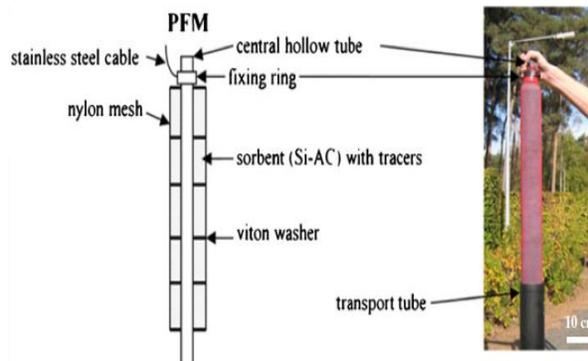


**CODES DE BONNES PRATIQUES POUR L'UTILISATION DE  
TECHNIQUES ALTERNATIVES D'INVESTIGATION DU SOL**

# PFM

## (Passive Flux Meter)



### Description de la technique

Le Passive Flux Meter (PFM) est une unité perméable insérée dans un piézomètre dans le but de mesurer les flux d'eau souterraine cumulés ainsi que les flux de contaminants. Ce dispositif fonctionne en laissant circuler passivement l'eau souterraine en son sein. Lors du passage de l'eau souterraine dans le PFM, les particules de contaminants sont interceptées de manière à pouvoir estimer la masse totale captée en fonction du temps. Simultanément, des traceurs présents dans le PFM sont relâchés au passage de l'eau souterraine permettant ainsi de calculer la masse de traceurs relâchés en fonction du temps. De cette façon, le calcul des flux d'eau souterraine est possible.

Un « flux de polluant » est défini comme la quantité, exprimé en masse, qui par unité de temps et de surface, traverse un plan de référence généralement perpendiculaire au sens de l'écoulement des eaux souterraines. La quantité de polluant traversant la surface de référence par unité de temps est décrite comme la « charge polluante ».

### INFORMATIONS GENERALES

#### 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	-
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)	-	X	-	
Solvants chlorés (VOCL, CL-éthène, Cl-éthane, aromatiques chlorés)	-	X	-	
HAP	-	-	-	
HMV (C5-C10)	-	-	-	
HM (C10-C40)	-	-	-	
ML (+Cobalt)	-	-	-	

Contaminants analysés	Matrice du sol	Eau souterraine	Phase gazeuse du sol	Remarques
Cyanures	-	-	-	
LNAPL	-	-	-	
DNAPL	-	-	-	
Autres	-	X	-	MTBE, ETBE, TAME, décane, naphthalène

### 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	Tous types de sol si présence d'eau souterraine (propriété aquifère/aquitard)
Sable	X	
Limon	X	
Gravier	X	
Tourbe	X	
Argile	X	
Grès	X	
Autres (schiste, roches métamorphiques, craies)	X	
<b>Caractéristiques hydrogéologiques</b>		
Hétérogène et perméable	X	Sol à propriétés aquifère permettant une circulation d'eau souterraine.
Hétérogène et semi-perméable	X	
Hétérogène et imperméable	-	
<b>Profondeur</b>		
Superficielle	X	Toutes profondeurs envisageables, plusieurs PFM peuvent être assemblés successivement.
1-5 m-ns	X	
5-10 m-ns	X	
10-15 m-ns	X	
>15 m-ns	X	
<b>Revêtement de sol</b>		
Pas de revêtement	X	Tous types de revêtement si on sait installer un piézomètre (Nécessité d'enlever le revêtement pour installer le piézomètre)
Maçonnerie (clinkers)	X	
Pavé	X	
Carrelage	X	
Asphalte	X	
Béton	X	
Autres	-	
<b>Espace de travail minimum</b>		
Dimensions L x h x l		Espace de travail nécessaire à l'installation d'un piézomètre.
<b>Technique applicable pour des zones contaminées de :</b>		
Petite surface (1-5 m <sup>2</sup> )	X	
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	-	-	-	
Température	-	-	-	
Conductivité hydraulique	-	-	-	
Autre(s)	-	X	-	Flux d'eau souterraine

## E. Principes – Modalités

La composition intérieure du PFM est une matrice d'absorbants hydrophobes et hydrophiles qui retiennent les contaminants organiques et / ou inorganiques dissous dans les fluides interceptés par le dispositif. La matrice est également imprégnée de quantités connues d'un ou plusieurs "traceurs résidents" solubles. Ces traceurs sont lessivés de manière proportionnelle aux flux de fluides traversant le dispositif.

Après une période définie d'exposition aux flux souterrains, le PFM est retiré du piézomètre. Ensuite, le sorbant est extrait avec précautions pour quantifier la masse de tous les contaminants interceptés par le PFM et les masses résiduelles de tous les « traceurs résidents ».

Les masses de contaminants interceptés sont utilisées pour calculer les flux de polluants cumulatifs et moyennés des contaminants. Les masses résiduelles des "traceurs résidents" sont utilisées pour calculer le flux cumulatif et moyenné de l'eau souterraine.

Les variations en flux des contaminants peuvent être mesurées en fonction de la profondeur à l'aide d'un seul PFM dont le sorbant est segmenté. Ainsi, à chaque segment, l'extraction du sorbant exposé donne la masse de « traceurs résidents » restants et la masse des contaminants interceptés à cette profondeur.

A noter qu'une gamme de traceurs à coefficients de partition différents est utilisée pour déterminer la variabilité de l'écoulement des eaux souterraines en fonction de la profondeur. L'écoulement des eaux souterraines peut varier de plusieurs ordres de grandeur en fonction de la profondeur. Ces données sont utilisées pour estimer localement les flux cumulatifs d'eau et de contaminants.

## F. Informations complémentaires

Des informations complémentaires sont fournies dans le tableau suivant :

Informations complémentaires	
Nature de la technique	Physique (échantillonnage par capture de masses) / Chimique (utilisation de fluides traceurs)
Fréquence de prises de mesures	Une seule fois après la période d'exposition qui dure entre 3 à 11 semaines. Le temps d'exposition est fonction de la vitesse d'écoulement de l'eau souterraine.
Temps d'acquisition des résultats	4 semaines après réception des PFM au laboratoire.
Présentation / visualisation des résultats	Graphiques et valeurs de concentration et de flux. Les données sont mesurées en fonction de la profondeur
Niveau d'expérience requis	Medium
Nature du résultat de la mesure	Quantitatif : Technique alternative d'investigation qui résulte en des concentrations qui quantifient directement l'état actuel de la contamination, de manières comparables aux mesures et analyses classiques.
Précision / Limite de détection / Unité de mesure	Flux de masse : $\text{mg}/\text{m}^2/\text{j}$ ; Vitesse d'écoulement : $\text{cm}/\text{j}$
Prix d'achat	+ - 1500 € (HTVA) pour un PFM de 1,5 mètre et de 5 cm de diamètre. Ce prix inclus la fabrication et l'envoi du PFM depuis les USA, les analyses en laboratoire et le rapport électronique (PDF). L'utilisateur est responsable de l'installation, de l'échantillonnage et de l'envoi du PFM au laboratoire pour l'analyse (USA)

**A. Procédure avant utilisation sur site**

1. Test de réponse et requis qualité : Lors de l'installation et de la récupération du PFM, une quantité de contaminants peut être captée et une partie des traceurs peut être lessivés au contact de l'eau souterraine et ce, avant même d'avoir atteint les profondeurs souhaitées. Dès lors, afin de quantifier la perte de traceurs et la charge de contaminants lors de l'installation/récupération du PFM, un PFM «test» doit être descendu et immédiatement remonté. Les pertes et charges mesurées seront corrélées aux valeurs mesurées par le PFM afin d'éliminer l'erreur due aux pertes de traceurs et charges de contaminants lors de l'installation/récupération.
2. Calibration : Pas d'application.
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 « PFM » n'a jamais été utilisée en Belgique.
  - ii. Législation dans d'autres régions : Non connue

**B. Description de l'opération sur le terrain*****Insertion***

1. Transport des PFM sur site en utilisant les tubes de transport en PVC.
2. Sur site, organisation des PFM pour l'installation.
3. Mettez en place un espace de travail au point d'installation en posant les PFM entre deux tréteaux.
4. Retirez les bouchons des tubes de transport en PVC.
5. Ouvrez l'accès au piézomètre.
6. Attachez le câble de récupération au sommet de chaque PFM.
7. Installez le PFM en plaçant le tube de transport au sommet de la tête du piézomètre et en utilisant des tiges pour pousser le PFM depuis le tube de transport dans le piézomètre.
8. Poussez le PFM jusqu'à la position voulue dans le piézomètre en utilisant les tiges Geoprobe tout en maintenant sous tension le câble de récupération.
9. Répétez les étapes 6 à 8 pour chaque PFM qui doit être installé dans le piézomètre.
10. Refermez l'accès au piézomètre (les câbles de récupération sont coupés de sorte à ce que 60 cm de chaque câble soient présent en dehors du piézomètre).
11. Répétez les opérations 2 à 10 pour chaque piézomètre.

***Récupération et échantillonnage***

1. Récupérez le PFM dans le piézomètre en tirant le câble qui y est attaché.
2. Le PFM est directement extrait du piézomètre dans un tube PVC de même diamètre.
3. Placez le tube sur une table et exposez le premier segment en tirant le fond du PFM.
4. Utilisez des ciseaux pour couper le filet de nylon recouvrant le premier segment et laissez couler le sorbant dans un bol.
5. Mélangez le sorbant pour homogénéiser la mixture.
6. Placez 40 ml de la mixture dans une éprouvette (volatile organic analysis (VOA)) de 40 ml contenant de l'isobutyl alcool
7. Mesurez la longueur du segment échantillonné.
8. Répétez les étapes 4 à 7 pour les segments restants du PFM.
9. Une fois tous le PFM échantillonné, placez les éprouvettes de 40 ml dans un frigobox et envoyez-le pour analyse.

### C. Procédure après l'acquisition des résultats

#### Validation des résultats

Quantitatif : Des études (voir bibliographie) ont démontré que les concentrations mesurées par des PFM sont généralement du même ordre de grandeur que les concentrations mesurées lors d'échantillonnages au sein de piézomètres classiques. Ces études peuvent servir d'arguments pour la justification de l'utilisation de PFM lors d'études de sol à Bruxelles.

Afin de vérifier l'ordre de grandeur des flux de concentration mesurés, il est conseillé de comparer les mesures avec les résultats obtenus par d'autres techniques (classiques)

#### MESURES DE SÉCURITÉ SPÉCIFIQUES À LA TECHNIQUE

Lors de la récupération du sorbant depuis le PFM, du sorbant pourrait être renversé sur le sol. Dès lors, prévoir une bâche de protection sous la zone de travail.

Afin de ne pas contaminer le PFM lors de l'installation, le port de gants en nitrile propres est requis.

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)

- Worldwide
  - EnviroFlux (USA)

##### B. Sources bibliographiques

- EnviroFlux – Published articles
- Field demonstration and evaluation of the Passive Flux Meter on a CAH groundwater plume, Verreydt et al. 2013.