent un système de couverture comprenant de la terre ou d'autres matières organiques, une partie du méthane est oxydée par des bactéries pour produire du dioxyde de carbone. La proportion de méthane oxydé dans les couvertures des lieux d'enfouissement dépend de l'intégrité, de la composition et de la teneur en humidité du matériau de couverture. Une partie du méthane peut également être émise dans l'atmosphère par la face active du lieu d'enfouissement et par les pénétrations et les fissures du système de couverture. Les émissions de méthane des lieux d'enfouissement varient dans le temps en fonction des conditions météorologiques (pression barométrique, précipitations, conditions de gel) et des pratiques d'exploitation des lieux d'enfouissement.

L'approche la plus courante pour contrôler les émissions de méthane des lieux d'enfouissement de DSM consiste à installer une infrastructure pour récupérer activement les gaz d'enfouissement, qui sont ensuite brûlés ou utilisés pour produire du carburant ou de l'énergie.

La principale approche pour quantifier les émissions de méthane des lieux d'enfouissement consiste à comptabiliser le devenir de tout le méthane généré. L'approche du bilan massique suppose que la quantité de méthane générée dans le lieu d'enfouissement est égale à la quantité de méthane récupérée, émise et oxydée (la migration hors site, souterraine, est supposée nulle). Le bilan massique est présenté dans l'équation 1.

Équation 1 : Bilan massique du méthane des lieux d'enfouissement

---

	$CH_4 \text{ generé} = CH_4 \text{ récupéré} + CH_4 \text{ émis} + CH_4 \text{ oxydé}$	Unités
où		
$CH_4 \text{ generé}$	= Masse totale de $CH_4$ générée dans le lieu d'enfouissement par la décomposition des déchets (décrite dans la section 2)	tonnes $CH_4$
$CH_4 \text{ récupéré}$	= Masse totale de $CH_4$ récupérée par le système de récupération des gaz d'enfouissement (décrite dans la section 3)	tonnes $CH_4$
$CH_4 \text{ émis}$	= Masse totale de $CH_4$ émise dans l'atmosphère par le lieu d'enfouissement (décrite dans la section 7)	tonnes $CH_4$
$CH_4 \text{ oxydé}$	= Masse totale de $CH_4$ oxydée par les bactéries méthanotrophes dans les matériaux de couverture du lieu d'enfouissement (décrite dans la section 7)	tonnes $CH_4$

---

## 2. Modélisation de la génération de méthane des lieux d'enfouissement

La quantité de méthane qui sera générée dans un lieu d'enfouissement peut être estimée à l'aide de modèles mathématiques. La modélisation de la génération de méthane dans un lieu d'enfouissement peut être réalisée pour les raisons suivantes :

- Pour identifier les obligations réglementaires
- Pour soutenir la conception du système de récupération des gaz d'enfouissement
- Pour faciliter le calcul des émissions annuelles de méthane et l'efficacité de la collecte

### 2.1 Modèles de génération de méthane par dégradation de premier ordre

L'approche normalisée de l'industrie pour estimer la génération de méthane dans les lieux d'enfouissement utilise un modèle de dégradation de premier ordre (DPO). Il existe plusieurs modèles de DPO utilisés au Canada. En plus de ces modèles accessibles au public, certains consultants en ingénierie ont développé leurs propres modèles et paramètres de modèle afin d'obtenir des estimations de la génération de méthane plus spécifiques à chaque site.

#### Modèle du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat

Le [modèle de génération de méthane](#) (en anglais seulement) du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) a été mis à jour pour la dernière fois en 2019 (GIEC, 2019). Le modèle actualisé du GIEC tient compte de la variabilité de la dégradation d'un large éventail de catégories de déchets, plutôt que de modéliser la dégradation à l'aide des caractéristiques des déchets en vrac. Cela permet d'avoir un modèle plus robuste qui représente mieux les conditions d'enfouissement ; par conséquent, le modèle mis à jour a le potentiel de produire des estimations de génération de méthane plus précises que les autres modèles de DPO. L'actuel *Rapport d'inventaire national canadien sur les sources et les puits de gaz à effet de serre* (RIN) (ECCC, 2025b) utilise ce modèle et ses paramètres par défaut pour certaines catégories de déchets.

#### LandGEM - Modèle d'émissions des gaz d'enfouissement

LandGEM a été développé par l'Environmental Protection Agency des États-Unis (US EPA) pour des fins réglementaires et d'inventaire des émissions de GES. Les valeurs de potentiel de génération de méthane ( $L_0$ )<sup>1</sup> des déchets en vrac sont fournies, ainsi que cinq options pour les valeurs de constante du taux de dégradation ( $k$ ), qui reflètent les conditions climatiques et d'humidité. Les paramètres par défaut à sélectionner dans LandGEM dépendent de l'utilisation prévue du modèle : à des fins réglementaires ou de rapport d'inventaire (Krause et Thorneloe, 2024).

#### Modèle de l'Alberta

Un modèle de génération de méthane est fourni avec les [directives techniques](#) (en anglais seulement) du gouvernement de l'Alberta pour la quantification des émissions de gaz spécifiées provenant des lieux d'enfouissement (Alberta Environment, 2008). Ce modèle permet de quantifier la génération annuelle de

---

<sup>1</sup> Le potentiel de génération de méthane ( $L_0$ ) est un paramètre calculé comme le produit de COD,  $COD_f$ , FCM, la fraction de méthane dans les gaz d'enfouissement en volume et le rapport du poids moléculaire de  $CH_4/C$

méthane. Le modèle de l'Alberta peut être utilisé pour la conformité réglementaire et pour le calcul des réductions de méthane dans le cadre des protocoles de crédits compensatoires de carbone de l'Alberta.

### **Outil d'estimation de la génération des gaz d'enfouissement de la Colombie-Britannique**

Le modèle du ministère de l'Environnement et de la Stratégie en matière de changement climatique de la Colombie-Britannique a été développé en 2009 pour répondre à une exigence réglementaire d'évaluation et de déclaration de la génération de méthane (BC MOE, 2009). Le modèle fournit des valeurs  $L_0$  et  $k$  par défaut pour trois catégories de déchets – relativement inertes, modérément décomposables et décomposables.

## **2.2 Outil de modélisation du méthane des lieux d'enfouissement d'ECCC**

ECCC a développé un outil de modélisation du méthane des lieux d'enfouissement qui peut être utilisé pour estimer la génération de méthane dans les lieux d'enfouissement du Canada. Ce modèle doit être utilisé par les lieux d'enfouissement tenus de calculer leur génération annuelle de méthane en vertu du *Règlement sur le méthane provenant des lieux d'enfouissement*. L'outil de modélisation se trouve dans un fichier de calcul Microsoft Excel joint au présent document d'orientation technique. Pour obtenir une copie de cet outil, veuillez contacter : [ges-dechets-ghg-waste@ec.gc.ca](mailto:ges-dechets-ghg-waste@ec.gc.ca).

La méthodologie utilisée dans les calculs du modèle s'aligne sur le modèle de déchets du GIEC, tel qu'il est décrit dans le volume 5, chapitre 3 des *Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre* (GIEC, 2006), et dans la *Mise à jour 2019 des Lignes directrices 2006 du GIEC* (GIEC, 2019).

Le modèle d'ECCC utilise une approche multiphase en calculant la génération de méthane à partir de différents types de déchets (plutôt que d'utiliser des paramètres représentant les déchets en vrac), permettant ainsi des réglages spécifiques pour la composition des DSM déposés dans le lieu d'enfouissement au cours d'une année donnée. L'outil de modélisation comprend l'option d'utiliser les taux de dégradation du GIEC (humide/sec) ou les taux de dégradation basés sur les précipitations, ce qui permet à l'utilisateur de tenir compte des conditions climatiques et des pratiques de gestion propres à chaque site. La liste complète des valeurs des paramètres utilisés dans l'outil de modélisation (y compris COD,  $COD_f$  et  $k$ ) figure à l'annexe A.

### **Paramètres du modèle**

Les paramètres suivants sont utilisés dans le modèle :

- Carbone organique dégradé (COD) : la partie de carbone organique de chaque catégorie de déchets qui est disponible pour la décomposition. Les valeurs de COD utilisées dans le modèle sont fournies dans l'annexe A1.
- Fraction de COD qui se décompose ( $COD_f$ ) : la fraction du COD de chaque catégorie de déchets qui est susceptible de se décomposer ou qui se décompose dans des conditions anaérobies. Les valeurs de  $COD_f$  utilisées dans le modèle sont fournies dans l'annexe A1.
- Facteur de correction du méthane (FCM) : un facteur basé sur la fraction estimée des déchets qui se décomposent par voie aérobie et ne produisent pas de méthane. Le FCM considère la décomposition des déchets dans le cadre de différentes pratiques de gestion des lieux d'enfouissement de déchets

solides. L'outil de modélisation utilise un FCM de 1, qui représente le facteur de correction pour les lieux d'enfouissement anaérobies gérés dans des conditions d'exploitation normales.

- Constante du taux de dégradation (k) : taux à laquelle le méthane est généré par la décomposition anaérobie des déchets dans l'équation de DPO. La valeur k de chaque catégorie de déchets est basée sur la demi-vie des déchets, c'est-à-dire le temps nécessaire pour que le COD contenu dans les déchets se dégrade jusqu'à la moitié de sa masse initiale. La constante du taux de dégradation est principalement influencée par la teneur en humidité. La disponibilité des nutriments, la température et le pH peuvent également influencer la valeur de k. Les taux de dégradation propres aux matériaux basés sur les précipitations sont basés en grande partie sur les taux de dégradation des *Directives d'évaluation de la génération des gaz d'enfouissement* de la Colombie-Britannique (BC MOE, 2009) pour cinq zones de précipitations et s'alignent sur les taux de dégradation utilisés dans le RIN qui distinguent les matériaux se dégradant rapidement, se dégradant modérément, et se dégradant lentement. Les taux de dégradation basés sur le GIEC sont identiques à ceux utilisés dans le RIN pour les zones climatiques « humides » et « sèches ». Les taux de dégradation utilisés dans le modèle sont fournis dans les annexes A2 et A3.

### Équations de dégradation du premier ordre

Les calculs suivants sont répétés pour chaque catégorie de déchets et pour chaque année dans l'outil de modélisation. Les équations utilisées sont conformes à la méthodologie décrite dans le volume 5, chapitre 3 des *Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre* (GIEC, 2006), et dans le *Rapport d'inventaire national* (ECCC, 2025b).

1. Parmi les déchets déposés au cours d'une année d'inventaire T, déterminer la masse de carbone organique dégradabile décomposable ( $CODDmd_T$ ).  $CODDmd_T$  est la fraction des déchets déposés au cours d'une année donnée qui peut se décomposer pour générer du méthane.

*Équation 2 : Masse de COD décomposable (équation 3.2, p. 3.9, dans GIEC, 2006)*

$$CODDmd_T = P \times COD \times COD_f \times FCM$$

		Unités
où		
$CODDmd_T$	= Masse de COD décomposable déposée au cours de l'année T	tonnes
$P$	= Masse des déchets déposés au cours de l'année T	tonnes
$COD$	= Fraction du carbone organique dégradabile dans les déchets	fraction
$COD_f$	= Fraction du COD qui peut se décomposer dans des conditions anaérobies	fraction
$FCM$	= Facteur de correction du méthane (valeur supposée de 1)	fraction

2. Déterminer la quantité de carbone organique dégradable décomposable accumulée à la fin de l'année d'inventaire  $T$  ( $CODDma_T$ ). Ceci inclura la quantité qui a été déposée au cours de l'année  $T$  ainsi que la quantité des années précédentes qui ne s'est pas encore décomposée.

Équation 3 : Masse de CODD accumulée dans le lieu d'enfouissement à la fin de l'année  $T$  (équation 3.4, p. 3.9, dans GIEC, 2006)

---

$CODDma_T = CODDmd_T + (CODDma_{T-1} \times e^{-k})$		
où		Unités
$CODDma_T$	= Masse de CODD accumulée dans le lieu d'enfouissement à la fin de l'année $T$	tonnes
$CODDmd_T$	= Masse de CODD déposée dans le lieu d'enfouissement au cours de l'année $T$	tonnes
$CODDma_{T-1}$	= Masse de CODD accumulée dans le lieu d'enfouissement à la fin de l'année $T-1$	tonnes
$k$	= Constante du taux de dégradation	années <sup>-1</sup>

---

3. Déterminer la quantité de carbone organique dégradable qui s'est décomposée dans le lieu d'enfouissement au cours de l'année d'inventaire  $T$  ( $CODDm, décomp_T$ ).

Équation 4 : Masse de CODDm décomposée dans le lieu d'enfouissement au cours de l'année  $T$  (équation 3.5, p. 3.9, dans GIEC, 2006)

---

$CODDm, décomp_T = CODDma_{T-1} \times (1 - e^{-k})$		
où		Unités
$CODDm, décomp_T$	= Masse de CODDm décomposée dans le lieu d'enfouissement au cours de l'année $T$	tonnes
$CODDma_{T-1}$	= Masse de CODD décomposable accumulée dans le lieu d'enfouissement à la fin de l'année $T-1$	tonnes
$k$	= Constante du taux de dégradation	années <sup>-1</sup>

---

4. Déterminer la masse de méthane générée au cours de l'année d'inventaire T à la suite de la dégradation du carbone organique dégradable qui s'est décomposé au cours de l'année T.

Équation 5 : Méthane généré au cours de l'année T (équation 3.6, p. 3.10, dans GIEC, 2006)

---

	$CH_4g\acute{e}n_T = CODDm, d\acute{e}comp_T \times (F_{CH_4} \times \frac{16}{12})$			
où				Unités
$CH_4g\acute{e}n_T$	=	Méthane généré au cours de l'année T		tonnes
$CODDm, d\acute{e}comp_T$	=	Masse de <i>CODDm</i> décomposée dans le lieu d'enfouissement au cours de l'année T		tonnes
$F_{CH_4}$	=	Fraction de méthane, en volume, dans les gaz d'enfouissement générés (valeur supposée de 0,5)		fraction
$\frac{16}{12}$	=	Rapport du poids moléculaire de CH <sub>4</sub> /C		rapport

---

### 2.3 Instructions pour l'utilisation de l'outil de modélisation du méthane des lieux d'enfouissement d'ECCC

Les sous-sections suivantes décrivent les entrées et les options de l'utilisateur dans l'outil de modélisation du méthane des lieux d'enfouissement d'ECCC, ainsi que des conseils sur la sélection des paramètres appropriés de modélisation.

Le *Règlement sur le méthane provenant des lieux d'enfouissement* exige que certains lieux d'enfouissement calculent le taux annuel de génération de méthane à l'aide de l'outil de modélisation du méthane des lieux d'enfouissement d'ECCC (4(1)a)).

#### Renseignements sur le lieu d'enfouissement

La première section de la feuille de calcul « DONNÉES » de l'outil de modélisation demande à l'utilisateur de saisir les renseignements suivants concernant l'emplacement et l'état d'exploitation du lieu d'enfouissement :

- Nom du lieu d'enfouissement
- Province où se trouve le lieu d'enfouissement
- Année d'ouverture du lieu d'enfouissement (la première année au cours de laquelle le lieu d'enfouissement a commencé à recevoir des déchets)
- Année de fermeture du lieu d'enfouissement (la dernière année au cours de laquelle le lieu d'enfouissement a reçu des déchets, année connue pour les lieux d'enfouissement fermés ou estimée pour les lieux d'enfouissements actifs)

La première année d'ouverture possible dans le modèle est 1941. L'emplacement du lieu d'enfouissement détermine les valeurs par défaut provinciales ou territoriales relatives à la composition des déchets qui seront utilisées dans le modèle.

## Paramètres du modèle

L'utilisateur doit sélectionner la base de détermination des taux de dégradation (k) propres aux matériaux, en fonction de soit les précipitations annuelles moyennes ou de la zone climatique IPCC (humide ou sèche). Les taux de dégradation basés sur la zone climatique s'alignent sur l'approche actuelle utilisée dans le RIN d'ECCC où la génération de méthane de lieu d'enfouissement est modélisée sur une base régionale (c'est-à-dire non spécifique à un lieu). Les taux de dégradation basés sur les précipitations annuelles moyennes offrent la possibilité d'utiliser des paramètres plus spécifiques à un lieu. L'outil de modélisation ne permet pas à l'utilisateur de saisir ses propres constantes du taux de dégradation.

### Taux de dégradation basés sur les précipitations annuelle moyennes

Si l'on choisit « précipitations annuelles moyennes » ou « précipitations annuelles moyennes avec recirculation des lixiviats », l'utilisateur doit entrer une valeur propre au site pour les précipitations annuelles totales moyennes (en mm par an). L'utilisateur peut obtenir les précipitations annuelles moyennes mesurées à la station météorologique la plus proche de la base de données des [Normales climatiques au Canada \(1991 à 2020\)](#) (ECCC, 2025a).

Pour les lieux d'enfouissement qui recirculent le lixiviat collecté dans la masse de déchets, l'utilisateur doit fournir des informations sur la quantité de lixiviats recirculés (en litres par an) et sur la zone du lieu d'enfouissement recevant les lixiviats (en m<sup>2</sup>). Le calcul des précipitations annuelles ajustées est présenté dans l'équation 6.

Équation 6 : Calcul des précipitations annuelles ajustées en fonction de la recirculation des lixiviats

---

$$PAM_{ajustées} = PAM + \left( \frac{MLR}{ZLR} \right)$$

où		Unités
$PAM_{ajustées}$	= Précipitations annuelles moyennes ajustées en fonction de la recirculation des lixiviats	mm/an
$PAM$	= Précipitations annuelles moyennes	mm/an
$MLR$	= Moyenne annuelle des lixiviats recirculés	litres/an
$ZLR$	= Zone d'enfouissement dans le rayon effectif de recirculation des lixiviats	m <sup>2</sup>

---

Sur la base des données saisies pour les précipitations annuelles moyennes et la recirculation des lixiviats, la « catégorie de précipitation du taux de dégradation » (plage de précipitations) est automatiquement remplie. Les plages de précipitations sont les suivantes :

- <250 mm/an
- 250 à 500 mm/an
- >500 à 1000 mm/an
- >1000 à 2000 mm/an
- >2000 mm/an

### **Taux de dégradation basés sur la zone climatique**

Si l'option « zone climatique IPCC » est sélectionnée comme base pour déterminer les taux de dégradation, l'outil de modélisation utilisera les taux de dégradation propres au matériau qui sont basées sur les lignes directrices du GIEC pour les zones climatiques boréales tempérées, soit humides ou sèches (GIEC, 2006) et élargies à d'autres matériaux de déchets selon les analyses d'ECCC. Les zones climatiques humides et sèches sont définies par le rapport entre les précipitations annuelles moyennes et l'évapotranspiration potentielle : les climats humides ont des précipitations annuelles moyennes supérieures à l'évapotranspiration potentielle, tandis que les climats secs ont des précipitations annuelles moyennes inférieures à l'évapotranspiration potentielle. La détermination des zones climatiques humides et sèches utilisées dans le RIN est basée sur les précipitations annuelles moyennes et l'évapotranspiration potentielle annuelle moyenne à long terme entre 1941 et 2024 (University of East Anglia et Met Office, 2025).

Un lien à une carte d'ECCC des zones climatiques humides et sèches du Canada utilisées dans le RIN est fourni avec l'outil de modélisation afin d'aider l'utilisateur à identifier la zone appropriée pour l'emplacement du lieu d'enfouissement.

La liste complète des taux de dégradation basés sur les zones climatiques est fournie à l'annexe A3.

### **Données sur l'élimination des déchets**

La quantité annuelle de DSM, boues d'épuration/biosolides et sol déposés dans le lieu d'enfouissement (en tonnes/an) est nécessaire pour quantifier la génération de méthane. Avant de saisir les données annuelles sur l'élimination des déchets, l'utilisateur doit choisir l'une des deux options suivantes pour la saisie des quantités annuelles de déchets :

- En tant que DSM en vrac : dans ce cas, les données spécifiques à chaque province et territoire sur la composition des déchets représentant les déchets en vrac seront utilisées pour calculer les quantités de déchets enfouis.
- Par le secteur d'origine (déchets résidentiels, industriels/commerciaux/institutionnels [ICI] et construction et démolition [C et D]) : dans ce cas, les données spécifiques à chaque province et territoire sur la composition des déchets de chaque secteur seront utilisées pour calculer les quantités de déchets enfouis.

Les cellules qui nécessitent une saisie seront ombrées en vert après la sélection d'une approche. En plus des quantités de DSM, l'utilisateur doit, le cas échéant, saisir les quantités annuelles de boues (boues d'épuration ou biosolides) et de sol (par exemple, le sol contaminé, à l'exclusion des matériaux de recouvrement de lieu d'enfouissement). Les biosolides doivent être saisis en tant que poids humide.

Pour estimer la génération de méthane pour une année donnée, l'utilisateur doit saisir les quantités de déchets éliminés pour chaque année au cours de laquelle le lieu d'enfouissement a accepté des déchets jusqu'à l'année en question. Lorsqu'il s'agit d'estimer la génération future de méthane, l'utilisateur peut saisir les quantités estimées de déchets éliminés jusqu'à l'année de fermeture prévue.

Lorsque des données détaillées sur l'élimination ne sont pas disponibles pour des années spécifiques (par exemple, avant l'installation de balances dans le lieu d'enfouissement), le tonnage annuel des déchets reçus doit être estimé en tenant compte des approches recommandées suivantes :

- Multiplier la population estimée desservie par le lieu d'enfouissement chaque année par un taux d'élimination des déchets par habitant approprié. Le taux d'élimination par habitant peut être fondé sur les données existantes relatives à l'élimination des déchets et à la population propres au lieu d'enfouissement (pour une année où ces données sont disponibles). Les taux provinciaux/territoriaux d'élimination des déchets par habitant peuvent également être utilisés, s'ils sont disponibles.
- Utiliser les estimations disponibles du total des déchets enfouis (« déchets sur place ») pour des années spécifiques de l'historique du lieu d'enfouissement (par exemple, sur la base d'un levé topographique ou aérien). La différence entre deux valeurs de déchets sur place peut être répartie de manière égale sur les années intermédiaires (ou sur la base d'autres hypothèses). Si les données relatives aux déchets sur place sont exprimées en unités volumétriques (par exemple, en mètres cubes), une valeur de densité de déchets appropriée (basée sur les procédures employées au lieu d'enfouissement, notamment le compactage, le matériau de couverture, la fréquence de couverture, etc.) doit être utilisée pour estimer la masse de déchets en tonnes.
- Extrapoler la quantité de déchets pour la première année pour laquelle les quantités de déchets sont disponibles en remontant dans le temps jusqu'à l'année d'ouverture du lieu d'enfouissement.

### **Données sur la composition des déchets**

L'outil de modélisation du méthane des lieux d'enfouissement calcule la quantité (en tonnes) de chaque matériau de déchet éliminé pour chaque année d'exploitation en fonction des données annuelles sur l'élimination saisies et des données par défaut sur la composition des déchets. Les données par défaut sur la composition des déchets incluses dans le modèle ont été compilées par ECCC à partir d'études de caractérisation des déchets décrites dans le RIN (ECCC, 2025b).

Les catégories de déchets incluses dans l'outil de modélisation du méthane des lieux d'enfouissement d'ECCC sont présentées dans le tableau 1 et les descriptions des catégories sont fournies à l'annexe A4.

Tableau 1 : Catégories de déchets dans l’outil de modélisation du méthane des lieux d’enfouissement d’ECCC

Déchets décomposables (générateur du méthane)	Déchets inertes (ne générant pas de méthane)
• Aliments	• Plastiques
• Papier	• Métaux
• Papier souillé	• Verre
• Bois	• Déchets ménagers dangereux
• Jardin et gazon	• Béton
• Produits sanitaires et couches	• Asphalte
• Résidus d’animaux domestiques	• Déchets électroniques
• Caoutchouc et cuir	• Cendres
• Textiles	• Caoutchouc
• Sol	• Débris de construction inertes
• Boues	• Autres – C et D (déchets spécifiques au secteur)
• Autres – résidentiels (déchets spécifiques au secteur)	
• Autres – ICI (déchets spécifiques au secteur)	
• Autres – inconnus (déchets en vrac)	

Puisqu'ils sont supposés non décomposables, la quantité annuelle de déchets inertes (énumérés ci-dessus) est prise en compte dans la composition totale des déchets dans le modèle mais n'est pas incluse dans le calcul de la génération de méthane.

### Utilisation de données sur la composition des déchets spécifiques à un site

Si des données sur la composition des déchets en vrac spécifiques au site sont disponibles, l'utilisateur peut les saisir dans l'outil en sélectionnant « oui » en réponse à la question correspondante sous « Déchets annuels éliminés » dans la feuille « DONNÉES ». Cette fonctionnalité n'est disponible que lorsque l'utilisateur modélise des quantités de « DSM en vrac ». Lorsque des quantités de déchets sont saisies selon le « secteur d'origine », le modèle n'utilise que les données de composition des déchets par défaut pour chaque secteur.

Les données définies par l'utilisateur sont saisies sur la feuille « COMPOSITION DES DÉCHETS ». La feuille est pré-remplie avec la composition par défaut des déchets en vrac décrite ci-dessus, qui peut être référencée pour les années pour lesquelles les données définies par l'utilisateur ne sont pas disponibles. Il est important de confirmer que les valeurs sont saisies pour toutes les années et tous les types de déchets et que le total de tous les pourcentages de composition des déchets est égal à 100 % pour chaque année.

### Réacheminement des matières biodégradables

L'outil comprend une option pour modéliser l'impact du futur réacheminement des déchets biodégradables sur la génération de méthane. L'utilisateur peut indiquer si le modèle doit inclure cette analyse dans la feuille « DONNÉES », en sélectionnant « oui » dans le menu déroulant. Si cette option est

sélectionnée, les champs de saisie de la feuille « RÉACHEMINEMENT » seront visibles et disponibles pour la saisie. Si l'utilisateur sélectionne « non », les champs de saisie dans la feuille « RÉACHEMINEMENT » ne seront pas visibles et l'utilisateur passe à la feuille « RÉSULTATS ».

Dans la feuille « RÉACHEMINEMENT », l'utilisateur saisit les quantités annuelles de déchets biodégradables qui seront détournés du lieu d'enfouissement pour les années à venir, soit en masse (tonnes) ou en pourcentage (%) de la quantité annuelle calculée de déchets qui seraient éliminés chaque année. Les déchets biodégradables réacheminés sont entrés par catégorie de déchets (aliments, papier souillé, jardin et gazon, papier, bois, produits sanitaires et couches, résidus d'animaux domestiques et textiles). La quantité résultante de chaque type de matériau inclus dans le modèle est indiquée.

### **Résultats du modèle**

La feuille de « RÉSULTATS » indique la génération annuelle estimée de méthane depuis l'année d'ouverture du lieu d'enfouissement jusqu'en 2075. Les résultats sont présentés dans un graphique qui indique la génération annuelle de méthane, ainsi que dans un tableau qui fournit les quantités annuelles (en tonnes) de génération estimée de méthane.

Si l'utilisateur a choisi d'utiliser la fonction facultative de réacheminement des déchets biodégradables, le graphique et le tableau montreront la génération de méthane pour les années futures avec et sans le réacheminement des déchets biodégradables. Cela permet à l'utilisateur de comparer l'impact des futurs programmes de réacheminement des matières biodégradables avec un scénario de référence.

### **Paramètres de modélisation**

La feuille de « PARAMÈTRES DE MODÉLISATION » fournit les valeurs des taux de dégradation (k), COD et COD<sub>f</sub> qui sont utilisées dans le modèle. Les taux de dégradation indiqués incluent les valeurs disponibles pour chaque plage de précipitation ou zone climatique.

### 3. Surveillance de la récupération du méthane

Les émissions de méthane peuvent être contrôlées dans les lieux d'enfouissement en installant des infrastructures permettant de récupérer les gaz d'enfouissement avant qu'ils ne soient émis dans l'atmosphère. Les systèmes de récupération des gaz d'enfouissement sont généralement constitués d'un réseau de puits de récupération verticaux et de collecteurs/conduits horizontaux reliés à des ventilateurs qui créent des conditions de pression négative dans la masse des déchets et collectent les gaz d'enfouissement. Les gaz d'enfouissement récupérés sont soit brûlés par torchage, soit utilisés dans des systèmes d'utilisation (chaudières pour le chauffage, moteurs/turbines pour la production d'électricité), ou ils peuvent être transformés en gaz naturel renouvelable. La figure 1 illustre un système typique de récupération des gaz d'enfouissement.

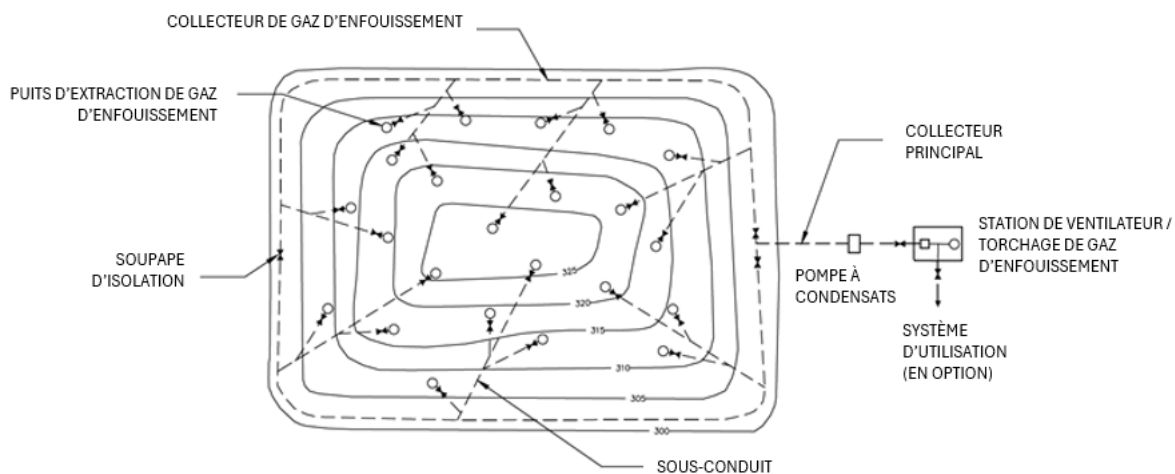


Figure 1 : Schéma général d'un exemple de système de récupération des gaz d'enfouissement

La surveillance du système de récupération des gaz d'enfouissement est effectuée afin de caractériser les gaz d'enfouissement, d'optimiser les performances, de minimiser l'intrusion d'air dans le système et de réduire la durée pendant laquelle un système est démonté pour réparation. Dans le cadre de cette surveillance, la quantité de méthane récupérée par le système est déterminée et utilisée pour confirmer les réductions d'émissions, pour estimer les émissions fugitives potentielles et pour comparer avec les estimations de la modélisation de la génération de méthane.

La récupération du méthane peut être déclarée pour diverses raisons, notamment dans les rapports annuels de surveillance et d'exploitation des lieux d'enfouissement, dans le cadre des exigences réglementaires relatives aux gaz d'enfouissement, dans les rapports de mesure, de déclaration et de vérification (MDV) des GES ou des crédits de carbone compensatoires, et dans le cadre des demandes de données gouvernementales (telles que le relevé semestriel sur le méthane des lieux d'enfouissement d'ECCC).

Le *Règlement sur le méthane provenant des lieux d'enfouissement* exige :

- La mesure, au moins mensuellement, de la concentration en méthane de tout gaz d'enfouissement récupéré qui est acheminé vers chaque dispositif de destruction ou de récupération d'énergie ou système de traitement (torchère, turbine, moteur, système de traitement de gaz, biofiltre, etc.), soit à un point de surveillance global, soit à des points de surveillance individuels (8(4)a))
- La mesure, à un intervalle maximal de quinze minutes, du débit volumétrique du gaz d'enfouissement récupéré à un emplacement propre à chaque dispositif ou système (8(4)b))
- L'enregistrement du volume de gaz d'enfouissement acheminé vers chaque dispositif ou système chaque jour (9d))
- La déclaration de la quantité de méthane, exprimée en tonnes, acheminée vers chaque dispositif ou système chaque année (22j))

### 3.1 Surveillance du système de récupération des gaz d'enfouissement

#### Instruments

La quantification de la récupération du méthane des lieux d'enfouissement nécessite des instruments qui mesurent le débit et la concentration en méthane des gaz d'enfouissement collectés par le système de récupération. Cet équipement enregistre la composition du gaz, le débit du gaz et le volume total de gaz récupéré à une fréquence régulière (par exemple, par minute, heure, jour, mois ou année). Cela permet de mesurer et de surveiller le débit à des moments précis et à des intervalles définis afin de fournir des relevés cumulatifs précis. La configuration de l'instrumentation peut inclure, au besoin, des capteurs de température et de pression pour permettre la conversion du débit de gaz mesuré en conditions normales.

#### Débitmètre de gaz

Le système de récupération des gaz d'enfouissement doit comprendre des débitmètres permanents qui mesurent en continu le débit des gaz d'enfouissement acheminés vers chaque dispositif de destruction ou d'utilisation. Le débitmètre massique thermique est le dispositif le plus couramment utilisé pour mesurer le débit et le volume total accumulé des gaz d'enfouissement récupérés. Ces appareils fournissent des relevés de débit et de volume à une température et une pression normalisées sans nécessiter d'équipement séparé de mesure de la température et de la pression.

D'autres instruments de mesure du débit, notamment les compteurs à pression différentielle et les compteurs à turbine, peuvent également lire efficacement le débit de gaz dans une canalisation, mais ils peuvent ne pas convenir aux faibles débits. De plus, ces instruments sont moins efficaces dans les conditions de pression de gaz plus faible associées aux systèmes de gaz d'enfouissement et entraînent une chute de pression supplémentaire dans le système. Il n'est peut-être pas nécessaire de remplacer un débitmètre existant par un nouveau débitmètre massique thermique, à condition que la précision et la fiabilité de l'appareil soient égales ou supérieures à celles d'un débitmètre massique thermique et que les relevés puissent être convertis automatiquement ou manuellement en température et pression normalisées.

#### Analyseur de gaz

Les analyseurs de gaz mesurent la concentration de méthane dans les gaz d'enfouissement récupérés et peuvent être portatifs ou permanents (intégrés). Les données sur la composition des gaz sont

généralement recueillies et enregistrées avant la destruction thermique ou l'utilisation finale. Dans le cas d'un projet comportant plusieurs dispositifs de destruction ou d'utilisation, si les gaz d'enfouissement sont acheminés vers les dispositifs à partir d'un collecteur commun en amont des dispositifs, un seul analyseur de gaz peut être placé pour mesurer la teneur en méthane des gaz d'enfouissement au niveau de ce collecteur commun. Si les gaz d'enfouissement sont acheminés vers chaque dispositif à partir de collecteurs distincts, un analyseur de gaz distinct est nécessaire en amont de chaque dispositif.

Les analyseurs de gaz les plus courants pour la surveillance du système de récupération ont des capteurs infrarouges non dispersifs (IRND) pour mesurer le taux de méthane et de dioxyde de carbone par volume, et des capteurs électrochimiques pour mesurer le taux d'oxygène par volume. Les unités sont calibrées pour mesurer une fraction volumétrique de chacun de ces composants (le reste du gaz étant censé être principalement de l'azote, ainsi que d'autres composés à l'état de traces). Les contaminants à l'état de traces, tels que le sulfure d'hydrogène et le monoxyde de carbone, peuvent également être mesurés à l'aide de capteurs électrochimiques intégrés à l'analyseur de gaz. Les analyseurs de gaz portatifs peuvent également être utilisés pour la surveillance régulière et non continue du système de récupération au niveau du ventilateur ou des dispositifs de destruction/d'utilisation, sauf si la réglementation ou d'autres programmes de déclaration exigent une surveillance continue.

### ***Indicateurs de température et pression***

Si le débitmètre ne corrige pas automatiquement le volume de gaz d'enfouissement aux conditions normales, la température et la pression doivent être mesurées à l'aide d'instruments séparés de mesure de la température et de la pression à la même fréquence de mesure que les volumes de gaz d'enfouissement. Si le débitmètre corrige automatiquement le volume de gaz d'enfouissement en fonction des conditions de température et de pression de référence, aucun manomètre ni indicateur de température supplémentaire n'est nécessaire.

### ***Collecte des données***

Le débitmètre (et l'analyseur de gaz, si un instrument de surveillance permanente et continue est utilisé) doivent être dotés d'une fonction de transmission permettant d'enregistrer et de consigner en continu les données via l'automate programmable (AP) de la station de ventilation ou de torchage et l'interface personne-machine.

Les heures d'exploitation du système de récupération des gaz d'enfouissement ainsi que les temps d'arrêt et les heures hors ligne pour l'entretien (régulier ou non) du système doivent également être suivis et enregistrés par le système d'enregistrement des données de l'installation, y compris l'AP et les systèmes d'acquisition et de contrôle des données (SCADA).

### ***Configuration des instruments***

Les débitmètres et les analyseurs de gaz doivent être installés et configurés pour mesurer les débits de gaz et la teneur en méthane avant l'introduction de tout combustible supplémentaire pour la torchère. Les points d'échantillonnage du débitmètre et de l'analyseur de gaz sont situés à la station de ventilateurs en aval (du côté pressurisé) des ventilateurs du système de récupération et en amont des dispositifs de combustion thermique ou d'utilisation. Les emplacements typiques des débitmètres, des analyseurs de gaz et des orifices d'échantillonnage sont indiqués sur la figure 2.

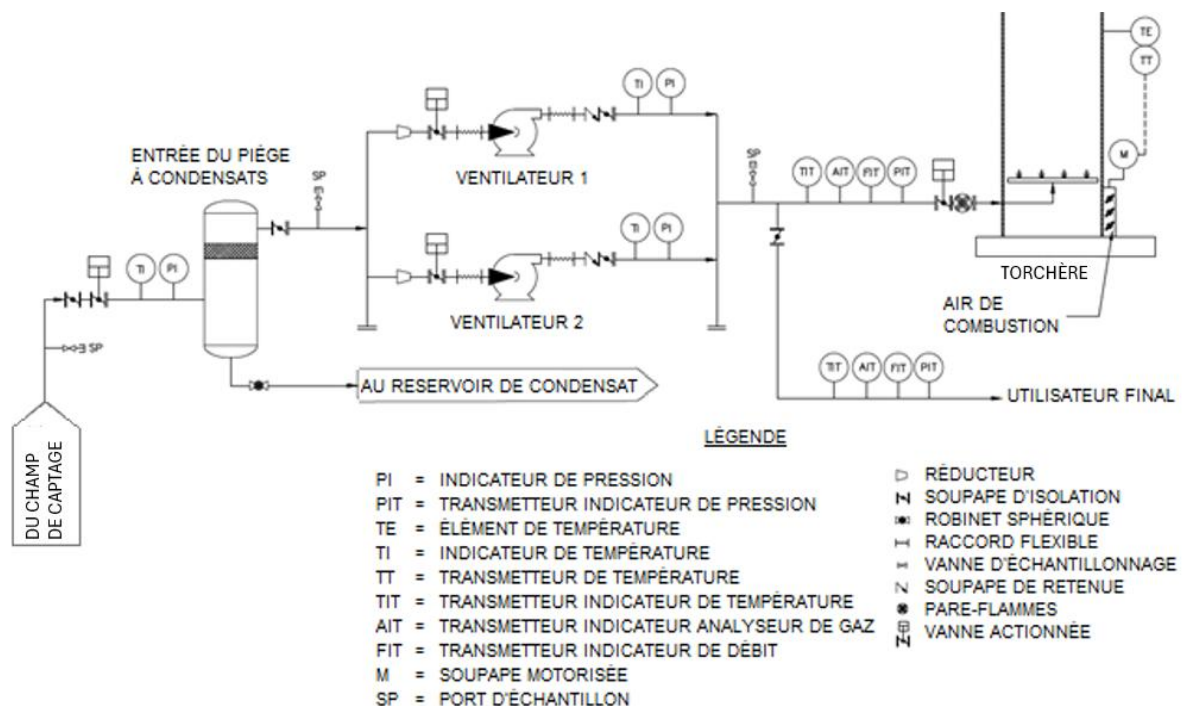


Figure 2 : Emplacements typiques de surveillance du système de récupération des gaz d'enfouissement

Le volume, la température, la pression et la teneur en méthane des gaz d'enfouissement doivent être mesurés dans les mêmes conditions (c'est-à-dire sur une base humide ou sèche). Aucun dispositif ou équipement pouvant entraîner une modification de la composition volumique des gaz d'enfouissement ne doit séparer un analyseur de gaz et un débitmètre.

### Assurance de la qualité et de contrôle de la qualité des instruments

Des procédures d'assurance et de contrôle de la qualité doivent être mises en œuvre pour les débitmètres de gaz d'enfouissement et les analyseurs de gaz, notamment :

- Les exploitants doivent confirmer que l'analyseur de gaz est installé conformément aux instructions du fabricant afin de garantir que les mesures de concentration sont enregistrées avec précision dans la plage d'étalonnage de l'équipement.
- L'équipement est calibré (étalonnage en usine ou sur site, conformément aux exigences du fabricant) au moment de l'installation et avant l'utilisation.
- Les exploitants de lieux d'enfouissement doivent confirmer que l'analyseur de gaz est calibré au moins une fois par an ou conformément aux recommandations du fabricant ou aux exigences réglementaires/de déclaration (selon la fréquence la plus élevée) et que les registres d'étalonnage sont documentés.
- Au moins une fois par an, la précision des débitmètres doit être vérifiée par une tierce partie qualifiée, soit à l'aide d'un instrument portable, tel qu'un tube de Pitot, soit en suivant les spécifications du fabricant, et le pourcentage de dérive doit être enregistré. Les opérateurs peuvent avoir besoin d'un ou plusieurs débitmètres de rechange pour les remplacer lors de l'étalonnage hors site périodique, si nécessaire.
- Le matériel doit être nettoyé et inspecté conformément aux spécifications du fabricant.

La précision de l'étalonnage du débitmètre de gaz d'enfouissement et de l'analyseur de gaz doit montrer que ces instruments de mesure fournissent une lecture du débit volumétrique de gaz d'enfouissement et de la teneur en méthane qui se situe dans un seuil de précision de 10 %.

Lorsque l'instrument présente un décalage en dehors du seuil de précision de  $\pm 10\%$ , une ou plusieurs mesures correctives appropriées doivent être prises, conformément aux spécifications du fabricant et l'instrument doit être revérifié pour la précision des mesures. Si l'instrument est toujours en dehors du seuil de précision de  $\pm 10\%$ , l'instrument doit être calibré par le fabricant ou par une tierce partie certifiée à cet effet par le fabricant.

### Correction en fonction de la température et de la pression

Si le débitmètre ne corrige pas automatiquement le débit volumétrique mesuré à la température et à la pression normales, le volume corrigé doit être calculé selon l'équation 7. La pression de référence doit être de 101,325 kPa (1 atm) et la température de référence doit être basée sur les exigences en matière de déclaration, si elles sont disponibles, ou choisie dans le tableau 2. La température et la pression de référence ainsi que la densité de méthane correspondante (telles qu'indiquées dans le tableau 2) doivent être appliquées de manière cohérente afin de garantir l'exactitude des calculs de volume et de masse.

Tableau 2 : Densité du méthane à la température et à la pression de référence

Pression de référence (kPa)	Pression de référence (atm)	Température de référence		Densité du CH <sub>4</sub> (kg/m <sup>3</sup> )
		°C	K	
101.325	1	0	273.15	0.716
101.325	1	5	278.15	0.703
101.325	1	10	283.15	0.691
101.325	1	15	288.15	0.679
101.325	1	20	293.15	0.667
101.325	1	25	298.15	0.656

Équation 7 : Quantité de gaz d'enfouissement envoyée vers chaque dispositif de destruction ou d'utilisation, corrigée en fonction de la température et de la pression

$$GE_{COR} = GE_{NCOR} \times \frac{T_{ref}}{T_m} \times \frac{P_m}{101.325}$$

où		Unités
$GE_{COR}$	= Volume corrigé des gaz d'enfouissement récupérés	m <sup>3</sup> GE
$GE_{NCOR}$	= Volume non corrigé des gaz d'enfouissement récupérés	m <sup>3</sup> GE
$T_{ref}$	= Température de référence des gaz d'enfouissement récupérés, comme indiqué dans le tableau 2	K
$T_m$	= Température mesurée des gaz d'enfouissement récupérés	K
$P_m$	= Pression mesurée des gaz d'enfouissement récupérés	kPa
101.325	= Pression de référence des gaz d'enfouissement récupérés	kPa

### Examen des données

Les données recueillies à partir des débitmètres et des analyseurs de gaz doivent être vérifiées afin de détecter les erreurs et les tendances susceptibles d'indiquer des données inexactes. Si le gaz est utilisé, les débits mensuels et les concentrations de méthane mesurées dans le système de récupération et dans le système d'utilisation peuvent être comparés pour détecter les variations potentielles de précision.

### 3.2 Calcul de la récupération du méthane

Lorsqu'elle n'est pas fournie automatiquement par le logiciel d'enregistrement des données, la quantité de méthane récupérée doit être calculée à la même fréquence que les données de concentration de méthane enregistrées. Le volume total de gaz d'enfouissement récupéré rapporté en mètres cubes standard (m<sup>3</sup>) sur un intervalle de temps donné est combiné à la concentration moyenne de méthane pour cet intervalle afin de calculer le volume de méthane récupéré. La durée de l'intervalle de temps doit correspondre à la fréquence de mesure et être conforme aux exigences d'enregistrement spécifiées par les programmes réglementaires ou autres programmes de déclaration.

Par exemple, l'équation 8 est utilisée pour calculer le volume de méthane récupéré sur un intervalle de temps spécifié d'un jour à un emplacement de surveillance spécifique.

Équation 8 : Volume quotidien de méthane récupéré

$$Q_{CH_4 \text{ quotidien}} = GE_{vol} \times \%CH_4 \text{ moy}$$

		Unités
où		
$Q_{CH_4 \text{ quotidien}}$	= Volume de méthane récupéré en un jour	m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub>
$GE_{vol}$	= Volume cumulé de gaz d'enfouissement récupéré, mesuré à température et pression normales, pendant la journée	m <sup>3</sup> GE
$\%CH_4 \text{ moy}$	= Concentration moyenne de méthane (pourcentage en volume dans les gaz d'enfouissement) enregistrée au cours de la journée	%

La quantité annuelle de méthane livrée à chaque dispositif de destruction/d'utilisation est établie en additionnant tous les volumes de récupération de méthane calculés ou enregistrés pour chaque intervalle de temps d'une année civile et en convertissant le volume en masse à l'aide de l'équation suivante :

Équation 9 : Masse annuelle de méthane récupérée par dispositif

$$CH_4 \text{ dispositif} = \sum_{t=1}^n (Q_{CH_4, t}) \times (\rho_{CH_4} \times 0.001)$$

		Unités
où		
$CH_4 \text{ dispositif}$	= Masse de CH <sub>4</sub> livrée au dispositif de destruction/d'utilisation au cours d'une année civile	tonnes CH <sub>4</sub>
$Q_{CH_4, t}$	= Volume total de CH <sub>4</sub> envoyé vers un dispositif de destruction/d'utilisation pendant une période de mesure, <i>t</i>	m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub>
$\rho_{CH_4}$	= Densité de CH <sub>4</sub> , comme indiqué dans le tableau 2	kg CH <sub>4</sub> /m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub>
0.001	Facteur de conversion, kilogrammes en tonnes	t CH <sub>4</sub> /kg CH <sub>4</sub>
<i>n</i>	Nombre de périodes de mesure dans une année civile	-
<i>t</i>	Période de mesure	-

La masse totale de méthane récupérée par le système de récupération des gaz d'enfouissement est calculée en additionnant les quantités de méthane récupérées par chaque dispositif de destruction/d'utilisation.

Équation 10 : Masse totale annuelle de méthane récupérée par le système de récupération des gaz d'enfouissement

$$CH_4 \text{ récupéré} = \sum_{i=1}^n CH_4 \text{ dispositif},i$$

où		Unités
$CH_4 \text{ récupéré}$	= Masse totale de CH <sub>4</sub> récupérée par le système de récupération	tonnes CH <sub>4</sub>
$CH_4 \text{ dispositif},i$	= Masse de CH <sub>4</sub> livrée au dispositif de destruction/d'utilisation, i, au cours d'une année civile	tonnes CH <sub>4</sub>
n	Nombre de dispositifs de destruction ou d'utilisation	-
i	Dispositif de destruction ou d'utilisation	-

### 3.3 Calcul de l'efficacité de la collecte

L'efficacité de la collecte est une mesure de l'efficacité du système de récupération des gaz à récupérer le méthane généré dans le lieu d'enfouissement. L'efficacité de la collecte est le rapport entre le méthane récupéré par le système de récupération des gaz d'enfouissement et la quantité totale de méthane générée dans le lieu d'enfouissement.

L'efficacité des systèmes de récupération des gaz d'enfouissement est influencée par un certain nombre de facteurs, notamment :

- le statut opérationnel du lieu d'enfouissement (ouvert ou fermé)
- l'étendue et le type de système de couverture du lieu d'enfouissement (y compris les matériaux de couverture, l'épaisseur et l'intégrité)
- la proportion de la zone du lieu d'enfouissement où une infrastructure de collecte de gaz a été installée
- la zone d'influence des puits de récupération de gaz
- la conception et l'exploitation du système de récupération des gaz d'enfouissement (y compris l'optimisation des puits de récupération de gaz, les pannes du système, les niveaux élevés de lixiviat dans les puits de récupération)

L'efficacité de la collecte est calculée en utilisant les données mesurées de récupération du méthane du système de récupération des gaz d'enfouissement et de la génération annuelle modélisée de méthane :

Équation 11 : Efficacité de la collecte calculée selon les données modélisées de génération du méthane et les données mesurées de récupération du méthane

---

$$EC_{calculée} = \frac{CH_4 \text{ récupéré}}{CH_4 \text{ généré}} \times 100$$

où		Unités
$EC_{calculée}$	= Efficacité calculée de la collecte	%
$CH_4 \text{ récupéré}$	= Masse totale de $CH_4$ récupérée par le système de récupération de gaz d'enfouissement (voir Équation 10)	tonnes $CH_4$
$CH_4 \text{ généré}$	= Masse totale de $CH_4$ générée dans le lieu d'enfouissement par la décomposition des déchets (voir la section 2)	tonnes $CH_4$

---

L'efficacité de la collecte est généralement estimée entre 60 et 95 % sur une base annuelle. Les directives de conception de la Colombie-Britannique pour les installations de gestion des gaz d'enfouissement spécifient un objectif de performance d'au moins 75 % d'efficacité de collecte pour les systèmes de récupération des gaz d'enfouissement (BC MOE, 2010). Étant donné l'incertitude liée à la génération estimée de méthane, la comparaison des efficacités de collecte calculées pour déterminer la performance peut être difficile. Cependant, la comparaison des efficacités de collecte calculées au fil du temps peut fournir une indication de l'impact ou de la nécessité d'améliorer le système.

## 4. Surveillance du champ de captage des gaz d'enfouissement

Une surveillance et un ajustement réguliers du champ de captage du système de récupération sont nécessaires pour équilibrer le système et optimiser la récupération des gaz d'enfouissement. Le taux de génération des gaz d'enfouissement varie au fil du temps, et le débit de gaz d'enfouissement à chaque puits peut nécessiter un ajustement afin d'éviter un prélèvement excessif ou insuffisant dans le champ de captage. Un mauvais équilibrage du champ de captage peut entraîner une augmentation des émissions de méthane ou une intrusion d'air, ce qui peut perturber la décomposition anaérobie ou provoquer des incendies souterrains. La surveillance du champ de captage peut également aider à identifier des problèmes opérationnels tels que des puits d'extraction inondés et des composants de tête de puits endommagés susceptibles de provoquer des fuites de méthane.

Les données recueillies à chaque puits de récupération de gaz d'enfouissement lors de chaque cycle de surveillance comprennent généralement :

- la composition du gaz (pourcentage en volume) — méthane, dioxyde de carbone, oxygène et gaz d'équilibre
- la pression de vide — mm de colonne d'eau (ou pouces de colonne d'eau)
- le débit — m<sup>3</sup>/h standard (ou pieds cubes standard par minute [ft<sup>3</sup>/min])
- la température du gaz — °C (ou degrés Fahrenheit [°F])

En général, les relevés sur le champ de captage du système de récupération (surveillance de chaque puits de récupération de gaz d'enfouissement) sont effectués tous les mois, mais peuvent être réalisés plus fréquemment afin d'obtenir une concentration optimale de méthane à un débit maximal durable, en particulier lorsque cela est nécessaire pour des projets de production d'énergie. L'objectif de la surveillance et des ajustements est de maintenir les concentrations de CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> et N<sub>2</sub> (gaz d'équilibre) et la température dans des plages acceptables et d'assurer la pression de vide.

Certaines provinces ont établi des normes de performance pour les concentrations d'oxygène et d'azote dans les puits de récupération de gaz d'enfouissement :

- La norme de performance de la Colombie-Britannique exige que les teneurs en oxygène et en azote ne dépassent pas 2,5 % et 15 % en volume, respectivement, dans un puits de récupération de gaz d'enfouissement (BC MOE, 2010).
- Le règlement québécois sur les lieux d'enfouissement exige que la concentration d'oxygène ou d'azote soit respectivement inférieure à 5 % et 20 % en volume dans chaque drain et puits de captage du système (Québec, 2005).

Bien que la température normale des lieux d'enfouissement puisse varier, des températures supérieures à 55 degrés Celsius (131 degrés Fahrenheit) peuvent indiquer des températures élevées dans la masse de déchets et nécessiter une enquête (Krause, 2022).

Les soupapes de contrôle sur les têtes de puits sont utilisées pour régler (augmenter/diminuer) le vide appliqué à chaque puits afin de maintenir un débit durable. Les relevés de gaz (plus précisément la pression sous vide et le débit) sont effectués avant et après les réglages du débit de la tête de puits. Cependant, il faut généralement un certain temps pour que les changements de concentration de la composition du gaz se stabilisent.

La méthode d'ajustement des champs de captage doit tenir compte des tendances des données historiques et peut nécessiter l'exercice d'un jugement professionnel fondé sur l'expérience propre au site.

Le *Règlement sur le méthane provenant des lieux d'enfouissement* exige une surveillance mensuelle des puits de récupération des gaz d'enfouissement pour :

- la pression manométrique (afin d'identifier les niveaux supérieurs à 0,5 pouce d'eau) (10(1)a)(i))
- la concentration en oxygène (afin d'identifier les concentrations supérieures à 5 % en volume) (10(1)a)(ii))
- le débit volumétrique du gaz d'enfouissement (afin d'identifier les conditions de débit volumétrique nul) (10(1)a)(iii))
- les composants d'équipement endommagés (10(1b))

Si l'une des trois premières conditions ci-dessus est identifiée, alors avant ou pendant la prochaine activité de surveillance mensuelle :

- des mesures doivent être prises pour démontrer que ces conditions n'existent plus (11(1)a)) ou
- le puits de récupération et sa pénétration de couverture doivent être inspectés afin de détecter d'éventuelles concentrations élevées de méthane à l'aide des méthodes décrites à la section 5.1 du présent document (pour les équipements de tête de puits) et à la section 6.3 du présent document (pour les pénétrations de couverture) (11(1)b)).

Si des composants d'équipement endommagés sont identifiés, le puits de récupération et sa pénétration de couverture doivent être inspectés afin de détecter toute concentration élevée de méthane, comme décrit ci-dessus (11(2)).

Une surveillance mensuelle n'est pas requise dans un puits de récupération de gaz d'enfouissement (10(3)a)) :

- qui n'est pas en service en raison d'activités de construction, notamment des réparations ou des modifications à celui-ci, au système de récupération active de gaz d'enfouissement, au système de collecte des lixiviats ou à la couverture du lieu d'enfouissement
- qui n'est pas en service en raison de mesures prises pour éteindre ou prévenir un incendie dans le lieu d'enfouissement
- qui est déclassé ou n'a pas été en service au cours des trente derniers jours
- sur lequel il n'y a aucun emplacement accessible qui permette de prendre des mesures
- qui est situé dans une partie du lieu d'enfouissement qui se trouve sous couverture finale et dans lequel le gaz d'enfouissement a une concentration en méthane inférieure à 25 % en volume lors de six mesures mensuelles consécutives

Si un puits de récupération de gaz d'enfouissement est équipé d'un appareil qui surveille en continu la pression manométrique, la concentration en oxygène et le débit volumétrique et qui ajuste automatiquement la pression dans le puits, il n'est pas nécessaire de surveiller manuellement ces paramètres chaque mois. Le puits doit toutefois être inspecté chaque mois afin de vérifier que les composants de l'équipement ne sont pas endommagés (10(3)b)).

## 4.1 Instruments

La plupart des instruments portatifs combinent des analyseurs de gaz infrarouges pour la mesure du CH<sub>4</sub> et du CO<sub>2</sub> avec une cellule électrochimique pour la mesure de l'O<sub>2</sub>, et calculent la concentration en N<sub>2</sub> (gaz d'équilibre). Les instruments couramment utilisés peuvent également mesurer la pression statique et différentielle, le débit de gaz et la température.

Si des instruments distincts sont utilisés pour la composition du gaz et la pression/le débit, les mesures de pression doivent être effectuées en premier, car le prélèvement de l'échantillon de gaz peut affecter la pression du gaz. La pression du gaz peut être mesurée à l'aide d'un manomètre Magnehelic, d'un manomètre portable ou d'un manomètre électronique.

Le débit des gaz d'enfouissement est souvent mesuré à l'aide d'une plaque à orifice insérée transversalement dans la conduite de gaz entre deux brides. Une mesure de pression est effectuée au niveau des ports de surveillance installés de chaque côté de la plaque à orifice afin de déterminer la différence de pression, et le débit de gaz est calculé à partir de l'équation des gaz. D'autres options pour mesurer le débit peuvent inclure des tubes de Pitot, des anémomètres thermiques, des débitmètres massiques et des tubes de Venturi. Des tubes de Pitot ou des plaques à orifice peuvent être intégrés dans des têtes de puits préfabriquées pour la récupération des gaz d'enfouissement.

La figure 3 représente un ensemble typique de puits de récupération de gaz d'enfouissement et de tête de puits avec des orifices d'échantillonnage pour mesurer la composition du gaz, le débit, la température et la pression du vide.

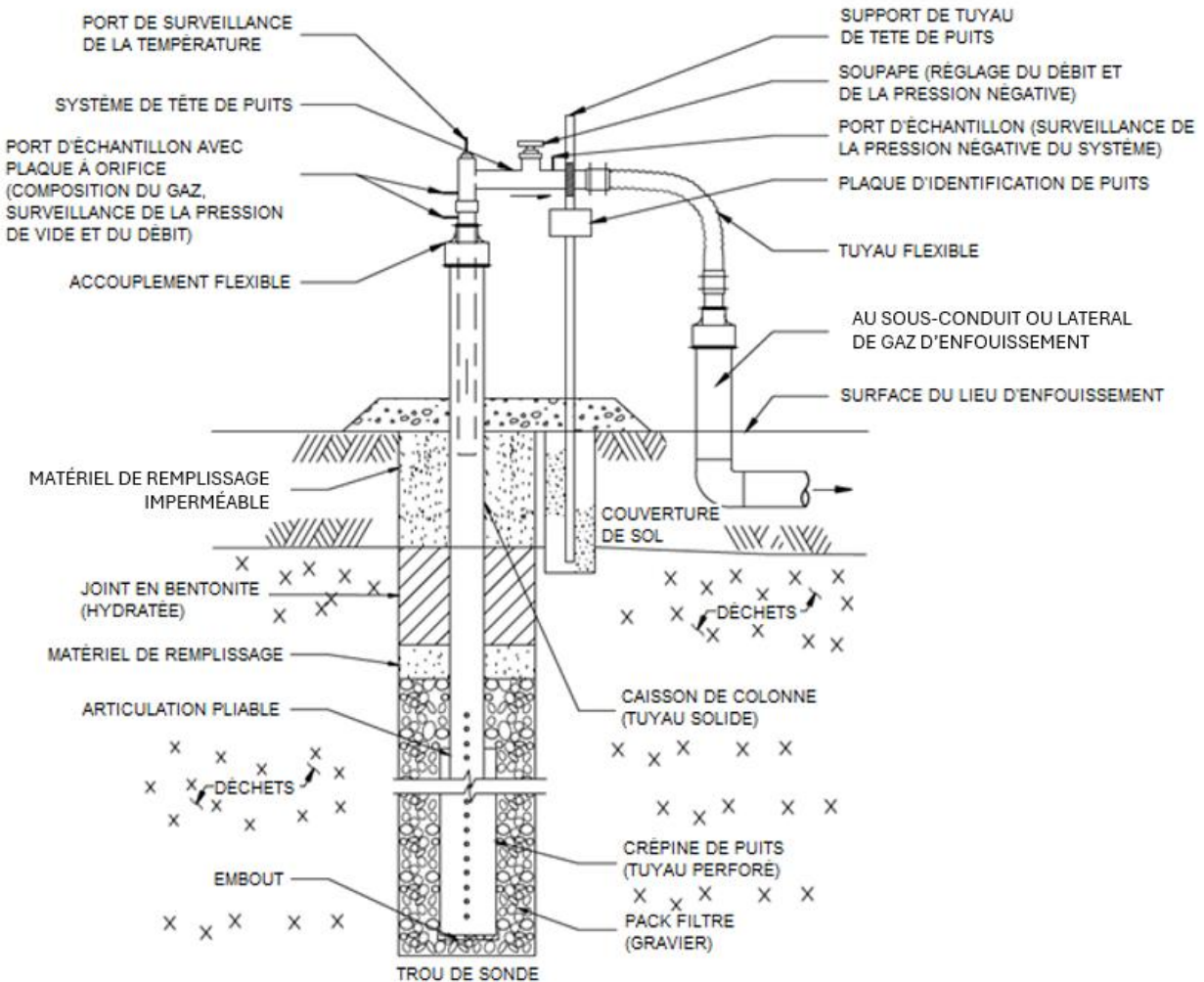


Figure 3 : Assemblage typique d'une tête de puits de récupération de gaz d'enfouissement

Dans le cadre d'une approche alternative de réglage du champ de captage, les têtes de puits de récupération de gaz d'enfouissement sont équipées de capteurs qui surveillent en continu la qualité, la pression, le débit et la température des gaz d'enfouissement. Ces données sont transmises à un serveur où un algorithme détermine les positions optimales des vannes pour les puits du champ de captage et les ajuste. Les puits peuvent être réglés et optimisés en continu. Bien que les systèmes automatisés aient généralement un coût d'investissement plus élevé que la surveillance manuelle du champ de captage, l'amélioration de l'efficacité du système de récupération et du contrôle de la qualité du gaz peuvent justifier l'utilisation d'un système de contrôle automatisé du champ de captage.

## 4.2 Documentation recommandée

En général, toutes les mesures recueillies lors de la surveillance du champ de captage doivent être enregistrées, y compris : les relevés initiaux et les mesures prises après tout ajustement du champ de captage, ainsi que des observations et notes spécifiques concernant les actions requises pour référence future. Si un analyseur portatif est utilisé, les données doivent être stockées et téléchargées pour examen et évaluation, et conservées pour les registres opérationnels.

Le registre des activités de surveillance du champ de captage doit également inclure les renseignements suivants :

- les conditions atmosphériques (température, pression barométrique)
- les conditions propres au site (y compris la couverture neigeuse, les conditions humides ou sèches)
- l'équipement utilisé
- les dates d'étalonnage de tous les instruments de surveillance

Les paramètres mesurés à la station de ventilation (composition du gaz, vide du système, débit) doivent également être enregistrés pendant la surveillance du champ de captage pour examen et comparaison avant et après les réglages du système du champ de captage.

Le *Règlement sur le méthane provenant des lieux d'enfouissement* exige que les registres suivants soient tenus pour chaque activité de surveillance de puits de récupération :

- l'emplacement et l'identifiant de chaque puits et la date de l'activité de surveillance (12a))
- la pression manométrique, la concentration en oxygène et le débit volumétrique du gaz d'enfouissement mesurés à chaque puits de récupération (12a))
- le cas échéant, les raisons pour lesquelles les mesures n'ont pas été effectuées dans certains puits (12a)) (c'est-à-dire laquelle des circonstances décrites au paragraphe 10(3) existe : le puits n'est pas en service en raison d'activités de construction ou de mesures prises pour éteindre ou prévenir un incendie ; le puits est déclassé ; la tête de puits est inaccessible ; la teneur en méthane est faible ; ou la tête de puits est équipée d'un système de surveillance continue)

## 5. Détection des fuites de l'équipement

L'infrastructure installée pour recueillir et acheminer les gaz d'enfouissement vers des dispositifs de destruction ou d'utilisation peut devenir une source d'émissions de méthane en raison de fuites provenant des composants de l'équipement tels que les connexions, les raccords, les vannes et les joints d'étanchéité. Les fuites de l'équipement peuvent être attribuables à la détérioration des composants, à une mauvaise installation ou à un desserrage causé par les vibrations. Des protocoles de détection et de réparation des fuites doivent être élaborés pour les systèmes de gestion des gaz d'enfouissement afin de détecter et d'atténuer rapidement les fuites de méthane. La réparation des fuites peut inclure le serrage ou le remplacement des fixations, le nettoyage ou le remplacement des joints et des garnitures, ou le remplacement des composants de l'équipement.

Il n'existe actuellement aucune exigence provinciale en matière d'inspections de détection des fuites de méthane sur les équipements de gaz d'enfouissement.

Le *Règlement sur le méthane provenant des lieux d'enfouissement* exige que des inspections de détection des fuites soient effectuées trois fois par an sur tous les composants des équipements contenant des gaz d'enfouissement, avec un intervalle d'au moins 60 jours entre chaque inspection. Les inspections doivent être effectuées conformément à la méthode 21 de l'US EPA ((13(1)a)).

Un composant d'équipement ne nécessite pas de surveillance si cela présente un risque grave pour la santé ou la sécurité des personnes (13(3)).

Bien que le *Règlement sur le méthane provenant des lieux d'enfouissement* autorise l'utilisation d'autres instruments et méthodes de détection des fuites de méthane approuvés par le ministre (13(1)b)), aucun n'est actuellement approuvé. Les autres méthodes approuvées seront publiées dans les mises à jour du présent document.

Une concentration de méthane de 500 parties par million en volume (ppmv) ou plus à la surface d'un composant de l'équipement est considérée comme une fuite de méthane.

Comme elles sont généralement réalisées à l'aide du même type d'instrument, les inspections de détection des fuites de l'équipement et la surveillance des émissions de surface (section 6) peuvent être effectuées simultanément.

### 5.1 La méthode 21 de l'US EPA

Lorsqu'elle est appliquée aux infrastructures de traitement des gaz d'enfouissement, la méthode 21 de l'United States Environmental Protection Agency (US EPA) exige la mesure manuelle des concentrations de méthane à proximité immédiate des composants de l'équipement et établit des spécifications pour les instruments ainsi que des méthodes d'étalonnage et de mesure (US EPA 2017).

#### Instrumentation

Un détecteur portatif qui mesure les concentrations volumétriques de méthane (ppmv) est utilisé pour les relevés de détection de fuites de la méthode 21. L'instrument le plus couramment utilisé pour les relevés de détection des fuites de méthane est un détecteur à ionisation de flamme (DIF).

Le *Règlement sur le méthane provenant des lieux d'enfouissement* comprend les exigences suivantes pour l'instrumentation, fondées sur la méthode 21 de l'US EPA (13(1)a).

Un instrument répondant aux spécifications suivantes est requis :

- L'instrument doit pouvoir détecter 500 ppmv de méthane avec une résolution de 12,5 ppmv.
- L'instrument doit être équipé d'une pompe électrique pour garantir le débit constant de l'échantillon analysé par le détecteur. Le débit nominal de l'échantillonnage, mesuré à l'extrémité de la sonde d'échantillonnage, doit être compris entre 0,10 et 3,0 l/min lorsque la sonde est munie d'un tampon en laine de verre ou d'un filtre utilisé pour éviter que l'instrument soit bouché.
- L'instrument doit être équipé d'une sonde ou d'une extension de sonde dont le diamètre extérieur ne doit pas dépasser 6,4 mm, avec une ouverture à une seule extrémité pour l'admission des échantillons.

Les essais suivants doivent être effectués avant l'utilisation quotidienne de l'instrument :

- Essai de précision de l'étalonnage. Effectuer trois mesures au total en utilisant alternativement du gaz zéro (moins de 10 ppmv de méthane) et le gaz d'étalonnage spécifié (500 ppmv de méthane avec une précision de 2 %). Enregistrer les relevés du compteur. Calculer la différence algébrique moyenne entre les relevés du compteur et la valeur connue. Diviser cette différence moyenne par la valeur d'étalonnage connue et multiplier par 100 pour exprimer la précision de l'étalonnage obtenue en pourcentage. La précision d'étalonnage ne doit pas dépasser 10 %.
- Essai de temps de réponse. Introduire du gaz zéro (moins de 10 ppmv de méthane) dans la sonde d'échantillonnage de l'instrument. Lorsque le relevé du compteur s'est stabilisé, passer rapidement au gaz d'étalonnage (500 ppmv de méthane). Après le passage d'un gaz à l'autre, mesurer le temps nécessaire pour atteindre 450 ppmv (90 % de la valeur finale stable de 500 ppmv). Effectuer cette séquence d'essais trois fois et calculer le temps de réponse moyen. Le temps de réponse moyen de l'instrument doit être inférieur ou égal à 30 secondes. La pompe de l'instrument, la sonde de dilution (le cas échéant), la sonde d'échantillonnage et le filtre de la sonde qui seront utilisés pendant l'essai doivent tous être en place pendant la détermination du temps de réponse.

L'instrument doit également être étalonné régulièrement en introduisant du gaz d'étalonnage (500 ppmv de méthane) dans la sonde d'échantillonnage de l'instrument et en ajustant l'affichage du compteur de l'instrument pour qu'il corresponde à la valeur du gaz d'étalonnage. Selon l'instrument, cet étalonnage peut être effectué par l'utilisateur ou le fabricant.

## Mesures et emplacements des mesures

Le *Règlement sur le méthane provenant des lieux d'enfouissement* exige que des inspections de détection des fuites soient effectuées sur tout composant d'équipement qui contient du gaz d'enfouissement (13(1)), notamment les puits, les conduites, les brides, les raccords, les vannes, les pare-flammes, les séparateurs, les ports d'échantillonnage, les soufflantes, les compresseurs et les connecteurs (1(1)). Cela comprend les composants sous pression positive, neutre ou négative.

La détection des fuites doit être effectuée en maintenant l'entrée de la sonde de l'instrument à une distance maximale de 2 cm du composant de l'équipement ou de 5 cm de la surface d'une voûte contenant des composants de l'équipement. Les étapes spécifiques sont les suivantes :

- Placer l'entrée de la sonde à la surface de l'interface du composant où une fuite pourrait se produire.
- Déplacer la sonde le long de la périphérie de l'interface tout en observant l'affichage de l'instrument.
- Si une lecture de 200 ppmv de méthane ou plus est observée, prélever lentement des échantillons à l'interface où une fuite est indiquée jusqu'à obtenir la lecture maximale de l'instrument.
- Laisser l'entrée de la sonde à cet emplacement de lecture maximale pendant environ deux fois le temps de réponse de l'instrument.

Des exemples d'application de cette technique générale à des types d'équipements spécifiques sont présentés à la section 8.3.1 de la méthode 21 (US EPA 2017) (13(1a)).

## Documentation

Le *Règlement sur le méthane provenant des lieux d'enfouissement* exige que les registres suivants soient tenus pour la surveillance de détection des fuites :

- la date de l'activité de surveillance ainsi que le nom de la personne qui l'a effectuée (15a))
- le type d'instruments de surveillance utilisés, notamment leur marque et modèle, ainsi que les résultats de chaque étalonnage (15b))
- tout composant d'équipement qui n'a pas été surveillé pour des raisons de santé et de sécurité (15c))
- informations sur toute fuite de méthane détectée (concentrations de 500 ppmv ou plus) et les mesures de suivi associées (15d))

## 5.2 Méthodes de recharge

### Détecteurs TDLAS portatifs

Une nouvelle approche de la détection des fuites de méthane dans les lieux d'enfouissement consiste à utiliser des détecteurs portatifs basés sur la technologie TDLAS (spectroscopie d'absorption par laser à diode accordable). Ce type de détecteur sert à mesurer la concentration de méthane intégrée le long du trajet d'un faisceau laser entre le détecteur et la cible (composant de l'équipement), les concentrations de méthane étant mesurées en unités de ppm·mètre (ppm·m). Certains détecteurs TDLAS portatifs intègrent également un système d'imagerie optique des gaz pour permettre la visualisation des fuites de méthane.

La détection des fuites à l'aide de détecteurs TDLAS portatifs peut être réalisée plus rapidement que les relevés typiques de la méthode 21 et à une distance de plusieurs mètres des composants, ce qui permet de contrôler les composants inaccessibles.

### Autres nouvelles méthodes

D'autres approches sont à l'étude pour la détection des fuites de méthane dans les lieux d'enfouissement, notamment les relevés aériens et les systèmes de surveillance continue. Ces méthodes sont examinées à la section 7.

## 6. La mesure des concentrations de méthane en surface

Cette section décrit les relevés de surveillance des émissions de surface (SES) qui mesurent les concentrations de méthane à la surface d'un lieu d'enfouissement. Les relevés de SES sont possibles dans des lieux d'enfouissement avec et sans système de récupération des gaz d'enfouissement. L'objectif de la mesure des concentrations de méthane en surface est de détecter et de localiser les émissions fugitives à travers les matériaux de couverture des lieux d'enfouissement (« points chauds ») ou aux pénétrations du système de couverture. Une fois les émissions fugitives identifiées, des mesures correctives peuvent être prises pour réduire ou éliminer ces émissions.

Plusieurs méthodes et technologies peuvent être utilisées pour les relevés de SES dans les lieux d'enfouissement, dont certaines mesurent les concentrations ponctuelles à l'emplacement du capteur ou de l'échantillonnage, tandis que d'autres mesurent les concentrations intégrées sur le trajet – la quantité de méthane présente dans la colonne d'air entre le capteur et la surface du sol. Bien que ces mesures puissent être utilisées pour estimer les émissions totales à l'échelle du lieu d'enfouissement, les méthodes décrites dans cette section sont utilisées pour identifier les zones localisées où les concentrations de méthane sont élevées.

Le *Règlement sur le méthane provenant des lieux d'enfouissement* fédéral exige que les concentrations de méthane en surface soient mesurées trois fois par an dans les parties du lieu d'enfouissement qui n'ont pas reçu de déchets au cours des 12 derniers mois afin de détecter tout dépassement des seuils de concentration de méthane en surface de 500 ppmv (à un seul endroit) ou de 25 ppmv (« moyenne par zone » - moyenne des concentrations de méthane en surface dans des zones d'environ 4 500 m<sup>2</sup>).

En vertu du *Règlement sur l'enfouissement et l'incinération des matières résiduelles* du Québec, les lieux d'enfouissement qui sont tenus d'exploiter un système de récupération des gaz d'enfouissement doivent effectuer des relevés de SES au sol trois fois par an pour confirmer que les concentrations de méthane en surface dans la zone du lieu d'enfouissement où les gaz d'enfouissement sont récupérés sont inférieures à 500 ppmv (Québec, 2005).

### 6.1 Sources d'émissions de méthane au sol

Cette section décrit les sources courantes d'émissions provenant des lieux d'enfouissement qui peuvent être ciblées par les relevés de SES.

#### Face active

La face active en exploitation du lieu d'enfouissement est une source importante d'émissions de méthane en raison de la présence de déchets plus récents ayant un taux de génération de méthane élevé et de l'absence de matériau de couverture intermédiaire ou finale. La face active en exploitation est généralement exclue des limites réglementaires pour les concentrations de méthane et des relevés de SES en raison de son accessibilité limitée et de considérations liées à la santé et à la sécurité. Certaines approches de SES émergentes, telles que la méthode du laser à colonne par drone, abordée dans la section 6.7, peuvent permettre de mesurer les concentrations de méthane sur la face active.

#### Couverture du lieu d'enfouissement

Les gaz d'enfouissement migrent à travers la couverture quotidienne, intermédiaire ou finale du lieu d'enfouissement par advection ou diffusion, ce qui entraîne des émissions diffuses de méthane dans

l'atmosphère. Les émissions de méthane peuvent varier considérablement en fonction des matériaux de couverture du lieu d'enfouissement et de leur épaisseur, les émissions les plus élevées étant généralement associées à la couverture quotidienne et les émissions les plus faibles à la couverture finale. Des zones d'écoulement préférentiel des gaz d'enfouissement à travers la couverture peuvent également se produire en raison de l'érosion de la couverture du lieu d'enfouissement, de la dessiccation ou du tassement des déchets qui créent des fissures dans les sols de couverture, ou d'autres dommages aux matériaux de couverture, y compris les couches géosynthétiques. Outre les indicateurs visuels de matériaux de couverture compromis, la végétation stressée est également un indicateur de possibles émissions de méthane.

Les autres sources potentielles d'émissions de méthane qui peuvent traverser la couverture du lieu d'enfouissement comprennent les bords et les pentes latérales du lieu d'enfouissement, où des taux de compactage plus faibles peuvent réduire la résistance à la migration des gaz d'enfouissement à travers la masse des déchets, ainsi que les tranchées d'ancrage de la couverture et les interfaces entre les couvertures intermédiaires ou finales sur des cellules adjacentes.

### **Pénétrations de la couverture du lieu d'enfouissement**

Les points de pénétration de la couverture du lieu d'enfouissement sont des objets qui traversent complètement la couverture et qui peuvent constituer une voie de migration préférentielle des gaz d'enfouissement hors de la masse des déchets vers l'atmosphère. Les points de pénétration de la couverture comprennent les éléments du système de gaz d'enfouissement ou du système de récupération des lixiviats, tels que les puits de récupération de gaz d'enfouissement, les colonnes montantes du système de collecte de lixiviats, les trappes à condensat et les voûtes de vannes. Les points de pénétration de la couverture peuvent provoquer des émissions fugitives de méthane en raison de joints ou de manchons d'étanchéité endommagés, ou d'une infrastructure ou de connexions endommagées ou desserrées.

### **Infrastructure de traitement des lixiviats**

Les systèmes de récupération des lixiviats peuvent offrir des voies préférentielles pour que les gaz d'enfouissement s'accumulent dans des remblais granulaires ou des tuyaux perforés et se déversent ensuite par le haut des trous d'entretien du système de récupération des lixiviats.

## **6.2 Considérations pour la planification de SES**

Cette section décrit les facteurs qui peuvent avoir une incidence sur l'exécution et les résultats des relevés de SES. Les réglementations ou permis d'exploitation applicables peuvent prévoir des exigences particulières concernant les conditions dans lesquelles les relevés de SES doivent être effectués. La préparation préalable du site (si nécessaire) et l'examen des conditions météorologiques prévues doivent être effectués avant de planifier les activités de surveillance.

### **Conditions générales du site**

Le relevé de SES doit être effectuée pendant que le système de récupération des gaz d'enfouissement fonctionne dans des conditions normales et doit être programmé de manière à éviter les opérations du lieu d'enfouissement qui peuvent limiter l'accès à certaines zones.

Avant d'entreprendre un relevé de SES au sol, il convient de procéder à une analyse documentaire de la zone à surveiller afin de déterminer la taille et la disposition du site, les emplacements des transects, les pénétrations du système de couverture, et les zones potentielles d'émissions fugitives de méthane selon les renseignements sur le site et les résultats des relevés précédents.

Le *Règlement sur le méthane provenant des lieux d'enfouissement* exige la mesure des concentrations de méthane en surface trois fois par an (janvier-mai; juin-août; septembre-décembre), avec un intervalle d'au moins 60 jours entre les activités de surveillance (17(1)).

La fréquence réduite de la surveillance du méthane en surface est autorisée comme suit :

- Dans une partie d'un lieu d'enfouissement ouvert recouverte d'une couverture finale, s'il n'y a pas eu de dépassement de la concentration de méthane en surface au cours de l'année civile précédente, la surveillance du méthane en surface le long des transects de la surface du lieu d'enfouissement (conformément à l'article 19(5b)) peut être effectuée une fois par an. Toutes les autres surveillances du méthane en surface (y compris au niveau des pénétrations de la couverture du lieu d'enfouissement et autour du périmètre du lieu d'enfouissement) doivent être effectuées trois fois par an (17(3)).
- Dans un lieu d'enfouissement fermé sous couverture finale, s'il n'y a pas eu de dépassement de la concentration de méthane en surface au cours de l'année civile précédente, toutes les surveillances du méthane en surface peuvent être effectuées une fois par an (17(4)).

Lorsqu'une évaluation de la concentration moyenne de méthane en surface par zone est nécessaire, la totalité de la surface du lieu d'enfouissement doit être divisée en zones identifiées individuellement, d'une superficie maximale de 4 500 m<sup>2</sup> (50 000 pieds carrés), et indiquée sur un plan du site. Compte tenu de la forme et de la taille irrégulières d'un lieu d'enfouissement, la taille des zones individuelles peut être légèrement supérieure ou inférieure à la surface recommandée (ou requise).

Le *Règlement sur le méthane provenant des lieux d'enfouissement* exige la mesure des concentrations de méthane en surface dans les parties du lieu d'enfouissement dans lesquelles aucune activité d'élimination de déchets n'a eu lieu dans les douze mois précédents (17(2)).

La surveillance n'est pas requise dans les parties du lieu d'enfouissement où une couverture du lieu d'enfouissement ou un système de récupération active de gaz d'enfouissement est en cours de construction (19(6)a)).

### Exigences relatives à l'utilisation des drones

Une planification spécifique est nécessaire si un relevé de SES par drone doit être effectué. Les pilotes de drone doivent respecter les règles énoncées dans le *Règlement de l'aviation canadien* (Transports Canada, 2025), comprendre les restrictions locales relatives à l'espace aérien et tenir compte de la nécessité de désigner un observateur visuel. Les emplacements pour la préparation du drone, la base du pilote/observateur et le décollage et l'atterrissage doivent également être désignés dans le cadre de l'examen documentaire. L'examen préalable au relevé doit aussi recenser toute obstruction éventuelle au relevé par drone, y compris les câbles aériens. La planification doit tenir compte de la nécessité de remplacer et de recharger régulièrement les batteries du drone pendant le relevé.

## Conditions météorologiques

Les opérateurs de SES peuvent choisir de programmer les relevés SES en dehors des périodes de précipitations en raison des impacts potentiels sur l'équipement de terrain. En outre, les précipitations survenues au cours des jours précédant l'étude peuvent avoir une incidence sur les résultats de SES parce que le mouvement des gaz d'enfouissement peut être entravé par la saturation des sols de couverture du lieu d'enfouissement.

Les vents violents peuvent limiter la capacité de l'opérateur à détecter avec précision les concentrations de méthane en surface en raison d'une dilution accrue. Tout drone utilisé pour la SES aura également une vitesse maximale admissible pour une utilisation en toute sécurité.

L'effet des variations de la pression barométrique sur les émissions de méthane des lieux d'enfouissement est bien connu. L'augmentation de la pression barométrique fait diminuer les émissions, tandis que la baisse de la pression barométrique les fait augmenter, un phénomène appelé pompage barométrique. Par conséquent, les conditions de pression barométrique au cours d'un relevé de SES peuvent avoir une incidence sur les résultats des mesures de concentration de méthane en surface.

## Instrumentation et mesures micrométéorologiques

Un anémomètre fixe ou portatif, équipé d'un enregistreur continu, doit être utilisé pour mesurer la vitesse du vent sur place. D'autres données météorologiques horodatées doivent également être collectées sur place ou obtenues auprès d'une station météorologique à proximité, notamment :

- la pression atmosphérique
- la température ambiante
- la précipitation

Le *Règlement sur le méthane provenant des lieux d'enfouissement* exige que les concentrations de méthane en surface ne soient pas mesurées dans les cas suivants :

- il y a de l'eau stagnante à la surface du lieu d'enfouissement à l'emplacement de la mesure (19(7)a)).
- la vitesse moyenne du vent, mesurée pendant une période de 15 minutes à l'aide d'un anémomètre équipé d'un enregistreur de données en continu, dépasse 30 kilomètres par heure (19(7)b)).

Le *Règlement sur le méthane provenant des lieux d'enfouissement* exige la mesure :

- du taux horaire de variation de la pression barométrique pendant l'activité de surveillance et les 24 heures précédant celle-ci (21f)(i))
- de la vitesse moyenne du vent mesurée toutes les 15 minutes pendant la durée de l'activité de surveillance à l'aide d'un anémomètre équipé d'un enregistreur de données en continu (21f)(ii))

## Végétation

Les techniques de SES courantes au sol et par drone nécessitent que l'entrée du détecteur de méthane soit maintenue près de la surface du lieu d'enfouissement. Il peut être nécessaire de couper la couverture végétale du lieu d'enfouissement pour faciliter les relevés de SES. Un équipement spécialisé peut être nécessaire pour tondre les pentes latérales. Il faut également tenir compte des règlements

applicables aux habitats protégés tels que le *Règlement sur les oiseaux migrateurs (2022)* lors de la planification du fauchage et des relevés de SES.

En vertu du *Règlement sur le méthane provenant des lieux d'enfouissement*, les concentrations de méthane en surface doivent être mesurées à l'aide d'une sonde placée à moins de 5 cm au-dessus de la surface du lieu d'enfouissement (19(3)), ce qui peut nécessiter le fauchage de la végétation haute.

### 6.3 Méthode de relevés au sol

La SES au sol consiste à parcourir la surface du lieu d'enfouissement en suivant un itinéraire prédéterminé, avec un détecteur de méthane portatif pour mesurer les concentrations tout juste au-dessus de la surface du sol. La méthode peut être utilisée pour des relevés de SES autonomes. En plus, certains éléments de cette méthode peuvent être utilisés dans le cadre d'une vérification au sol à la suite d'un relevé de SES par drone (décrit dans la section 6.4).

#### Instrumentation

Les techniques typiques de SES au sol utilisent des instruments portatifs basés sur la méthode 21 de l'US EPA (US EPA, 2017), intégrant des détecteurs DIF ou TDLAS qui utilisent une pompe d'échantillonnage pour aspirer en continu de l'air à un débit constant et mesurer la concentration de méthane dans le détecteur, en ppmv.

Le *Règlement sur le méthane provenant des lieux d'enfouissement* autorise l'utilisation d'un appareil portatif pour mesurer les concentrations de méthane en surface, conformément à la méthode 21 de l'US EPA (19(1)a)).

Un instrument répondant aux spécifications suivantes est requis :

- L'instrument doit pouvoir détecter 500 ppmv de méthane avec une résolution de 12,5 ppmv.
- L'instrument doit être équipé d'une pompe électrique pour garantir le débit constant de l'échantillon analysé par le détecteur. Le débit nominal de l'échantillonnage, mesuré à l'extrémité de la sonde d'échantillonnage, doit être compris entre 0,10 et 3,0 l/min lorsque la sonde est munie d'un tampon en laine de verre ou d'un filtre utilisé pour éviter que l'instrument soit bouché.
- L'instrument doit être équipé d'une sonde ou d'une extension de sonde dont le diamètre extérieur ne doit pas dépasser 6,4 mm, avec une ouverture à une seule extrémité pour l'admission des échantillons.

Les essais suivants doivent être effectués avant l'utilisation quotidienne de l'instrument :

- Essai de précision de l'étalonnage. Effectuer trois mesures au total en utilisant alternativement du gaz zéro (moins de 10 ppmv de méthane) et le gaz d'étalonnage spécifié (500 ppmv de méthane avec une précision de 2 %). Enregistrer les relevés du compteur. Calculer la différence algébrique moyenne entre les relevés du compteur et la valeur connue. Diviser cette différence moyenne par la valeur d'étalonnage connue et multiplier par 100 pour exprimer la précision de l'étalonnage obtenue en pourcentage. La précision d'étalonnage ne doit pas dépasser 10 %.
- Essai de temps de réponse. Introduire du gaz zéro (moins de 10 ppmv de méthane) dans la sonde d'échantillonnage de l'instrument. Lorsque le relevé du compteur s'est stabilisé, passer rapidement au gaz d'étalonnage (500 ppmv de méthane). Après le passage d'un gaz à l'autre, mesurer le temps nécessaire pour atteindre 450 ppmv (90 % de la valeur finale stable de

500 ppmv). Effectuer cette séquence d'essais trois fois et calculer le temps de réponse moyen. Le temps de réponse moyen de l'instrument doit être inférieur ou égal à 30 secondes. La pompe de l'instrument, la sonde de dilution (le cas échéant), la sonde d'échantillonnage et le filtre de la sonde qui seront utilisés pendant l'essai doivent tous être en place pendant la détermination du temps de réponse.

L'instrument doit également être étalonné régulièrement en introduisant du gaz d'étalonnage (500 ppmv de méthane) dans la sonde d'échantillonnage de l'instrument et en ajustant l'affichage du compteur de l'instrument pour qu'il corresponde à la valeur du gaz d'étalonnage. Selon l'instrument, cet étalonnage peut être effectué par l'utilisateur ou le fabricant.

## Mesures sur le terrain

Dans le cadre d'un relevé au sol, les mesures sont recueillies en parcourant la surface du lieu d'enfouissement selon un schéma déterminé et en prélevant des échantillons d'air à proximité de la surface du lieu d'enfouissement. Des mesures aux points de pénétration de la couverture et dans les zones présentant des indicateurs visuels de possibles émissions de méthane (végétation stressée, fissures ou suintements dans la couverture) sont également effectuées dans le cadre de l'étude.

En règle générale, les détecteurs de méthane mesurent en continu les concentrations de méthane à la surface au fur et à mesure que les transects sont parcourus pendant le relevé. Sur les lieux où des concentrations supérieures à 200 ppmv sont mesurées, des mesures supplémentaires doivent être effectuées pour confirmer la concentration maximale de méthane dans un rayon de 5 mètres.

Le *Règlement sur le méthane provenant des lieux d'enfouissement* exige que les mesures faites à l'aide d'un instrument portable soient effectuées comme suit :

Les concentrations de méthane en surface doivent être mesurées à l'aide d'une sonde placée à moins de 5 cm au-dessus de la surface du lieu d'enfouissement (19(3)).

Les mesures sont effectuées aux emplacements suivants :

- en continu, à des intervalles d'au plus deux mètres, sur tout le périmètre des parties du lieu d'enfouissement où se trouvent des déchets solides municipaux (19(5)a)).
- en continu, à des intervalles d'au plus deux mètres, le long d'un tracé qui traverse le lieu d'enfouissement, à des intervalles d'au plus trente mètres et décalés de dix mètres lors de chaque activité de surveillance successive (19(5)b)).
- aux points de pénétration de la couverture du lieu d'enfouissement (19(5)c)). La surveillance de la pénétration de la couverture nécessite de surveiller l'emplacement où l'objet (puits de récupération des gaz d'enfouissement, colonne montante du système de collecte de lixiviats, trappe à condensat, voûte de vannes, etc.) rencontre la surface du lieu d'enfouissement. La surveillance des parties de l'objet situées au-dessus de la surface du sol est traitée dans le cadre de la détection des fuites d'équipement (section 5).
- où des éléments indiquent des concentrations élevées de gaz d'enfouissement, comme la végétation chétive et les fissures ou suintements dans la couverture du lieu d'enfouissement (19(5)c)).
- là où un emplacement préoccupant (concentration entre 200 et 499 ppmv) a été identifié lors de l'activité de surveillance précédente (19(5)d)).

Si une concentration supérieure à 200 ppmv est identifiée lors du parcours des transects :

- les concentrations de méthane en surface doivent être mesurées cinq mètres de l'emplacement où cette mesure a été prise afin de déterminer la concentration maximale de méthane en surface à l'intérieur de ce rayon (19(3)a)).
- à l'emplacement où la concentration maximale de méthane en surface a été prise, la sonde doit être maintenue en position stationnaire pendant le double du temps de réponse avant qu'une mesure ne soit prise. (19(3)b)).

Il n'est pas nécessaire de mesurer aux emplacements suivants :

- dans toute partie du lieu d'enfouissement où une couverture du lieu d'enfouissement ou un système de récupération active de gaz d'enfouissement est en cours de construction (19(6)a)).
- là où la prise de mesures présente un risque grave pour la santé ou la sécurité des personnes (19(6)b)).

La figure 4 illustre un espacement des transects de 30 mètres, décalé de 10 mètres dans chaque activité de SES successive. L'opérateur doit s'écarter du transect afin de recueillir des mesures au niveau des pénétrations de la couverture, des zones de végétation stressée, des fissures dans la couverture du lieu d'enfouissement ou de tout autre signe de concentrations élevées de gaz d'enfouissement.

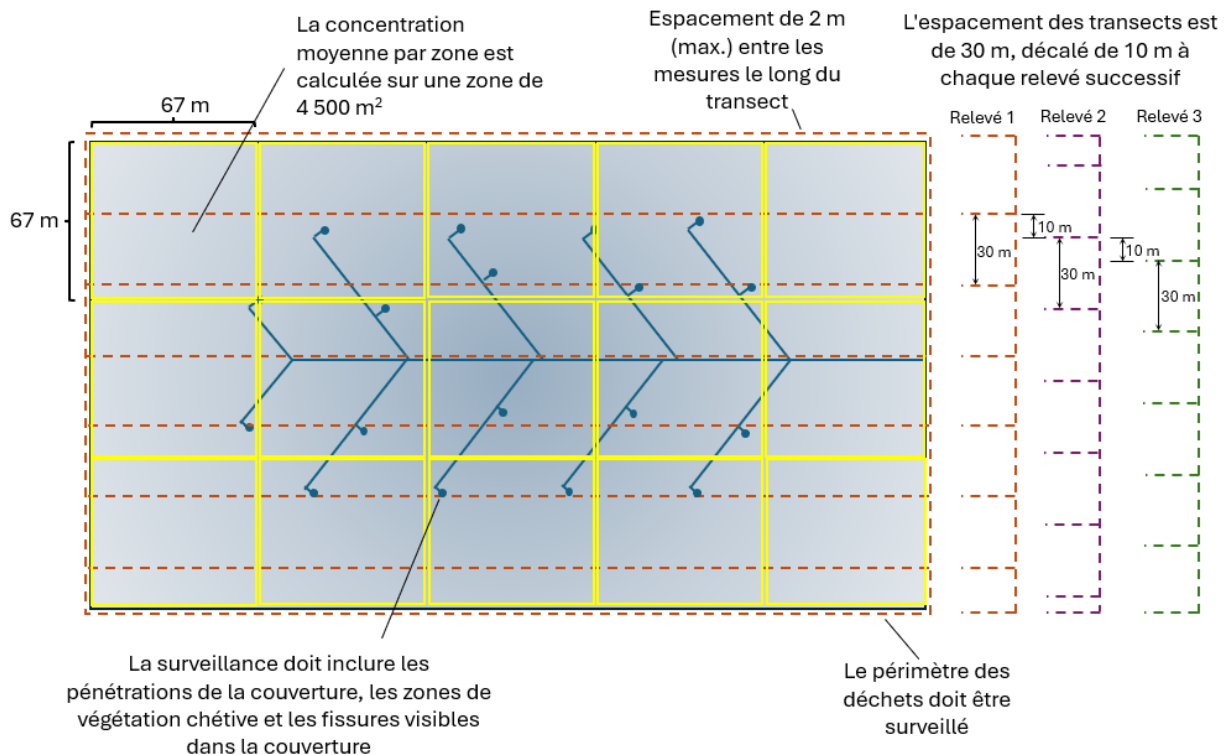


Figure 4 : Exemple de plan de suivi d'un relevé de SES au sol

## 6.4 Relevé par drone au moyen d'un tube d'échantillonnage (OTM-51 de l'EPA)

L'utilisation de drones est une autre méthode pour réaliser des relevés de SES. De nombreux aspects de cette approche sont similaires aux relevés de SES au sol, y compris la collecte de mesures le long de transects à la surface du lieu d'enfouissement. Les relevés par drone peuvent remplacer les mesures au sol de la surface des lieux d'enfouissement, mais les mesures des concentrations de méthane en surface doivent être effectuées uniquement à l'aide de la méthode au sol au niveau des points de pénétration de la couverture du lieu d'enfouissement et là où des concentrations élevées de gaz d'enfouissement sont présentes.

Cette section décrit l'approche de l'US EPA appelée « Other Test Method (OTM) 51 » (US EPA, 2022), qui comprend un drone équipé d'un détecteur de méthane et d'un tube d'échantillonnage qui recueille l'air à la surface du lieu d'enfouissement. Cette méthode permet la collecte et la mesure de la concentration de méthane dans l'air à la surface du lieu d'enfouissement, les concentrations de méthane étant mesurées en ppmv. Un relevé initial de la surface du lieu d'enfouissement est réalisé à l'aide d'un détecteur monté sur un drone. Aux endroits où des concentrations élevées de méthane en surface (« relevés de compteur élevés ») sont détectées, la SES au sol est ensuite effectuée pour vérifier les concentrations en surface (à l'aide des instruments et de la méthode de mesure décrits à la section 6.3).

En général, un drone peut être utilisé pour recueillir des mesures de dépistage à la surface d'un lieu d'enfouissement plus rapidement qu'un relevé au sol et permet de surveiller des zones du lieu d'enfouissement qui ne sont pas sécuritaires ou accessibles dans le cadre d'un relevé au sol (par exemple pentes très raides ou éléments de drainage des eaux pluviales).

Un exemple de la disposition de plateforme de drone pour la réalisation de relevés de SES par drone est présenté à la figure 5.

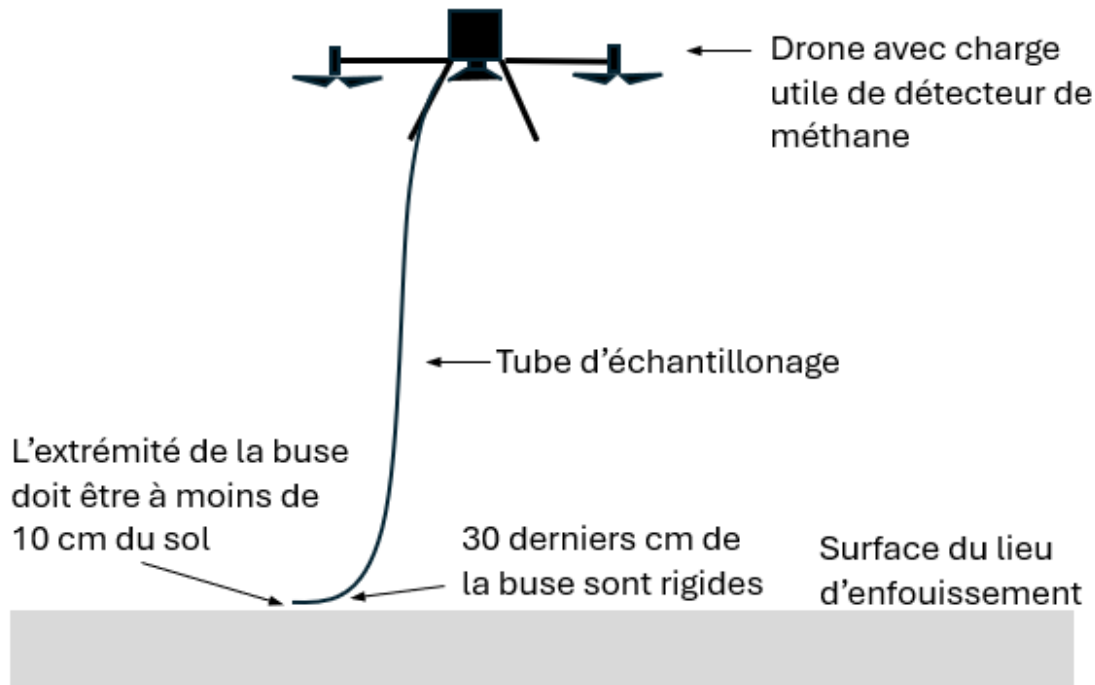


Figure 5 : Composants du système de SES par drone

## Instrumentation

### Détecteurs de méthane

Les systèmes d'échantillonnage fondés sur l'OTM 51 de l'US EPA intègrent généralement des capteurs DIF, IRND ou TDLAS.

Le *Règlement sur le méthane provenant des lieux d'enfouissement* autorise l'utilisation d'un instrument monté sur un drone pour mesurer les concentrations de méthane en surface, sur la base de l'OTM 51 de l'US EPA (19(1)b)).

Un détecteur de méthane conforme aux normes suivantes est requis :

- L'instrument doit pouvoir mesurer le méthane dans une plage allant de zéro à au moins 500 ppmv de méthane avec une résolution de 5 ppmv.
- L'instrument doit être équipé d'une pompe qui fournit au détecteur un débit d'échantillonnage constant. Le débit nominal de l'échantillonnage, mesuré à l'extrémité de la sonde d'échantillonnage, doit être d'au moins 0,5 l/min lorsque la sonde est équipée de l'ensemble complet d'impédance composé de tubes, de filtres et d'une buse.

L'instrument de détection du méthane doit être connecté à un système d'échantillonnage au sol (tube d'échantillonnage) conforme aux spécifications suivantes :

- Le système d'échantillonnage au sol est équipé d'une seule buse dont le diamètre intérieur est tel que la vitesse de l'air dans la buse est d'au moins 0,3 m/s.
- Le système d'échantillonnage au sol est conçu pour maximiser le temps pendant lequel l'extrémité distale de la buse se trouve à moins de 10 cm du sol pendant le vol. La buse doit être suffisamment lestée et les 30 derniers centimètres de l'extrémité distale de la buse doivent être rigides.
- Le système d'échantillonnage au sol comprend un tuyau d'une longueur suffisante pour traîner la buse sur le sol de manière que celle-ci soit en communication fluide avec la charge utile de détection du méthane.

### **Plateforme de drone**

La plateforme de drone retenue doit permettre de réaliser le relevé de SES en toute sécurité. Les drones à rotors multiples sont le plus couramment utilisés pour les relevés de SES en raison de leur maniabilité et de leur capacité à voler à très basse vitesse et à faire du vol stationnaire au-dessus d'un emplacement fixe pour recueillir des mesures supplémentaires.

Le *Règlement sur le méthane provenant des lieux d'enfouissement* exige que tout drone utilisé pour recueillir les concentrations de méthane en surface soit conforme aux spécifications suivantes, fondées sur l'OTM 51 de l'US EPA (19(1)b)(ii) :

- Le drone transporte le détecteur de méthane et le système d'échantillonnage au sol et utilise un système automatisé de mesure et de contrôle en temps réel pour voler à une hauteur constante au-dessus du sol ( $\pm 1$  mètre).
- Le drone doit être équipé d'un système d'acquisition de données permettant d'enregistrer sa position horodatée (coordonnées GPS avec une précision d'au moins  $\pm 2$  mètres) et la concentration de méthane. Les données sont enregistrées à une fréquence au moins égale au temps de réponse de l'instrument seul.
- Le drone doit être équipé d'une caméra à cardan qui peut être visualisée et contrôlée à distance par un opérateur en temps quasi réel. La caméra et l'écran doivent avoir une résolution suffisamment élevée pour permettre à l'opérateur de discerner les pénétrations de la couverture et les indicateurs de concentrations élevées de gaz d'enfouissement, y compris la végétation chétive, les fissures ou les suintements dans la couverture, à partir de la hauteur de vol définie au-dessus du niveau du sol. Les photos prises doivent être géoréférencées au moyen de métadonnées ou un système similaire avec une précision GPS d'au moins  $\pm 2$  mètres.
- Le drone est en communication avec un écran de l'opérateur qui affiche la concentration de méthane, mesurée par le détecteur de méthane.
- Si des plans de vol automatisés sont utilisés pour contrôler la trajectoire du drone, celui-ci doit pouvoir être contrôlé par l'opérateur à distance afin de s'écarter desdits plans de vol pour inspecter des pénétrations dans la couverture et des zones où des observations visuelles indiquent des concentrations potentiellement élevées de gaz d'enfouissement, telles qu'une végétation chétive, des fissures ou des suintements dans la couverture.
- Le drone doit être équipé d'une méthode de contrôle de la vitesse d'avancement, de sorte que le temps de réponse de l'instrument seul multiplié par la vitesse d'avancement ne dépasse pas 4 m.

### **Correction de l'emplacement de la mesure**

Lorsque le tube d'échantillonnage est traîné à la surface du lieu d'enfouissement, il existe un décalage temporel et spatial entre le prélèvement de l'échantillon à la surface du sol et son arrivée à l'analyseur.

Une série d'essais doit être réalisée avant la mise en service du détecteur de méthane et du drone afin de calculer un facteur de correction appliqué aux coordonnées GPS du drone pour localiser avec précision les mesures de méthane en surface.

Le *Règlement sur le méthane provenant des lieux d'enfouissement* exige que certains essais soient effectués avant l'utilisation initiale du détecteur de méthane et du drone, conformément à l'OTM 51 de l'US EPA (19(1)b)).

Plusieurs essais sont nécessaires avant la mise en service du système d'échantillonnage qui génère des informations utilisées dans la détermination de la localisation géographique des mesures :

- Temps de réponse de l'instrument seul. Mesurer le temps de réponse T90 de l'instrument seul (temps nécessaire pour atteindre 90 % de la concentration d'étalonnage) pour un minimum de cinq longueurs de tube uniques inférieures à 10 m. Reporter les résultats sur un graphique montrant la longueur du tube (axe x) et le temps de réponse T90 (axe y) et procéder à une régression linéaire des résultats. Si la valeur  $r^2$  de la régression linéaire est supérieure à 0,95, l'ordonnée à l'origine peut être enregistrée comme le temps de réponse de l'instrument seul.
- Distance de décalage de la buse. La distance de décalage de la buse est la distance horizontale entre le drone et l'extrémité distale de la buse lorsque le drone vole à un niveau fixe au-dessus du sol et que la longueur du tube de la buse est connue. Consigner le temps écoulé entre le passage du drone à un point connu de l'espace et le passage de la buse au même point de l'espace à une vitesse, à une longueur de tuyau et à une hauteur au-dessus du sol connues et constantes. La distance de décalage horizontal est le décalage temporel mesuré entre le drone et la buse, multiplié par la vitesse constante connue. Si la longueur du tube ou la hauteur prévue au-dessus du sol pour le système d'échantillonnage au sol change, répéter les mesures pour déterminer la distance de décalage de la buse.
- Temps de réponse. La pompe de l'instrument et le système d'échantillonnage au sol avec tous les filtres, les tubes et les longueurs de buse qui seront utilisés pendant les essais doivent tous être en place pendant la détermination du temps de réponse. Introduire du gaz zéro (moins de 10 ppmv de méthane) dans la buse du système d'échantillonnage au sol. Lorsque le relevé du compteur s'est stabilisé, passer rapidement au gaz d'étalonnage (500 ppmv de méthane avec une précision de 2 %). Après le passage d'un gaz à l'autre, mesurer le temps nécessaire pour atteindre 450 ppmv (90 % de la valeur finale stable de 500 ppmv). Effectuer cette séquence d'essais trois fois et consigner les résultats. Calculer le temps de réponse moyen. Le temps de réponse doit être inférieur ou égal à 30 secondes. Si une modification du système de pompage de l'échantillon ou de la configuration du débit est apportée et qu'elle entraîne la modification du temps de réponse, un nouvel essai doit être effectué avant toute utilisation ultérieure.
- Décalage temporel entre le drone et l'emplacement de la mesure du méthane. Déterminer le décalage temporel entre la mesure GPS du drone et la réception de la mesure quantifiée du méthane pour chaque combinaison de hauteur au-dessus du sol et de configuration de la charge utile de détection du méthane en ajoutant 1) le temps de réponse pour la configuration spécifique du débit et 2) la distance de décalage de la buse divisée par la vitesse. Consigner ce décalage temporel dans le système d'acquisition de données et décaler de cette valeur l'emplacement déclaré de toutes les mesures de méthane le long du trajet réellement parcouru (c'est-à-dire que si le décalage est de « X » secondes, l'emplacement de la mesure sera indiqué comme étant l'emplacement du drone « X » secondes dans le passé).

## Essais d'étalonnage

L'instrument de détection du méthane est soumis à un étalonnage et à d'autres contrôles avant chaque utilisation.

Le *Règlement sur le méthane provenant des lieux d'enfouissement* exige que certains étalonnages et autres vérifications soient effectués avant chaque utilisation, conformément à l'OTM 51 de l'US EPA (19(1)b)).

Plusieurs étalonnages et essais des instruments doivent être effectués avant chaque utilisation quotidienne de l'instrument :

- Essai de débit. Mesurer le débit à l'extrémité distale de la buse de collecte à l'aide d'un débitmètre d'une précision d'au moins 0,1 l/min, conformément aux spécifications du fabricant du débitmètre. Consigner le débit, qui doit être supérieur à 0,5 l/min. Si une modification du système de pompage de l'échantillon ou de la configuration du débit est apportée et qu'elle modifie le débit au cours d'une étude, un nouvel essai doit être effectué avant toute utilisation ultérieure.
- Essai de précision de l'étalonnage. Effectuer un total de trois mesures en introduisant à tour de rôle le gaz zéro (moins de 10 ppmv de méthane) et le gaz d'étalonnage (500 ppmv de méthane avec une précision de 2 %), la mesure étant recueillie au moyen du système d'échantillonnage au sol avec tous les filtres, le tube à sa pleine longueur et la buse installés. L'introduction du gaz doit se faire de manière à ne pas modifier le débit du système ou à ne pas pressuriser la cellule de mesure. Consigner les relevés du compteur. Calculer la différence algébrique moyenne entre les relevés du compteur et la valeur connue. Diviser cette différence moyenne par la valeur d'étalonnage connue et multiplier par 100 pour exprimer la précision de l'étalonnage résultante en pourcentage. La précision de l'étalonnage doit être égale ou inférieure à 10 %.
- Essai de temps de réponse décrit ci-dessus.

L'instrument doit également être étalonné régulièrement par l'introduction de gaz d'étalonnage à l'entrée du système d'échantillonnage au sol, y compris tous les filtres, les tuyaux et la buse. Conformément aux directives du fabricant, il faut s'assurer que la lecture de l'instrument correspond à la valeur du gaz d'étalonnage à 10,0 % près. Si l'affichage du compteur ne peut être étalonné à la bonne valeur ou si une défaillance de la charge utile de détection du méthane est indiquée, des mesures correctives doivent être prises avant l'utilisation.

## Mesures sur le terrain

Le relevé par drone suit les mêmes transects que ceux utilisés dans le relevé au sol (voir figure 4). Le tube d'échantillonnage est traîné sur ou près de la surface du sol et recueille des échantillons d'air, qui sont ensuite acheminés vers l'analyseur de méthane monté sur le drone. Le *Règlement sur le méthane provenant des lieux d'enfouissement* exige que les mesures faites à l'aide d'un détecteur monté sur un drone soient effectuées comme suit.

Les mesures sont effectuées aux emplacements suivants :

- en continu, à des intervalles d'au plus deux mètres, sur tout le périmètre des parties du lieu d'enfouissement où se trouvent des déchets solides municipaux (19(5)a))

- en continu, à des intervalles d'au plus deux mètres, le long d'un tracé qui traverse le lieu d'enfouissement, à des intervalles d'au plus trente mètres et décalés de dix mètres lors de chaque activité de surveillance successive (19(5)b))
- là où un emplacement préoccupant (concentration entre 200 et 499 ppmv) a été identifié lors de l'activité de surveillance précédente (19(5)d))

Pendant le vol, à l'aide de la caméra à cardan du drone, des photos géoréférencées sont prises des éléments qui indiquent des concentrations élevées de gaz d'enfouissement, comme la végétation chétive et les fissures ou suintements dans la couverture du lieu d'enfouissement (19(4)b)).

Les exigences spécifiques à la hauteur et à la vitesse de vol du drone comprennent :

- le drone vole à une hauteur constante au-dessus du sol et à une vitesse telle que le temps de réponse de l'instrument seul multiplié par la vitesse de vol vers l'avant ne dépasse pas 4 mètres (19(4)a)).
- le temps pendant lequel l'extrémité de la buse d'échantillonnage se trouve à moins de 10 cm du sol doit être maximisé (19(1)b)).

### **Suivi du relevé par drone - Mesures au sol**

Les mesures effectuées au niveau des pénétrations de la couverture et dans les zones présentant des indicateurs visuels d'émissions potentielles de méthane (végétation chétive, fissures ou suintements dans la couverture du lieu d'enfouissement) ne sont pas collectées à l'aide du drone ; elles sont plutôt effectuées à l'aide d'un instrument portatif, comme décrit à la section 6.3.

De plus, les endroits où des concentrations supérieures à 200 ppmv sont mesurées lors du relevé par drone doivent être vérifiés dans un rayon de 15 m à l'aide d'un instrument portatif, comme décrit à la section 6.3.

Le *Règlement sur le méthane provenant des lieux d'enfouissement* exige que les mesures de suivi soient effectuées à l'aide d'un appareil portatif (conformément aux critères et à la méthode décrits à la section 6.3) là où une mesure supérieure à 200 ppmv a été prise à l'aide de l'instrument monté sur un drone. Aucun suivi au sol n'est nécessaire dans les endroits où les mesures prises par le drone sont inférieures à 200 ppmv (19(4)c)).

Les mesures avec l'appareil portatif doivent être prises dans les quarante-huit heures suivant la mesure par drone, dans un rayon de 15 mètres autour de l'emplacement de cette mesure, selon un motif en spirale ou en serpent, à des intervalles de 3 mètres (19(4)c)).

Le *Règlement sur le méthane provenant des lieux d'enfouissement* exige également que des mesures soient effectuées à l'aide d'un appareil portatif aux endroits suivants (20(5)c)) :

- aux points de pénétration de la couverture du lieu d'enfouissement
- où des éléments indiquent des concentrations élevées de gaz d'enfouissement, comme la végétation chétive et les fissures ou suintements dans la couverture du lieu d'enfouissement

Pour l'une des mesures ci-dessus, si l'appareil portatif indique une mesure supérieure à 200 ppmv :

- les concentrations de méthane en surface doivent être mesurées 5 mètres de l'emplacement où cette mesure a été prise afin de déterminer la concentration maximale de méthane en surface à l'intérieur de ce rayon (19(3)a)).

- à l'emplacement où la concentration maximale de méthane en surface a été prise, la sonde doit être maintenue en position stationnaire pendant le double du temps de réponse avant qu'une mesure ne soit prise (19(3)b)).

La figure 6 illustre la zone autour d'une mesure de 200 ppmv ou plus effectuée à l'aide d'un drone, qui nécessite une mesure de suivi à l'aide d'un instrument portable.

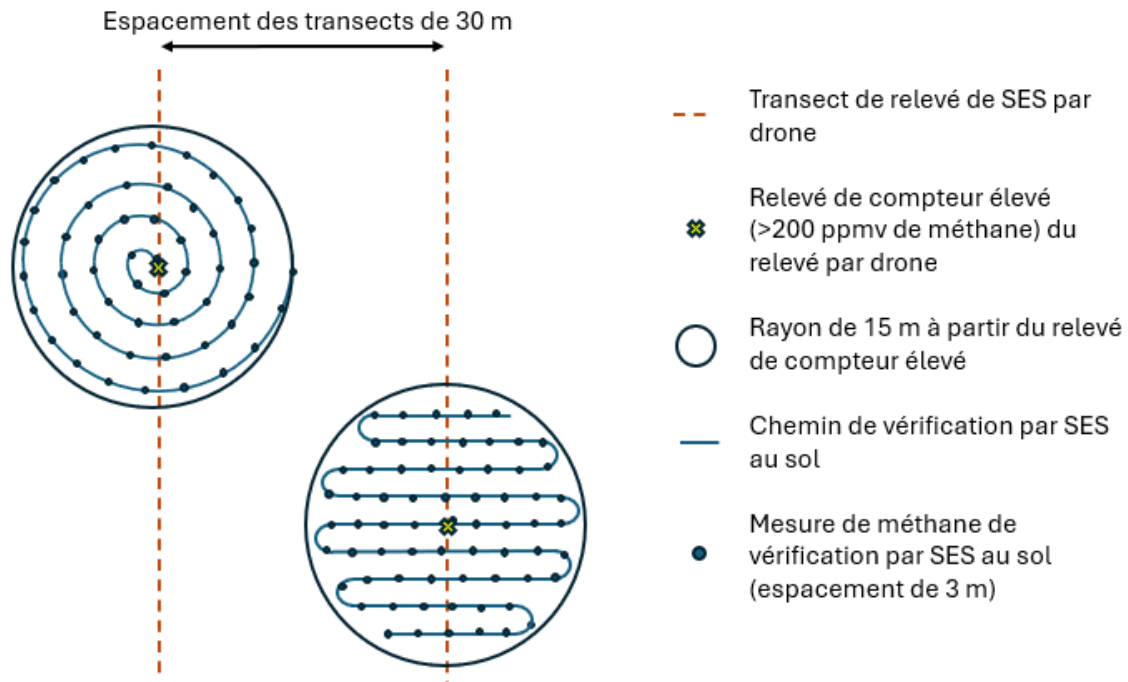


Figure 6 : Vérification au sol de relevés de compteur élevés à la suite du relevé par drone

## 6.5 Calcul de la concentration moyenne de méthane en surface par zone

Certaines réglementations exigent le calcul d'une concentration moyenne de méthane en surface par zone à partir des mesures individuelles recueillies dans une zone donnée (généralement d'une superficie de 4 500 m<sup>2</sup>). Compte tenu de la forme et de la taille irrégulières d'un lieu d'enfouissement, la taille des zones individuelles peut être légèrement supérieure ou inférieure à la surface recommandée (ou requise).

Le *Règlement sur le méthane provenant des lieux d'enfouissement* exige le calcul d'une concentration moyenne de méthane en surface par zone pour des zones mesurant 4 500 m<sup>2</sup>.

- Lorsque les concentrations de méthane en surface sont mesurées à l'aide d'un détecteur de méthane portable, la concentration moyenne par zone doit être basée sur les mesures recueillies le long des transects à l'intérieur du lieu d'enfouissement (conformément à l'alinéa 19(5)b)). La moyenne par zone ne doit pas inclure les mesures recueillies le long du périmètre du lieu d'enfouissement, au niveau des pénétrations de la couverture, dans les zones présentant des indications visibles d'émissions potentielles ou les mesures supplémentaires recueillies en réponse à un relevé de compteur élevé (20(1)). Compte tenu de l'intervalle maximal entre les

mesures de méthane le long des transects (2 m), le calcul de la concentration moyenne par zone devrait inclure au moins 70 à 80 points de données.

- Lorsque les concentrations de méthane en surface sont mesurées à l'aide d'un détecteur de méthane monté sur un drone, la concentration moyenne par zone doit être calculée à partir de toutes les mesures recueillies à l'aide du drone (20(2)). Les mesures de suivi effectuées à l'aide d'un instrument portatif ne doivent pas être incluses dans la concentration moyenne par zone.

## 6.6 Documentation des résultats du relevé de SES

Les résultats d'un relevé de SES identifient généralement les endroits où des concentrations élevées de méthane en surface ont été mesurées, sous la forme d'une carte ou d'un tableau répertoriant les identifiants géographiques (coordonnées GPS) et les concentrations mesurées.

Le *Règlement sur le méthane provenant des lieux d'enfouissement* exige que les registres suivants soient tenus pour chaque activité de surveillance de la concentration de méthane en surface (21) :

- la date de l'activité de surveillance ainsi que le nom de la personne physique qui l'a effectuée
- les cartes qui indiquent :
  - chaque zone et son identifiant
  - les emplacements de mesure du méthane en surface (l'itinéraire parcouru pendant le relevé, les emplacements des pénétrations de couverture, les emplacements préoccupants identifiés lors de la précédente activité de surveillance et les zones présentant des indications visuelles d'émissions élevées de méthane)
  - les parties du lieu d'enfouissement qui se trouvent sous couverture finale et celles dans lesquelles aucune activité d'élimination de déchets n'a eu lieu dans les douze mois précédents.
- les dimensions (aire superficielle en m<sup>2</sup>) de chaque zone
- pour toute partie du lieu d'enfouissement exclue de la surveillance, la raison de l'exclusion et l'identifiant de zone ou une description de la partie
- le type d'instruments de surveillance utilisés, notamment leur marque et modèle, ainsi que les résultats de chaque étalonnage
- les conditions météorologiques, y compris le taux horaire de variation de la pression barométrique pendant l'activité de surveillance et les 24 heures précédant celle-ci, et la vitesse moyenne du vent mesurée toutes les 15 minutes pendant la durée de l'activité de surveillance à l'aide d'un anémomètre équipé d'un enregistreur de données en continu
- les concentrations de méthane horodatées, les coordonnées géographiques (latitude et longitude) de leur emplacement, exprimées en degrés décimaux au cent millième près, et les concentrations moyennes de méthane en surface par zone
- l'emplacement (coordonnées de latitude et de longitude, identifiant de zone ou identifiant de puits) de tout dépassement (concentration de méthane de 500 ppmv ou plus) ou « emplacement préoccupant » (concentration de méthane comprise entre 200 et 499 ppmv) identifié et la concentration de méthane à cet emplacement

Les informations supplémentaires pouvant être enregistrées pour faciliter les activités d'atténuation de suivi ou les relevés futurs comprennent :

- Photographies des emplacements où des concentrations élevées de méthane ont été mesurées

## 6.7 Relevé par drone avec laser à colonne

Une autre approche des relevés de SES par drone consiste à utiliser un détecteur laser de méthane monté sur un drone (généralement la technologie TDLAS) qui mesure la concentration de méthane intégrée le long du trajet dans la colonne d'air entre le capteur monté sur le drone et la surface du sol, les concentrations de méthane étant mesurées en unités de ppm·m. La concentration intégrée sur le trajet représente les concentrations de méthane tout au long du trajet du faisceau laser, y compris tout panache de méthane potentiel près de la surface du sol ainsi que l'air au-dessus du panache avec les niveaux de méthane ambiants.

La méthode du laser à colonne a été utilisée par certains praticiens aux États-Unis pour collecter des mesures de niveau de dépistage au-dessus de la surface du lieu d'enfouissement, avec un suivi ultérieur à l'aide d'un relevé de SES au sol. Des travaux sont en cours pour mettre au point une méthode standard d'utilisation du laser à colonne afin d'identifier les concentrations élevées de méthane en surface et de quantifier les taux d'émission associés. La méthode standard comprendrait des exigences similaires à celles des méthodes établies pour le SES au sol et l'OTM-51, notamment les spécifications des instruments, l'étalonnage et la manière de collecter et d'interpréter les mesures.

Pour pouvoir être utilisée comme méthode de SES alternative dans le cadre du *Règlement sur le méthane provenant des lieux d'enfouissement*, il sera nécessaire de décrire comment les concentrations intégrées élevées de méthane (ppm·m) ou les taux d'émission (kg/h) seraient vérifiés à la surface du sol afin de les comparer aux normes de performance basées sur la concentration (ppmv) établies dans le règlement.

## 7. La quantification des émissions de méthane

Cette section décrit les méthodes qui peuvent être utilisées pour quantifier les émissions totales de méthane des lieux d'enfouissement à l'échelle du site. Les approches utilisées pour estimer les émissions annuelles de méthane s'appuient sur des quantités modélisées et mesurées. Les mesures de quantification obtenues à partir des mesures effectuées sur site (souvent exprimées en kg CH<sub>4</sub>/heure) représentent le taux d'émission pendant la durée de la campagne de mesure, mais peuvent être utilisées pour produire des estimations annuelles.

Les estimations des émissions à l'échelle du site peuvent être utilisées pour :

- mieux comprendre l'ampleur des émissions et définir les possibilités de réduction des émissions de méthane des lieux d'enfouissement
- offrir des paramètres d'entrée plus précis pour l'équation du bilan massique du méthane des lieux d'enfouissement
- évaluer l'efficacité du système de récupération des gaz d'enfouissement
- soutenir la recherche en cours qui évalue les émissions de méthane de toutes les sources, y compris les lieux d'enfouissement

Ces méthodes supposent une collecte et une analyse de données plus complexes que celles requises pour les mesures de SES décrites dans la section précédente. C'est pourquoi elles sont généralement confiées à des entrepreneurs spécialisés ou à des chercheurs universitaires disposant de l'expertise et de l'équipement nécessaires. Certaines méthodes ont démontré leur capacité à quantifier les émissions de méthane des lieux d'enfouissement, tandis que d'autres ont été largement utilisées dans les sites pétroliers et gaziers et sont maintenant testées dans des lieux d'enfouissement. Ces approches continuent d'être affinées et validées et peuvent offrir aux exploitants de lieux d'enfouissement la possibilité de mesurer les taux d'émission de méthane qui, à certaines fins, peut constituer une amélioration par rapport à l'approche d'estimation modélisée décrite précédemment.

Les sections suivantes fournissent un aperçu des différentes approches de la quantification des émissions de méthane.

### 7.1 Estimation des émissions de méthane à l'aide d'équations de bilan massique

Cette section décrit les méthodes permettant d'estimer, à l'aide d'équations de bilan massique, la quantité de méthane émise par un lieu d'enfouissement. La quantité de méthane émise est la masse de méthane générée qui n'est pas récupérée par le système de récupération ou oxydée dans la couverture du lieu d'enfouissement et qui est donc rejetée dans l'atmosphère.

#### Facteur d'oxydation de méthane

Dans le cas des lieux d'enfouissement dont le système de couverture comprend de la terre ou d'autres matières organiques (par exemple, du compost), la population microbienne méthanotrophe présente dans la couverture du sol oxydera une partie du méthane qui migrera de la masse des déchets vers l'atmosphère à travers la couverture. Le taux d'oxydation du méthane dans les matériaux de couverture des lieux d'enfouissement est influencé par de multiples facteurs, dont les suivants :

- Le type de matériaux de couverture (couverture de sol, couverture biologique, etc.)

- L'épaisseur de la couverture
- Les précipitations, la température, la pression barométrique et le vent
- La concentration de méthane dans les gaz d'enfouissement
- Les populations de microorganismes

Le facteur d'oxydation du méthane standard de l'industrie pour les lieux d'enfouissement avec des matériaux de couverture argileux ou terreux est de 0,1 (c'est-à-dire que 10 % du méthane qui migre à travers le système de couverture sera oxydé). Le facteur d'oxydation des lieux d'enfouissement dotés d'un système de couverture par géomembrane synthétique (qui ne fournit pas d'habitat aux bactéries méthanotrophes) est de 0 (c'est-à-dire qu'il n'y a pas d'oxydation du méthane). Ces facteurs d'oxydation du méthane par défaut sont conformes aux Lignes directrices du GIEC (GIEC, 2019).

Un facteur d'oxydation propre au site est approprié pour les lieux d'enfouissement équipés de systèmes de couverture biologique pour l'oxydation. Le facteur d'oxydation doit être entre 0 et 1. Un facteur d'oxydation propre au site ne doit être utilisé que si des évaluations propres au site de l'oxydation du méthane dans la couverture du lieu d'enfouissement ont été réalisées.

### Émissions de méthane — sans système de récupération des gaz d'enfouissement

Pour les lieux d'enfouissement sans système de récupération des gaz en fonctionnement, les émissions de méthane à l'échelle du site peuvent être estimées en soustrayant la quantité de méthane oxydée dans les matériaux de couverture de la quantité modélisée de méthane générée dans le lieu d'enfouissement.

*Équation 12 : Bilan massique du méthane du lieu d'enfouissement — sans système de récupération des gaz d'enfouissement*

---

$CH_4 \text{ émis} = CH_4 \text{ généré} - (CH_4 \text{ généré} \times OX)$		
où		Unités
$CH_4 \text{ émis}$	= Masse totale de $CH_4$ émise dans l'atmosphère par le lieu d'enfouissement	tonnes $CH_4$
$CH_4 \text{ généré}$	= Masse totale de $CH_4$ générée dans le lieu d'enfouissement par la décomposition des déchets (voir section 2)	tonnes $CH_4$
$OX$	= Facteur d'oxydation du méthane	fraction

---

### Émissions de méthane — système de récupération des gaz d'enfouissement existant

Pour les lieux d'enfouissement dotés d'un système de récupération des gaz en fonctionnement, les résultats du modèle de génération de méthane sont combinés aux renseignements sur la récupération du méthane pour estimer les émissions. Comme cette approche est basée sur des valeurs modélisées ou estimées, il existe un certain degré d'incertitude quant à l'exactitude des résultats. Toutefois, ces estimations peuvent donner une indication de l'ordre de grandeur des émissions et peuvent servir de points de référence pour évaluer les progrès ou le succès de la réalisation des objectifs opérationnels ou réglementaires. Le calcul des émissions de méthane en utilisant des plages supérieures et inférieures de

paramètres (par exemple, l'oxydation du méthane) peut être utile pour définir les plages d'émissions potentielles.

Les émissions de méthane à l'échelle du site sont calculées en fonction de la génération de méthane modélisée, moins le méthane qui est récupéré et oxydé.

*Équation 13 : Émissions de méthane des lieux d'enfouissement basées sur des données modélisées de génération de méthane et des données mesurées de récupération du méthane*

---


$$CH_4 \text{ émis} = CH_4 \text{ généré} - CH_4 \text{ récupéré} - [(CH_4 \text{ généré} - CH_4 \text{ récupéré}) \times OX]$$

où

		Unités
$CH_4 \text{ émis}$	= Masse totale de CH <sub>4</sub> émise dans l'atmosphère par le lieu d'enfouissement	tonnes CH <sub>4</sub>
$CH_4 \text{ généré}$	= Masse totale de CH <sub>4</sub> générée dans le lieu d'enfouissement par la décomposition des déchets (voir section 2)	tonnes CH <sub>4</sub>
$CH_4 \text{ récupéré}$	= Masse totale de CH <sub>4</sub> récupérée par le système de récupération de gaz d'enfouissement (voir Équation 10)	tonnes CH <sub>4</sub>
$OX$	= Facteur d'oxydation du méthane	fraction

---

## 7.2 La mesure des émissions de méthane

### 7.2.1 Méthode de corrélation des traceurs

La méthode de corrélation des traceurs consiste à libérer de manière contrôlée un gaz traceur à partir de plusieurs endroits du lieu d'enfouissement choisis pour représenter les sources les plus importantes d'émission de méthane. La méthode de corrélation des traceurs suppose que le gaz traceur se disperse dans l'atmosphère de la même manière que le méthane émis par le lieu d'enfouissement. Les concentrations de gaz traceur et de méthane sont mesurées le long de transects sous le vent du lieu d'enfouissement à l'aide d'un capteur monté sur un véhicule. En supposant que le transect se trouve à une distance suffisante sous le vent pour favoriser un mélange et une dispersion adéquats, le taux d'émission de méthane peut être calculé en fonction du rapport entre la concentration intégrée du méthane émis et la concentration intégrée du gaz traceur libéré.

### 7.2.2 Imagerie active aéroportée (avion/drone)

Les méthodes d'imagerie active aéroportée utilisent un laser qui émet un faisceau de lumière, lequel se réfléchit sur le sol et revient vers un récepteur. Sur son trajet, une partie de la lumière est absorbée par le méthane présent dans la colonne d'air. Les variations de la lumière réfléchie sont utilisées pour déterminer une concentration intégrée de méthane (en ppm·m) le long du trajet. L'équipement de mesure du méthane peut être monté sur un aéronef à voilure fixe ou tournante ou sur un drone.

Les résultats de la concentration de méthane peuvent être utilisés pour détecter les sources d'émission (comme indiqué à la section 6.7 pour les capteurs TDLAS montés sur drone). En outre, les données relatives à la concentration de méthane et au vent peuvent être traitées pour générer des estimations du

taux d'émission de méthane pour chaque source d'émission. Les taux des différentes sources peuvent être additionnés pour obtenir une estimation du taux d'émission total du lieu.

Une autre approche pour quantifier les taux d'émission des lieux consiste à recueillir des mesures de concentration de méthane sur des plans verticaux (plans de flux) orientés perpendiculairement à la direction du vent. Les plans de flux sont généralement réalisés à la fois en amont (pour déterminer la concentration de méthane dans l'atmosphère) et en aval du lieu d'enfouissement (à travers le panache de méthane). Les mesures peuvent être effectuées avec le faisceau laser orienté horizontalement (entre deux drones positionnés à la même hauteur à chaque extrémité du plan de flux) ou verticalement (à partir d'un avion avec le faisceau pointé vers le sol). Combinées avec les données relatives à la vitesse et de direction du vent, les mesures de concentration de méthane peuvent être utilisées pour calculer un taux d'émission à l'échelle du lieu en utilisant une approche par bilan massique.

### **7.2.3 Détection aéroportée (avion/drone) dans le panache**

L'approche du plan de flux décrite dans la section précédente peut également être appliquée en utilisant des capteurs qui mesurent la concentration de méthane (en ppmv) à l'emplacement du capteur (par opposition à une concentration intégrée sur le trajet). Le capteur est monté sur un petit avion ou un drone, et les mesures du plan de flux sont recueillies en effectuant de multiples transects horizontaux à des niveaux d'altitude croissants. L'avion peut également suivre des trajectoires de vol circulaires à des niveaux d'altitude croissants pour recueillir des mesures autour de l'ensemble du lieu d'enfouissement.

Combinées avec les données relatives à la vitesse et de direction du vent, les mesures de concentration de méthane peuvent être utilisées pour calculer un taux d'émission à l'échelle du lieu en utilisant une approche par bilan massique.

### **7.2.4 Imagerie passive par satellite ou avion**

Les émissions importantes de méthane des lieux d'enfouissement peuvent être détectées et quantifiées grâce à une approche d'imagerie passive, en utilisant des spectromètres imageurs montés sur des avions et des satellites. Cette technique de télédétection détecte l'absorption par le méthane du rayonnement solaire réfléchi par la surface de la Terre et renvoie une concentration intégrée de méthane (ppm·m) le long de la colonne mesurée. Lorsque ces concentrations sont combinées aux données de vent, un taux d'émission estimé peut être calculé pour un panache de méthane bien défini. Les données de spectroscopie par imagerie par aéronef et par satellite sont offertes par des fournisseurs de services commerciaux. En raison de la distance entre le satellite et la surface du lieu d'enfouissement, les mesures par satellite ont une limite de détection plus élevée et une résolution spatiale plus basse que les autres méthodes.

### **7.2.5 Relevés mobiles au sol**

Les relevés mobiles au sol sont réalisés à l'aide d'un capteur monté sur un véhicule pour mesurer les concentrations de méthane le long de transects dans le panache sous le vent d'un lieu d'enfouissement. En général, les mesures sont effectuées le long des routes publiques adjacentes au site, suffisamment loin sous le vent pour garantir que le panache de méthane a subi un mélange atmosphérique suffisant.

Lorsque les mesures de concentration sous le vent sont combinées avec les données de vitesse et de direction du vent, un taux d'émission à l'échelle du site peut être calculé à l'aide d'une modélisation inverse atmosphérique (par exemple, un modèle de panache gaussien ou un modèle lagrangien).

### 7.2.6 Systèmes fixes de surveillance continue

La surveillance continue des émissions de méthane peut être effectuée à l'aide d'un ou de plusieurs instruments fixes installés sur le lieu d'enfouissement, soit à des endroits centraux, soit le long du périmètre de l'installation. Ces systèmes utilisent des capteurs à oxyde métallique, infrarouges ou TDLAS, ou des caméras optiques de visualisation des gaz et peuvent mesurer les concentrations de méthane dans le panache (en ppmv) ou les concentrations de méthane le long d'un trajet en visibilité directe (en ppm·m). Des algorithmes sont utilisés pour interpréter en continu les mesures des capteurs et évaluer les émissions du site à l'aide d'un modèle inverse de dispersion des sources. En fonction de la taille du lieu d'enfouissement, de nombreux capteurs peuvent être nécessaires pour couvrir l'ensemble du lieu.

La surveillance continue permet d'évaluer les tendances temporelles, y compris les variations des concentrations de méthane attribuables aux changements de pression atmosphérique, aux précipitations, à l'exploitation du lieu et aux problèmes liés au système de collecte des gaz d'enfouissement. Toutefois, ces capteurs n'ont pas encore été largement déployés dans les lieux d'enfouissement pour quantifier les émissions du lieu.

### 7.2.7 Études de chambres de flux

Les études de chambres de flux quantifient les émissions de méthane à l'aide de chambres scellées installées temporairement à divers endroits de la surface du lieu d'enfouissement. La concentration de méthane est mesurée en continu à l'intérieur de la chambre de flux à l'aide d'un détecteur de méthane portatif afin d'évaluer le taux d'accumulation à l'intérieur de la chambre. Le taux de flux de méthane à cet endroit est calculé selon le taux de variation dans les mesures de concentration. Le flux total de méthane à l'échelle du site d'un lieu d'enfouissement peut être calculé en combinant les résultats de toutes les chambres de flux qui ont été déployées sur le site, tout en tenant compte de l'emplacement, du type de couverture, de l'état de la surface pour chaque emplacement de chambre de flux et de la période de déploiement.

Comme cette méthode mesure le taux de flux à des points d'échantillonnage discrets, un lieu d'enfouissement typique peut nécessiter plusieurs centaines de mesures de chambre de flux pour permettre l'extrapolation d'un taux d'émission représentatif pour l'ensemble du site. De plus, comme les chambres de flux doivent être installées sur une surface plane et relativement uniforme, ces études peuvent être incapables de mesurer certaines sources d'émissions dans un lieu d'enfouissement, notamment les fuites des puits et des collecteurs de gaz d'enfouissement, l'infrastructure de collecte des lixiviats ou la face active du lieu d'enfouissement.

## 7.3 Conversion des émissions de méthane en équivalent de dioxyde de carbone

Le potentiel de réchauffement planétaire du méthane comme GES est généralement estimé à l'aide du facteur de potentiel de réchauffement de la planète (PRP), exprimé en quantité de dioxyde de carbone équivalente (éq. CO<sub>2</sub>). Le PRP a été mis au point pour exprimer la capacité d'un GES par rapport au dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) de piéger la chaleur sur une période spécifique. On estime que le méthane (biogénique) a un PRP de 28 pour l'échelle de temps de 100 ans (ECCC, 2025b). Pour calculer l'équivalent en CO<sub>2</sub> d'une quantité de méthane, la masse du gaz est multipliée par le PRP spécifique, comme le montre l'équation 14.

*Équation 14 : Conversion de la masse de méthane en équivalent dioxyde de carbone*

---

$$CH_4 CO_2-eq = CH_4 \times PRP_{100}$$

		Unités
où		
$CH_4 CO_2-eq$	= Masse de méthane en éq. CO <sub>2</sub>	tonnes CO <sub>2</sub> -eq
$CH_4$	= Masse de methane	tonnes CH <sub>4</sub>
$PRP_{100}$	= 28 (Potentiel de réchauffement de la planète du méthane biogénique sur une période de 100 ans)	sans unité

---

## Références

- Alberta Environment. 2008. *Technical guidance for the quantification of specified gas emissions from landfills. Version 1.2*. Disponible en ligne : <https://open.alberta.ca/publications/9780778576792> (en anglais seulement)
- [BC MOE] Ministère de l'Environnement de la Colombie-Britannique. 2009. *Landfill Gas Generation Assessment Procedure Guidelines*. Disponible en ligne : <https://www2.gov.bc.ca/assets/gov/environment/waste-management/garbage/lgassessment.pdf> (en anglais seulement)
- [BC MOE] Ministère de l'Environnement de la Colombie-Britannique. 2010. *Landfill Gas Management Facilities Design Guidelines*. Disponible en ligne : <https://www2.gov.bc.ca/assets/gov/environment/waste-management/garbage/designguidelinesfinal.pdf> (en anglais seulement)
- [ECCC] Environnement et Changement climatique Canada. 2025a. Normales et moyennes climatiques de 1991-2020. Disponible en ligne : [https://climat.meteo.gc.ca/climate\\_normals/index\\_f.html](https://climat.meteo.gc.ca/climate_normals/index_f.html)
- [ECCC] Environnement et Changement climatique Canada. 2025b. *Rapport d'inventaire national 1990-2023 : Sources et puits de gaz à effet de serre au Canada*. Disponible en ligne : <https://publications.gc.ca/site/fra/9.502402/publication.html>
- [GIEC] Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 2006. *Lignes directrices 2006 du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre. Volume 5, chapitre 3 : Élimination des déchets solides*. Disponible en ligne : [https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/french/pdf/5\\_Volume5/V5\\_3\\_Ch3\\_SWDS.pdf](https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/french/pdf/5_Volume5/V5_3_Ch3_SWDS.pdf).
- [GIEC] Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. 2019. *Révision 2019 de l'édition 2006 des Lignes directrices du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre*. Disponible en ligne : <https://www.ipcc.ch/report/2019-refinement-to-the-2006-ipcc-guidelines-for-national-greenhouse-gas-inventories/> (en anglais seulement)
- [iSWM] iSWM Consulting Ltd. 2021. Review of Landfill Methane First-Order Decay Model Rate Constants (k) and Oxidation Factors. (Revue des constantes de taux de dégradation [k] et des facteurs d'oxydation du modèle de dégradation de premier ordre du méthane des lieux d'enfouissement). Préparé pour Environnement et Changement climatique Canada (en anglais seulement). Disponible sur demande.
- [Jacobs] Jacobs Engineering Group. 2021. Étude visant à élaborer un guide technique sur les méthodologies pour l'estimation, mesurer et surveiller les émissions de méthane des lieux d'enfouissement. Préparé pour Environnement et Changement climatique Canada.
- Krause, M. 2022. When Does a Municipal Solid Waste Landfill become an Elevated Temperature Landfill (ETLF)? U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, EPA/600/R-21/285. Disponible en ligne : [https://cfpub.epa.gov/si/si\\_public\\_record\\_Report.cfm?dirEntryId=354569&Lab=CESER](https://cfpub.epa.gov/si/si_public_record_Report.cfm?dirEntryId=354569&Lab=CESER) (en anglais seulement)

Krause, M., S. Thorneloe. 2024. Landfill Gas Emissions Model (LandGEM) Version 3.1 User Manual and Tool. U.S. EPA Office of Research and Development, Washington, DC, EPA/600/B-24/160. Disponible en ligne : <https://www.epa.gov/land-research/landfill-gas-emissions-model-landgem> (en anglais seulement)

Québec. 2005. *Règlement sur l'enfouissement et l'incinération des matières résiduelles*. Disponible en ligne : <https://www.legisquebec.gouv.qc.ca/fr/document/rc/q-2, r. 19>

Transports Canada. 2025. *Règlement de l'aviation canadien*. Disponible en ligne : <https://tc.canada.ca/fr/services-generaux/lois-reglements/liste-reglements/reglement-aviation-canadien-dors-96-433>

University of East Anglia (Climatic Research Unit) et Met Office. 2025. CRU TS Version 4.09. Disponible en ligne : [https://crudata.uea.ac.uk/cru/data/hrg/cru\\_ts\\_4.09/](https://crudata.uea.ac.uk/cru/data/hrg/cru_ts_4.09/) (en anglais seulement)

[US EPA] United States Environmental Protection Agency. 1986. *Measurement of Gaseous Emission Rates From Land Surfaces Using an Emission Isolation Flux Chamber: User's Guide*. (en anglais seulement)

[US EPA] United States Environmental Protection Agency. 2017. *Method 21 —Determination of Volatile Organic Compound Leaks*, Appendice A-7 de la partie 60, titre 40, chapitre I, du *Code of Federal Regulations* des États-Unis. Disponible en ligne : <https://www.epa.gov/emc/method-21-volatile-organic-compound-leaks> (en anglais seulement)

[US EPA] United States Environmental Protection Agency. 2022. Other Test Method 51 (OTM-51) - UAS Application of Method 21 for Surface Emission Monitoring of Landfills. Disponible en ligne : <https://www.epa.gov/emc/emc-other-test-methods> (en anglais seulement)

## Annexe A1. Paramètres de l'outil de modélisation du méthane des lieux d'enfouissement d'ECCC - COD et COD<sub>f</sub>

Matériel	COD	Source COD	COD <sub>f</sub>	Source COD <sub>f</sub>
Jardin et gazon	0,2	Lignes directrices 2006 du GIEC (déchets de jardin et de parc)	0,7	Révision 2019 du GIEC (déchets hautement décomposables)
Aliments	0,15	Lignes directrices 2006 du GIEC	0,7	Révision 2019 du GIEC (déchets hautement décomposables)
Boues	0,05	Révision 2019 du GIEC (boues non traitées avec 10 % de solides, poids humide)	0,7	Révision de 2019 du, estimation d'ECCC (on suppose qu'il s'agit de déchets hautement décomposables)
Papier	0,4	Lignes directrices 2006 du GIEC	0,5	Révision 2019 du GIEC (déchets modérément décomposables)
Papier souillé	0,4	Lignes directrices 2006 du GIEC, supposé identique à celui du papier	0,5	Révision 2019 du GIEC (déchets modérément décomposables)
Produits sanitaires et couches	0,24	Lignes directrices 2006 du GIEC	0,5	Révision 2019 du GIEC (déchets modérément décomposables)
Textiles	0,24	Lignes directrices 2006 du GIEC (60 % supposés être des fibres naturelles)	0,5	Révision 2019 du GIEC (déchets modérément décomposables)
Résidus d'animaux domestiques	0,24	Estimation d'ECCC	0,5	Révision 2019 du GIEC, estimation d'ECCC (on suppose qu'il s'agit de déchets modérément décomposables)
Autres – résidentiels	0,10	Estimation d'ECCC	0,5	Lignes directrices 2006 du GIEC (déchets en vrac, déchets modérément décomposables)
Autres – ICI	0,05	Estimation d'ECCC	0,5	Lignes directrices 2006 du GIEC (déchets en vrac, déchets modérément décomposables)
Autres — inconnus	0,05	Estimation d'ECCC	0,5	Lignes directrices 2006 du GIEC (déchets en vrac, déchets modérément décomposables)
Bois	0,43	Lignes directrices 2006 du GIEC	0,1	Révision 2019 du GIEC (déchets moins décomposables)
Caoutchouc et cuir	0,39	Lignes directrices 2006 du GIEC	0,1	Estimation d'ECCC (on suppose qu'il s'agit de déchets moins décomposables)
Sol	0,03	Estimation d'ECCC (estimation de 3 % de carbone)	0,1	Révision 2019 du GIEC, on suppose qu'il s'agit de déchets moins décomposables

## Annexe A2. Paramètres de l'outil de modélisation du méthane des lieux d'enfouissement d'ECCC - constante du taux de dégradation (k) basée sur les précipitations annuelles moyennes

	Matériel	Constante du taux de dégradation (k) basée sur les précipitations annuelles moyennes (années <sup>-1</sup> )					Source
		<250 mm	250 à 500 mm	>500 à 1000 mm	>1000 à 2000 mm	>2000 mm	
Décompose rapidement	Aliments	0,03	0,05	0,09	0,185	0,185	Directives d'évaluation de la génération de gaz d'enfouissement de la C.-B., 2009; Lignes directrices 2006 du GIEC, Déchets alimentaires, boréal/tempéré (humide)
	Résidus d'animaux domestiques	0,03	0,05	0,09	0,185	0,185	Directives d'évaluation de la génération de gaz d'enfouissement de la C.-B., 2009 (déchets à décomposition rapide); Lignes directrices 2006 du GIEC, boréal/tempéré (humide)
	Boues	0,03	0,05	0,09	0,185	0,185	Directives d'évaluation de la génération de gaz d'enfouissement de la C.-B., 2009; Lignes directrices 2006 du GIEC, Boues d'épuration, boréal/tempéré (humide)
Décompose modérément	Jardin et gazon	0,03	0,05	0,09	0,11	0,12	Directives d'évaluation de la génération de gaz d'enfouissement de la C.-B., 2009
	Produits sanitaires et couches	0,03	0,05	0,09	0,11	0,12	Directives d'évaluation de la génération de gaz d'enfouissement de la C.-B., 2009 (supposés être modérément décomposables)
	Autres – résidentiels	0,03	0,05	0,09	0,11	0,12	Directives d'évaluation de la génération de gaz d'enfouissement de la C.-B., 2009 (supposés être modérément décomposables)
	Autres – ICI	0,03	0,05	0,09	0,11	0,12	Directives d'évaluation de la génération de gaz d'enfouissement de la C.-B., 2009 (supposés être modérément décomposables)
	Autres – inconnus	0,03	0,05	0,09	0,11	0,12	Directives d'évaluation de la génération de gaz d'enfouissement de la C.-B., 2009 (supposés être modérément décomposables)
	Papier souillé	0,03	0,05	0,09	0,11	0,12	Directives d'évaluation de la génération de gaz d'enfouissement de la C.-B., 2009 (supposés être modérément décomposables)
Décompose lentement	Papier	0,01	0,02	0,04	0,06	0,07	Directives d'évaluation de la génération de gaz d'enfouissement de la C.-B., 2009
	Textiles	0,01	0,02	0,04	0,06	0,07	Directives d'évaluation de la génération de gaz d'enfouissement de la C.-B., 2009
Décompose très lentement	Bois	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	Directives d'évaluation de la génération de gaz d'enfouissement de la C.-B., 2009 (supposés être très lentement décomposables)
	Caoutchouc et cuir	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	Directives d'évaluation de la génération de gaz d'enfouissement de la C.-B., 2009 (supposés être très lentement décomposables)
	Sol	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	Directives d'évaluation de la génération de gaz d'enfouissement de la C.-B., 2009

## Annexe A3. Paramètres de l’outil de modélisation du méthane des lieux d’enfouissement d’ECCC - constante du taux de dégradation (k) basée sur la zone climatique

	Matériel	Constante du taux de dégradation (k) basée sur la zone climatique (année <sup>-1</sup> )		
		Sec	Humide	Source
Décompose rapidement	Aliments	0,06	0,185	Lignes directrices 2006 du GIEC, Déchets alimentaires, boréal/tempéré (humide/sec)
	Résidus d’animaux domestiques	0,06	0,185	Lignes directrices 2006 du GIEC, boréal/tempéré (humide/sec), on suppose qu’il s’agit d’un déchet à dégradation rapide, comme les boues d’épuration
	Boues	0,06	0,185	Lignes directrices 2006 du GIEC, Boues d’épuration, boréal/tempéré (humide/sec)
Décompose modérément	Jardin et gazon	0,05	0,1	Lignes directrices 2006 du GIEC, Déchets à dégradation modérée (déchets de jardin et de parc), boréal/tempéré (humide/sec)
	Produits sanitaires et couches	0,05	0,1	Révision 2019 du GIEC, modèle de classeur Excel
	Autres – résidentiels	0,05	0,09	Révision 2019 du GIEC (boréal/tempéré) (supposé similaire aux déchets en vrac/déchets à dégradation modérée)
	Autres – ICI	0,05	0,09	Révision 2019 du GIEC (boréal/tempéré) (supposé similaire aux déchets en vrac/déchets à dégradation modérée)
	Autres — inconnus	0,05	0,09	Révision 2019 du GIEC (boréal/tempéré) (supposé similaire aux déchets en vrac/déchets à dégradation modérée)
	Papier souillé	0,05	0,1	Lignes directrices 2006 du GIEC, Déchets à dégradation modérée (autres, non alimentaires, substance organique putrescible), boréal/tempéré
Décompose lentement	Papier	0,04	0,06	Lignes directrices 2006 du GIEC, Papier/Textiles, boréal/tempéré (humide/sec)
	Textiles	0,04	0,06	Lignes directrices 2006 du GIEC, Papier/Textiles, boréal/tempéré (humide/sec)
Décompose très lentement	Bois	0,02	0,03	Lignes directrices 2006 du GIEC, Bois/Paille, boréal/tempéré (humide/sec)
	Caoutchouc et cuir	0,02	0,03	On suppose qu’il s’agit d’un déchet à dégradation très lente
	Sol	0,02	0,03	On suppose qu’il s’agit d’un déchet à dégradation très lente

## Annexe A4. Descriptions des catégories de déchets

Catégorie de déchets		Description
Déchets décomposables	Aliments	Aliments comestibles et non comestibles, y compris les restes, les aliments avariés, les pelures et les résidus de cuisine
	Papier	Produits à base de papier tels que les journaux, le papier de bureau, les magazines et le carton
	Papier souillé	Produits de papier contaminés par des aliments, de la graisse ou d'autres substances, comme les serviettes de table et les contenants souillés
	Bois	Bois traité ou non traité, y compris les retailles de bois et les palettes
	Jardin et gazon	Matières organiques provenant de l'entretien extérieur, notamment les rognures de gazon, les feuilles, les branches et les débris végétaux
	Produits sanitaires et couches	Produits d'hygiène jetables, y compris les couches, les serviettes hygiéniques, les tampons et les articles pour l'incontinence
	Résidus d'animaux domestiques	Excréments d'animaux et matières connexes, comme la litière pour chat et les sacs de collecte
	Caoutchouc et cuir	Matériaux mixtes à base de caoutchouc et de cuir (par exemple, ceintures, tapisserie d'ameublement, chaussures), à l'exclusion des matériaux en caoutchouc pur tels que les pneus
	Textiles	Vêtements et tissus composés de fibres naturelles ou synthétiques
	Autres - résidentiels, Autres - ICI	Comprend les articles divers ou non classables (déchets encombrants) (déchets spécifiques au secteur)
	Autres - inconnus	Comprend les articles divers ou non classables (déchets encombrants) (déchets en vrac)
Déchets inertes	Plastiques	Matières plastiques, y compris les contenants, les emballages et les produits à usage unique
	Métaux	Matières métalliques, y compris les canettes, les fils, les outils et les éléments de structure
	Verre	Matières de verre telles que les bouteilles, les pots, la vaisselle cassée et les vitres
	Déchets ménagers dangereux	Produits corrosifs, explosifs, toxiques ou inflammables, notamment les peintures, l'huile moteur, les bonbonnes de propane, les produits d'entretien ménager et les détergents, les produits pharmaceutiques, les tubes fluorescents et les ampoules à faible consommation d'énergie
	Débris de construction inertes	Matières issues des activités de construction et de rénovation, y compris les cloisons sèches, les briques, les tuiles, le béton, l'asphalte et l'isolation (à l'exclusion du bois)
	Déchets électroniques	Appareils électroniques, y compris les appareils électroménagers, les ordinateurs, les téléviseurs, les radios, les téléphones portables et les piles
	Cendres	Cendres provenant de feux de bois ou de charbon
	Caoutchouc	Matériaux en caoutchouc (par exemple, pneus)
	Autres – C et D	Comprend les articles divers ou non classables (déchets encombrants) (déchets spécifiques au secteur)