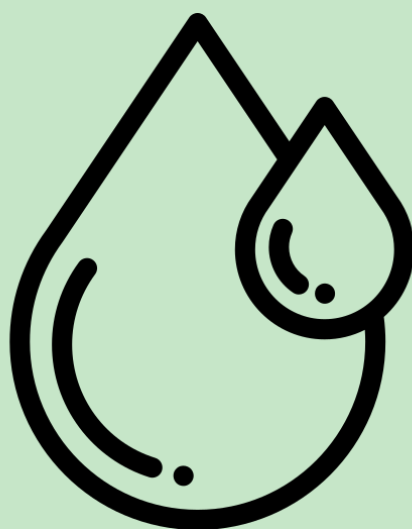


Échantillonnage passif des substances per- et polyfluoroalkyliques (PFAS) dans l'eau Méthodologie et procédure



REMERCIEMENTS

Ce document a été préparé par :

Cette procédure opérationnelle standard (SOP) a été élaborée dans le cadre du programme financé par le Fonds pour l'environnement mondial (FEM) intitulé « Programme mondial de surveillance des produits chimiques à l'appui de la mise en œuvre des conventions de Stockholm et de Minamata » (GCMP) (identifiant FEM 11534), y compris ses projets d'envergure mondiale et régionale. Afin de faciliter une surveillance harmonisée des polluants organiques persistants (POP) et du mercure dans le cadre du GCMP, une série de SOP a été mise au point. Ces SOP couvrent les matrices principales que sont l'air, le lait maternel et l'eau pour les POP, et l'air pour le mercure.

Procédure de déploiement d'échantillonnage développée par l'Université du Queensland et adaptée par l'Unité science et politique des produits chimiques, Branche des produits chimiques et de la santé, Division Industrie et Économie, Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE), en collaboration avec l'Université du Queensland.

Mise en page et design graphique : Unité Science et politique des produits chimiques.



LISTE DES ACRONYMES

FEM	Fonds pour l'Environnement Mondial
GCMP	Programme mondial de surveillance des produits chimiques
GMP	Plan mondial de suivi dans le cadre de la Convention de Stockholm
ID	Identification
ISO	Organisation internationale de normalisation
MPT	Tubes microporeux en polyéthylène
PFAS	Substances perfluoroalkyles et polyfluoroalkyles
POP	Polluants organiques persistants
SOP	Procédure opérationnelle standard
PNUE	Programme des Nations Unies pour l'Environnement

TABLE DES MATIÈRES

Remerciements	2
Liste des Acronymes	3
Liste des Figures	5
Liste des Tableaux	5
1. INTRODUCTION	6
1.1. Échantillonneurs passifs d'eau à tubes microporeux en polyéthylène (MPT)	6
2. ÉCHANTILLONNAGE : CONSIDÉRATIONS CONCERNANT L'EMPLACEMENT ET LE MATÉRIEL	7
2.1. Emplacement d'échantillonnage	7
2.2. Périodes et fréquence d'échantillonnage	8
2.3. Matériel	8
2.4. Instructions de déploiement des échantillonneurs	10
2.5. Instructions de récupération des échantillonneurs	12
2.6. Identification des échantillonneurs	12
3. STOCKAGE, EMBALLAGE ET EXPÉDITION	13
4. DOCUMENTATION	14
5. RÉFÉRENCES	15

LISTE DES FIGURES

<i>Figure 1. Schéma de l'échantillonneur passif MPT.</i>	<i>9</i>
<i>Figure 2. Schéma de déploiement montrant la corde et la chaîne avec des échantillonneurs passifs MPT attachés..</i>	<i>11</i>
<i>Figure 3. Échantillonneurs passifs MPT déployés</i>	<i>11</i>

LISTE DES TABLEAUX

<i>Tableau 1. Calendrier d'échantillonnage saisonnier</i>	<i>8</i>
---	----------

1. INTRODUCTION

L'eau a été identifiée comme une matrice clé dans le cadre du Plan mondial de surveillance (GMP) de la Convention de Stockholm, en particulier pour les polluants organiques persistants fluorurés (POP), à savoir les substances per- et polyfluoroalkyles (PFAS), sur la base de preuves qu'elle sert de principal moyen de transport de ces substances chimiques dans l'environnement. Cette désignation repose sur des éléments probants indiquant que l'eau constitue un vecteur majeur de transport de ces substances dans l'environnement.

Le sulfonate de perfluorooctane (PFOS), l'acide perfluorooctanoïque (PFOA), l'acide perfluorohexanesulfonique (PFHxS) et les perfluorocarboxylates à longue chaîne (acides perfluorocarboxyliques à longue chaîne C9-C18 (LC-PFCA)) sont réputés pour leur solubilité relativement élevée dans l'eau, notamment comparés à leurs analogues neutres. Par conséquent, ces substances sont recommandées pour un suivi dans l'eau en tant que matrice centrale dans le cadre de la Convention de Stockholm (Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE) et Secrétariat de Stockholm (2025)).

Cette procédure opérationnelle standard (SOP) fournit des orientations pratiques pour la surveillance des PFAS dans l'eau par échantillonnage passif, afin de soutenir le Programme mondial de surveillance des produits chimiques (GCMP) et ses projets enfants dans différentes régions de l'ONU. Le programme comprend six projets enfants impliquant des pays participants en Afrique, en Asie et dans les îles du Pacifique, ainsi qu'en Amérique latine et dans les Caraïbes, avec un soutien financier du Fonds pour l'Environnement Mondial (FEM).

1.1. Échantillonneurs passifs d'eau à tubes microporeux en polyéthylène (MPT)

L'échantillonnage passif des PFAS anioniques est possible avec des échantillonneurs passifs à tubes microporeux en polyéthylène (MPT) calibrés pour l'échantillonnage des PFAS (Kaserzon et al. 2019 ; Gardiner et al. 2022). Ces échantillonneurs ont été testés pour échantillonner des PFAS dans l'eau dans des conditions variables, telles que le temps de déploiement, la température de l'eau et la vitesse d'écoulement (Dunn et al. 2023).

L'échantillonnage passif offre l'avantage de mesures de concentration moyennes dans le temps sur plusieurs semaines, réduisant ainsi l'impact des événements épisodiques (par exemple, conditions météorologiques extrêmes, déversements ou rejets industriels), en plus d'offrir des limites de détection relativement basses, d'être rentable et de permettre un déploiement flexible et simple (Kaserzon et al. 2019). Comparée à l'échantillonnage d'eau par saisie, cette méthode réduit également les coûts d'expédition et évite les restrictions d'importation/exportation sur les échantillons d'eau naturelle (PNUE 2021).

2. ÉCHANTILLONNAGE : CONSIDÉRATIONS CONCERNANT L'EMPLACEMENT ET LE MATÉRIEL

Pour l'échantillonnage au niveau national, un document d'orientation a été élaboré définissant les exigences recommandées pour la sélection des sites d'échantillonnage et l'analyse des PFAS dans l'eau (Weiss et al. 2015). Le document d'orientation recommande un prélèvement actif (c'est-à-dire par saisie), à des emplacements intégratifs définis, souvent à l'embouchure de grandes rivières ou estuaires. Cependant, pour des raisons intégrées dans le temps, l'échantillonnage passif utilisant un système à cadre ouvert est une option plus adaptée. Les échantillonneurs passifs pour les PFAS, tels que les échantillonneurs passifs MPT, sont une technologie développée par l'Université du Queensland, Australie (Kaserzon et al. 2019).

2.1. Emplacement d'échantillonnage

Les sites d'échantillonnage d'eau doivent être situés suffisamment loin des centres urbains, des ports, des apports industriels en eaux usées et d'autres sources directes de POP (en particulier PFAS) afin de garantir que les concentrations mesurées représentent une zone plus large autour du site (PNUE 2025). Le rapport d'échantillonnage doit inclure des coordonnées GPS, des photos des sites d'échantillonnage, ainsi qu'une image satellite (par exemple provenant de Google Maps ou d'une carte web équivalente) pour documenter le lieu d'échantillonnage sélectionné et son environnement immédiat.

Une étude antérieure sur la surveillance des PFAS en eaux de surface, basée sur une enquête menée dans 22 pays en développement (Baabish et al. 2021), fournit des conseils précieux et peut servir de référence. Les recommandations importantes concernant la fréquence d'échantillonnage des PFAS et la sélection de la période d'échantillonnage sont les suivantes :

- a. Échantillonner sur le site sélectionné deux fois par an (en utilisant mêmes site et méthode) ;
- b. Déterminer soigneusement les occasions d'échantillonnage en fonction des conditions optimales, de préférence cohérentes entre les années (par exemple, pendant les périodes de hautes-eaux et de basses-eaux), évitant les conditions de sécheresse ou de gel.

Idéalement, les boîtiers passifs des échantillonneurs (Figure 1) devraient être déployés dans les eaux ouvertes des lacs, avec un accès au site d'échantillonnage par bateau autant que possible. If this is not feasible, deployment in river waters is also acceptable. Si cela n'est pas faisable, le déploiement dans les eaux fluviales est également acceptable. Positionner l'équipement à l'écart du rivage réduit la probabilité d'interférences du public et permet de garantir que le lieu d'échantillonnage reste éloigné des sources de contamination directe.

Si le déploiement est fait le long du rivage, un quai ou une jetée doit être utilisé pour s'assurer que l'échantillonneur soit positionné le plus loin possible dans l'eau. Des mesures appropriées doivent être prises pour minimiser le risque de vandalisme ou de vol (par exemple en cachant, en camouflant, en utilisant des zones sécurisées ou des serrures).

Enfin, selon les recommandations énoncées dans le document de guidance sur l'eau (Weiss et al. 2015), le lieu d'échantillonnage doit être choisi en tenant compte des caractéristiques clés suivantes

- L'emplacement doit être en eaux ouvertes du lac, à l'embouchure d'une rivière ou d'un estuaire plus grand
- Il doit être facilement accessible, par exemple depuis la limite du plan d'eau, par bateau ou depuis un pont

2.2. Périodes et fréquence d'échantillonnage

Le temps d'exposition (ou de déploiement) pour chaque période d'échantillonnage est de six mois. Il y aura deux périodes d'échantillonnage par an, ce qui donne une durée totale d'échantillonnage de deux ans.

Tous les pays participants doivent, lorsque possible, déployer des échantillonneurs aux mêmes dates, comme spécifié dans le formulaire d'information.

Des périodes de déploiement de six mois dans des eaux stagnantes ou à faible débit peuvent favoriser le biofouling, ce qui peut réduire les taux d'absorption des échantillonneurs et potentiellement entraîner une sous-estimation de l'accumulation de PFAS. Dans de tels cas, il est recommandé de mettre en place des mesures d'atténuation du bioencrassement, telles que la vérification de l'efficacité des cages de protection ou la réalisation d'inspections périodiques.

Au cours de chaque période d'échantillonnage, un ensemble d'échantillonneurs sera déployé pendant six mois. Chaque ensemble d'échantillonneurs comprend deux MPT et un échantillon vide (Blank). Les échantillonneurs seront déployés selon le calendrier d'échantillonnage proposé :

Tableau 1. Calendrier d'échantillonnage saisonnier sur deux années d'échantillonnage.

Periodes	Première année d'échantillonnage 2027	Deuxième année d'échantillonnage 2028
1 st Periode	Début janvier à début juillet 2027	Début janvier à début juillet 2028
2 nd Periode	Début juillet 2027 à début janvier 2028	Début juillet 2028 à début janvier 2029

2.3. Matériel

Liste des pièces qui composent le kit d'échantillonnage :

1. Conteneur/sac glacière avec équipement de déploiement (conteneur de déploiement).
2. Dispositifs microporeux d'échantillonneurs passifs en polyéthylène (MPT) (au moins 2 répliques par site de déploiement)
3. Echantillonnage passifs MPT vierge (Blank) (un par site chaque année d'échantillonnage).
4. Chaîne ou poids de pêche.

5. Chaînes en acier inoxydable, ou cordes sans PFAS (par exemple polypropylène, cordes en nylon). S'assurer que la longueur soit suffisante pour le scénario de déploiement. **Si une chaîne n'est pas utilisée, un poids sera nécessaire (par exemple un poids de pêche) pour maintenir l'échantillonneur passif MPT immergé dans la colonne d'eau.**
6. Gants d'échantillonnage adaptés au prélèvement de PFAS (par exemple, gants en nitrile sans poudre).
7. Attaches de serrage.
8. Couteau Stanley et/ou ciseaux pour couper des colliers de serrage.
9. Marqueur permanent/stylo.
10. Un formulaire d'information (Chain of Custody) pour annoter tous les détails sur le nom du site de déploiement et de récupération, l'heure et les dates, ainsi que d'autres remarques importantes.
11. Un grand sac de biosécurité pour déchets et des attaches pour l'élimination de tout objet (attaches de sécurité, gants usagés, pièces de tube, etc.).
12. Signalétique plastifiée.

La figure suivante montre un schéma des différentes parties du PAS et la manière de les assembler :

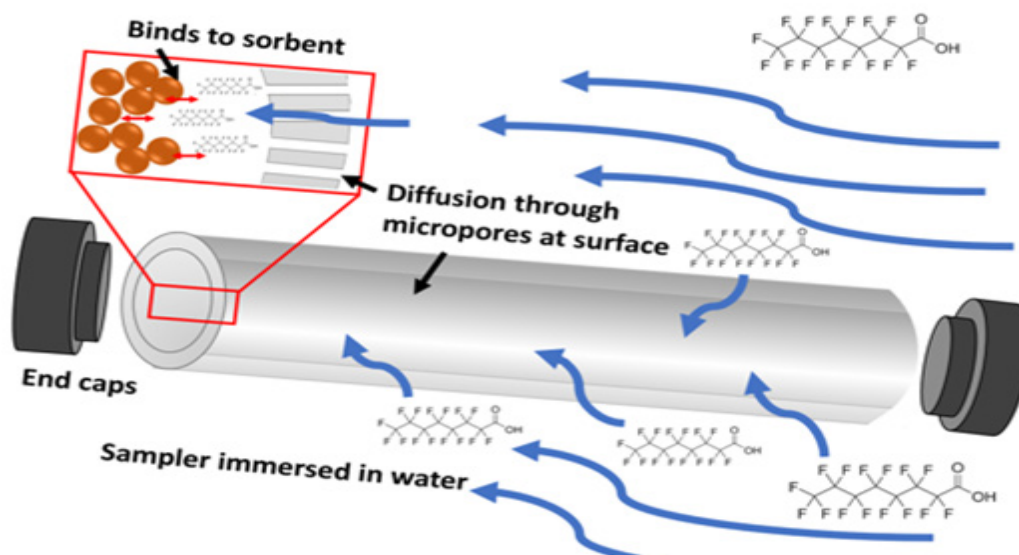


Figure 1. Schéma de l'échantillonneur passif MPT

2.4. Instructions de déploiement des échantillonneurs

1. Lors de la manipulation des échantillonneurs, porter les gants sans poudre fournis. Veuillez NE PAS mettre de lotions pour les mains, de parfums, de répulsifs à insectes ou de gants en poudre. Des gants appropriés sont fournis avec votre kit d'échantillonnage.
2. Retirez la corde/chaîne de déploiement du conteneur/sac glacière. Fixez la corde ou la chaîne de déploiement à la structure permanente ou à la bouée au-dessus du lieu d'échantillonnage, en visant à placer les échantillonneurs à mi-profondeur dans la colonne d'eau. Ils doivent rester immergés dans toutes les conditions de flux raisonnables mais ne pas reposer au fond. La [Figure 2](#) montre les techniques de déploiement suggérées.
3. Sortez DOUCEMENT les échantillonneurs passifs des contenants en plastique ([Figure 3](#), l'échantillonneur doit inclure 2 unités MPT) et jetez l'eau purifiée du support en plastique. Mettez le support en plastique dans le sac pour l'utiliser lors du retrait des échantillons.
4. Fixez les échantillonneurs passifs MPT à l'emplacement souhaité sur la corde de déploiement à l'aide de serrages solidement fixés (après avoir testé la longueur et la position de déploiement de la corde). Vérifiez que tous les colliers sont bien fixés à la corde ou chaîne de déploiement. Si une chaîne n'est pas utilisée, un poids sera nécessaire (par exemple, le poids du pêcheur) pour maintenir l'échantillonneur passif MPT immergé dans la colonne d'eau.
5. Descendez l'ensemble complet des échantillonneurs dans l'eau.
6. Gardez les échantillonneurs vierge (Blank) dans le sac. Ne rien faire avec les Blanks, leur but est d'évaluer la contamination potentielle lors des procédures d'échantillonnage.
7. Notez le nom du site de déploiement et de récupération, l'heure et les dates ainsi que d'autres remarques importantes sur le formulaire d'information d'échantillonnage (Chain of Custody).
8. Rassemblez tout le matériel d'échantillonnage et placez tous les déchets d'échantillonnage (par exemple, attaches de câble, cordes, chaînes, gants usagés, etc.) dans un « sac de biohazard ou déchets » de votre kit d'échantillonnage, puis ramenez tous les déchets avec vous pour une élimination sécurisée.
9. Si possible, marquez le lieu d'échantillonnage avec une bouée.
10. Si vous utilisez un dispositif de flottaison/bouée, fixez une signalisation laminée avec des informations sur l'échantillonnage et les coordonnées au point d'ancrage de la bouée ou de la corde d'échantillonnage avec une attache de câble.
11. Prenez une photo lors de l'échantillonnage et de l'installation du MPT, y compris du site de prélèvement.

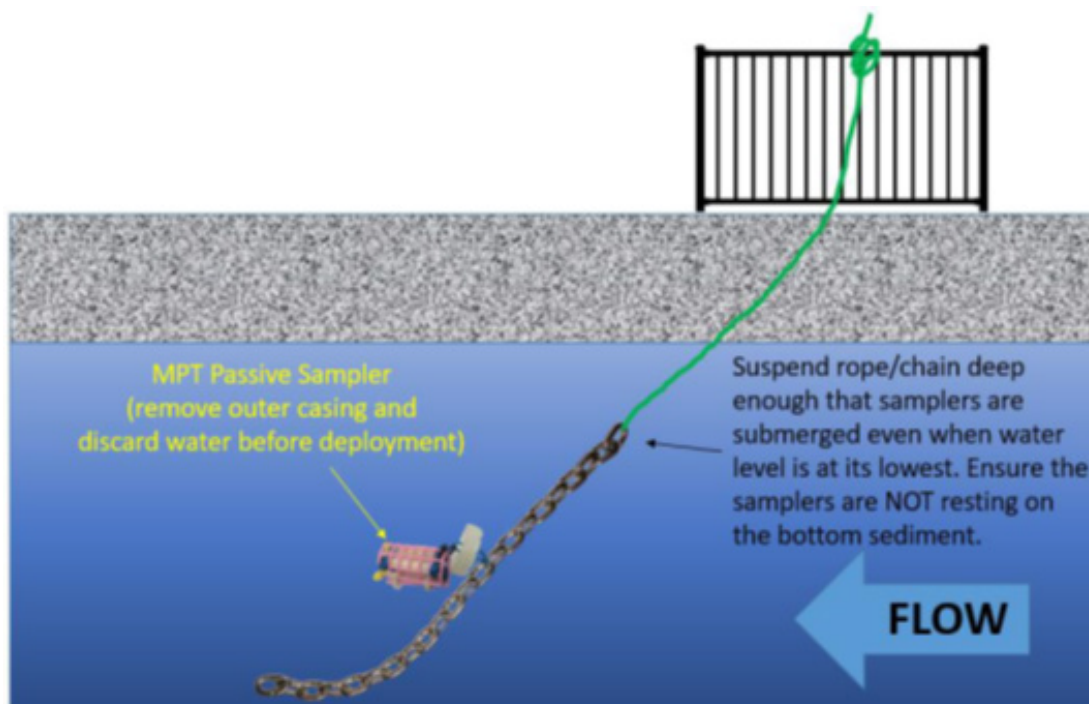
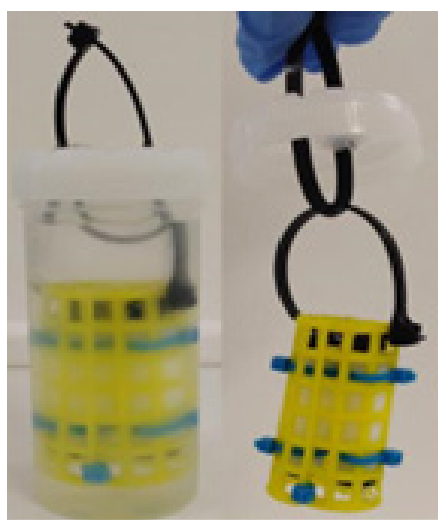


Figure 2. Schéma de déploiement montrant la corde et la chaîne avec des échantillonneurs passifs MPT attachés. Assurez-vous que les échantillonneurs sont déployés à un endroit où ils seront continuellement submergés



OPEN THE CASING TO DEPLOY.
STORE CASINGS IN ZIPBAG FOR LATER.

Figure 3. Échantillonneurs passifs MPT déployés. Dans le filet de déploiement en maille jaune à l'intérieur du récipient plastique (à gauche) et retirés du récipient plastique (à droite) pour le déploiement.

2.5. Instructions de récupération des échantillonneurs

1. Lors de la manipulation des échantillonneurs, porter des gants sans poudre fournis. Veuillez NE PAS mettre de lotions pour les mains, de parfums, de répulsifs à insectes ou de gants en poudre. Des gants appropriés sont fournis avec votre kit d'échantillonnage.
2. Assurez-vous d'avoir le conteneur de déploiement ou le sac glacière approprié lors de la récupération des échantillonneurs.
3. Retirez la corde/chaîne contenant les échantillonneurs de l'eau, secouez pour enlever l'excès d'eau et les solides en suspension y adhérant.
4. Coupez ou retirez les échantillonneurs passifs de la corde ou de la chaîne.
5. Placez l'appareil d'échantillonnage passif dans le récipient d'échantillonnage passif LABELLÉ avec des pains de glace et/ou stockez-les dans une chambre froide ou un congélateur jusqu'à leur transport au laboratoire pour extraction et analyse.
6. Les échantillonneurs passifs MPT vierges (Blank) doivent être envoyés au laboratoire pour analyse en même temps que les échantillonneurs déployés.
7. Notez l'heure et la date de la récupération sur le formulaire d'information.
8. Prenez une photo des échantillons post déploiement.
9. Mettez les cordes/chaînes emballées et étiquetées dans un sac pour les éliminer/réutiliser.
10. Rassemblez tout le matériel d'échantillonnage et placez tous les déchets d'échantillonnage (tubes lâches, attaches à câbles, cordes/chaînes, gants usagés, etc.) dans le « sac de biohazard / déchets » de votre kit d'échantillonnage, puis ramenez tous les déchets avec vous pour une élimination sécurisée.
11. Assurez-vous que le site reste propre sans aucun déchet.

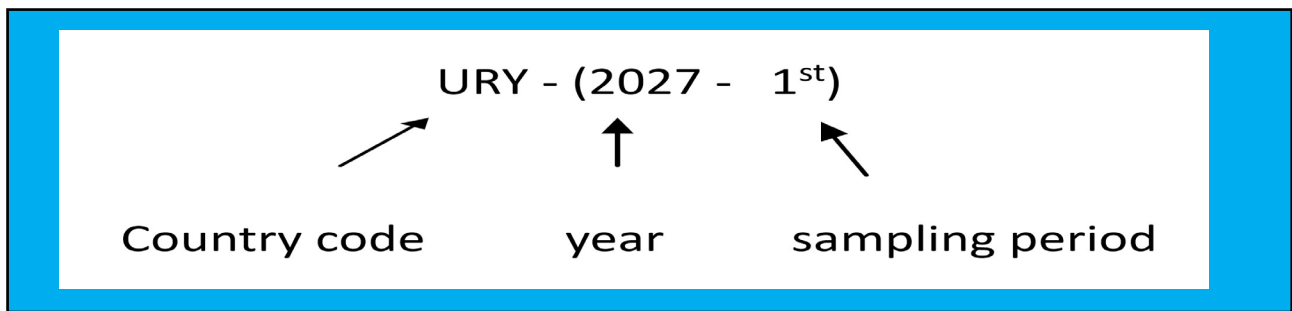
2.6. Identification des échantillonneurs

Tous les échantillonneurs passifs MPT d'échantillonnage se verront attribuer un identifiant unique. Le système de lettres et de numérotation du MPT est basé sur l'étiquetage des échantillonneurs d'air.

Pour identifier correctement les échantillonneurs, un code PNUE a été défini, composé d'un ensemble de lettres et de chiffres qui identifieront sans équivoque : le pays où les échantillonneurs sont installés, l'année d'échantillonnage, ainsi que le numéro de la période de cette année.

Le code PNUE est toujours composé de : un premier ensemble de trois lettres faisant référence au pays, suivi, entre parenthèses, de l'année, accompagné du nombre de campagnes en chiffres romains.

Un exemple de code d'identification serait :



Le premier ensemble de trois lettres correspond à l'abréviation du pays selon le code ISO utilisé par l'ONU (voir <http://unstats.un.org/unsd/methods/m49/m49alpha.htm>).

Les nombres entre parenthèses correspondent à l'année et à la période d'échantillonnage, l'échantillonneur restera sur le site d'échantillonnage pendant une période de 6 mois.

3. STOCKAGE, EMBALLAGE ET EXPÉDITION

Les sacs Ziplock contenant les échantillonneurs de PFAS sont conservés dans le congélateur des laboratoires nationaux jusqu'à leur analyse ou leur envoi au laboratoire correspondant.

Les modalités d'expédition doivent être convenues en étroite coopération entre le pays et le laboratoire régional/international qui effectuera l'analyse.

4. DOCUMENTATION

Un fichier **MsExcel** est fourni pour documenter chaque événement d'échantillonnage. Le fichier Ms-Excel – nommé « GCMP » - contient la feuille de travail « Georeference » et les informations suivantes :

Cette feuille de travail fournit un résumé de toutes les informations relatives à l'emplacement et aux conditions dans lesquelles l'échantillonnage a lieu :

Nom du pays :	Nom complet et code ISO_3
Nom de l'opérateur :	Nom complet de tous les opérateurs effectuant l'échantillonnage
Site/Emplacement :	Nom abrégé attribué.
Type d'eau :	Eau de mer de surface – océan, eau de surface – lac, eau de surface – rivière
Coordonnées GPS :	Degrés (latitude et longitude) et valeurs décimales (latitude et longitude)
Récit :	Brève description narrative de l'emplacement et des caractéristiques du plan d'eau, y compris la profondeur et le débit de l'eau, etc., ainsi que son environnement
Institution responsable :	Veuillez fournir le nom de l'établissement réalisant l'échantillonnage.
Photo :	Veuillez insérer une photo du site de prélèvement.

5. RÉFÉRENCES

Baabish, A., Sobhanei, S., Fiedler, H. (2021). Priority perfluoroalkyl substances in surface waters - A snapshot survey from 22 developing countries. *Chemosphere* 273. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.129612>.

Dunn, M., Becanova, J., Snook, J., Ruyle, B., Lohmann, R. (2023). Calibration of Perfluorinated Alkyl Acid Uptake Rates by a Tube Passive Sampler in Water. *ACS ES&T Water*. <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acsestwater.2c00384?ref=PDF>.

Gardiner, C., Robuck, A., Becanova, J., Cantwell, M., Kaserzon, S., Katz, D. et al. (2022). Field Validation of a Novel Passive Sampler for Dissolved PFAS in Surface Waters. *Environmental Toxicology and Chemistry* 41(10), 2375–2385. <https://doi.org/10.1002/etc.543>.

Kaserzon, S., Vijayasathy, S., Bräuning, J., Mueller, L., Hawker, D., Thomas, K. et al. (2019). Calibration and validation of a novel passive sampling device for the time integrative monitoring of per- and polyfluoroalkyl substances (PFASs) and precursors in contaminated groundwater. *Journal of Hazardous Materials* 366, 423-431. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2018.12.010>.

United National Environment Programme [UNEP] and Secretariat of the Stockholm Convention (2025). *Guidance on the Global Monitoring Plan for Persistent Organic Pollutants*. <https://chm.pops.int/Portals/0/download.aspx?d=UNEP-POPS-Guidance-GMP-POPs-Jan2025.En.docx>.

Weiss, J., de Boer, J., Berger, U., Muir, D., Ruan, T., Torre, A., et al. (2015). *PFAS analysis in water for the Global Monitoring Plan of the Stockholm Convention Set-up and guidelines for monitoring*. United Nations Environment Programme. <https://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/29682>.

**Programme
mondial de
surveillance
des produits
chimiques**

