



ESSAIS D'EXTRACTION DES GAZ DU SOL

TECHNIQUE DE CARACTÉRISATION DES POLLUANTS GAZEUX

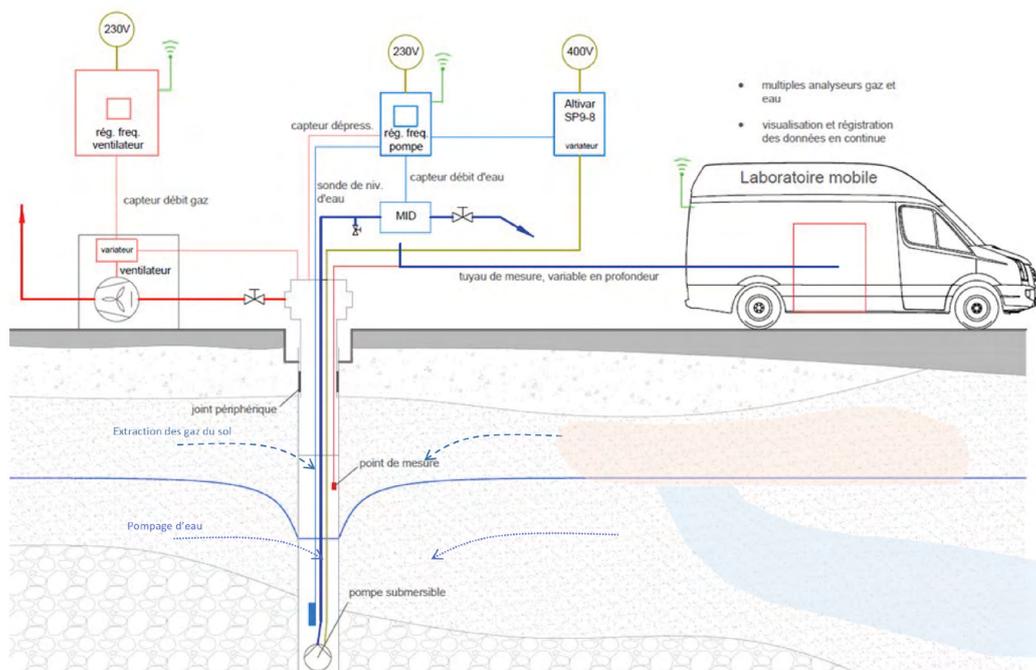
DESCRIPTION DU PRINCIPE DE LA TECHNIQUE

Les essais d'extraction des gaz du sol sont une technique physique dérivée des essais de faisabilité du venting et utilisée lors du diagnostic pour **caractériser des polluants gazeux au sein de la zone non saturée (ZNS)**. Ils renseignent sur la nature et la distribution volumétrique des polluants dans les différentes phases du sol (eau/air/matrice solide). Contrairement à des mesures itératives à la canne de prélèvement, peu de mesures sont réalisées sur un ou plusieurs puits. Les mesures sont dynamiques, en temps réel avec un laboratoire de mesure et permettent de s'affranchir des influences atmosphériques.

Les essais d'extraction des gaz du sol reposent sur la **mobilité des polluants** en phase gazeuse dans un milieu poreux perméable non saturé **sous l'effet d'un gradient de pression**. L'extraction forcée de l'air du sol induit le déplacement et la volatilisation des polluants gazeux depuis la zone source émettrice des gaz jusqu'au puits d'extraction si le rayon de capture du puits est suffisamment étendu.

Les courbes d'extraction obtenues au cours de l'essai présentant la concentration extraite des polluants au cours du temps permettent de le piloter et, à la fin de l'essai, renseignent sur la nature et la distribution volumétrique des zones sources et sur les masses de polluants. Outre la meilleure connaissance de la pollution par une technique qui permet la mesure de zones inaccessibles, les essais permettent d'évaluer les potentialités d'une dépollution par extraction forcée des gaz du sol (SVE « *Soil Vapor Extraction* » ou « *Venting* »).

Les essais d'extraction sont réalisés dans des piézaires ou puits et peuvent être déclinés en extraction coaxiale (extraction de l'air et pompage de l'eau dans un même ouvrage) et ainsi estimer l'impact du rabattement de la nappe sur l'efficacité de l'extraction des gaz du sol.



Essais d'extraction coaxiale double phase (eau souterraine et gaz du sol) avec suivi des eaux et gaz par un laboratoire mobile.

ESSAIS D'EXTRACTION DES GAZ DU SOL

CONTEXTE D'UTILISATION

Il est indispensable que la zone non saturée présente une **bonne perméabilité à l'air** (sables, graviers, ...). Cette technique est d'autant plus efficace et l'interprétation des résultats d'autant plus fiable que :

- la ZNS est épaisse (au moins 3 m d'épaisseur),
- la perméabilité à l'air est homogène,
- l'air du sol est déconnecté de l'air atmosphérique par une couverture peu perméable (limons, argiles, dalles et bâtiments).

Ces essais peuvent être réalisés dans des ouvrages spécifiquement conçus (puits d'extraction, piézajais) et/ou en première approche dans des ouvrages existants dont les crépines captent une partie de la zone non saturée. Ils s'utilisent pour compléter une mesure obtenue par des cannes gaz ou par direct push pour lesquels on a une mesure à un instant t et à un débit donné.

La technique permet d'explorer la qualité des gaz du sol dans un rayon de quelques mètres à quelques dizaines de mètres selon la perméabilité à l'air, les débits d'extraction appliqués et le temps de pompage.

POLLUANTS CONCERNÉS

Cette technique est applicable aux polluants organiques en phase volatile (hydrocarbures idéalement en C4 à C8, BTEX, COHV et autres COV). La technique a aussi fait ses preuves sur des pollutions par le mercure élémentaire (Hg^0).

MATÉRIEL NÉCESSAIRE

Le matériel déployé se compose d'une ligne d'extraction et de refoulement des gaz :

- une tête étanche coiffant le puits testé et disposant de piquages pour permettre le passage de sondes et capillaires,
- des conduites d'un diamètre adapté au débit d'extraction recherché,
- un ventilateur centrifuge,
- un dévésiculeur et une conduite de refoulement ouverte sur l'air atmosphérique ou raccordée à un filtre de charbon actif granulaire sur laquelle un piquage permet la collecte et la mesure de gaz sur site. L'unité de traitement des gaz doit être dimensionnée en fonction des débits de pompage pratiqués.

En tête de puits, les débits extraits sont mesurés au moyens d'anémomètres et les dépressions au moyens de manomètres.

Les appareils de mesure adaptés aux polluants recherchés (détecteurs PID, FID, multigaz, GC-MS, etc.) sont regroupés dans un laboratoire mobile pour une réponse sur site ou au laboratoire pour des analyses sur des prélèvements sur charbon actif.

MÉTHODOLOGIE

Phase préliminaire d'installation

Les puits à tester sont sélectionnés selon le secteur à investiguer et les ouvrages existants (à minima 3 ouvrages non alignés par zone source pour pouvoir trianguler les mesures). Les profondeurs de fond d'ouvrage et éventuellement des niveaux d'eau des puits sont mesurés et le matériel est préparé. Sur des ouvrages existants anciens, il est préférable de réaliser une inspection caméra préalable afin de s'assurer

À quelle étape ?

Les essais d'extraction des gaz du sol sont utilisables **lors du diagnostic**, ils permettent de **localiser et caractériser** la ou les zones sources en polluants volatils.

C'est le même principe qui est utilisé lors du plan de conception des travaux (PCT) ou du suivi de dépollution par venting ou par extraction coaxiale (combinaison de *pump & treat* et de *venting*) mais la mise en œuvre des essais diffère et leur interprétation n'apporte pas les mêmes informations. Cette utilisation est beaucoup plus répandue et ne répond pas aux mêmes objectifs : évaluation de la perméabilité effective ou estimation des rayons d'influence pour les essais de dimensionnement et appréhension du flux massique extractible et son évolution au cours du temps pour les essais de traitement. L'utilisation des essais d'extraction des gaz du sol dans cet objectif n'est pas détaillée dans cette fiche mais dispose de guides méthodologiques associés [3].

En absence de branchements électriques (220 V et 380 V triphasé), un groupe électrogène est à prévoir.



Ligne d'extraction en place sur un ouvrage existant.

de la bonne profondeur et du bon état des crépines.

Le laboratoire mobile ou les dispositifs d'analyse et de mesure sont mis en place, raccordés électriquement et préparés pour l'essai (mise en chauffe et étalonnages éventuels).

Des puits proches, voisins du puits testés, peuvent aussi être équipés de bouchons étanches en tête et doté de manomètres afin de mesurer le rayon d'influence du pompage.



Phase de démarrage à faible débit

Cette première étape d'extraction, avec des débits de quelques dizaines de m³/h en général permet d'apprécier les ordres de grandeur des concentrations et d'adapter les débits d'extraction, les appareillages de mesure et la sécurité de l'essai en conséquence.

Phase de pilotage

Le monitoring des ouvrages voisins avec des manomètres permet d'indiquer les rayons d'influence du puits en extraction qui sont un indicateur de la portée de l'essai.

Les essais sont réalisés par palier de débits croissants, de plusieurs dizaines ou plusieurs centaines de m³/h selon les puits et contextes et avec une durée variable de quelques dizaines de minutes à plusieurs dizaines d'heures (essais d'extraction à haut débit et de longue durée). La conduite des essais (en débits, durée, ...) est ajustée à l'avancement par la mesure sur le terrain de différents paramètres physiques (T°C, débits et dépression, ...) et chimiques (concentrations en polluants, O₂, CO₂, CH₄, ...). Ces mesures sont réalisées en continu ou semi-continu (avec des pas de temps réguliers) en tête de puits d'extraction. Plusieurs puits peuvent être mis en extraction parallèlement pour totaliser des débits importants (plus de 1 000 m³/h) et explorer un vaste périmètre au sein des gaz du sol (chaque puits étant mesuré tour-à-tour).

Des profils de la qualité des gaz du sol entrant dans le puits peuvent être réalisés aux moyens de capillaires descendus dans le puits pour renseigner, en complément de l'approche volumétrique latérale, sur la distribution verticale et donc tridimensionnelle des gaz du sol dans le proche environnement du puits d'extraction.

Un échantillonnage des gaz du sol extraits est réalisé à pas de temps variable durant les essais (en sac, ampoule, tube de charbon actif, etc.) pour l'analyse différée au laboratoire des composés visés par l'essai. Les résultats analytiques permettent de caler et consolider les mesures des concentrations en COV totaux (PID et/ou FID) et/ou les concentrations par substance (GC-MS).

Arrêt de l'essai et interprétation des résultats

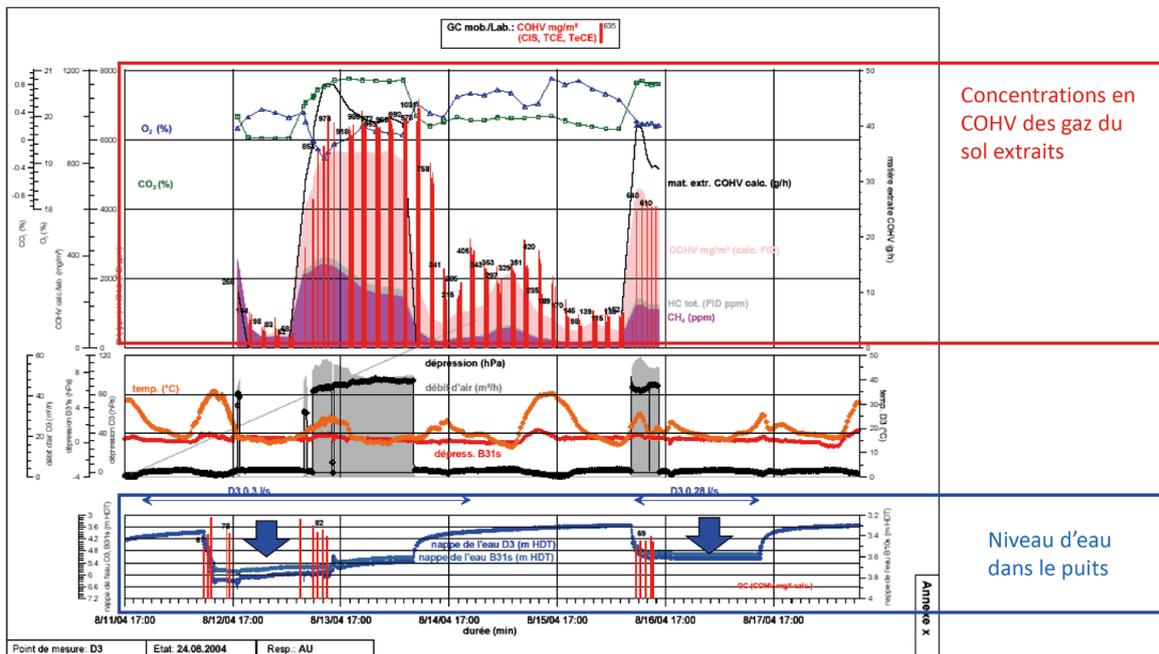
Une fois les concentrations et/ou flux massiques extraits stabilisés, l'essai est arrêté et le matériel est replié et nettoyé.

Les données informatiques sont extraites pour obtenir les courbes d'extraction par substance ou famille de substances : concentrations dans les gaz extraits en fonction du temps (en mg/m³) et masses dans les gaz extraits en fonction du temps (en mg/h ou g/jour). Les profils des courbes d'extraction renseignent sur le type et la position (éloignement au point d'extraction et éventuellement profondeur) de la ou des zones sources situées dans la zone de capture, ainsi que sur les masses de polluants en phase gazeuse et donc les potentialités d'une dépollution par extraction forcée des gaz du sol (SVE « Soil Vapor Extraction » ou « Venting »). Une modélisation numérique peut constituer une aide à l'interprétation des résultats.

Par ailleurs, les mesures multigaz sur site (T°C, O₂, CO₂, CH₄, H₂S, etc.) renseignent sur l'existence ou non d'une activité biologique associée aux pollutions organiques au sein de la zone non saturée, qui pourrait être exploitée pour la dépollution par voie biologique.

Points de vigilance :

- Difficultés d'interprétation en milieu hétérogène, nécessitant au préalable une caractérisation du contexte (hydro) géologique assez précise.
- En présence de fortes concentrations de polluants organiques volatils inflammables (hydrocarbures, BTEX), des mesures de sécurisation des essais sont nécessaires (dilution par l'air des lignes d'extraction pour atteindre des concentrations inférieures aux limites inférieures d'explosivité (LIE)). Cette technique nécessite généralement le temps de l'essai d'assurer le traitement des gaz avant tout rejet dans l'atmosphère, par exemple à l'aide de filtres à charbon actif.



Le rabattement de la nappe induit une augmentation de la concentration en COHV par 3 ou 4, justifiant la présence en COHV sous forme de gouttelettes sous le niveau d'eau.

AVANTAGES – INCONVÉNIENTS – MATURITÉ DE LA TECHNIQUE

AVANTAGES

Mise en œuvre

- Caractérisation de zones inaccessibles,
- Adaptation aux puits existants,
- Abstraction des pressions météorologiques,
- Essais dynamiques ajustés aux résultats à l'avancement,

Résultats d'interprétation

- Approche volumétrique de la qualité des gaz du sol (2 ou 3D),
- Rayon d'action du puits du mètre à la dizaine de mètres,
- Technique de diagnostic apportant des éléments sur la faisabilité d'un traitement par venting.

INCONVÉNIENTS

Mise en œuvre

- Amené / repli potentiellement coûteux,
- Nécessité de raccordement électrique,

Résultats d'interprétation

- Nécessité d'une expertise métrologique dans la conduite des essais,
- Difficultés d'interprétation en milieu hétérogène,
- Nombre limité de prestataires ayant un réel savoir-faire dans le domaine.

MATURITÉ DE LA TECHNIQUE



R&D aboutie, indicateurs développés, technique utilisée sur le terrain

DÉLAIS DE MISE EN ŒUVRE

La phase d'essais sur site est d'une durée très variable selon les résultats obtenus à l'avancement : il faut compter entre 2 et 3 heures pour la mise en place et le repli mais les essais par puits peuvent avoir une durée comprise entre quelques dizaines de minutes et plusieurs dizaines d'heures. Les résultats d'analyses en laboratoire mobile sont obtenus

en temps réel. Les délais analytiques pour les échantillons de gaz prélevés pour analyse complémentaire sont de l'ordre d'une à deux semaines et la restitution des résultats (courbes d'extraction, tableaux de résultats) peut être réalisée en trois à cinq semaines. Le faible nombre de prestataires réalisant les essais peut ajouter une contrainte temporelle.

PHASE

MISE EN ŒUVRE SUR SITE

INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

Délai associé



⌚: jour / ⌚⌚: semaine / ⌚⌚⌚: mois

ÉLÉMENTS DE COÛTS

De même que pour les délais, les coûts des essais sont très variables car ils dépendent en partie des conditions d'amené / repli du matériel (éloignement des sites), pour lesquels il faut prévoir entre 4 000 et 6 000 €. Les essais sont chiffrés sur le temps passé par le personnel sur site et peuvent être estimés entre 10 000 et 20 000 € pour 5 à 8 ouvrages testés, prix

incluant les analyses des prélèvements de gaz et l'interprétation des essais. Il est à noter que le gain d'informations apporté par les essais peut limiter l'effort financier total d'une intervention en limitant les prélèvements de sols ou de gaz notamment sous bâtiment.

PHASE

MISE EN ŒUVRE SUR SITE

INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

Coût associé



€ < 100 € / €€ < 1 000 € / €€€ < 1 000 € / €€€€ < 10 000 € / €€€€€ > 100 000 €

POUR EN SAVOIR PLUS – RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

[1] Guide BRGM - Quelles techniques pour quels traitements - Analyses coûts-bénéfices - Juin 2010

[2] SelecDEPOL - Outil interactif de pré-sélection des techniques de dépollution et des mesures constructives – ADEME/BRGM

[3] Expertise ADEME – Guide technique Estrapol – Essais de faisabilité de traitement des sols pollués – Juin 2019