

LE DÉTECTEUR À PHOTOIONISATION (PID)

MESURE QUALITATIVE EN TEMPS RÉEL DES COV DANS L'AIR AMBIANT ET LES GAZ DU SOL

DESCRIPTION DU PRINCIPE DE LA TECHNIQUE

Le **détecteur à photoionisation (PID)** est un appareil principalement utilisé en sites et sols pollués pour **identifier la présence de composés organiques volatils (COV) dans l'air ambiant** (mode ppb) **ou dans les gaz du sol** (mode ppm généralement). Attention, **les mesures de COV faites sur le terrain au PID sont qualitatives**, voir semi-quantitatives et ne constituent pas des mesures « vraies » ou à valeur juridique contrairement aux analyses en laboratoire accrédité. Il s'agit d'**une technique de screening** permettant d'orienter les prélèvements et définir des zones ou secteurs méritant des analyses approfondies : elle ne peut servir seule à tirer des conclusions sur un diagnostic et encore moins sur une évaluation des risques sanitaires.

Son fonctionnement repose sur l'ionisation des molécules cibles par rayonnement ultraviolet (UV). Le gaz contenant des COV est aspiré dans une chambre où une lampe UV émet un rayonnement (généralement de 10,6 eV mais adaptable en intensité selon les composés recherchés) capable d'ioniser certaines molécules. Les ions ainsi produits sont détectés par des électrodes, générant un **courant électrique proportionnel**

à la concentration du composé détecté. Le courant généré est converti en une valeur numérique affichée directement sur l'appareil. Le résultat est exprimé en ppm ou ppb équivalent isobutylène (gaz utilisé pour l'étalonnage). Cette **mesure semi-quantitative** permet d'apprécier **en temps réel la concentration de gaz volatils ionisables** présents dans **l'air ou les gaz du sol** (à condition que l'entretien et l'étalonnage du PID soient réalisés préalablement à la mission et conformément aux prescriptions du constructeur, ou fournisseur du matériel). Ces mesures **ne constituent en aucun cas une mesure fiable ou « vraie » de la teneur en COV.**

L'utilisation du PID peut intervenir à différentes étapes d'un projet, tant pour orienter les investigations que pour évaluer l'efficacité de mesures de dépollution ou apprécier l'exposition des opérateurs sur les chantiers (équipement de sécurité). Il peut être employé lors des campagnes d'investigations sols (sondages, fouilles), lors des campagnes de prélèvement de gaz du sol ou d'air ambiant, en phase de suivi de travaux de dépollution sur site avec du dégazage de sols pollués ainsi que lors de travaux de dépollution *in situ* avec extraction de COV.

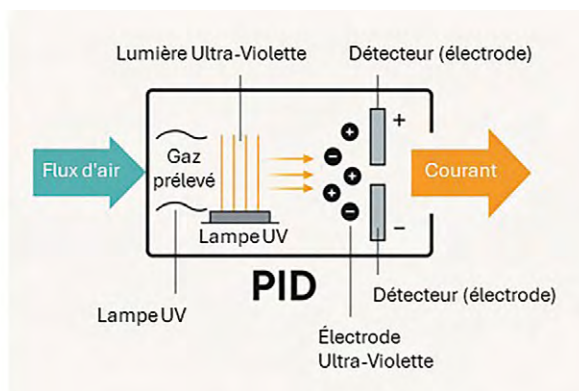
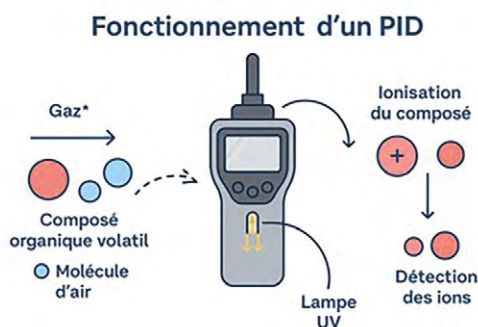


Schéma de fonctionnement du PID

L'utilisation du PID **permet une évaluation instantanée des COV**, offrant ainsi aux intervenants de terrain une capacité de réaction rapide face à une situation potentiellement critique. **Cette réactivité constitue un levier de sécurisation et d'optimisation de la stratégie d'échantillonnage.**

Le PID se distingue par un **coût d'exploitation réduit** par rapport aux méthodes de prélèvement et d'analyse différée en laboratoire. La relative simplicité des opérations d'étalonnage

renforce l'intérêt économique de cet outil pour **les phases de reconnaissance et de suivi environnemental**. Enfin, sa **portabilité**, combinée à une autonomie satisfaisante et à une ergonomie adaptée aux contraintes de chantier, en fait un outil polyvalent et robuste, parfaitement intégré aux routines des investigations de terrain à condition de suivre le protocole d'étalonnage requis.

LE DÉTECTEUR À PHOTOIONISATION (PID)

CONTEXTE D'UTILISATION

Le détecteur PID trouve sa pleine efficacité dans des **contextes où la présence de COV est connue ou fortement suspectée**. Il est particulièrement pertinent sur des sites pollués où des **dégagements gazeux peuvent survenir**, ou lors d'opérations telles que des sondages, des fouilles ou des terrassements. Il constitue alors un **outil de repérage rapide**, utile pour **orienter les prélèvements ou déclencher des mesures de sécurité immédiates**. Il constitue aussi un outil efficace lors des **campagnes de prélèvement des gaz des sols**. Par exemple, en cas de présence de COV détectables par PID, la mesure PID permet de modifier les conditions de prélèvement de gaz du sol et d'éviter la saturation des tubes adsorbants envoyés en analyse.

Sur les **chantiers de dépollution**, le PID est utilisé pour surveiller l'émission de COV pendant la manipulation des matériaux impactés et pour vérifier l'efficacité de mesures de confinement. En revanche, il montre des **limites dans des environnements très humides (>90 %) ou à températures extrêmes (<0 °C ou >50 °C)**, et ne peut être utilisé en zone ATEX sans certification spécifique.

À quelle étape ?

Le PID est particulièrement adapté aux **phases exploratoires et opérationnelles** d'un projet SSP. Lors des phases **d'étude initiale** ou de **diagnostic environnemental**, son usage permet de repérer rapidement des zones émissives, d'orienter les points de prélèvement ou de sélectionner les échantillons les plus représentatifs à soumettre à une analyse.

En **suivi environnemental**, notamment dans les gaz du sol ou l'air ambiant, le PID joue un rôle de veille en détectant qualitativement les variations de concentrations. Il permet aussi d'identifier les points de remontée de vapeurs dans les bâtiments (vide-sanitaire, siphons, etc.).

Sur les **chantiers de dépollution**, il contribue à la **sécurité des interventions** et au pilotage opérationnel. Il s'inscrit dans les missions de type B et C définies par la norme NF X31-620-1 qui impose notamment la présence d'un PID sur le terrain pour des raisons de protection des opérateurs.

POLLUANTS CONCERNÉS

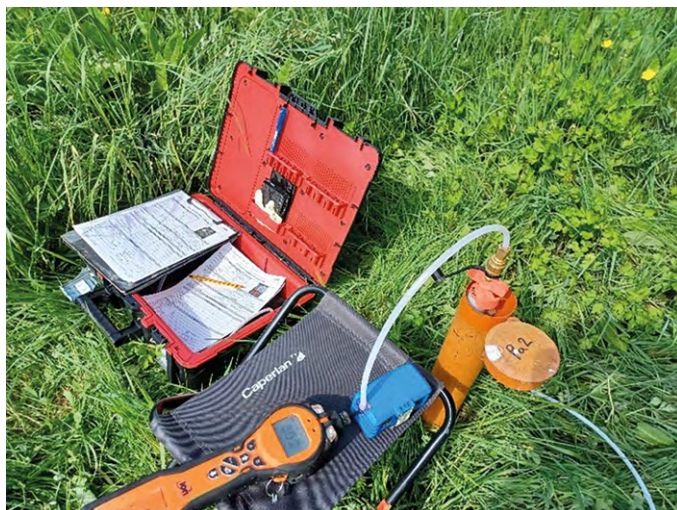
Le PID est sensible à une large gamme de composés organiques volatils (COV), ionisables par une lampe UV de **10,6 eV**, tels que les **hydrocarbures légers comme les BTEX** (benzène, toluène, éthylbenzène et xylènes) et les **essences de type naphta**. Afin de **détecter certains composés organiques halogénés volatils (COHV)** comme les **solvants chlorés** (ex. : 1,1,1 trichloroéthane, chlorure de méthyle, tétrachlorure de carbone, chloroforme et dichlorométhane notamment), **il convient de changer la lampe du PID** par une lampe d'intensité

de 11,7 eV. D'autres familles de polluants peuvent être identifiées comme **les alcools, les cétones ou encore les aldéhydes**, à condition que leur potentiel d'ionisation soit compatible avec l'énergie de la lampe utilisée. Attention, certains composés détectables peuvent donner une réponse faible ou instable en raison de leur adsorption sur les surfaces, leur faible volatilité, leur sensibilité aux conditions environnementales (température, humidité) (ex. : acétone, éthanol).

MATÉRIEL NÉCESSAIRE

Pour mettre en œuvre cette technique, plusieurs équipements sont requis. Le cœur du dispositif est le PID lui-même, équipé d'une **lampe UV capable d'ioniser les molécules cibles**. Ce détecteur doit être associé à une

pompe, intégrée ou externe, assurant l'aspiration de l'air ou des gaz dans la chambre d'ionisation. L'étalonnage est rendu possible grâce à une **bouteille de gaz étalon** – typiquement de l'isobutylène – utilisée avec un **régulateur de débit**.



Présentation du matériel pour l'usage du PID

Enfin, divers accessoires tels que cannes de prélèvement, tuyaux, ou raccords spécifiques peuvent s'avérer nécessaires selon les configurations de mesure. Des filtres à poussières et à charbon actif peuvent être utilisés lors d'une utilisation en présence d'humidité excessive ou d'atmosphère chargée en poussières pour réduire l'humidité ou empêcher que des particules ou des composés non ciblés (ex. : hydrocarbures lourds) saturer ou obstruent les détecteurs.

MÉTHODOLOGIE

Études préalables

Bien que le PID soit un outil de mesure rapide et facilement mobilisable, son emploi ne peut se concevoir sans une **analyse préliminaire du contexte physico-chimique** et des polluants attendus. En effet, la capacité du PID à détecter un composé dépend directement de son **potentiel d'ionisation** (en électronvolt, eV) et de l'énergie de la **lampe UV installée sur l'appareil** (classiquement 10,6 eV). Il est donc essentiel, en amont, d'identifier les familles de composés susceptibles d'être présents sur site (BTEX, solvants chlorés, hydrocarbures légers, etc.) à partir de l'étude historique et documentaire du site, de l'analyse des processus industriels ou usages passés et des données de pollution existantes (analyses de sols, gaz, eaux).

Une **grille d'adéquation** entre les composés attendus et la capacité du PID à les détecter en fonction du type de lampe est fournie par le fabricant à partir des **valeurs de potentiel d'ionisation (PI)**. Certains solvants chlorés (comme le perchloréthylène) ont un potentiel proche ou supérieur à 10,6 eV, et ne seront donc pas ou peu détectés, à moins d'utiliser une lampe à 11,7 eV (rarement installée pour des raisons de fragilité et de pérennité de la lampe : quelques semaines maximum).

D'autres paramètres environnementaux (humidité, pression, température ambiante) doivent également être anticipés, car ils peuvent perturber la mesure.

Ainsi, une **étude préalable**, même sommaire, est indispensable pour **justifier l'usage du PID** au regard des objectifs de terrain, **interpréter correctement ses limites de réponse, et éviter des interprétations erronées** ou un sentiment de fausse sécurité en cas de mesures négatives.

Étalonnage

L'étalonnage (ou calibration) constitue une étape essentielle pour garantir la fiabilité des données. Elle repose sur **l'exposition du PID à un gaz étalon de concentration connue**, généralement de l'isobutylène. L'appareil est d'abord mis à zéro à l'aide d'un air de référence exempt de COV (air ou azote synthétique en bouteille certifié sans COV), puis exposé au gaz étalon pour ajuster sa réponse. Une **vérification de la bonne performance de l'appareil doit être réalisée avec le gaz étalon** à chaque campagne. Un étalonnage correct conditionne la qualité des mesures obtenues, tout en assurant la traçabilité de l'intervention. En cas de dérive, une étape d'étalonnage peut intervenir. **Un étalonnage minimum annuel de l'appareil chez le fournisseur** reste indispensable.

Mise en œuvre

Après étalonnage, la mise en œuvre du PID suit un **protocole rigoureux**. Le détecteur est démarré à l'air ambiant propre afin de **stabiliser sa base de référence**. Une fois la mise à zéro effectuée, les mesures peuvent être entreprises soit en

Pour éviter la rémanence du signal entre deux mesures PID en raison de l'adsorption des COV sur les tuyaux ou cannes utilisés pour le prélèvement, il est recommandé d'utiliser **des cannes ou tuyaux en PTFE ou en silicone**, de purger le système après chaque utilisation avec de l'azote ou de l'air propre, et d'opter pour une longueur et diamètre de tuyau adaptée (des tuyaux trop longs ou trop fins peuvent favoriser l'adsorption des COV et ralentir la réponse du détecteur).

mode ponctuel, soit selon un profil vertical au fur et à mesure de l'avancement d'un sondage. Les valeurs mesurées sont généralement enregistrées manuellement ou automatiquement, avec mention du contexte de mesure (profondeur, localisation, conditions météo). Ce protocole **assure la comparabilité des données** sur un même site et entre différents sites.

Analyse / Interprétation des résultats

Les mesures obtenues par PID sont exprimées en partie par million (ppm) ou par milliard (ppb) d'équivalent isobutylène. Ces données doivent être interprétées comme **des indicateurs semi-quantitatifs** : elles permettent de repérer des anomalies, de prioriser des prélèvements et/ou des analyses ou de déclencher des mesures de protection. En revanche, **elles ne sauraient se substituer à des analyses accréditées en laboratoire, notamment lorsque des comparaisons à des seuils réglementaires ou des évaluations de risques sanitaires sont en jeu**.

Points de vigilance

- Il convient **de nettoyer et de vérifier** le bon fonctionnement du PID (étalonnage, batterie, capteur, écran, pompe, filtre poussière) avant chaque mesure.
- Les mesures doivent être effectuées en conditions stables (sans condensation, en atmosphère non saturée) et documentées précisément (heure, lieu, météo, profondeur).
- Il convient d'éviter de réaliser des mesures au PID en cas d'humidité élevée (>90 %), de températures extrêmes (<0 °C et >50 °C) ou d'atmosphère avec beaucoup de poussières pour ne pas compromettre le bon fonctionnement du capteur.
- Les mesures du PID sont exprimées en équivalents isobutylène. Pour estimer la concentration d'un composé donné, il est nécessaire de multiplier la valeur affichée par un facteur de correction (CF).
- Il convient de s'assurer que les composés ciblés sont bien ionisables avec la source UV utilisée (voir **facteurs de réponse spécifiques** fournis par le fabricant).
- La réponse de certains composés peut être faible ou instable en raison de leur adsorption sur les surfaces, leur faible volatilité, ou leur instabilité chimique.
- Le PID ne permet pas d'identifier les composés présents. En présence de plusieurs COV ou COHV, la lecture reflète une concentration globale, sans distinction des composés.
- Les résultats issus du PID ne peuvent pas être utilisés comme preuves opposables sans être confirmés par des méthodes analytiques normalisées.



AVANTAGES – INCONVÉNIENTS – MATURITÉ DE LA TECHNIQUE

AVANTAGES

Polluants

- Bonne sensibilité à de nombreux COV.

Mise en œuvre

- Technique portable utilisable dans des environnements variés,
- Coût réduit par rapport aux méthodes de prélèvement et d'analyse différée en laboratoire,
- Simplicité des opérations d'étalonnage.

Résultats d'interprétation

- Fournit des mesures instantanées, en temps réel, et une évaluation semi-quantitative en COV.

INCONVÉNIENTS

Polluants

- Ne permet pas d'identifier les composés présents,
- Certains polluants peuvent être mal ou pas détectés en cas d'utilisation d'une lampe à 10,6 eV.

Mise en œuvre

- Nécessite l'application d'un protocole rigoureux et d'une prise en compte des conditions de mesure pour assurer la comparabilité des données sur et entre différents sites,
- Ne peut être utilisé en zone ATEX sans certification spécifique.

Résultats d'interprétation

- La réponse du PID peut être influencée par les conditions environnementales (humidité, poussières, température élevée, etc.).
- Les résultats doivent être confirmés par des méthodes analytiques normalisées.

RETOURS D'EXPÉRIENCE :

Le PID s'est avéré utile pour localiser des nappes d'hydrocarbures légers dans des remblais. Cependant, il peut sous-estimer la présence de solvants chlorés volatils non détectés en raison de leur faible ionisation, mais confirmés par analyse en chromatographie. Le PID a fait ses preuves concernant la détection rapide des COV et le suivi en temps réel de leurs concentrations dans l'air ambiant ou les gaz du sol. C'est un véritable **outil d'aide à la décision sur site**, en complément des prélèvements pour analyses en laboratoire. Cependant, il nécessite un étalonnage rigoureux et une interprétation prudente des résultats, notamment en présence de mélanges de polluants. Il convient de porter attention aux points de vigilance listés précédemment lors de sa mise en œuvre et l'interprétation des résultats.

DÉLAIS DE MISE EN ŒUVRE

L'un des principaux avantages du PID réside dans sa rapidité de mise en œuvre. Le déploiement sur le terrain peut être **effectué en moins d'une heure**, incluant les opérations d'étalonnage, les vérifications de bon fonctionnement et l'adaptation aux conditions locales. Le matériel étant portable et autonome, il ne nécessite pas d'infrastructure particulière ni de logistique lourde. La mesure étant obtenue en temps réel, **l'interprétation des résultats peut être réalisée immédiatement** par les opérateurs présents, permettant une prise de décision rapide (orientation des sondages, adaptation du prélèvement, sécurisation du chantier, etc.). Il est toutefois

recommandé de reporter ces données dans un rapport structuré intégrant les limites d'interprétation, ce qui peut nécessiter **un délai de traitement d'une journée supplémentaire selon le niveau de formalisme requis**.

PHASE INVESTIGATIONS ANALYSE ET TRAITEMENT

Délai associé



⌚ : jour / ⌚⌚ : semaine / ⌚⌚⌚ : mois

ÉLÉMENTS DE COÛTS

Du point de vue économique, l'utilisation du PID reste très compétitive. Le coût unitaire des mesures est faible, notamment en comparaison des analyses de laboratoire. Le principal poste de dépense concerne **l'acquisition ou la location du matériel (de 150 à 250 €/jour pour la location, jusqu'à 6 000 € à l'achat)**, ainsi que la formation initiale des opérateurs et la maintenance périodique (compter 200 à 300 € pour l'étalonnage et l'entretien annuel).

PHASE INVESTIGATIONS ANALYSE ET TRAITEMENT

Coût associé



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

POUR EN SAVOIR PLUS - RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

[1] ASTM D5730-98 – Guide for Site Characterization for Environmental Purposes with Emphasis on the Vadose Zone

[2] US EPA Method 3815 – Screening for Volatile Organic Compounds Using PID Technology

[3] BRGM RP-70901-FR (2022) – Guide technique sur l'échantillonnage des sols pour la recherche de composés organiques volatils et semi-volatils et son annexe 3 – Exemple de protocole d'utilisation du PID

[4] Technical Note TN-106 – A Guideline for PID Instrument Response (Honeywell, 2015)

[5] RAE Systems (2013) – The PID Handbook, 3e éd. : Theory and Application of Direct-Reading PIDs

[6] Norme NF ISO18400-301, Qualité du sol – Échantillonnage et mesures semi-quantitatives sur site des composés organiques volatils dans le cadre des investigations de terrains