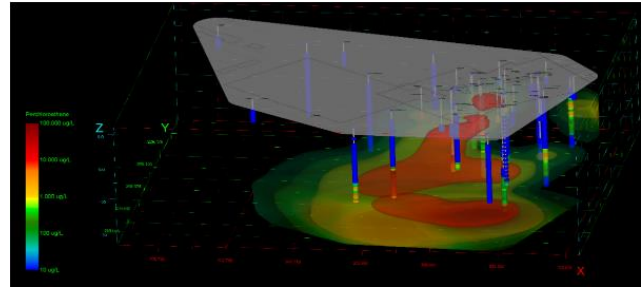


CODES DE BONNES PRATIQUES POUR L'UTILISATION DE  
TECHNIQUES ALTERNATIVES D'INVESTIGATION DU SOL

## EnISSA-MIP

### Enhanced In Situ Soil Analysis



#### Description de la technique

Le système EnISSA MIP combine la configuration MIP standard avec les possibilités de détection améliorées d'une méthode GC/MS rapide. Les avantages d'un tel détecteur GCMS sont les limites de détection basse qui peuvent être atteintes et les possibilités de mesurer des composants individuels. Le système GCMS est adapté de manière à obtenir des temps d'analyse très courts (1 minute), permettant d'obtenir des limites de détections basses (10 à 20 µg/l). Il est possible d'obtenir une mesure par intervalle de sol de 30 cm avec une vitesse de sondage de 30 cm/minute. Cette vitesse de sondage permet d'analyser 12 composants individuels simultanément. Un spectre plus large de composants peut être analysé : jusqu'à 54 composants (semi-volatils) inconnus. Dans ce cas, la vitesse d'analyse est de 3 à 4 minutes (au lieu d'1 minute). La limite de détection est alors de 200 à 500 µg/l.

Des mesures combinées EnISSA-MIP-CPT ou EnISSA-MIP-HPT sont possibles et peuvent être complétées avec des mesures EC. Sur base de résultats EC, la texture du sol peut être décrite tout comme à l'aide d'une sonde CPT. La conductivité hydraulique du sol peut également être mesurée avec une sonde HPT.

#### INFORMATIONS GÉNÉRALES

##### A. Composantes du sol investiguées

La technique est utilisable pour investiguer la présence de contaminants dans les composantes du sol suivante :

Composantes du sol		Remarques
Matrice du sol	X	Peut être appliqué dans les différentes phases du sol (partie solide, eaux souterraines, phase gazeuse du sol)
Eau souterraine	X	
Phase gazeuse du sol	X	

## B. Contaminants analysés

La technique permet l'investigation des contaminants suivants :

Contaminants analysés	Matrice du sol	Eau souterraine	Phase gazeuse du sol	Remarques
Aromatiques (BTEX)	X	X	X	
Solvants chlorés (VOCL, Cl-éthène, Cl-éthane, aromatiques chlorés)	X	X	X	
HAP	X	X	X	Limité aux molécules à double cycle (naphtalène)
HMV (C5-C10)	X	X	X	
HM (C10-C40)	-	-	-	
ML (+Cobalt)	-	-	-	
Autres COV	X	X	X	

## C. Contexte environnemental d'application

La technique alternative d'investigation du sol est utilisable dans les conditions environnementales suivantes :

Type de sol		Remarques
Remblais	X	Les couches dures peuvent endommager la tête de sonde. À partir d'une vitesse de sonde inférieure à 10 cm/minute ou inférieure à 25 cm/min sur un mètre à la force de compression maximale, les sondages sont arrêtés.
Sable	X	
Limon	X	
Gravier	X	
Tourbe	X	
Argile	X	
Grès	X	
Autres (schiste, roches métamorphiques, craies)	-	
<b>Caractéristiques hydrogéologiques</b>		
Hétérogène et perméable	X	
Hétérogène et semi-perméable	X	
Hétérogène et imperméable	X	
<b>Profondeur</b>		
Superficielle	-	
1-5 m-ns	X	Pas toujours l'approche la plus rentable pour des profondeurs limitées.
5-10 m-ns	X	
10-15 m-ns	X	
>15 m-ns	X	En fonction de la structure du sol. Les résistances élevées dues aux sols plus compacts, notamment les couches compactes de sable (pierre), de cailloux et de gravier, sont limitantes.
<b>Revêtement de sol</b>		
Pas de revêtement	X	
Maçonnerie (clinkers)	X	La couverture du sol doit être retirée. Diamètre minimum du forage béton : 120 mm.
Pavé	X	
Carrelage	X	
Asphalte	X	
Béton	X	
Autres		
<b>Espace de travail minimum</b>		
Dimension L x h x l	De 2,44mX1,52mX2,26m à 4,8mX2,5mX3,45m	De 2,44mX1,52mX2,26m (Geoprobe avec direct push et hauteur de travail de 3,85 m) à 4,8mX2,5mX3,45m (camion de sondage de 20 t avec hauteur de travail de 3,45 m) + camion labo 5,3mX2,3mX2,4m
<b>Technique applicable pour des zones contaminées de :</b>		
Petite surface (1-5 m <sup>2</sup> )	-	Vu la surface de travail nécessaire pour la Geoprobe ou le camion de sondage

Moyenne surface (5 – 200 m <sup>2</sup> )	X	
Grande surface (>200 m <sup>2</sup> )	X	

#### D. Paramètres physico-chimiques analysés

La technique permet l'investigation des paramètres physico-chimiques suivants :

Paramètres physico-chimiques analysés	Matrice du sol	Eau souterraine	Phase gazeuse du sol	Remarques
pH	-	-	-	
EC	X	X	-	Les propriétés du sol peuvent être mesurées à l'aide de mesures EC. Avec le dipôle Wenner, l'EC du sol est mesurée et sa texture peut être déterminée.
Température	-	-	-	
Conductivité hydraulique	X	X	-	Avec utilisation de la sonde HPT

#### E. Principes – Modalités

Grâce aux ajustements apportés au système MIP, des limites de détection plus basses peuvent être atteintes avec EnISSA. Le système EnISSA-MIP diffère du système classique MIP par le détecteur utilisé. En plus d'un détecteur PID, un GCMS est également utilisé. Une mesure du GCMS peut également être effectuée par intervalle de profondeur de 30 cm. Cet intervalle de profondeur est chauffé à 120 °C sur une période de 30 secondes. Ce temps d'attente est nécessaire pour créer un équilibre entre les composants volatils du sol et la sonde MIP. Avec la mesure GCMS, il est possible de mesurer simultanément jusqu'à 12 composants individuels avec une vitesse d'analyse de 1 minute. En principe, jusqu'à 54 composants peuvent être mesurés. La vitesse d'analyse est alors de 3 à 4 minutes. La réalisation d'un test de faisabilité et d'une calibration est recommandée lorsque des composants moins communs sont analysés.

La limite de détection est de l'ordre de 10-20 µg/l. Lorsque 54 composants sont mesurés, la limite de détection est de 200-500 µg/l.

Le système EnISSA-MIP peut être combiné à un détecteur EX, une sonde CPT et une sonde HPT.

Les capteurs supplémentaires ont les principes de fonctionnement suivants :

- Une mesure de conductivité à l'aide du dipôle de Wenner est réalisée pour déterminer la structure du sol sur la base de la conductivité électrique (EC). L'EC dépend, entre autres, de la granulométrie du sol. De manière générale, on peut constater que l'argile a une conductivité électrique relativement élevée alors que le sable a une faible conductivité. La valeur pour le limon et l'argile est moyenne. Un changement de conductivité du sol signifie toujours qu'il y a une variation dans les caractéristiques du sol. La conductivité est influencée par 1) la taille des grains, 2) la minéralogie des particules du sol, 3) les propriétés du fluide interstitiel.
- Lorsque le sondage est effectué par pressage hydraulique (sans marteau), le sol peut être classé en utilisant le « cône de sondage » CPT sous le module MIP, en fonction de la résistance conique et de frottement.
- La perméabilité du sol peut être évaluée à l'aide de l'outil de profilage hydraulique (HPT). Ceci se fait à l'aide d'une pompe qui injecte une petite quantité d'eau (généralement 100-300 ml/min) dans le sol avec un débit constant via une membrane supplémentaire. La pression requise est enregistrée et est utilisée comme mesure de la perméabilité. Grâce à un modèle empirique, une estimation de la perméabilité en m/jour peut également être déterminée pour des sols ayant une perméabilité comprise entre 0,03 et 25 m/jour.
- « Photo Ionisation Detector » (PID) : le principe de mesure du détecteur PID est basé sur l'ionisation des molécules au moyen de la lumière UV. Les ions formés lors de l'ionisation des hydrocarbures provoquent un courant électrique qui peut être mesuré avec des électrodes.

## F. Informations complémentaires

Des informations complémentaires sont fournies dans le tableau suivant :

Informations complémentaires	
Nature de la technique	Mesure in situ à l'aide d'une sonde GCMS
Fréquence de prises de mesures	1 mesure par minute tous les 30cm / 60-70 m par jour
Temps d'acquisition des résultats	Après 1 minute pour 12 composants différents ; 3 à 4 minutes pour 54 composants
Présentation / visualisation des résultats	Logs EnISSA et visualisation 3D de la pollution via des coupes transversales
Niveau d'expérience requis	Expert
Nature du résultat de la mesure	Semi-quantitatif/qualitatif
Précision / Limite de détection / Unité de mesure	Selon les composants : EnISSA-MIP : env. 10-20 µg/l. Si plus de 12 composants simultanément : de 200 à 500 µg/l
Prix d'utilisation	Env. €130/mètre courant (HTVA)

## EXIGENCES TECHNIQUES

### A. Procédure avant utilisation sur site

#### 1. Calibration

Le système de mesure complet est calibré avant la campagne de mesure. La calibration de l'EnISSA-MIP est réalisée avec différentes solutions standard. Une ligne d'étalonnage est établie pour chaque composant à mesurer. L'étalonnage étant effectué avec une solution aqueuse d'un composant à mesurer, la courbe d'étalonnage s'applique à la zone saturée. Cette méthode permet d'estimer le niveau de concentration de la contamination. Notez que cette méthode ne donne qu'un résultat semi-quantitatif et ne permet pas d'afficher des concentrations absolues.

#### Test blanco/test de réponse

Un test blanco doit être réalisé avant chaque sondage. En fonction des composants à mesurer, un test de réponse est effectué avec une solution standard de toluène deutéré. Le test blanco et le test de réponse sont réalisés conformément au mode opératoire standard MIP.

#### 2. Fréquence d'utilisation de la technique alternative

- i. A Bruxelles et en Belgique : régulier
- ii. En Europe : régulier au Pays-Bas

### B. Description de l'opération sur le terrain

EnISSA permet de mesurer la pollution selon deux méthodes :

- Méthode cible: cette méthode permet de mesurer un maximum de 8-12 composants avec une durée d'analyse de 1 min. Les limites de détection dépendent des composants mais se situent autour de 10-20 µg/l.
- Méthode de screening: cette méthode permet de réaliser une caractérisation complète de la contamination avec un temps d'analyse de 4-5 min. Jusqu'à 54 composants volatils inconnus peuvent être mesurés.

Lors d'une campagne EnISSA, la vitesse de sondage moyenne est de 30 cm/min. Le sol est chauffé à 120 °C pendant 30 secondes par couche de 30 cm. Ce temps d'attente est nécessaire pour créer un équilibre entre les composants volatils du sol et la sonde MIP.

A chaque sondage, une alternance de la méthode cible et de la méthode de screening sera appliquée. Comme indiqué, la méthode cible permet de mesurer des composants présélectionnés avec une limite de détection de 10-20 µg/l avec un temps d'analyse de 1 minute. La méthode de screening permet de mesurer des composants inconnus avec un temps d'analyse de 3-4 min. Au cours du sondage, la méthode cible est appliquée tous les 30 cm. La méthode de screening peut être appliquée sur base des résultats de mesure obtenus (par exemple, lorsque des concentrations élevées sont mesurées).

De cette manière, un profil de profondeur individuel est établi pour chaque composant repris dans la méthode cible. Une caractérisation complète est également effectuée à des emplacements stratégiques (comme en présence de DNAPL) au moyen de la méthode de screening.

EnISSA-MIP utilise une machine Geoprobe à direct push ou un camion-sonde de 20 tonnes. La méthode de mesure EnISSA toutes les 30 cm de profondeur et sa rapidité de mesure de 1 minute permettent de mesurer 60-70 m/jour. Cependant, cette production quotidienne dépend également de la manière dont la contamination se manifeste dans le sol et/ou dans les eaux souterraines. Ainsi, à de faibles concentrations, la contamination ne peut se rencontrer que sur une profondeur très limitée, ce qui signifie qu'avec une résolution de profondeur supérieure à 30 cm, il est nécessaire de mesurer (par exemple 10 cm) et/ou une méthode de détection plus sensible. Il peut donc être nécessaire de passer à une méthode plus longue (plus lente) sur site afin d'obtenir la sensibilité souhaitée.

## C. Procédure après l'acquisition des résultats

### 1. Validation des résultats

- a. Semi-quantitatif : les résultats sont obtenus sous forme de signal µV avec, éventuellement, un ordre de grandeur pour la conversion vers les concentrations attendues pour l'eau souterraine. Ces résultats doivent être confirmés par des méthodes de mesures classiques. Validation typique à l'aide de forages et de piézomètres.
- b. Pour les sondes EnISSA-MIP, un profil de concentration en profondeur est établi par composant. Cette concentration est obtenue en comparant les résultats du GCMS avec une série de solutions d'étalonnage des analytes avec des concentrations connues préalablement en laboratoire. Lors de mesures de terrain, non seulement les eaux souterraines sont chauffées, mais les contaminants sont également adsorbés sur le sol, dans l'air du sol ou sous forme de phase libre. Grâce à cette contribution, les résultats EnISSA-MIP en zones fortement polluées peuvent être plus élevés que la concentration mesurée dans un piézomètre. Cet effet peut être plus important dans les sols à texture plus fine. Les concentrations supérieures à la solubilité spécifique de chaque contaminant dépassent la plage linéaire de l'étalonnage EnISSA-MIP. Pour ces concentrations élevées, les résultats sont plutôt qualitatifs que semi-quantitatifs. De telles concentrations élevées sont habituellement dues à la présence d'une phase pure (résiduelle).

## MESURES DE SÉCURITÉ SPÉCIFIQUES À LA TECHNIQUE

Afin de garantir la sécurité des travailleurs sur le terrain, un équipement de protection individuelle standard est requis lors de l'utilisation de la technique alternative d'investigation du sol.

**A. Fournisseurs de services ou de la technique alternative d'investigation du sol (utilisation, mesures et analyses)**

- Belgium
  - EnISSA
- Europe
  - EnISSA

**B. Sources bibliographiques**

- T.M. Christy, 1996, A driveable permeable membrane sensor for the detection of volatile compounds in soil, In Proceedings of the 1996 National Outdoor Action Conference, Las Vegas, Nevada. NGWA, Columbus Ohio.
- W. Vandeputte, On-site component specific detection of volatile organic components with the EnISSA-MIP, Batelle , 2012