



# LES ÉCHANTILLONNEURS INTÉGRATIFS PASSIFS

## OUTILS POUR LA CARACTÉRISATION DES EAUX SOUTERRAINES ET DES EAUX DE SURFACE

### DESCRIPTION DU PRINCIPE DE LA TECHNIQUE

Les échantillonneurs passifs sont des dispositifs d'échantillonnage servant, entre autres, à la caractérisation hydrodynamique ou chimique des eaux souterraines à **une profondeur donnée dans un piézomètre** (voir fiches HRSC-1 et HRSC-2). Pour la caractérisation chimique, ils permettent de **prélever les polluants sans source d'énergie extérieure et sans purge de l'ouvrage** et permettent aussi d'abaisser les coûts liés au traitement de l'eau de purge. Les prélèvements conventionnels donnent une concentration moyenne sur toute la colonne d'eau, en réalisant un prélèvement d'eau à l'aide d'une pompe après la purge de l'ouvrage, ce qui engendre des déplacements d'eau, une turbidité et peut perturber les conditions du milieu lors du prélèvement. Les **échantillonneurs passifs permettent, au contraire, un échantillonnage sans perturber le milieu** et donc d'obtenir des **concentrations plus représentatives des conditions du milieu à une profondeur donnée**.

Il existe trois catégories d'échantillonneurs passifs, à sélectionner selon l'objectif de l'étude, qui reposent sur différents principes de fonctionnement et qui fournissent différentes informations :

- **les échantillonneurs passifs instantanés (EPI)** qui permettent, à travers un échantillon d'eau instantané et sans purge, de déterminer la concentration en polluants à un instant donné et à une profondeur donnée (ponctuel).
- **les échantillonneurs passifs à l'équilibre (EPE)** qui sont basés sur la diffusion des polluants d'intérêt du milieu étudié vers le milieu d'échantillonnage durant sa période d'exposition. Ces échantillonneurs passifs permettent de déterminer la concentration en polluants représentative du

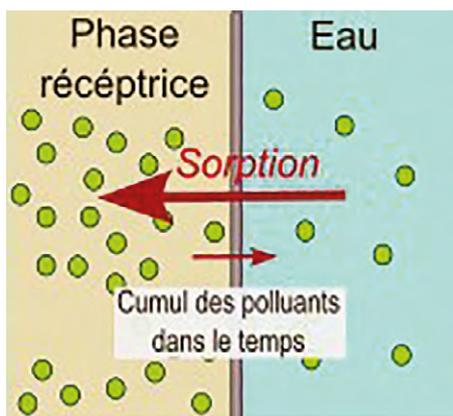
milieu à la fin de la phase d'exposition **sans prélèvement d'eau** (mesure ponctuelle, voir PASSIF-1),

- **les échantillonneurs intégratifs passifs (EIP)** qui sont basés sur la diffusion et la sorption des polluants d'intérêt sur/dans l'échantillonneur durant sa période d'exposition. Ils permettent de déterminer la concentration moyenne en polluants pendant leur durée d'exposition **sans prélèvement d'eau**.

**Cette fiche se concentre sur le cas des échantillonneurs intégratifs passifs (EIP).**

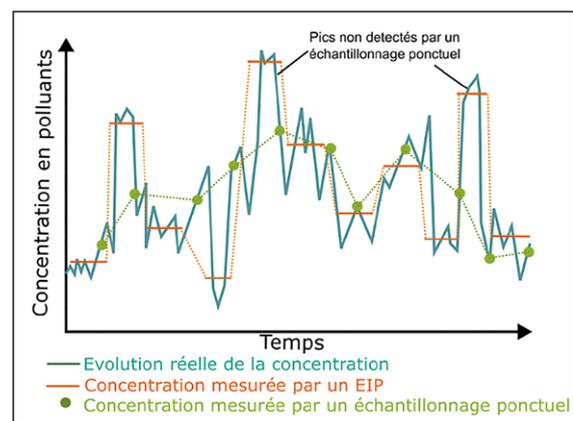
La technique des EIP repose sur l'utilisation de cartouches contenant une **phase réceptrice** permettant l'adsorption des contaminants. Cette phase réceptrice est séparée du milieu à échantillonner par une « barrière » qui limite le prélèvement à certaines familles de contaminants. Une fois la cartouche immergée, les polluants présents dans l'eau diffusent à travers cette « barrière » et viennent s'adsorber sur la phase réceptrice. Celle-ci fonctionne comme un puits en **adsorbant le composé ciblé de manière continue au cours de la période d'exposition**. En cumulant ainsi les polluants sur toute la durée d'exposition, les EIP concentrent **les polluants présents en trace dans le milieu ce qui peut favoriser la détection et la quantification des pollutions faiblement concentrées**.

Les EIP permettent l'obtention d'une **concentration en polluants moyennée sur la durée d'exposition, permettant ainsi une appréciation plus représentative des flux de polluants** durant la période de surveillance.



Principe de fonctionnement des EIP

© BRGM



© BRGM

Différence entre un échantillonnage ponctuel et intégratif passif (EIP).

# LES ÉCHANTILLONNEURS INTÉGRATIFS PASSIFS

## CONTEXTE D'UTILISATION

Les EIP permettent d'échantillonner les polluants dans les **eaux de surface et souterraines** afin de déterminer une **concentration moyenne** en polluants pendant la période d'exposition.

Les EIP sont adaptés pour la détermination du flux massique de polluants, la distribution verticale de la pollution dans les eaux souterraines ou encore la surveillance de l'évolution d'un panache dans les eaux souterraines. Ils peuvent également être mis en place hors panache, en tant que **point sentinelle ou d'alerte**.

Comme pour l'ensemble des échantillonneurs passifs, les EIP sont conçus pour **cibler spécifiquement une famille de polluants**; ils sont donc adaptés au suivi et à la surveillance des **sites ayant déjà fait l'objet d'une première caractérisation** et où la nature et les concentrations des

polluants présents sont connues pour estimer la durée d'exposition.

Déterminer la répartition verticale ou à une profondeur donnée d'une pollution dans un cours d'eau ou une nappe n'est possible qu'après avoir eu recours à une mesure des flux d'eau ou une diagraphie pour positionner correctement les EIP.

### À quelle étape ?

Les EIP peuvent être utilisés lors du **diagnostic avancé, de la dépollution des milieux et/ou de la surveillance**, en remplacement ou en complément des méthodes de prélèvement classiques afin de rechercher et mesurer spécifiquement les concentrations moyennes de certaines familles de polluants.

## POLLUANTS CONCERNÉS

Plusieurs types de polluants peuvent être recherchés selon l'EIP choisi : ETM (As, Hg, Ag, Al, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn), composés organiques polaires et apolaires (COV, COSV polaires, pharmaceutiques, phytosanitaires, composés perfluorés, HAP, dioxines). Les échantillonneurs passifs

ne peuvent pas être utilisés pour détecter des phases de flottant ou de plongeant. Il est possible **d'utiliser plusieurs types d'échantillonneurs** intégratifs passifs pour suivre simultanément plusieurs familles de polluants mais ils doivent être positionnés à différentes profondeurs.

## MATÉRIEL NÉCESSAIRE

Le matériel nécessaire se compose des **EIP (phase réceptrice) et des supports de fixation et de déploiement** pour maintenir l'EIP dans la colonne d'eau (boîtiers et plaques à trou, cage en acier inoxydable, piquets, cagettes à trous, lests, flotteurs, cordes). Pour les plus courants, l'EIP arrive prêt à l'emploi, seule une corde est à prévoir pour l'attacher. Il est préférable de privilégier des systèmes de déploiement et de fixation non métalliques pour la mesure des ETM et métalliques pour la mesure des composés organiques.

L'ensemble du matériel doit être propre pour éviter la contamination des EIP.



Exemple d'EIP de type A) POCIS, B) Chemcatcher®, C) DGT et D) SMPD avec leurs boîtiers et supports de fixation pour les ESU (voir tableau ci-dessous).

## MÉTHODOLOGIE

### Étude préalable

Le **choix de l'EIP** est à considérer avec attention et dépend :

- Des caractéristiques des ouvrages (diamètre du piézomètre),
- Des familles de **polluants ciblées**,
- De la **durée d'exposition** nécessaire à l'EIP pour que l'équilibre avec le milieu soit atteint,
- De la **disponibilité de données de calibration spécifiques** au couple polluant/EIP utilisé pour déterminer les temps d'équilibre.

### Mise en œuvre

Une connaissance *a priori* des niveaux de concentrations est requise pour connaître le temps d'exposition à appliquer afin de ne pas saturer l'adsorbant. Des **analyses classiques** peuvent ainsi être nécessaires sur le terrain.

Les EIP doivent être transportés dans leur conditionnement d'origine ou des contenants hermétiques dans une enceinte réfrigérée. Ils sont descendus aux profondeurs d'exposition définies et laissés pendant un **temps d'exposition adapté**.

La profondeur choisie doit être suffisante pour que le dispositif **reste immergé** lors de son exposition. En rivière, le support est généralement maintenu à partir de la berge ou d'un ponton, ou posé sur le sol dans un conteneur en plastique troué.

Les **durées d'exposition peuvent varier de quelques jours à 6 mois** selon l'outil et les concentrations dans le milieu. Une mesure des **paramètres physico-chimiques** du milieu (pH, température, conductivité, turbidité, oxygène dissous) peut s'avérer nécessaire au moment du déploiement et du retrait de l'EIP pour le calcul de la concentration moyenne en polluants sur la période d'exposition.

OUTILS	DESCRIPTION MILIEU (ESO : eaux souterraines. ESU : eaux de surface)	DURÉE D'EXPOSITION (selon les concentrations et les contextes)	POLLUANTS SELON LA VERSION	PRIX (Les EPE sont consommables, les supports incluent le boîtier et les fixations et sont réutilisables)
POCIS (Polar Organic Chemical Integrative Samplers)	Disque (Øint 50 ou 90 mm) de membranes microporeuses entre lesquelles se trouve une poudre absorbante + un support (anneau ou inox) - ESU, ESO	10-30 j	Organiques polaires : COV, COSV polaires, pharmaceutiques, phytosanitaires, composés perfluorés.	EIP : 33-50 € Supports réutilisables : 50-300 €
Chemcatcher®	Boîtier en PTFE (62 mm x 16 mm) contenant un disque de phase réceptrice entourée d'un polymère poreux et d'une membrane de diffusion. - ESU	7-30 j	Herbicides, HAP, PCB, pharmaceutiques, PFOS, PFOA, Cd, Cu, Ni, Pb et Zn.	EIP : 27-215 € Supports réutilisables : 50-900 €
SPMD (Semi-permeable membrane device)	Bande de polyéthylène basse densité (91,4 cm x 2,5 cm x 50 µm) remplie de trioléine et fermée par des extrémités hydrophobes. - ESU, ESO	10-30 j	Organiques hydrophobes : HAP, PCB, pesticides, dioxines, COSV, COV	EIP : 30-50 € Supports réutilisables : 250 €
DGT (Diffusive Gradient in Thin films)	Boîtier en PTFE (4,0 cm x 2,5 cm x 2,0 cm) contenant un disque de résine réceptrice associée à un gel diffusif et une membrane filtrante. - ESU	Qq. jours à 20 j	ETM : As, Hg, Ag, Al, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn.	EIP : 15-20 € Supports réutilisables : 20 €
Membrane silicone (SR)	Languette de silicone hydrophobe de taille variable. - ESU, ESO	14 j	Organiques apolaires : HAP, PCB, pesticides hydrophobes.	EIP : 20-40 € Supports réutilisables : 250 €
Sorbicells	Cartouches de polypropylène (75 mm x 11 mm) remplies d'une résine absorbante et de sel traceur, placées sur un tuyau. - ESU, ESO	7 j à 6 mois	Nitrates, phosphates, pesticides, COV, COV chlorés, ETM, BTEX.	EIP : 50 € Supports réutilisables : 220 €
Dosimètres en céramique	Tube de céramique (5 cm x 1 cm) rempli avec un matériau absorbant solide, fermé par des capsules en PTFE. - ESO, ESU	14 j à 1 an (selon concentrations et objectifs)	HAP, BTEX, COHV, alkylnaphtalènes	EIP : 60 € avec analyse
Échantillonneurs AGI (anciennement Gore Sorber Module)	Matériaux adsorbants remplissant un tube plat en Gore-Tex. - ESO, ESU	10 min à 14 j	BTEX, MTBE, HAP, COV, COSV	200 à 300 € comprenant la fourniture de l'EIP et l'analyse, en fonction des composés
iFlux® sampler	2 cartouches (flux d'eau et flux de polluants) (15 cm) de diamètre adapté à l'ouvrage et remplies d'un adsorbant spécifique aux molécules ciblées. - ESO	7 j à 3 mois	VOC, HAP, COHV, HCT, MTBE, Chlorobenzènes, PCB, dioxane, PFAS, Hg, As, Cd, Zn, Cr, Pb, Nitrates, sulfates.	Prestation intégrant l'EIP, les supports, l'analyse et l'interprétation des résultats (500 €)

*Caractéristiques des EIP disponibles sur le marché.*

La **connaissance des flux verticaux** naturels ou des différences de charges (horizons plus ou moins productifs) dans les ouvrages est également nécessaire pour évaluer la représentativité des concentrations mesurées. Ils peuvent être mesurés à l'aide d'un flowmètre.

Les EIP sont récupérés à la fin de la période d'exposition, rincés avec l'eau du site, stockés dans un emballage propre individuel et hermétique puis **transportés dans une enceinte réfrigérée** jusqu'au laboratoire.

### Analyse des résultats

Le transfert du polluant depuis l'eau vers la phase réceptrice de l'EIP est **linéairement proportionnel** à la **différence d'activité chimique** du composé entre l'eau et la phase réceptrice. La masse de polluants adsorbée ( $m_p$ ) sur la phase réceptrice à la fin de la période d'exposition permet de **déterminer la concentration moyenne en polluants** ( $C_{moy}$ ) du milieu **durant la période d'immersion** ( $t$ ) :

$$C_{moy} = \frac{m_p}{R_e * t}$$

$R_e$  est une **valeur de référence** correspondant au taux d'échantillonnage (volume d'eau épuré par l'EIP par unité de temps) fournie par le constructeur ou déterminée **en laboratoire le couple EIP/ polluant**.

La phase réceptrice est éluée pour en extraire les polluants. L'éluat est ensuite analysé par techniques classiques d'analyse des eaux par le laboratoire d'analyses.

### Points de vigilance :

- Une connaissance de l'hydrogéologie locale et des ouvrages est nécessaire pour positionner correctement les EIP. Pour les ESO, les outils doivent être positionnés devant les zones crépinées.
- Les conditions du milieu (flux, température, salinité, biofilms) peuvent influencer l'accumulation des polluants dans l'EIP. Dans une rivière, l'envasement de l'EIP et la formation de biofilms peuvent altérer la performance des outils.
- Dans certains cas particuliers, les données de calibration ne sont pas toujours disponibles pour les durées de déploiement requises.

## AVANTAGES – INCONVÉNIENTS – MATURITÉ DE LA TECHNIQUE

### AVANTAGES

#### Polluants

- Différentes techniques applicables selon les polluants,
- Détection de substances présentes en trace,
- Appréciation plus représentative des flux de polluants,

#### Mise en œuvre

- Facilité de déploiement et de récupération,
- Peu coûteux,
- Pas de limite de profondeur,
- Contaminations croisées évitées,

#### Résultats d'interprétation

- Mesure intégrative : meilleure représentativité temporelle de la pollution,
- Répétabilité des résultats améliorée,
- Possibilité d'obtenir des profils de concentrations.

### INCONVÉNIENTS

#### Échantillonnage

- Nécessite deux déplacements sur le terrain (pose et reprise),
- Temps de déploiement parfois long,

#### Polluants

- Pas de technique applicable pour tous les types de polluants,

#### Résultats d'interprétation

- Influence des conditions du milieu sur l'accumulation des polluants (flux, température, biofilm) ;
- Nécessité de disposer des données de calibration spécifiques à chaque couple polluant/EIP et des flux d'eau,
- Nécessité de réaliser des répliquats d'échantillonnage et d'analyse,
- Nombre limité de fournisseurs.

### MATURITÉ DE LA TECHNIQUE



Ces techniques, toujours en développement, sont largement utilisées pour la recherche mais encore peu utilisées dans le contexte des sites pollués. Plusieurs projets ont démontré les capacités et le type de résultats obtenus avec les différents outils.

## DÉLAIS DE MISE EN ŒUVRE

Les EIP doivent être commandés à des fournisseurs spécifiques en tenant compte de leur délai d'approvisionnement.

La phase de déploiement est rapide. Il faut compter moins de 30 minutes pour la préparation, la pose et le retrait de l'EIP. La durée d'immersion est importante (de quelques jours

à 6 mois). L'ensemble des adsorbants est ensuite envoyé au laboratoire pour analyse avec un résultat obtenu sous une à deux semaines (parfois un mois si l'interprétation est comprise). La durée de la phase d'interprétation dépend de la méthode mais ne dure que quelques jours.

### PHASE

### INVESTIGATIONS

### ANALYSE ET TRAITEMENT

Délai associé

⌚ ⌚ ⌚ > ⌚ ⌚ ⌚

⌚ ⌚ ⌚ > ⌚ ⌚ ⌚

⌚ : jour / ⌚⌚ : semaine / ⌚⌚⌚ : mois

## ÉLÉMENTS DE COÛTS

Les coûts de l'échantillonnage sont variables selon l'outil. Il faut compter entre 20 et 50 € pour l'achat de l'EIP et jusqu'à 300 € pour l'achat du matériel de fixation réutilisable. Le coût d'achat comprend souvent l'EIP et l'analyse. Le coût d'une

analyse et du traitement des résultats en laboratoire est du même ordre de grandeur que pour l'analyse de prélèvements classiques d'eau et varie de 10 € à 500 € selon l'outil et les familles de polluants ciblés.

### PHASE

### INVESTIGATIONS

### TRAITEMENT

Coût associé

€€€ > €€€

€€€ > €€€

€ < 100 € / €€ < 1000 € / €€€ > 1000 €

## POUR EN SAVOIR PLUS – RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

[1] [Rapport AQUAREF- Surveillance prospective – évaluation de la pertinence des échantillonneurs intégratifs passifs \(EIP\) pour la surveillance réglementaire des milieux aquatiques – 2020.](#)

[2] [Rapport ADEME - Mode Opérateur pour l'utilisation d'échantillonneurs passifs - Projet ATTENA – Phase 2 - 2013](#)

[3] [Espace documentaire internet sur les échantillonneurs intégratifs passifs - Aquaref](#)

[4] [Rapports ADEME – Projet PassCityChlor 2014 et Projet Metrocap 2011](#)