

ÉCHANTILLONNEURS PASSIFS INSTANTANÉS

OUTILS POUR LA CARACTÉRISATION DES EAUX SOUTERRAINES

DESCRIPTION DU PRINCIPE DE LA TECHNIQUE

Les échantillonneurs passifs sont des dispositifs d'échantillonnage servant 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 donc d'abaisser les coûts de prélevement en s'affranchissant du coût de traitement de l'eau de purge. Les prélevements conventionnels donnent une concentration moyenne sur toute la colonne d'eau, en réalisant un prélevement 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 prélevement. 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 (résultat 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 prélevement d'eau**.

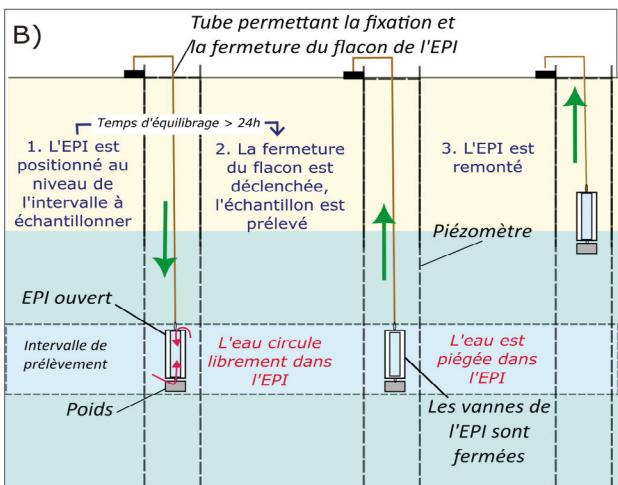
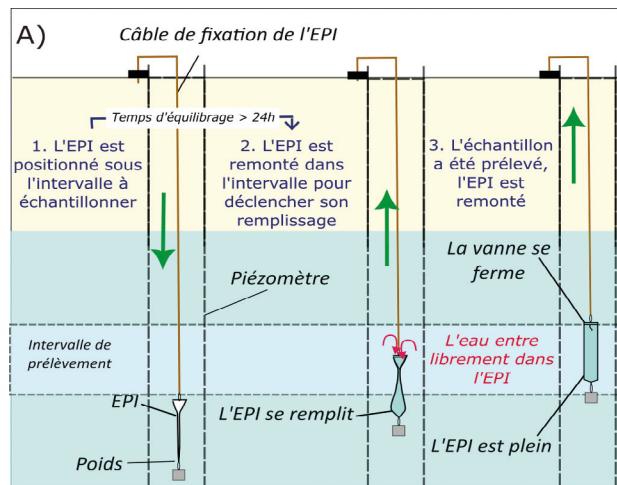
• **les échantillonneurs intégratifs passifs (EIP)** qui sont basés sur la diffusion et la sorption des polluants d'intérêt sur/dans l'échantillonneur durant sa période d'exposition. Ils permettent de déterminer la concentration moyenne en polluants pendant leur durée d'exposition **sans prélevement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

Cette fiche se concentre sur le cas des échantillonneurs passifs instantanés (EPI).

Les EPI se composent d'un contenant conçu pour être déployé dans un piézomètre **à une profondeur donnée** et dont le remplissage est **instantanément** déclenché depuis la surface.

L'agitation lors de l'installation de l'EPI peut entraîner une turbidité du milieu. Les EPI doivent donc être **laissés en place dans le piézomètre pendant au moins 24h** pour permettre aux conditions hydrodynamiques du milieu de revenir à un état d'équilibre. Ce **temps d'équilibrage** permet de prélever des **échantillons d'eau représentatifs des conditions du milieu**, sans turbidité. Une fois cette période d'équilibrage atteinte, **l'ouverture de l'EPI peut être déclenchée**, permettant l'échantillonnage **d'un volume précis d'eau sans mouvement ni perturbation du milieu**. Le transfert de l'eau se fait en quelques secondes, de manière libre depuis l'environnement vers le système de collecte de l'échantillonneur.

Les EPI peuvent donner plusieurs types d'informations selon leur contexte d'application : connaître la concentration ponctuelle d'un ou plusieurs polluants ou déterminer les paramètres physico-chimiques du milieu dans le piézomètre au moment et à la profondeur de la prise d'échantillon, ou dresser des profils verticaux de concentration (si plusieurs EPI sont déployés simultanément à différentes profondeurs).



Principe de fonctionnement des EPI de type A) HydraSleeve® et B) Snap sampler

ÉCHANTILLONNEURS PASSIFS INSTANTANÉS

CONTEXTE D'UTILISATION

Contrairement aux autres échantillonneurs passifs, les EPI ne sont pas conçus pour cibler spécifiquement une famille de substances, mais pour prélever un échantillon d'eau brute. Les EPI sont donc adaptés pour **l'échantillonnage ponctuel des eaux souterraines** dans le but de déterminer la **concentration des substances en présence ou les propriétés physico-chimiques** (pH, potentiel d'oxydo-réduction, température, teneur en oxygène ou en carbone organique dissout, conductivité, teneurs en nutriments, cations et anions majeurs, etc.) du milieu à **un instant et à une profondeur donnée**.

Les EPI peuvent être utilisés dans la plupart des piézomètres dont le diamètre est supérieur ou égal à 4 cm (5 cm pour certains modèles) quelle que soit la profondeur ciblée. Contrairement aux méthodes classiques de prélèvement, certains EPI sont conçus pour pouvoir être utilisés **dans des piézomètres à faible rendement**, ou ayant de **faibles hauteurs de colonnes d'eau** ou

de courtes crêpines. Ainsi, il existe une large gamme de taille d'EPI (de 76 à 100 cm de long) permettant de prélever différents volumes d'eau (de 40 à 4000 mL) et s'adaptant à différentes hauteurs de colonnes d'eau.

L'utilisation de ces dispositifs est déconseillée en présence d'**hydrocarbures flottants (LNAPL)** en raison du risque d'échantillonner une émulsion eau/LNAPL, ce qui rendrait le résultat difficile à interpréter.

À quelle étape ?

Les EPI peuvent être utilisés en remplacement ou en complément des méthodes de prélèvements classiques lors du **diagnostic avancé**, la **surveillance à court ou à long terme** et/ou **lors de la dépollution** afin de rechercher ou suivre ponctuellement la concentration des substances ou polluants présents ou l'évolution des paramètres physico-chimiques du milieu.

POLLUANTS CONCERNÉS

Les EPI peuvent être utilisés pour le suivi **de tous les types de substances en phase dissoute** puisqu'ils permettent de prélever un échantillon d'eau total (ex : COV, COHV, COSV, BTEX, PCB, métaux, pesticides, éléments en traces métalliques, résidus d'explosifs (ex. : perchlorates), anions et cations majeurs, sulfures, nutriments, gaz, et carbone organique

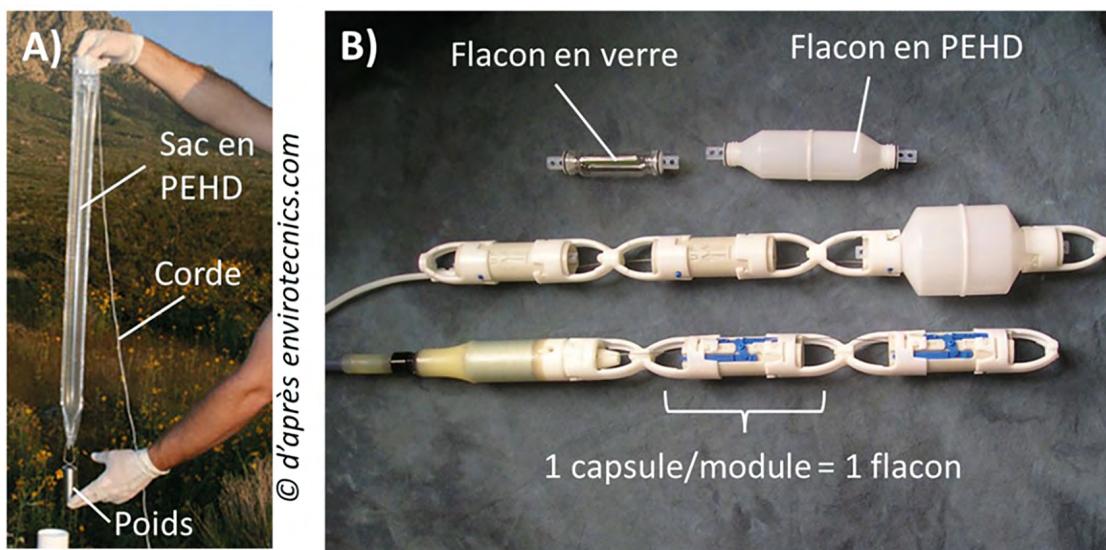
dissous [1, 2]). Il est cependant déconseillé d'utiliser les EPI pour l'échantillonnage en vu de la recherche de microplastiques en raison du risque de contamination croisée avec le polyéthylène haute densité (PEHD) ou basse densité (PEBD) qui composent les EPI et leur corde parfois en plastique.

MATÉRIEL NÉCESSAIRE

Le matériel nécessaire se compose de l'EPI qui inclut :

- le récipient (sac ou bouteille) servant à collecter l'échantillon,
- les supports de fixation (corde et poids) permettant le maintien dans la colonne d'eau de l'EPI à la profondeur souhaitée,
- le système permettant l'ouverture/fermeture à distance du récipient permettant l'échantillonnage instantané de l'eau.

Pour les EPI de type « snap sampler », le dispositif est entièrement réutilisable. Pour les EPI de type HydraSleeve®, le récipient et le tube de déversement servant à transvaser l'échantillon dans un flacon sont à usage unique et seul le système de fixation est réutilisable.



Exemple d'EPI de type A) HydraSleeve® et B) « Snap sampler ».

MÉTHODOLOGIE

Étude préalable

Si l'objectif est de déterminer les propriétés physico-chimiques ou les concentrations en polluants du milieu à une ou plusieurs profondeurs données, la **connaissance en amont de l'utilisation de l'EPI de l'existence de flux verticaux** naturels ou des différences de charge (horizons plus ou moins productifs) dans les ouvrages est indispensable pour évaluer la représentativité des concentrations mesurées aux profondeurs ciblées. Ces flux peuvent être mesurés à l'aide d'un

flowmètre. Le positionnement des EPI doit tenir compte des caractéristiques des substances et des objectifs ciblés.

Il existe plusieurs types et différentes tailles d'EPI (plusieurs contenances). Le **choix de l'EPI** est dépendant :

- des caractéristiques des ouvrages : diamètre du piézomètre, longueur de la zone crépinée, hauteur d'eau,
- du volume d'eau à échantillonner pour la réalisation des analyses ciblées,
- de la profondeur du prélèvement à réaliser.

Outils	Description	Volume prélevé	Paramètres ciblés	Avantages	Limites	Prix
Préleveurs « snap samplers »	L'EPI se compose d'une ou plusieurs capsules de taille variable renfermant chacune une bouteille en verre ou en PEHD. L'EPI est suspendu par un tube de polyéthylène dans lequel se trouve un câble relié au système permettant de déclencher la fermeture des bouteilles.	40, 125, 250 ou 350 mL.	Paramètres physico-chimiques : pH, oxygène dissout, température, anions, cations majeurs, etc. Tous les polluants sauf les microplastiques (risque de contamination croisée avec les capsules).	Ne nécessite pas de transfert d'échantillon (les bouteilles de l'EPI sont directement envoyées au laboratoire). Prélève dans des piézomètres à faible rendement ou faible hauteur d'eau. Supports réutilisables. Jusqu'à 6 modules peuvent être connectés à la suite et déployés simultanément.	Mise en place dans des piézomètres de diamètre > 5 cm (voir 10 cm pour un volume de 350 mL).	EPI + support de fixation (Réutilisable) : de 150 à 200 €.
Hydrasleeve®	Sac en PEBD ou PEHD de diamètre et de longueur variables comportant une soupape à lames auto-obturantes à l'extrémité supérieure. L'EPI est maintenu dans la colonne d'eau par une corde et des poids en acier inoxydable. La pression hydrostatique maintient le dispositif fermé jusqu'à ce qu'il soit tiré vers le haut lors de sa récupération. L'échantillon est alors prélevé instantanément.	De 80 mL à 4000 mL.	Suivi des caractéristiques physico-chimiques. Tous les polluants sauf les polluants volatils et les microplastiques (risque de contamination croisée avec les sacs).	EPI jetable : pas de décontamination / nettoyage nécessaire. Permet d'échantillonner de grands volumes d'eau. Plusieurs HydraSleeve peuvent être suspendus au même câble et déployés simultanément.	Mise en place dans des piézomètres d'eau moins 1,5 à 4 cm de diamètre selon le volume choisi. Ne permet pas de prélever le fond du piézomètre en cas de très faible hauteur d'eau. EPI non réutilisable. Exposition à l'air ambiant de l'échantillon (ne convient pas aux polluants volatils).	EPI (jetable) : 20 à 50 € Support de fixation réutilisable : 20 à 40 €.

PEHD : polyéthylène haute densité. PEBD : Polyéthylène basse densité.

Caractéristiques des principaux EPI disponibles sur le marché.

Mise en œuvre

La profondeur choisie doit être suffisante pour que le dispositif **soit immersé**. Comme indiqué précédemment, les EPI doivent être déployés dans le milieu, puis laissés en place pendant un **temps d'équilibrage d'au moins 24 h** pour permettre aux conditions du milieu de revenir à leur état d'équilibre avant de déclencher le prélèvement.

HydraSleeve® : l'EPI est descendu dans la colonne d'eau lentement et progressivement pour limiter les perturbations du milieu jusqu'à ce que la partie supérieure de l'EPI arrive en dessous de l'intervalle à prélever. Au moment voulu, le câble de l'HydraSleeve est alors tiré rapidement vers le haut à travers la zone à échantillonner pour déclencher le prélèvement. Lorsque le sac de l'EPI est plein, sa valve se ferme automatiquement, scellant l'échantillon et empêchant l'entrée d'eau des zones sus-jacentes lors de la remontée de l'outil. Avant d'être **transporté dans une enceinte réfrigérée** jusqu'au laboratoire pour analyse, l'échantillon prélevé doit être percé, parfois filtré (ex : analyse des ETM) et transvasé dans un flacon à l'aide du tube de

décharge jetable fourni avec l'EPI (risque de perdre des polluants volatils lors du transfert).

Snap sampler : l'EPI doit être positionné au niveau de l'intervalle à échantillonner. Au moment souhaité, le système de déclenchement est activé pour libérer le mécanisme de fermeture du flacon, scellant l'échantillon d'eau *in situ*. Le dispositif d'échantillonnage peut alors être retiré du piézomètre. L'échantillon prélevé peut être directement **transporté dans le récipient de l'EPI** (pas d'exposition de l'échantillon à l'air ambiant) **dans une enceinte réfrigérée** jusqu'au laboratoire.

Plusieurs EPI de même ou de différentes contenances peuvent être déployés sur la même corde de déploiement les uns à la suite des autres pour prélever simultanément à différentes profondeurs.

Analyse des résultats

L'analyse est gérée de la même façon qu'un échantillon d'eau classique (ICP-ME, AES, AA, ICP/MS, LC/MS ou GC/MS selon les polluants ciblés).



Points de vigilance

- Une bonne connaissance de l'hydrogéologie locale et des ouvrages est nécessaire pour positionner correctement les EPI :

les outils doivent être positionnés en conséquence pendant la phase d'équilibration avec le milieu.

AVANTAGES – INCONVÉNIENTS – MATURITÉ DE LA TECHNIQUE

AVANTAGES

Polluants

- Permet l'échantillonnage et le suivi d'une grande variété de substances et polluants.

Mise en œuvre

- Facile à déployer et à récupérer,
- Certains EPI sont réutilisables et facile à nettoyer,
- Peuvent être déployés dans la plupart des piézomètres sans limites de profondeur,
- Pas d'équipement supplémentaire ni de source d'énergie nécessaire.

Résultats d'interprétation

- Réduit la variabilité de l'échantillonnage (pas de perturbation de la colonne d'eau lors de l'échantillonnage),
- Possibilité d'échantillonner des intervalles de profondeur distinctes et d'obtenir des profils verticaux des contaminants ou des propriétés physico-chimiques du milieu.

INCONVÉNIENTS

Polluants

- Ne convient pas à l'échantillonnage des microplastiques,
- Les HydraSleeves® sont moins adaptés à l'échantillonnage des polluants volatils.

Mise en œuvre

- Nombre limité de fournisseurs,
- Certains EPI nécessitent des diamètres de piézomètre \geq 5 cm.

Échantillonnage

- Nécessite deux déplacements sur le terrain (pose et reprise),
- Ces outils ne peuvent pas être déployés si le volume de la colonne d'eau dans la zone visée est inférieure au volume de l'EPI et/ ou si la hauteur de l'EPI est supérieure à la discréttisation verticale recherchée.

MATURITÉ DE LA TECHNIQUE



R&D aboutie, indicateurs développés, technique utilisée sur le terrain

Ces techniques sont matures et largement utilisées pour la recherche, mais encore peu utilisées dans le contexte des sites et sols pollués.

DÉLAIS DE MISE EN ŒUVRE

La phase de déploiement est rapide. Il faut compter moins de 30 minutes pour la préparation, la pose et le retrait de l'EPI. Ces outils demandent une durée d'immersion d'au moins 24h. L'échantillon d'eau prélevé est envoyé au laboratoire pour analyse avec un résultat obtenu sous une à deux semaines. Comme pour l'analyse des échantillons d'eau classiques, la durée de la phase d'interprétation des résultats dépend de la méthode d'analyse retenue et des paramètres ciblés, mais ne dure généralement que quelques jours.

PHASE INVESTIGATIONS ANALYSE ET TRAITEMENT

Délai associé	$\square > \square \square$	$\square > \square \square$
---------------	-----------------------------	-----------------------------

\square : jour / $\square \square$: semaine / $\square \square \square$: mois

ÉLÉMENTS DE COÛTS

Les coûts de l'échantillonnage sont variables selon l'outil. Il faut compter entre 40 et 200 € pour l'achat de l'EPI et du matériel de fixation. Le coût d'une analyse et du traitement des résultats en laboratoire est le même que pour les prélèvements classiques d'eau et varie de 10 € à 500 € selon la méthode d'analyse, les paramètres et les familles de polluants ciblés.

PHASE INVESTIGATIONS ANALYSE ET TRAITEMENT

Cout associé	$\mathbb{E} > \mathbb{E} \mathbb{E}$	$\mathbb{E} > \mathbb{E} \mathbb{E}$
--------------	--------------------------------------	--------------------------------------

$\mathbb{E} < 100 \mathbb{E}$ / $\mathbb{E} \mathbb{E} < 1000 \mathbb{E}$ / $\mathbb{E} \mathbb{E} \mathbb{E} > 1000 \mathbb{E}$

POUR EN SAVOIR PLUS - RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

[1] Rapport ADEME - Mesure de la qualité des eaux souterraines à l'aide d'échantilleurs passifs dans le contexte des sites pollués - Projet PassCityChlor - 2014
[2] Rapport ADEME - Synthèse bibliographique relative aux capteurs passifs utilisés pour la mesure de la qualité des eaux souterraines - Projet Metrocap - 2011