

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

ROST™, TarGOST™, Uvost™

(Laser Induced Fluorescence (LIF))

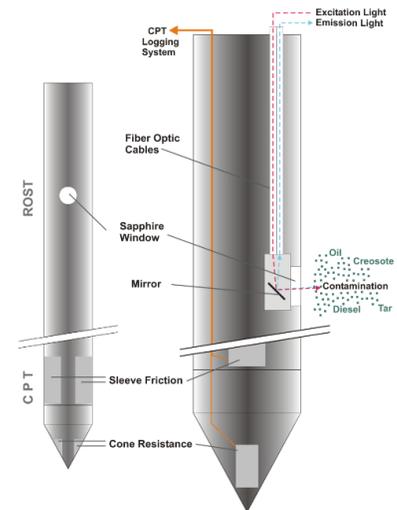
Description de la technique

Les capteurs LIF (ROST™, TarGOST™, Uvost™) permettent un screening en temps réel des caractéristiques physiques du sol et des caractéristiques chimiques des contaminations en hydrocarbures sur les sites pollués. A l'aide d'un camion équipé d'un système de cône de pénétration standard (CPT), les capteurs LIF se servent d'un laser à source ultraviolet pour mesurer la fluorescence dans le sol via des filtres optiques. La mesure est faite à travers une fenêtre en saphir insérée dans une sonde qui est enfoncée dans le sol. Le CPT et le test du pénétromètre standard (SPT) ont été largement utilisés dans l'industrie géotechnique pour déterminer la résistance du sol et le type de sol à partir des mesures de la résistance de la pointe de la sonde ainsi que des frottements enregistrés.

En addition, le capteur LIF fournit des données sur la distribution in situ d'hydrocarbures pétroliers suite à la réponse par fluorescence induite dans les hydrocarbures aromatique polycyclique (HAP) qui sont des composants des hydrocarbures de pétrole. La méthode fournit un criblage des concentrations relatives d'hydrocarbures pétroliers présents dans le sol.

Les différents types de LIF sont :

- ROST™ (Rapid Optical Screening Tool) : Excitation -> 290 nm/ Emission Wavelengths -> 340-390-440-490 nm
- TarGOST™ (Tar-Specific Green Optical Screening Tool) : Green laser especially and solely designed for Tar DNAPL
- UVOST™ (UltraViolet Optical Screening Tool) : Excitation -> 308 nm/ Emission Wavelengths -> 350-400-450-500 nm



INFORMATIONS GÉNÉRALES

A. Composantes du sol investiguées

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

Composantes du sol	Remarques	
Matrice du sol	X	Dans la zone non-saturée et saturée
Eau souterraine	X	
Phase gazeuse du sol	-	

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)	-	-	-	
Solvants chlorés (VOCL, CL-éthène, Cl-éthane, aromatiques chlorés)	-	-	-	

Contaminants analysés	Matrice du sol	Eau souterraine	Phase gazeuse du sol	Remarques
HAP	-	X	-	Seulement comme produit pure
HMV (C5-C10)	-	-	-	
HM (C10-C40)	-	X	-	Seulement comme produit pure
ML (+Cobalt)	-	-	-	
Cyanures	-	-	-	
LNAPL	X	X	-	
DNAPL	X	X	-	
Autres	X	X	-	Créosote et phénols

Remarques: Le LIF peut détecter l'essence, le diesel, le kérosène, l'huile moteur, les fluides hydrauliques et de coupe, le pétrole brut, le goudron, la créosote et les phénols, mais pas les solvants chlorés et les HAP dissous. Il peut également détecter les composés organiques contenant uniquement du carbone et de l'hydrogène composés de plusieurs cycles aromatiques. Les CHC, PCB, BTEX et autres composés monoaromatiques ne peuvent être détectés que s'ils se trouvent dans une matrice hydrocarbonée. Les espèces aliphatiques et les composés aromatiques monocycliques ne sont pas détectés à la longueur d'onde de 290 nm.

C. Contexte environnemental d'application

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

Type de sol	Remarques	
Remblais	-	
Sable	X	
Limon	X	
Gravier	X	
Tourbe	X	
Argile	X	
Grès	X	Dépend de l'épaisseur du banc de grès
Autres (schiste, roches métamorphique, craies)	-	
Caractéristiques hydrogéologiques		
Hétérogène et perméable	X	
Hétérogène et semi-perméable	X	
Hétérogène et imperméable	-	
Profondeur		
Superficielle	X	
1-5 m-ns	X	
5-10 m-ns	X	
10-15 m-ns	X	
>15 m-ns	X	
Revêtement de sol		
Pas de revêtement	X	
Maçonnerie (clinkers)	X	
Pavé	X	
Carrelage	X	
Asphalte	X	
Béton	X	
Autres	X	
Espace de travail minimum		
Dimension L x h x l	Dimensions minimales d'un standalone 1m x 1m x la hauteur d'une tige de forage	Il y en a plusieurs appareils disponibles. Les dimensions minimales pour un standalone jusqu'à des dimensions d'un camion de sondage.
Technique applicable pour des zones contaminées de :		
Petite surface (1-5 m ²)	X	
Moyenne surface (5 – 200 m ²)	X	
Grande surface (>200 m ²)	X	

Remarques: Les sondes pourraient être difficiles à faire progresser dans les lithologies souterraines contenant des sables et des argiles cimentés, des débris enfouis, des graviers, des galets, des rochers et des roches peu profondes. La

sensibilité du LIF aux hydrocarbures pétroliers dans le sol s'est révélée inversement proportionnelle à la surface disponible du substrat du sol. Les sols sableux ont tendance à avoir une surface totale disponible beaucoup plus faible que les sols argileux. Les composés hydrocarbonés dans les sols sableux donnent généralement une réponse de fluorescence plus élevée que dans les sols riches en argile.

D. Paramètres physico-chimiques analysés

Paramètres physico-chimiques analysés	Matrice du sol	Eau souterraine	Phase gazeuse du sol	Remarques
pH	-	-	-	
EC	X	X	-	L'EC du sol est mesurée à l'aide du dipôle EC pour vérifier la structure du sol. Il y a une contribution de l'EC de l'eau souterraine, mais l'EC totale est généralement plus faible.
Température	-	-	-	
Conductivité hydraulique	X	X	-	Dans le cas de l'utilisation de la sonde HPT (généralement dans les sédiments et sols non consolidés).
Autre	X	-	-	Si on utilise le CPT sous le module ROST-TARGOST-UVOST on peut déterminer la résistance conique et de frottement qui donnent des informations sur la texture du sol.

E. Principes – Modalités

Les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) fluorescent si leurs molécules sont excitées par une lumière de longueur d'onde spécifique. Cette excitation crée une émission de lumière d'une certaine longueur d'onde appelée « fluorescence ». Rost, TarGOST et UVOST sont basés sur la technologie LIF (Laser Induced Fluorescence) et sont tous des types de laser émettant des lumières d'excitations différentes.

- ROST™ (Rapid Optical Screening Tool) : Excitation -> 290 nm/ Emission Wavelengths -> 340-390-440-490 nm
- TarGOST™ (Tar-Specific Green Optical Screening Tool) : Green laser especially and solely designed for Tar DNAPL
- UVOST™ (UltraViolet Optical Screening Tool) : Excitation -> 308 nm/ Emission Wavelengths -> 350-400-450-500 nm

Puisque dans la plupart des dérivés pétroliers, les HAP sont présents, les capteurs LIF sont capables de détecter la contamination. Les lasers créent une émission de lumière de longueur d'onde spécifique. L'intensité totale de fluorescence est la somme de quatre émissions de longueur d'onde spécifiques au choix du laser. Dès lors, l'intensité de fluorescence est dépendante du type de contaminants excités car chaque contaminant a son propre type de longueur d'onde. La différence entre les mélanges d'hydrocarbures plus légers tels que l'essence, le kérosène et le diesel, où les longueurs d'onde inférieures prédominent, et les hydrocarbures plus lourds, où prédominent les longueurs d'onde supérieures, peut être clairement vue.

Ce décalage de longueur d'onde peut également être montré dans un profil lié à la fluorescence totale à un emplacement de test donné. Le passage aux longueurs d'onde supérieures est marqué en rouge, le passage aux longueurs d'onde inférieures est indiqué en bleu sur les profils. Cela permet d'interpréter s'il existe différents types de contaminants ou si la contamination est plutôt homogène. Même de faibles concentrations ou des composés ayant des propriétés de fluorescence réduites qui provoquent des signaux dans la plage de détection inférieure peuvent ainsi être clairement identifiés.

Les capteurs LIF sont équipés sur des camions à cône de pénétration afin d'acquérir un maximum d'information en une poussée : résistance de pointe, friction, coefficient de frottement, conductivité électrique, pression interstitielle et un profil de fluorescence comprenant un décalage de longueur d'onde. Un diagramme des longueurs d'onde peuvent être imprimées sur le terrain pour identifier les types d'huile ou de carburant. Des senseurs LIF peuvent être combinés avec d'autres « direct sensing » senseurs (MIP, CPT, HPT et XRF).

F. Informations complémentaires

Des informations complémentaires sont fournies dans le tableau suivant :

Informations complémentaires	
Nature de la technique	Sonde / Capteur
Fréquence de prises de mesures	Mesures continues avec une précision de 2cm/ Environ 100m par jour
Temps d'acquisition des résultats	En-direct sur le site
Présentation / visualisation des résultats	Graphique / Concentration Profils de contamination mesurés en fonction de la profondeur : répartition des panaches de pollution
Niveau d'expérience requis	Expert
Nature du résultat de la mesure	Qualitatif : technique alternative d'investigation permettant une optimisation de la stratégie de recherche ou de la stratégie de sélection des échantillons
Précision / Limite de détection / Unité de mesure	% de fluorescence
Prix d'utilisation	+/- 45 euros (HTVA) par mètre / 4500 euros (HTVA) par jour. Ce prix inclus uniquement la technologie LIF. Les coûts liés aux prestations des techniciens, au déplacement etc. ne sont pas inclus.

EXIGENCES TECHNIQUES

A. Procédure avant utilisation sur site

1. Test de réponse : une courbe de calibration peut être rédigée pour déterminer la réponse du LIF-sensor. Cette courbe permet de fixer la plage de mesure et les limites de détection. La courbe de calibration est rédigée à l'aide d'une fluide de référence (essence, diesel, goudron,...) et un sol type qui sont le plus représentatifs pour le terrain à investiguer.
2. La calibration lors du démarrage comprends les point suivantes :
 - a. Contrôle temps entre émission du signal lumineux et réception du signal de fluorescence
 - b. Calibrage de la longueur d'onde de la lumière émise
 - c. Calibration de la concentration sur la base d'ensembles avec des concentrations connues. Ces ensembles standard sont mesurés en triple avec calcul de la moyenne et de l'écart type pour chaque ensemble. Avec un écart type supérieur à 20%, la mesure d'étalonnage est répétée pour l'échantillon où cet écart a été déterminé. Si l'écart de 20% continue d'exister, une vérification complète du système est effectuée pour détecter le problème dans le logiciel ou dans le système lui-même.
 - d. Calibration en cours d'exécution: Une mesure de référence de fluorescence est effectuée avant et après chaque forage sur la base d'un mélange standard d'hydrocarbures de référence (solution de référence M1).
3. Fréquence d'utilisation de la technique alternative
 - i. A Bruxelles et en Belgique : Sur base de l'enquête réalisée auprès des experts du sol à Bruxelles, la technique alternative d'investigation «ROST™, TarGOST™, Uvost™» n'a jamais été utilisée. Cependant, la technique Rost et TarGOST a déjà été utilisée en Flandre.

- ii. Législation dans d'autres régions, d'autres pays - non connue
Aux Pays-Bas, la technique est utilisée de temps en temps

B. Description de l'opération sur le terrain

Cette technique d'investigation du sol est mise en œuvre par des techniciens spécialisés du fournisseur.

C. Procédure après l'acquisition des résultats

Validation des résultats (Procédure de validation/recommandations pour la validation)

Qualitatif : La technique est un outil de screening rapide qui permet d'identifier et de cibler les zones polluées en hydrocarbures pour ensuite appliquer les stratégies d'investigation classiques comme décrit dans les guides de l'IBGE. Les profils permettent de différencier les différents contaminants et d'en évaluer la localisation. Sur base des spots de pollution observés, des échantillonnages du sol et de l'eau souterraine classiques peuvent être réalisés de manière ciblées.

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.

INFORMATIONS POUR L'UTILISATEUR

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

La technologie LIF (ROST™, TarGOST™, Uvost™) est fournie par Fugro.

B. Sources bibliographiques

- Des informations concernant la technologie LIF (ROST™, TarGOST™, Uvost™) peuvent être demandées auprès de Fugro
- Pilotproject alternatieve onderzoekstechnieken gassites – TarGOST, OVAM, 2013
- Bodemrichtlijn Nederland – Onderzoekstechnieken – UV-fluorescentiemeting