

Impact du matériel d'échantillonnage sur les données de surveillance des PFAS

Eaux superficielles et Eaux résiduaires

Rapport Final

Avril 2026

Auteur(s)

Bénédicte Lepot
Ineris
Benedicte.lepot@ineris.fr

Céline Ferret
Ineris
Celine.ferret@ineris.fr

Anne-Sophie Clincke
Ineris
Anne-Sophie.CLINCKE@ineris.fr

Vérification du document

Jean-Philippe Ghestem
BRGM
jp.ghestem@brgm.fr

Pauline Moreau
BRGM
p.moreau@brgm.fr

Les correspondants

OFB : Nicolas Gaury, nicolas.gaury@ofb.gouv.fr

Aquaref : Bénédicte Lepot, Ineris

Référence et droits d'usage

Référence du document : Bénédicte Lepot, Céline Ferret, Anne Sophie Clincke – Impact du matériel d'échantillonnage sur les données de surveillance des PFAS – Eaux superficielles et Eaux résiduelles - Rapport AQUAREF 2024 – 32 p.

Droits d'usage : Accès libre

SOMMAIRE

1	Introduction	8
1.1	Contexte	8
1.2	Substances ciblées	8
1.3	Objectifs de l'étude	9
2	Conditions d'essai	9
2.1	Référentiels	9
2.2	Matériel d'échantillonnage testé avant les essais	9
2.3	Nettoyage du matériel testé	10
2.4	Contrôles métrologiques des échantillonneurs automatiques	10
2.5	Laboratoire d'analyse	11
3	Essais sur les risques de contamination : blancs matériels	11
3.1	Méthodologie	11
3.2	Limites de quantification	13
3.3	Résultats pour les blancs matériels	14
4	Étude de l'adsorption des PFAS sur certains matériels d'échantillonnage	14
4.1	Méthodologie	14
4.1.1	Préparation des solutions	14
4.1.1.1	Solution de dopage (solution mère)	14
4.1.1.2	Solution dopée utilisée pour les essais (solution fille)	14
4.1.2	Mise en œuvre	15
4.2	Résultats pour les dopages	17
4.2.1	Concentration de la solution de l'essai au cours du temps	17
4.2.2	Essais sur les différentes configurations	19
4.2.2.1	Matériel testé – Configurations 1 à 4 : Échantillonnage ponctuel	19
4.2.2.2	Matériel testé – Configurations 5 à 7 : Échantillonnage automatique	21
4.2.2.3	Rinçage des matériels testés	23
5	Synthèse des résultats	24
6	Conclusion et perspective	25
7	Références bibliographiques	28
8	Annexes	30

Résumé

Les opérations d'échantillonnage d'eau, notamment dans le cadre de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE), impliquent un contact entre l'échantillon d'eau et les différents matériels intermédiaires. Les risques de contamination et d'adsorption lors des opérations d'échantillonnage peuvent être multiples (ex : matériel insuffisamment nettoyé (contamination croisée), non inerte vis-à-vis des substances recherchées (adsorption des substances sur les matériels ou relargage des substances entrant dans la composition des matériels), et impacter la fiabilité des données.

Afin de garantir la fiabilité des données de surveillance il est important d'évaluer d'une part, les risques de contamination des échantillons par le matériel utilisé pour l'échantillonnage ou par l'opérateur, et d'autre part, l'adsorption potentielle des molécules présentes dans l'eau échantillonnée sur les surfaces de ces matériels. Les substances per et polyfluorés (PFAS) font partie des polluants particulièrement étudiés depuis quelques années compte tenu de leur caractère ubiquiste et de leur présence dans de très nombreux matériaux. Il est donc nécessaire d'évaluer les risques de contamination liés à l'échantillonnage pour cette famille de polluants.

Une étude a été conduite sur 28 substances de la famille des PFAS pour tester i) le risque de contamination des échantillons et ii) le risque d'adsorption de ces composés sur les différentes composantes des matériels lors des opérations d'échantillonnage d'eaux superficielles et d'eaux résiduelles.

Sept configurations de matériel d'échantillonnage ont été évaluées. Plus précisément, 4 configurations dédiées à un échantillonnage ponctuel (flacon verre ambré, flacon en téflon, seau en polyéthylène alimentaire, seau en inox) et 3 configurations dédiées à un échantillonnage automatique (2 types de tuyaux d'aspiration (téflon, PVC tricoclar), 2 types de flacons (verre ou polyéthylène) et pale d'agitation (inox) avec des compositions et des historiques d'utilisation différents (neufs ou déjà utilisés) ont été testées.

Les essais en laboratoire ont été réalisés i) avec de l'eau d'Evian pour évaluer le risque de contamination des échantillons sur 28 PFAS (3 essais indépendants par configuration) ; ii) avec une eau dopée à un niveau de concentration de 100 ng/L pour l'ensemble des 27 PFAS (hormis le 6:2 FTOH et le 8:2 FTOH 200 ng/L) en vue d'évaluer le risque d'adsorption sur les matériaux constituant le matériel d'échantillonnage (2 ou 3 essais indépendants selon la configuration). Le C6O4, pour des raisons liées à la difficulté de se procurer la solution étalon correspondante, n'a pas été ajouté lors de la préparation de l'eau dopée.

Les analyses des PFAS ont été réalisées par le laboratoire Inovalys basé à Angers, dont la LQ pour l'ensemble des PFAS est en accord avec les LQ réglementaires (hormis PFHXA et PFOS pour les eaux superficielles).

Pour tous les matériels testés, bien que très diversifiés en composition et en origine (neuf ou déjà utilisé), aucune contamination due au matériel d'échantillonnage n'a été identifiée pour les 28 PFAS testés, au regard de la LQ du laboratoire. En particulier, les matériels déjà utilisés et le tuyau téflon n'ont pas engendré de contamination. Ce qui laisse penser que le risque de contamination par les matériaux d'échantillonnage est très faible au niveau des LQ réglementaires applicables lors de l'étude. Mais depuis la date des essais, les LQ réglementaires ont évolué [2025 – Avis du 15 août 2025], des essais complémentaires seraient à mener pour confirmer ou infirmer ces résultats.

Quel que soit le matériel testé, matériel dédié à un échantillonnage ponctuel (flacon verre ambré, flacon en téflon, seau en polyéthylène alimentaire, seau en inox) ou matériel dédié à un échantillonnage automatique (tuyaux d'aspiration (téflon, PVC tricocclair), flacons collecteurs (verre ou polyéthylène) et pale d'agitation inox), les PFAS à courtes chaînes fluorées (C4-C8) sont bien récupérés dans les échantillons (taux de récupération compris entre 80%-120%), ce qui met en évidence que tous ces matériels peuvent être utilisés pour la surveillance de ces substances.

En revanche, les résultats pour les PFAS à longues chaînes fluorés (C9-C13+) sont plus difficiles à interpréter, en raison d'une variabilité importante des concentrations de la solution d'essai au cours du temps pour l'échantillonnage automatique et d'un comportement surprenant de certains PFAS lors de l'utilisation des matériels (seau inox et seau PE) pour l'échantillonnage ponctuel.

Les résultats constituent une première base solide pour l'amélioration des recommandations d'échantillonnage des PFAS, tout en soulignant la nécessité d'approfondir certains aspects pour fiabiliser les conclusions à plus long terme.

Mots clés (thématique et géographique) : PFAS, échantillonnage automatique, échantillonnage direct et indirect, eau superficielle, eau résiduaire, qualité des données, contamination, adsorption

Abstract

Water sampling operations, particularly those carried out under the Water Framework Directive (WFD), involve contact between the water sample and the various pieces of equipment used in the process. Numerous risks of contamination and adsorption can affect the reliability of the data, for example if equipment has not been adequately cleaned (cross-contamination) or is not inert with respect to the substances being analysed (adsorption of substances onto the equipment or leaching of substances present in the equipment's composition).

To guarantee the reliability of monitoring data, it is important to test the risks of contamination and adsorption that this equipment may pose. Per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) are among the pollutants that have been the subject of study in recent years due to their ubiquity and presence in a wide range of materials. It is therefore necessary to assess the risks of contamination associated with sampling for this family of pollutants.

A study was conducted on 28 substances from the PFAS family to test i) the risk of sample contamination and ii) the risk of adsorption on the various components of the equipment during surface water and wastewater sampling.

Seven sampling equipment were evaluated. More specifically, four dedicated to spot sampling (amber glass bottle, Teflon bottle, food-grade polyethylene bucket, stainless steel bucket) and three dedicated to automatic sampling (two types of suction tubes (Teflon, PVC Tricocclair), two types of bottles (glass or polyethylene) and stainless-steel stirring paddle) with different compositions and usage histories (new or previously used) were tested.

Laboratory tests were conducted i) with Evian water to assess the risk of sample contamination for 28 PFAS (3 independent tests per configuration); (ii) with water doped at a concentration level of 100 ng/L for all 27 PFAS (except FOET and FHET, 200 ng/L) to assess the risk of adsorption on the materials constituting the sampling equipment (2 or 3 independent tests depending on the configuration). C6O4 was not added during the preparation of the doped water due to difficulties in obtaining the corresponding standard solution. The PFAS analyses were carried out by the Inovalys laboratory based in Angers, whose LOQ for all PFAS is in accordance with regulatory LOQs (except PFHxA and PFOS for surface water).

Despite the wide variety of compositions and origins of the materials tested (new or used), no contamination due to sampling equipment was identified for the 28 PFAS tested, in accordance with the laboratory's LOQ. Notably, the used equipment and Teflon tubing did not cause any contamination. This suggests that the risk of contamination from sampling equipment is very low at current regulatory LOQs. However, the regulatory LOQs have changed since the tests were conducted [2025 – Avis du 15 Août 2025], so additional tests would need to be conducted to confirm or refute these results.

Regardless of the equipment tested, whether dedicated to spot sampling (amber glass bottles, Teflon bottles, food-grade polyethylene buckets, stainless steel buckets) or dedicated to automatic sampling (suction hoses (Teflon, PVC tricocclair), collection bottles (glass or polyethylene) and stainless steel stirring paddles), short-chain fluorinated PFAS (C4-C8) are recovered at rates between 80% and 120% in the samples. This shows that all these materials can be used to monitor these substances.

However, the results for long-chain fluorinated PFAS (C9-C13+) are more difficult to interpret due to significant variability in the concentrations of the test solution over time during automatic sampling, and the unexpected behaviour of certain PFAS when using stainless steel and polyethylene buckets for spot sampling.

The results provide a solid initial basis for improving PFAS sampling recommendations, while highlighting the need to investigate certain aspects in greater depth in order to ensure the reliability of conclusions in the longer term.

Key words (thematic and geographical area): PFAS, automatic sampling, grab sampling, natural water, wastewater, data quality, contamination, adsorption

1 Introduction

1.1 Contexte

Les opérations d'échantillonnage d'eau, notamment dans le cadre de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE), impliquent un contact entre l'échantillon d'eau et les différents matériels intermédiaires. Les risques de contamination et d'adsorption lors des opérations d'échantillonnage peuvent être multiples (ex : matériel insuffisamment nettoyé (contamination croisée), non inerte vis-à-vis des substances recherchées (adsorption des substances sur les matériels ou relargage des substances entrant dans la composition des matériels), et impacter la fiabilité des données.

Compte tenu de la diversité des substances recherchées, des niveaux très bas de concentrations ciblées, des conséquences financières, environnementales et sanitaires potentielles liées à l'acquisition de données erronées, il apparaît important de chercher à maîtriser l'intégralité de la chaîne d'acquisition de la donnée et donc également de maîtriser l'impact des opérations d'échantillonnage.

Ce rapport, rédigé dans le cadre du programme de travail Aquaref 2023-2026, a pour objectif de déterminer l'impact de différents matériels d'échantillonnage d'eaux superficielles et d'eaux résiduelles pour le suivi de 28 composés per et polyfluorés (PFAS). Cette étude s'inscrit dans la continuité des études techniques menées par Aquaref depuis plusieurs années sur différentes familles de molécules (phtalates, alkylphénols, produits de soin corporels...) en eau souterraine ([2012-Ghestem], [2013-Gal], [2014-Moreau], [2015-Moreau], [2024-Moreau]) et en eau de surface ([2013-Ferret], [2015-Lepot], [2016-Ferret], [2017-Ferret], [2023-Ferret]) dont le but est d'identifier les matériels les plus adaptés pour l'échantillonnage mais également d'identifier les matériels ou pratiques à proscrire pour garantir la fiabilité des données.

En 2013, une étude avait porté sur les risques de contamination des échantillons lors des échantillonnages automatiques d'eaux superficielles mettant en œuvre des tuyaux en téflon. La liste des substances étudiées concernait 9 PFAS [2013-Ferret]. Les principaux résultats obtenus avaient montré l'absence d'impact des matériaux Teflon sur les 9 substances étudiées au regard de la limite de quantification (LQ) du laboratoire (1 ng/L).

Dans le but d'acquérir des données de surveillance fiables des eaux superficielles et des eaux résiduelles, et en raison de l'augmentation importante du nombre de molécules PFAS à surveiller dans les différentes réglementations nationales et européennes [2023 - Arrêté du 20 juin 2023], ainsi que des limites de quantification toujours plus basses auxquelles ces molécules sont recherchées [2019 - Avis du 19 octobre 2019], il est nécessaire d'actualiser les données acquises lors de précédentes études et de s'assurer que le matériel d'échantillonnage utilisé est inerte vis-à-vis de ces molécules.

1.2 Substances ciblées

Les « PFAS » sont des molécules chimiques (perfluoroalkylées et polyfluoroalkylées) utilisées depuis les années 50 dans de nombreuses applications domestiques et industrielles du fait de leurs propriétés multiples (antiadhésives, imperméabilisantes, résistantes aux fortes chaleurs...). Dans cette famille, on dénombre plusieurs milliers de substances.

Ces substances sont présentes dans de nombreux milieux naturels et sont très peu dégradables. Leur impact sur la santé n'est pas encore établi pour toutes les substances. Pour structurer les actions en réponse aux préoccupations grandissantes concernant les impacts des PFAS sur la santé humaine et la biodiversité, une action interministérielle est engagée pour répondre aux enjeux sanitaires et environnementaux, appelée « plan interministériel sur les PFAS ».

La sélection des substances s'est basée sur la réglementation [2023 - Arrêté du 20 juin 2023] et sur la capacité du laboratoire d'analyse sélectionné. Une liste des 28 PFAS a donc été suivie au cours de cette étude. La liste est donnée en Annexe 1, ainsi que les limites de quantification de l'avis d'agrément des laboratoires [2019 - Avis du 19 octobre 2019] et de l'arrêté ministériel PFAS dans les installations industrielles [2023 - Arrêté du 20 juin 2023].

1.3 Objectifs de l'étude

Les objectifs de l'étude étaient de :

- 1- Vérifier l'absence de contamination apportée par les matériels mis en œuvre pour l'échantillonnage ;
- 2- Vérifier l'absence d'adsorption sur les parois du matériel.

Les moyens mis en œuvre pour répondre à ces objectifs ont consisté à :

- Réaliser des blancs des matériels mis en œuvre (objectif 1, chapitre 3) : échantillonnage d'eau d'Évian® après nettoyage des matériels selon les procédures en vigueur (voir §2.1) ;
- Réaliser un échantillonnage d'eau d'Évian® dopée en PFAS (objectif 2, chapitre 4) après rinçage ou nettoyage des matériels selon les procédures en vigueur.

Le laboratoire d'analyse sélectionné pour ces essais était accrédité, impliquant une maîtrise du processus analytique et de la contamination potentielle liée à cette étape.

2 Conditions d'essai

Tous les essais ont été mis en œuvre dans les laboratoires de l'Ineris. Aucune campagne n'a été réalisée sur le terrain, l'eau échantillonnée pour ces essais étant de l'eau d'Évian® pure ou dopée.

2.1 Référentiels

Dans le cadre de cette étude, les bonnes pratiques basées sur les recommandations émises dans les guides AQUAREF [2022- Guide AQUAREF] ont été mises en œuvre, à savoir, port de gants nitriles, rinçage des systèmes de prélèvement 3 fois avec l'eau du milieu pour le matériel mis en œuvre lors des échantillonnages en eau superficielle, etc.

Le protocole de nettoyage pour tous les matériels testés a été mis en œuvre en respectant le mode opératoire décrit dans le FD-T90-523-2 [2019-AFNOR].

Les contrôles qualité, notamment les blancs de flaconnage, les blancs de systèmes de prélèvement, et les blancs d'échantillonneurs automatiques ont été mis en œuvre conformément aux protocoles décrits dans le FD T90-524 [2015-AFNOR].

Les conditions de transport ont été mises en œuvre selon la norme NF EN ISO 5667-3 [2024-AFNOR].

2.2 Matériel d'échantillonnage testé avant les essais

Dans le cadre de cette étude, les matériels mis en œuvre étaient des flacons, des seaux, des tuyaux d'aspiration et une pale d'agitation, matériels utilisés pour l'échantillonnage des eaux superficielles (cours d'eau et plans d'eau) et des eaux résiduaires. Le **Tableau 1** décrit pour chaque type de matériel, sa nature, son état au moment des essais ainsi que le type d'échantillonnage testé.

Tableau 1 : Matériels mis en œuvre lors de l'étude

Configuration	Type de matériel	Composition du matériel	Etat du matériel	Temps de contact avec l'eau échantillonnée	Type d'échantillonnage
1	Flacon	Verre ambré	Neuf, calciné	24 h	Ponctuel *
2	Bouteille Verticale	Teflon (PTFE)	Usagé	15 min	Ponctuel
3	Seau	PE alimentaire	Utilisé	15 min	Ponctuel
4	Seau	Inox	Utilisé	15 min	Ponctuel
5	Tuyau d'aspiration Flacon collecteur Pale agitation	Teflon Verre Inox	Utilisé	3 h (objectif 1)	Automatique
				24 h (objectif 2)	
6	Tuyau d'aspiration Flacon collecteur Pale agitation Louche	PVC tricocclair PE Inox Inox	Utilisé	3 h (objectif 1)	Automatique
				24 h (objectif 2)	
7	Tuyau d'aspiration Flacon Pale agitation	PVC tricocclair Verre Inox	Neuf	3 h (objectif 1)	Automatique
				24 h (objectif 2)	

* Un contact de 24h avec l'eau échantillonnée a été privilégié pour se placer dans des conditions les plus défavorables.

Pour chaque configuration listée ci-dessus, 2 ou 3 échantillonnages (cf. Chapitre 3 et 4) d'eau d'Évian® pure ou dopée ont été réalisés à l'aide du matériel correspondant.

Le temps de contact avec l'eau échantillonnée correspond au temps mis sur le terrain pour réaliser une opération d'échantillonnage ou à la durée de réalisation d'un blanc matériel :

- 15 minutes : durée d'un échantillonnage ponctuel ou durée de réalisation d'un blanc matériel pour les cours d'eau et les plans d'eau ;
- 24 heures : durée d'un échantillonnage automatique pour les eaux résiduaires ;
- 3 heures : durée de réalisation d'un blanc matériel pour les eaux résiduaires.

Chaque échantillon a ensuite été conditionné dans les flacons destinés au laboratoire d'analyse. Les flacons fournis par le laboratoire d'analyse étaient en polyéthylène (PE) et contenaient du thiosulfate de sodium (procédure du laboratoire d'analyse).

2.3 Nettoyage du matériel testé

Tous les matériels (seau, flacon, tuyau, etc...) ont été nettoyés selon le référentiel FD T 90-523-2 [2019-AFNOR] en respectant les étapes 1 à 4 rappelées ci-dessous. Pour les matériels en inox, téflon ou verre les étapes 5 et 6 ont également été appliquées :

- 1 – Nettoyage à l'eau du robinet ;
- 2 – Lavage à l'eau chaude puis lavage à l'aide d'une solution diluée de détergent alcalin sans phosphate ;
- 3 – Lavage à l'eau acidifiée (acide acétique 80% dilué au ¼) ;
- 4 – 3 rinçages à l'eau déminéralisée ;
- 5 – 2 rinçages à l'acétone ultrapure ;
- 6 – 3 rinçages à l'eau déminéralisée.

Les flacons en verre ambré ont été calcinés à 500°C pendant 8 heures.

2.4 Contrôles métrologiques des échantillonneurs automatiques

Trois échantillonneurs automatiques ont été mis en œuvre en parallèle. Des contrôles métrologiques de la vitesse et du volume unitaire ont été effectués avant et après chaque échantillonnage. La température dans l'enceinte des préleveurs a été vérifiée après chaque échantillonnage. L'ensemble de ces paramètres était conforme aux critères du FD T90-523-2 [2019-AFNOR].

Chaque échantillonneur a été asservi au temps. Tous les échantillonneurs automatiques ont été démarrés en même temps. Après chaque échantillonnage, une opération de nettoyage conformément au FD T90-523-2 a été réalisée sur l'intégralité du matériel avant de relancer l'échantillonnage suivant.

Note : pour un échantillonneur automatique (configuration 6), un intermédiaire supplémentaire a été utilisé pour confectionner les échantillons : une louche en inox.

2.5 Laboratoire d'analyse

Les analyses des PFAS ont été réalisées par le laboratoire Inovalys, basé à Angers, organisme accrédité selon le référentiel NF EN ISO/CEI 17025 [2017-AFNOR] sur la plupart des 28 PFAS dans la matrice eau naturelle (dont les eaux superficielles). Il a été sélectionné sur la base des critères suivants :

- Accréditation selon NF EN ISO/CEI 17025 pour les couples eau naturelle-substance PFAS ;
- Respect pour la majorité des substances PFAS des LQ réglementaires (eau naturelle et eau résiduaire) ;
- Fourniture du principe de la méthode d'analyse et de l'incertitude de mesure au-delà de la LQ.

Les échantillons d'eau ont été expédiés en glacières réfrigérées et réceptionnés au laboratoire Inovalys en moins de 24 heures. La méthode d'analyse mise en œuvre est une injection directe de l'échantillon après dilution de l'échantillon dans un solvant (méthanol) en chromatographie en phase liquide couplée à de la spectrométrie de masse en tandem (LC/MS/MS), hormis pour le 6:2 FTOH et le 8:2 FTOH. Pour ces 2 substances, la méthode mise en œuvre est basée sur une micro-extraction en phase solide (SPME) puis injection en chromatographie gazeuse couplée à de la spectrométrie de masse (GC/SM).

La liste des substances PFAS recherchées est présentée en annexe 1.

3 Essais sur les risques de contamination : blancs matériels

L'objectif de ces essais était de vérifier l'absence de contamination par les matériels mis en œuvre pour l'échantillonnage, après nettoyage selon les procédures en vigueur.

Les sources potentielles de contamination par les PFAS sont nombreuses [2018-Michigan], [2022-Michigan]. On peut citer les vêtements de l'opérateur, les équipements de protection individuelle, les produits de soin et de protection (crème solaire, produits d'hygiène), l'emballage alimentaire, le matériel d'échantillonnage, les produits de décontamination, la préservation et la collecte des échantillons...

Lors de la réalisation de cette étude, aucune précaution particulière n'a été prise au niveau de l'opérateur.

3.1 Méthodologie

La méthodologie utilisée est présentée dans le **Tableau 2**. Elle repose sur les pratiques en vigueur relatives à la réalisation des blancs matériels.

Le protocole consistait à réaliser une étape de nettoyage (§ 2.3). Puis, en appliquant les référentiels en vigueur (§ 2.1) :

- Un blanc matériel a été réalisé pour les matériels d'échantillonnage ponctuel (configuration 1 à 4 du Tableau 2) après un triple rinçage avec de l'eau d'Évian® (simulant l'eau du milieu). Le temps de contact du matériel avec l'eau d'Évian® est de 15 minutes (configuration 2 à 4), temps correspondant à la durée nécessaire pour réaliser un échantillonnage ponctuel dans les cours d'eau et les plans d'eau. Quant à la configuration 1, l'objectif consiste à se placer dans des conditions plus défavorables en simulant un temps de contact de 24 h dans le flacon verre, durée correspondant au temps de contact de l'échantillon dans le flacon collecteur pour les eaux résiduaires ;
- Un blanc matériel a été réalisé pour les matériels d'échantillonnage automatique (configuration 5 à 7 du Tableau 2), sans rinçage en amont avec l'eau d'Évian®. La durée du blanc d'échantillonneur a été réalisé sur 3 heures à l'aide d'eau d'Évian® [2015 – AFNOR].

Ensuite, chaque échantillon de blanc a été conditionné dans les flacons destinés au laboratoire et envoyés le même jour au laboratoire. Chaque échantillon a été analysé une fois.

Cette méthodologie a été réalisée 3 fois par matériel afin d'avoir un nombre suffisant d'essais par matériel (essais indépendants).

L'eau d'Évian® utilisée comme eau de blanc était conditionnée en bouteille verre.

Tableau 2 : Méthodologie appliquée pour évaluer les risques de contamination

Configuration Matériel (nombre) testé	Etape 1	Etape 2		Etape 3	Etape 4	Etape 5
	Nettoyage selon FD T 90- 523-2 (annexe B)	Blanc de matériel selon FD T 90-524		Mise en flacon destiné au laboratoire d'analyse	Transport selon NF EN ISO 5667- 3	Analyse au laboratoire
		Rinçage	Échantillonnage			
Conf 1 : Flacon verre ambré (3)	Oui	Oui (3 fois avec l'eau d'Évian®)	Oui, 1 sur chaque matériel avec eau d'Évian®	Oui	Oui	Oui
Conf 2 : Bouteille Verticale PTFE (3)						
Conf 3 : Seau PE alimentaire (3)						
Conf 4 : Seau inox (1) *						
Conf 5 : Echantillonneur (1) * - Tuyau Teflon + flacon collecteur verre + pale inox	Oui	Non	Oui, avec eau d'Évian® sur une durée de 3 heures (annexe A, FD T 90-524)	Oui	Oui	Oui
Conf 6 : Echantillonneur (1) * - Tuyau PVC tricolair + flacon collecteur PE + pale et louche en inox						
Conf 7 : Echantillonneur (1) * - Tuyau PVC tricolair + flacon collecteur verre + pale inox						

*pour les configurations 4,5,6,7 ; le parc matériel de l'Ineris ne comprend qu'un seul équipement. Afin de réaliser les 3 échantillons distincts, toutes les étapes 1 à 5 ont été effectuées sur le même équipement, 3 fois de suite. Tandis que pour les configurations 1 à 3, le parc matériel de l'Ineris étant plus important, toutes les étapes 1 à 5 ont été effectuées sur 3 équipements différents de composition identique.

3.2 Limites de quantification

Le Tableau 3 présente les LQ du laboratoire d'analyse sélectionné pour l'étude et les LQ réglementaires à respecter (eaux superficielles et eaux résiduares) pour les PFAS recherchés au cours de l'étude.

Pour les 28 PFAS de l'étude, seuls 7 disposent d'une LQ réglementaire pour les eaux superficielles. Pour 2 PFAS (PFHxA, PFOS), la LQ du laboratoire est supérieure à la LQ réglementaire pour les eaux superficielles. Ainsi, pour ces 2 PFAS, il n'a pas été possible de statuer sur l'absence de contamination des matériels et sur l'efficacité de la procédure de nettoyage au regard de la LQ réglementaire.

En revanche, l'ensemble des PFAS de l'étude dispose d'une LQ réglementaire pour les eaux résiduares et les LQ du laboratoire sont toutes inférieures aux LQ réglementaire, actuellement plus élevées que celles des eaux superficielles¹.

Tableau 3 : LQ associées aux 28 PFAS recherchés au cours de l'étude

Abréviation	Famille	Code Sandre	Eaux superficielles		Eaux résiduares	
			LQ du laboratoire (µg/L)	LQ réglementaire (µg/L) Avis du 19 octobre 2019	LQ du laboratoire (µg/L)	LQ réglementaire (µg/L) Arrêté ministériel PFAS du 20 juin 2023
PFBA	PFCA	5980	<0,020	-	<0,020	0,1
PFPeA	PFCA	5979	<0,010	-	<0,010	
PFHxA	PFCA	5978	<0,010	0,002	<0,010	
PFHpA	PFCA	5977	<0,002	0,002	<0,002	
PFOA	PFCA	5347	<0,002	0,002	<0,002	
PFNA	PFCA	6508	<0,002	-	<0,002	
PFDA	PFCA	6509	<0,002	0,002	<0,002	
PFUnDA	PFCA	6510	<0,002	-	<0,002	
PFDoDA	PFCA	6507	<0,002	-	<0,002	
PFTTrDA	PFCA	6549	<0,002	-	<0,002	
PFTeDA	PFCA	6547	<0,010	-	<0,010	
PFHxDA	PFCA	8984	<0,010	-	<0,010	
PFODA	PFCA	8985	<0,040	-	<0,040	
PFBS	PFSA	6025	<0,010	-	<0,010	
PFPeS	PFSA	8738	<0,004	-	<0,004	
PFHxS	PFSA	6830	<0,002	0,002	<0,002	
PFHpS	PFSA	6542	<0,004	-	<0,004	
PFOS	PFSA	6561	<0,004	0,002	<0,004	
PFNS	PFSA	8739	<0,002	-	<0,002	
PFDS	PFSA	6550	<0,002	0,002	<0,002	
PFUnDS	PFSA	8740	<0,004	-	<0,004	
PFDoDS	PFSA	8741	<0,002	-	<0,002	
PFTTrDS	PFSA	8742	<0,004	-	<0,004	
6:2 FTOH	FTOH	7997	<0,10	-	<0,10	
8:2 FTOH	FTOH	8000	<0,10	-	<0,10	
HFPO-DA	PFECA	8982	<0,010	-	<0,010	
C604	PFECA	8981	<0,020	-	<0,020	
ADONA	PFECA	8983	<0,002	-	<0,002	

Légende : LQ identifiées en vert = respectent les LQ réglementaires eaux superficielles et eaux résiduares

LQ identifiées en orange = ne respectent pas la LQ réglementaire eaux superficielles

Depuis cette étude, un nouvel avis a été publié avec l'intégration de nouvelles LQ et de LQ modifiées [2025-Avis du 15 août 2025].

¹ Si les LQ réglementaires « eaux résiduares » venaient à diminuer, la LQ du laboratoire de certains PFAS pourrait ne plus respecter ces nouvelles exigences réglementaires.

3.3 Résultats pour les blancs matériels

Tous les résultats issus des essais effectués sur les différents matériels (**Tableau 2**) sont inférieurs à la LQ du laboratoire, aucun PFAS n'ayant été quantifié par le laboratoire dans tous les échantillons analysés. Il n'a donc pas été constaté de relargage du matériel (flacons plastique, téflon...) quelle que soit la technique d'échantillonnage mise en œuvre (directe ou indirecte).

Ces résultats rejoignent les conclusions de l'étude menée sur les eaux souterraines [2024-Moreau], dont l'objectif était de tester le matériel d'échantillonnage en eau souterraine sur une liste de 55 PFAS dont 25 substances communes à cette étude. Lors de ces essais sur les eaux souterraines, pour tous les matériels testés, bien que très diversifiés en composition et en origine (neuf ou déjà utilisé), aucune contamination due au matériel d'échantillonnage n'a été identifiée pour les 55 PFAS testés.

Cependant, une évolution de la LQ réglementaire (diminution de la LQ réglementaire et/ou définition d'une nouvelle LQ réglementaire pour les eaux naturelles) nécessiterait la mise en œuvre d'essais complémentaires.

4 Étude de l'adsorption des PFAS sur certains matériels d'échantillonnage

L'objectif de ces essais de dopage était de vérifier le comportement des PFAS en termes d'adsorption sur les différentes composantes des matériels.

4.1 Méthodologie

4.1.1 Préparation des solutions

4.1.1.1 Solution de dopage (solution mère)

Des solutions individuelles pour chaque substance (hormis le C_6O_4) de 1,2 mL à 50 µg/mL dans le méthanol ont été commandées auprès de BCP instruments.

Le C_6O_4 n'a pas été intégré à la solution du fait de la difficulté de se procurer la solution étalon correspondante (un seul producteur et démarche administrative lourde pour justifier les raisons de la nécessité de cet étalon).

Une solution mère a été préparée, à partir des solutions individuelles, à une concentration de l'ordre de 500 ng/mL (hormis pour le 6:2 FTOH ou le 8:2 FTOH, où la concentration était de 1000 ng/mL).

4.1.1.2 Solution dopée utilisée pour les essais (solution fille)

La solution dopée a été préparée dans un fût en PEHD. Deux blancs de fût ont été réalisés en amont de la préparation de la solution. Pour cela, 20 litres d'eau d'Évian® ont été mis dans le fût avec une pale d'agitation immergée. Les blancs ont été constitués à 24 heures d'intervalle. Une purge du robinet du fût a été réalisée avant la constitution du premier blanc.

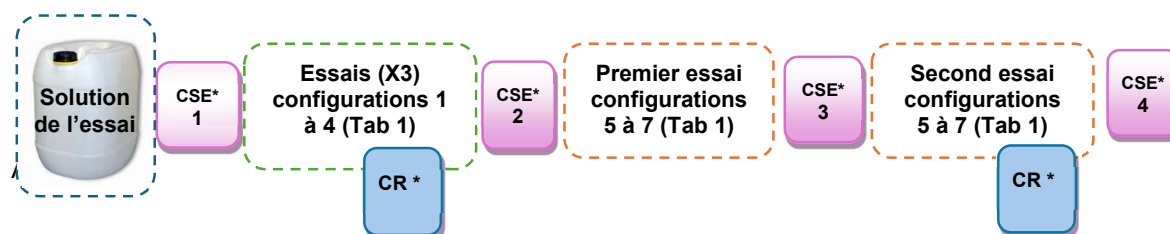
Ensuite, un volume de 20 mL de la solution mère a été introduit dans le fût contenant 100 litres d'eau d'Évian®. Le tout a été homogénéisé à l'aide d'un moteur agitateur à pale pendant une trentaine de minutes. Le volume mort (robinet) a été vidangé plusieurs fois et réintroduit dans le fût. L'ensemble a, de nouveau, été homogénéisé pendant plusieurs minutes avant de commencer les opérations d'échantillonnage. L'agitation a été maintenue pendant la durée des essais.

La concentration finale en PFAS de la solution dopée utilisée pour les essais était de l'ordre de 100 ng/L sauf pour le 6:2 FTOH et le 8:2 FTOH pour lesquels la concentration était de 200 ng/L. La concentration théorique de chaque PFAS dans la solution dopée est présentée en annexe 2.

Cette solution utilisée pour les essais n'est en aucun cas une solution certifiée. Une estimation de l'incertitude sur la préparation solution dopée a été calculée par l'approche formulation utilisée lors de la préparation de matériau d'essai dans le cadre de comparaisons interlaboratoires (cf NF EN ISO 13528). Cette incertitude de préparation a été estimée à 5,4%.

4.1.2 Mise en œuvre

La **Figure 1** présente de façon schématique la chronologie des essais réalisés avec la solution dopée utilisée pour les essais.



* CSE (contrôle solution de l'essai) consistant à analyser la solution dopée contenue dans le fut pour vérifier sa stabilité au cours du temps

* CR (contrôle relargage) consistant à rincer le matériel avec de l'eau d'Évian®

Figure 1 : Chronologie des essais réalisés avec la solution de l'essai.

Afin de connaître la concentration de la solution utilisée pour l'essai contenue dans le fût et contrôler son évolution au cours des essais, 4 contrôles de la solution de l'essai (CSE) ont été effectués à différents pas de temps : avant le lancement des essais (CSE1), à l'issue des essais réalisés avec le matériel des configurations 1 à 4 (CSE2 = CSE1 + 2h), après le premier essai réalisé avec le matériel des configurations 5 à 7 (CSE3 = CSE1 + 26h) et à l'issue de l'ensemble des essais (CSE4 = CSE1 + 55h). Durant toute l'étude, la solution de l'essai est homogénéisée en continu. Pour chaque contrôle CSE, l'eau a été échantillonnée dans le fût par l'intermédiaire du robinet et analysée par le laboratoire.

En complément, des contrôles relargage (CR) ont été réalisés sur certaines configurations (conf 2, 5, 6 et 7 ; **Tableau 4**) pour évaluer le potentiel effet de relargage du matériel ayant échantillonné une eau concentrée en PFAS. La procédure utilisée a été la suivante :

- Pour la configuration 2 : 2 bouteilles verticales (PTFE) sur les 3 ont été séchées, rincées à l'eau d'Évian® (3 fois), remplies à ras bord avec de l'eau d'Évian® et conservées pendant 15 min à température ambiante avant de constituer 2 échantillons dans le flacon destiné à l'analyse. La durée de 15 min correspond au temps nécessaire pour réaliser un prélèvement ponctuel en plan d'eau.
- Pour les configurations 5,6,7 : les éléments constituant chaque configuration ont été rincés avec de l'eau d'Évian® puis remplis avec quelques litres d'eau d'Évian®. L'eau d'Évian® a été distribuée dans les flacons destinés au laboratoire. 1 seul essai a été mené par configuration.

Concernant les essais menés sur les différentes configurations, le détail est présenté dans le **Tableau 4**.

Tableau 4 : Méthodologie appliquée pour les différentes configurations – Essais d'adsorption des PFAS sur certains matériels d'échantillonnage

Configuration Matériel testé (nombre de matériel différents)	Etape 1	Etape 2	Etape 3	Etape 4	Etape 5	Etape 6
	Nettoyage selon FD T 90- 523-2 (annexe B)	Rinçage	Echantillonnage selon FD T 90-524 (§ 5.3.3) avec la solution de l'essai	Mise en flacon destiné au laboratoire d'analyse	Transport selon NF EN ISO 5667- 3	Analyse au laboratoire
Conf 1 :	Non	Oui (3 fois avec l'eau dopée) selon FD T 90- 523-1	Oui, 1 avec chaque matériel	Oui	Oui	Oui
Flacon verre ambré (3)						
Conf 2 :						
Bouteille verticale (PTFE) (3)						
Conf 3 :	Non	Oui (3 fois avec l'eau dopée) selon FD T 90- 523-1	Oui, 1 avec chaque matériel	Oui	Oui	Oui
Seau PE alimentaire (3)						
Conf 4 :						
Seau inox (1) *						
Conf 5 :	Non pour le premier essai Oui pour l'essai 2	Non, selon FD T 90- 523-2	Oui, 1 avec chaque matériel	Oui	Oui	Oui
Echantillonneur (1) **						
- Tuyau Teflon + flacon collecteur verre + pale inox						
Conf 6 :	Non pour le premier essai Oui pour l'essai 2	Non, selon FD T 90- 523-2	Oui, 1 avec chaque matériel	Oui	Oui	Oui
Echantillonneur (1) **						
- Tuyau PVC tricocclair + flacon collecteur PE + pale et louche inox						
Conf 7 :	Non pour le premier essai Oui pour l'essai 2	Non, selon FD T 90- 523-2	Oui, 1 avec chaque matériel	Oui	Oui	Oui
Echantillonneur (1) **						
- Tuyau PVC tricocclair + flacon collecteur verre + pale inox						

* 1 seul exemplaire de seau inox : chaque opération a été réalisée 3 fois, sans nettoyage entre chaque opération.

** 1 seul exemplaire de matériel pour les configurations 5, 6 et 7 : chaque opération a été réalisée 2 fois.

Contrairement aux essais sur les risques de contamination, les matériels de prélèvement pour les configurations 1 à 4 n'ont pas subi d'étape de nettoyage (ils ont été considérés comme propres car seul des blancs matériels ayant été réalisés en amont (§ 3)). Pour le seau en inox (configuration 4), ne disposant que d'un seul exemplaire pour l'étude, l'absence de nettoyage entre chaque essai permet de simuler une journée d'échantillonnage sur site. Ce mode opératoire permet d'évaluer un potentiel effet d'adsorption et/ou de relargage au niveau du seau en situation de routine.

Tous les rinçages de matériel et les échantillonnages ont été réalisés avec la solution de l'essai contenue dans le fût. Le temps de contact du matériel avec la solution de l'essai est de 15 minutes à température ambiante (configuration 2 à 4) pour simuler la durée d'un échantillonnage ponctuel (cours d'eau ou plan d'eau) et de 24h (configuration 1) pour se placer dans des conditions les plus défavorables et simuler le temps de séjour d'un échantillon dans un flacon collecteur en verre d'un échantillonneur automatique. Les essais ont été réalisés en triplicat.

Les échantillons ont été conditionnés dans les flacons destinés au laboratoire. Ils ont été envoyés avec les contrôles de la solution de l'essai (CSE1 ; CSE2 et CSE3) le même jour au laboratoire. Chaque échantillon a été analysé une fois.

Quant aux matériels de prélèvement pour les configurations 5 à 7, les essais ont été réalisés 2 fois. Pour le premier essai, il a été considéré que le matériel était propre (seul des blancs matériels avaient été faits en amont sur le matériel), ils n'ont donc pas été nettoyés. En revanche, pour le second essai, une étape de nettoyage a été mise en œuvre (§ 2.3) avant d'échantillonner la solution de l'essai contenue dans le fût du fait que le matériel avait déjà échantillonné la solution de l'essai lors de l'essai 1.

Les échantillonneurs automatiques ont été asservis au temps afin d'échantillonner la solution de l'essai contenue dans le fût sur une durée de 24 h. Le volume total recueilli dans le flacon collecteur était de l'ordre de 10 litres. Une partie de ce volume a été distribuée dans les flacons destinés au laboratoire.

Les échantillons du premier essai ont été envoyés au laboratoire d'analyses le même jour que les échantillons des configurations 1, 2, 3 et 4. Tandis que les échantillons confectionnés lors du second essai ainsi que le contrôle de la solution de l'essai (CSE4) ont été envoyés le lendemain au laboratoire. Chaque échantillon a été analysé une fois.

4.2 Résultats pour les dopages

4.2.1 Concentration de la solution de l'essai au cours du temps

En amont des essais, 2 blancs de fût ont été réalisés avec de l'eau d'Évian®. Les concentrations mesurées étaient toutes inférieures à la LQ du laboratoire. Aucune contamination provenant du fût n'a été identifiée pour les 28 PFAS.

Plusieurs prélèvements de la solution de l'essai, au cours du temps et au sein du fût, ont été réalisés afin de contrôler la stabilité de la concentration de la solution de l'essai au cours des divers essais et de vérifier le comportement physico-chimique des substances.

La **Figure 2** présente les concentrations de la solution de l'essai présente dans le fût sur la période des tests, de chaque PFAS, classé par type de PFAS [PFCA (Acide perfluoroalkyl carboxyliques) et PFSA (Acide perfluoroalkyl sulfoniques)] et par ordre croissant en fonction de la longueur de chaîne fluorée. La concentration théorique de la solution de l'essai et l'incertitude estimée sur la préparation de la solution de l'essai sont également fournies.

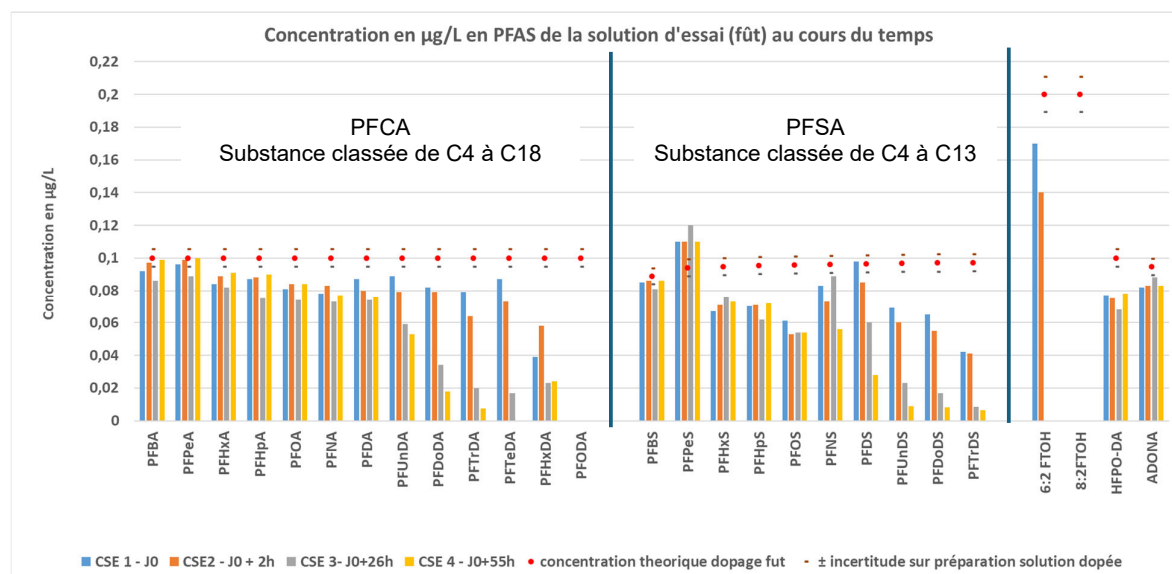


Figure 2 : Concentration en µg/L de PFAS dans la solution de l'essai à J0, J0+2h, J0+26h et J0+55h

La **Figure 2** met en évidence que :

- 2 substances (PFODA et 8:2 FTOH) n'ont pas été quantifiées (< LQ) par le laboratoire d'analyse. Le PFODA est la substance à la plus longue chaîne fluorée de l'étude, elle présente donc un risque de sorption très important sur les parois du fût de préparation de la solution de travail. Le 8 : 2 FTOH est une substance volatile mais moins volatile que la substance 6 :2 FTOH, qui lui est quantifié. La seule explication semblerait l'oubli de cette substance dans la solution de l'essai. Aucune conclusion pour cette étude ne pourra donc être faite pour ces 2 substances (PFODA et 8 :2 FTOH).
- La concentration pour 14 PFAS est relativement stable au cours du temps (coefficient de dispersion de la répétabilité CV_r <10%), il s'agit :
 - PFCA : PFBA ; PFPeA ; PFHxA ; PFHpA ; PFOA ; PFNA ; PFDA ;
 - PFSA : PFBS ; PFPeS ; PFHxS ; PFHpS ; PFOS ;
 - Autres : HFPO-DA ; ADONA.
- En revanche, pour 11 substances, une diminution importante de la concentration en PFAS au cours du temps (entre CSE1 et CSE4) est observée :
 - PFCA : PFUnDA (40%) ; PFDoDA (78%) ; PFTrDA (91%) ; PFTeDA (100%) ; PFHxDA (38%)
 - PFSA : PFNS (33%) ; PFDS (71%) ; PFUnDS (87%) ; PFDoDS (87%) ; PFTrDS (85%)
 - Autres : 6:2 FTOH (100%).

Les pertes observées semblent plus marquées pour les PFAS à longue chaînes fluorées (C14 > C12 > C10), quel que soit le type de PFAS (PFCA ou PFSA) et pour les substances volatiles et de faible solubilité dans l'eau (6:2 FTOH).

Ce bilan montre qu'au sein du fût constitué en PEHD, 11 PFAS ne restent pas stables dans la solution de l'essai et ont tendance, à s'adsorber à la surface du matériau (fût) ou à se volatiliser. Pour les PFCA et les PFSA, l'adsorption sur le matériau (fût) semble liée à la longueur de la chaîne fluorée, plus la chaîne fluorée est longue plus l'adsorption est importante : absorption PFUnDA (C11) < adsorption PFDoDA (C12) < adsorption PFTeDA (C13) < adsorption PFTeDA (C14). Quant au 6:2 FTOH, cette perte pourrait s'expliquer par ses propriétés physico-chimiques, à savoir sa volatilité.

4.2.2 Essais sur les différentes configurations

L'exploitation des données a été conduite de la façon suivante, en calculant :

- La moyenne des contrôles de la solution de l'essai (CSE) encadrant les configurations testées ;
- La moyenne, pour chaque PFAS et pour chaque configuration testée, des concentrations individuelles ;
- Le taux de récupération de chaque PFAS pour chaque configuration testée par rapport à la moyenne des résultats mesurés sur la solution de l'essai (CSE).

La moyenne des résultats sur la solution de l'essai est différente selon les configurations testées.

Pour les configurations 1 à 4, la moyenne des résultats de la solution de l'essai a été calculée à partir des résultats des CSE1, CSE2, contrôles de la solution de l'essai encadrant les essais menés sur ces configurations. Pour les configurations 5 à 7, la moyenne des résultats des contrôles de la solution de l'essai a été calculée en considérant les concentrations encadrant l'essai 1 et l'essai 2 (c'est-à-dire à partir des résultats CSE2, CSE3 pour l'essai 1 et CSE3 et CSE4 pour l'essai 2 (**Figure 1**)).

Le critère pour discuter sur l'éventuelle adsorption des substances sur le matériel testé a été fixé à $\pm 20\%$ autour de la valeur centrale de 100%.

4.2.2.1 Matériel testé – Configurations 1 à 4 : Échantillonnage ponctuel

La **Figure 3** présente le taux de récupération de chaque PFAS pour les configurations 1 (Flacon VA), 2 (Flacon PTFE), 3 (Seau PE) et 4 (Seau inox) par rapport à la moyenne des concentrations de la solution de l'essai (CSE1 et CSE2). Les substances ont été classées par type de PFAS (PFCA ou PFSA) et par ordre croissant en fonction de la longueur de la chaîne fluorée.

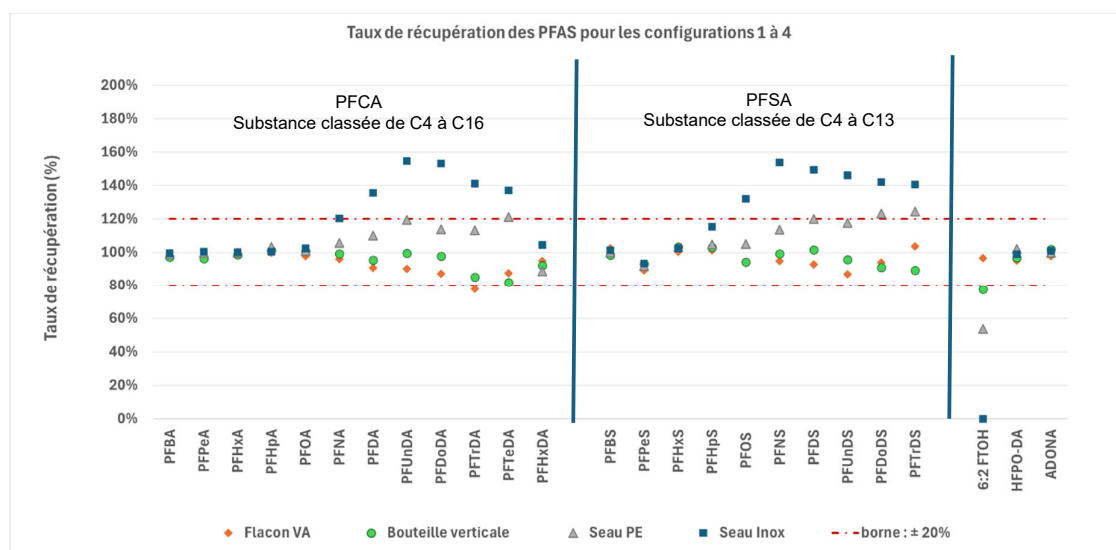


Figure 3 : Taux de récupération de PFAS pour les configurations 1 (Flacon VA), 2 (Flacon PTFE), 3 (Seau PE) et 4 (Seau inox) par rapport à la concentration moyenne des CSE1 et CSE2

Toutes les substances PFAS présentent des concentrations stables (écart type inférieur ou égal à 10%) dans les contrôles de la solution de l'essai (CSE1 et CSE2) analysés en début et en fin des essais des configurations 1 à 4 hormis le PFHxDA (écart type entre les 2 contrôles de 20%). Pour cette substance, les résultats sont donc à prendre avec précaution (§4.2.1).

La **Figure 3** met en évidence :

- Un taux de récupération compris entre 80 % et 120% pour les 12 substances (PFAS à chaînes fluorées courtes (C4 à C8)) dans les 3 essais des 4 configurations par rapport la moyenne des concentrations des contrôles (CSE1 et CSE2) :
 - o PFCA : PFBA, PFPeA, PFHxA, PFHpA, PFOA, PFHxDA ;
 - o PFSA : PFBS, PFPeS, PFHxS, PFHpS ;
 - o Autres : HFPO-DA, ADONA.
- Un taux de récupération strictement supérieur à 120% pour 12 substances (PFAS à chaînes fluorées longues C9 à C14) concernant essentiellement la configuration Seau Inox dont 4 substances communes (identifiées en gras) ont également un taux de récupération > 120% dans la configuration Seau PE. Les 12 substances sont :
 - o PFCA : PFNA, PFDA, PFUnDA, PFDoDA, PFTrDA, **PFTeDA** ;
 - o PFSA : PFOS, PFNS, **PFDS**, PFUnDS, **PFDoDS**, **PFTrDS**.
- Un taux de récupération inférieur à 80% soit une perte pour 2 substances (6:2 FTOH et PFTrDA). Cette perte concerne les 3 configurations testées (Seau PE, Seau Inox et Bouteille verticale en PTFE) pour le 6:2 FTOH et uniquement la configuration (Flacon VA) pour le PFTrDA (taux de récupération de 78%). Les pertes oscillent entre 22% (PFTrDA) et 100% (6:2 FTOH pour la configuration Seau Inox). Les pertes observées sur le 6:2 FTOH peuvent être liées aux propriétés de volatilisation et de faible solubilité dans l'eau de ce PFAS. Les échantillonnages indirects (utilisation d'un intermédiaire) favorisent les échanges air/eau par rapport à l'échantillonnage direct.

Pour la configuration 4 (Seau Inox), la seule différence par rapport aux autres matériels testés est que les essais ont été réalisés en triplicat sans nettoyage du matériel entre les essais. Seul un triple rinçage avec l'eau à échantillonner (ici la solution de l'essai) a été réalisé pour simuler les pratiques couramment mises en œuvre sur le terrain. L'étude des concentrations individuelles obtenues au cours de chaque essai montre que la concentration augmente avec le nombre d'essais (**Figure 4**) sauf pour PFNA, PFUnDA et PFNS, pour lesquelles la concentration reste constante. Les analyses des 3 échantillons ont été réalisées par le laboratoire le même jour que les autres matériels. Des interactions de certains PFAS avec l'inox semblent se produire dans cet essai. Cela a déjà été observé dans une récente étude [2024-Bonnet et al].

Devant ces résultats surprenants, il conviendrait de reconduire un essai sur les configurations Seau (Seau inox et seau PE) pour valider ou invalider ce constat et le cas échéant faire évoluer les recommandations dans les guides techniques échantillonnages Aquaref.

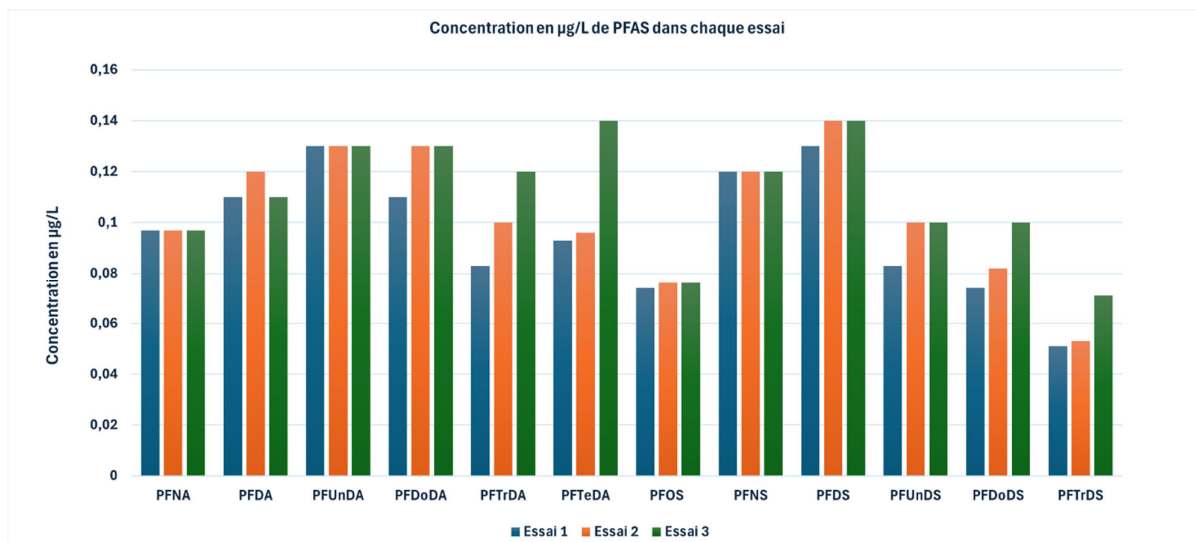


Figure 4 : Concentration individuelle des 3 essais successifs pour la configuration Seau Inox pour les 12 substances identifiées comme présentant un taux de récupération > 120% par rapport à la moyenne des concentrations de la solution de l'essai

4.2.2.2 Matériel testé – Configurations 5 à 7 : Échantillonnage automatique

La **Figure 5** présente, pour chaque PFAS, classé par type de PFAS (PFCA et PFSA) et par ordre croissant en fonction de la longueur de la chaîne fluorée, le taux de récupération obtenu pour les configurations 5 (Teflon + Verre+ Inox), 6 (PVC Tricocclair + PE+ Inox) et 7 (PVC Tricocclair + Verre+ Inox) par rapport à la moyenne des concentrations CSE2 et CSE3 pour l'essai 1 et la moyenne des concentrations CSE3 et CSE4 pour l'essai 2. Pour certaines substances, la concentration de la solution de l'essai CSE4 est inférieure à la LQ du laboratoire. La valeur utilisée pour le calcul a été considérée nulle.

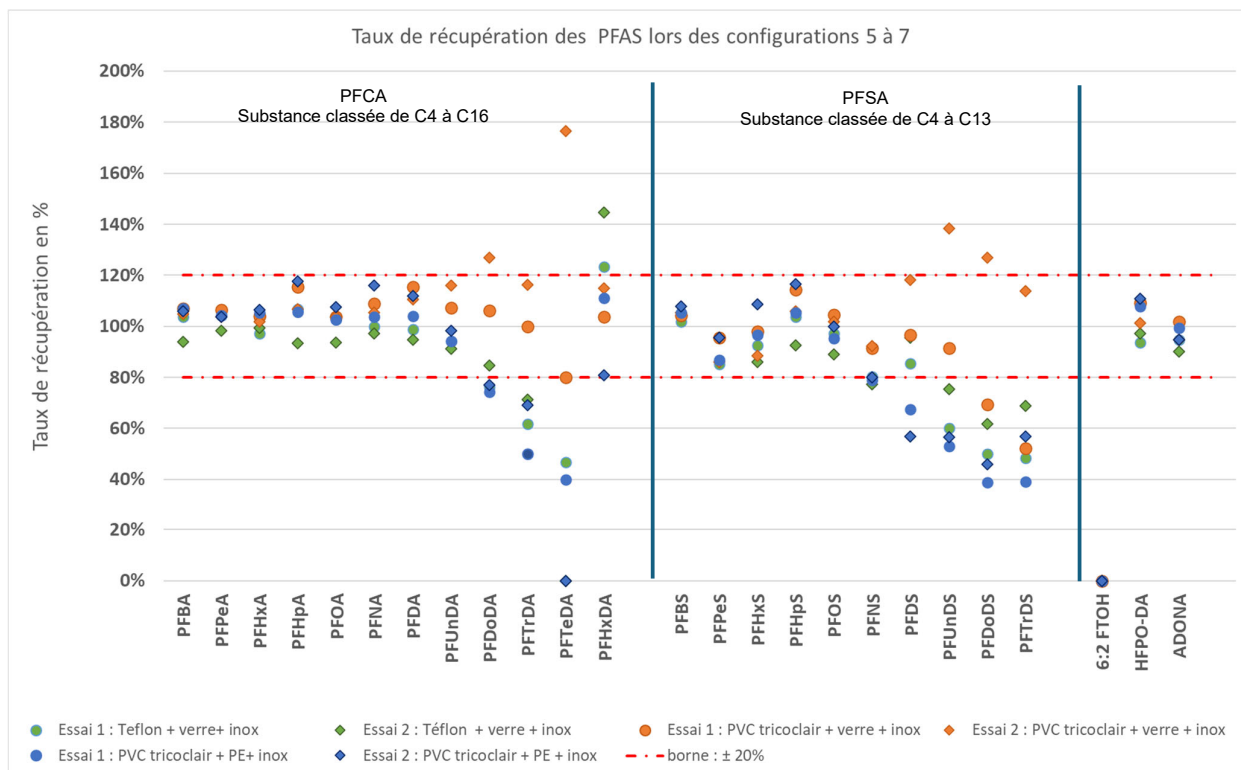


Figure 5 : Taux de récupération de PFAS pour les configurations 5 (Teflon + Verre+ Inox), 6 (PVC Tricocclair + PE+ Inox), 7 (PVC Tricocclair + Verre+ Inox) pour l'essai 1 (représenté par des cercles) et pour l'essai 2 (représenté par des losanges) par rapport à la moyenne des concentrations CSE2 et CSE3 pour l'essai 1 et la moyenne des concentrations CSE3 et CSE4 pour l'essai 2.

Pour les substances PFAS présentant des concentrations stables (écart type inférieur à 15%) dans les contrôles de la solution de l'essai (CSE2 ; CSE3 et CSE4) analysés au cours du temps, la **Figure 5** met en évidence une bonne cohérence entre les concentrations mesurées dans les 2 essais des 3 configurations par rapport aux concentrations des contrôles. Le taux de récupération est compris entre 80 % et 120% pour 15 substances :

- PFCA : PFBA, PFPeA, PFHxA, PFHpA, PFOA, PFNA, PFDA et PFUnDA ;
- PFSA : PFBS, PFPeS, PFHxS, PFHpS et PFOS ;
- Autres : HFPO-DA, ADONA.

Pour les substances PFAS, pour lesquelles les concentrations mesurées entre CSE2, CSE3 et CSE4 sont très variables et décroissantes (écart type supérieur à 15% et pouvant atteindre 100%), il est difficile de conclure sur une potentielle adsorption de ces substances sur les matériaux des configurations testées. Il s'agit des substances suivantes :

- 6:2 FTOH : la substance n'est pas retrouvée dans les essais 1 et 2 des 3 configurations mais ceci s'explique par le fait que les résultats des contrôles de la solution de l'essai sont inférieurs à la LQ dans CSE3 et CSE4 (volatilité de la substance dans le fût au cours du temps) (§ 4.2.1).
- PFTeDA : les résultats des contrôles de la solution de l'essai décroissent fortement entre le CSE2, CSE3 et CSE4 pour être inférieurs à la LQ dans le contrôle CSE4 (§ 4.2.1).
- PFDODA, PFTDA, PFDS, PFUnDS et PFDOS.

En revanche, pour quelques substances PFAS, dont les concentrations mesurées dans les contrôles sont jugées stables (écart type inférieur à 15%), soit entre les contrôles CSE2 et CSE3 ou soit entre les contrôles CSE3 et CSE4, on remarque que :

- PFHxDA : le taux de récupération oscille entre 81% (essai 2 : PVC tricocclair + PE+ inox) à 145% (essai 2 : Teflon + verre + inox) ;
- PFNS : le taux de récupération varie entre 79% (essai 1 : PVC tricocclair+PE + inox), 80% (essai 1 : Teflon + verre + inox) et 91% (essai 1 : PVC tricocclair + verre + inox) ;
- PFTrDS : le taux de récupération est respectivement de 57% (essai 2 : PVC tricocclair +PE +inox), de 69% (essai 2 : Teflon + verre+ inox) et 114% pour l'essai 2 (PVC tricocclair + verre + inox).

Ces résultats montrent la difficulté de conduire ce genre d'essai. Il conviendrait de renforcer ces essais par l'intégration de contrôles supplémentaires de la solution d'essai durant les essais réalisés avec les configurations « échantillonneurs » et de reproduire ces essais à différents niveaux de concentrations pour compléter, confirmer ou infirmer ces premières données.

4.2.2.3 Rinçage des matériels testés

A l'issue des essais et afin de vérifier le potentiel relargage des PFAS, quelques essais de rinçage de matériels testés ont été effectués en utilisant de l'eau d'Évian® (§.4.1.2).

La **Figure 6** présente la concentration en chaque PFAS quantifiée après rinçage du matériel testé des configurations : 2 (Flacon PTFE), 5 (Teflon + Verre+ Inox), 6 (PVC Tricocclair + PE+ Inox) et 7 (PVC Tricocclair + Verre+ Inox).

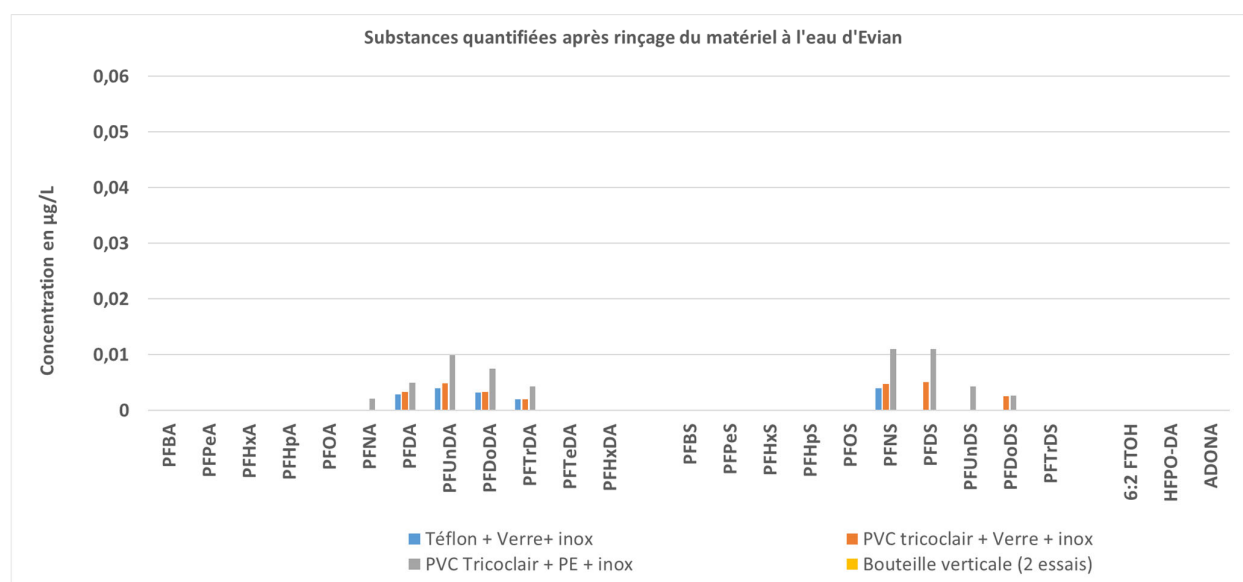


Figure 6 : Concentration en chaque PFAS quantifiée après rinçage du matériel mis en œuvre pour les essais d'adsorption » des configurations 2 (Flacon PTFE), 5 (Teflon + Verre+ Inox), 6 (PVC Tricocclair + PE+ Inox) et 7 (PVC Tricocclair + Verre + Inox)

Il en ressort qu'aucune substance n'est quantifiée à l'issue du rinçage lors de la configuration 2 (Bouteille verticale en PTFE). En revanche, quelques PFAS sont quantifiés dans les autres configurations :

- 5 substances : PFDA, PFUnDA, PFDoDA, PFTTrDA et PFNS, quels que soit les matériaux utilisés sur l'échantillonneur automatique ;
- PFDS et PFDoDS pour les 2 configurations « PVC Tricocclair + Verre + Inox » et « PVC Tricocclair + PE + inox »
- PFNA et PFUnDS pour la configuration « PVC Tricocclair + PE + Inox ».

5 Synthèse des résultats

Pour tous les blancs matériels réalisés, mettant en œuvre des matériels très diversifiés en composition et en origine (neuf ou déjà utilisé), aucune contamination due au matériel d'échantillonnage n'a été identifiée pour les 28 PFAS testés. Tous les résultats, des 7 configurations testées, sont inférieurs à la LQ du laboratoire, ce qui laisse penser que le risque de contamination par les matériaux d'échantillonnage est très faible au niveau des LQ réglementaires applicables lors de l'étude. Depuis la date des essais, les LQ réglementaires ont évoluées [2025 – Avis du 15 août 2025], des essais complémentaires seraient à mener pour confirmer ou infirmer ces résultats.

A contrario, l'essai de dopage conduit dans cette étude, a mis en évidence la difficulté de conduire ce genre d'essai sur cette famille. Des phénomènes d'adsorption, de volatilisation et de relargage semblent exister et sont plus marqués selon les propriétés intrinsèques des PFAS (PFAS à chaînes longues C9 à C13 voire plus) et lorsque les essais durent dans le temps. De plus, cet essai a été réalisé à un seul niveau de concentration et sur une matrice simple (eau d'Évian®), il conviendrait de renforcer ces essais pour les configurations Seau (Inox et PE) et pour les configurations « échantillonneurs » et de reproduire ces essais à différents niveaux de concentrations pour compléter, confirmer ou infirmer ces premières données.

En agrégeant tous les matériels testés (7 configurations testées), et pour les PFAS appartenant aux PFAS de courtes chaînes fluorés (C4-C8), il en ressort que :

- Le taux de récupération du 6:2 FTOH est faible (oscille entre 0% et 77%) hormis pour le flacon verre ambré (97%), ceci peut s'expliquer par les propriétés de volatilisation de cette substance et par sa faible solubilité dans l'eau plutôt que par son adsorption sur le matériel ;
- Les taux de récupération sont satisfaisants (compris entre 80-120%) hormis le 6:2 FTOH et le PFOS (uniquement pour la configuration seau) ce qui montre que tous les systèmes d'échantillonnage testés peuvent être utilisés pour la recherche des 11 PFAS à courtes chaînes fluorées (C4 à C8) : PFBA, PFPeA, PFHxA, PFHpA, PFOA, PFBS, PFPeS, PFHxS, PFHpS, HFPO-DA, ADONA.

En revanche le constat est différent pour les PFAS à longues chaînes fluorées (C9-C13 voire plus) :

- Pour les configurations se rapportant à l'échantillonnage ponctuel (Flacon Verre Ambré, Bouteille Verticale), les concentrations mesurées pour 12 substances (PFNA, PFDA, PFUnDA, PFDoDA, PFTrDA, PFTeDA, PFHxDA, PFNS, PFDS, PFUnDS, PFDoDS et PFTrDS) hormis le PFTrDA pour flacon Verre Ambré sont dans les bornes d'acceptation (20%). En revanche des concentrations supérieures à la concentration de l'eau d'essai ont été mesurées pour plusieurs substances avec le seau PE (4 substances : PFTeDA, PFDS, PFDoDS, PFTrDS) et le seau Inox (11 substances : PFNA, PFDA, PFUnDA, PFDoDA, PFTrDA, PFTeDA, PFNS, PFDS, PFUnDS, PFDoDS et PFTrDS). Il est rappelé que pour la configuration Seau en inox, le protocole est légèrement différent de ceux mis en place pour les autres configurations « échantillonnages ponctuels ». Disposant d'un seul seau inox, il a été rincé trois fois avec l'eau d'essai avant chaque prélèvement pour simuler une campagne de prélèvement sur le terrain et non nettoyé entre les 3 essais. Des essais complémentaires seraient nécessaires pour préciser, ces résultats.
- Pour les configurations se rapportant à l'échantillonnage automatique, les concentrations mesurées pour les substances à longues chaînes fluorées sont dans les bornes d'acceptation (tolérance 20%) pour 3 substances (PFNA, PFDA, PFUnDA). En revanche, des variations importantes de concentrations ont été observées pour 9 substances (PFDoDA, PFTrDA, PFTeDA, PFHxDA, PFNS, PFDS, PFUnDS, PFDoDS et PFTrDS) mais ces phénomènes sont probablement à lier à la variabilité de la solution de l'essai au cours du temps (CVr allant de 1 à 65%) pour ces substances.

Les derniers tests portant sur le rinçage à l'eau d'Évian de certains matériels mis au contact d'une eau contenant 0,1 µg/L de plusieurs PFAS ont mis évidence que les eaux de rinçage pouvaient contenir des traces de PFAS. 5 substances (PFDA, PFUnDA, PFDoDA, PFTrDA et PFNS) ont été retrouvées à des concentrations traces dans les 3 configurations mettant en œuvre l'échantillonneur automatique. Ces résultats soulèvent quelques questions : le rinçage du matériel réalisé à l'eau d'Évian® avant prélèvement de l'échantillon a-t-il été suffisant ? Ne restait-il pas de la solution de l'essai sur les parois du flacon collecteur ? Des essais complémentaires seraient nécessaires pour préciser ces résultats.

6 Conclusion et perspective

Cette étude, conduite sur 28 substances de la famille des PFAS, a permis de tester i) le risque de contamination des échantillons par le matériel d'échantillonnage, ii) le risque d'adsorption sur les différentes composantes des matériels lors des opérations d'échantillonnage d'eaux superficielles et d'eaux résiduelles.

Sept configurations de matériel d'échantillonnage ont été évaluées. Plus précisément, 4 configurations dédiées à un échantillonnage ponctuel (flacon verre ambré, flacon en téflon, seau en polyéthylène alimentaire, seau en inox) et 3 configurations dédiées à un échantillonnage automatique (2 tuyaux d'aspiration (téflon, PVC tricoclar), 2 types de flacons (verre ou polyéthylène) et pale d'agitation inox) avec des compositions et des historiques d'utilisation différents (neufs ou déjà utilisés) ont été testées.

Les essais en laboratoire ont été réalisés :

- Avec de l'eau d'Évian® pour évaluer le risque de contamination des échantillons par le matériel d'échantillonnage, pour 28 PFAS (3 essais indépendants par configuration) ;
- Avec une eau dopée avec 27 PFAS, nommée solution de l'essai, en vue d'évaluer le risque d'adsorption par les matériaux constituant le matériel d'échantillonnage (2 ou 3 essais indépendants selon la configuration). Le C6O4, pour des raisons liées à la difficulté de se procurer la solution étalon correspondante, n'a pas été rajouté lors de la préparation de la solution de l'essai.

Les analyses des PFAS ont été réalisées par le laboratoire Inovalys, qui a mis en œuvre des méthodes dont la LQ pour l'ensemble des PFAS était en accord avec les LQ réglementaires (hormis PFHxA et PFOS pour les eaux superficielles) au moment de l'étude.

Risque de contamination des échantillons par le matériel d'échantillonnage :

Lors de ces essais, pour tous les matériels testés, bien que très diversifiés en composition et en origine (neuf ou déjà utilisé), aucune contamination due au matériel d'échantillonnage n'a été identifiée pour les 28 PFAS analysés, au regard de la LQ du laboratoire. En particulier, les matériels déjà utilisés et le tuyau téflon n'ont pas engendré de contamination. Ce qui laisse penser que le risque de contamination par les matériaux d'échantillonnage est très faible au niveau des LQ réglementaires applicables en date de l'étude.

Ces résultats rejoignent les conclusions de l'étude menée sur les eaux souterraines [2024-Moreau], étude dont l'objectif était de tester le matériel d'échantillonnage en eau souterraine sur une liste de 55 PFAS dont 25 substances communes avec cette étude.

Cette étude, bien que mettant en œuvre de nombreux types de matériels d'échantillonnage, ne peut pas être considérée comme exhaustive. D'autres matériels ou d'autres pratiques devront être testés. De même, depuis la date des essais, les LQ réglementaires ont évolué [2025 – Avis du 15 août 2025], des essais complémentaires seraient à mener pour confirmer ou infirmer ces résultats.

Risque d'adsorption par le matériel d'échantillonnage :

L'ensemble des essais a été mené à partir d'une solution dopée homogénéisée en continu dans un fût en PEHD, et a porté sur sept configurations représentatives de situations réelles d'échantillonnage ponctuel ou automatique.

Avant échantillonnage de la solution de l'essai, le matériel dédié à l'échantillonnage ponctuel (flacon verre ambré, flacon téflon, seau PE, seau Inox) a été rincé, avec la solution de l'essai, 3 fois (1 seul exemplaire de seau inox). Quant au matériel dédié à l'échantillonnage automatique (tuyaux d'aspiration (téflon, PVC tricocclair), types de flacons (verre ou polyéthylène) et pale d'agitation inox), il a été nettoyé selon le FD T 90-523-2 (1 seul exemplaire de chaque échantillonneur). 2 ou 3 essais indépendants ont été réalisés selon la configuration testée.

La solution de l'essai a été réalisée à un seul niveau de concentration (100 ng/L pour l'ensemble 27 PFAS hormis le 8:2 FTOH et le 6:2 FTOH pour lesquels la concentration était à 200 ng/L) dans l'eau d'Évian® selon le FD T 90-524 [2015-AFNOR]. La substance C6O4 n'ayant pas été intégré dans la solution, aucune conclusion sur les risques d'adsorption par le matériel ne peut être apportée pour cette substance.

Les contrôles réalisés sur la solution de l'essai présente dans le fût en PEHD ont montré que les concentrations des PFAS à chaînes fluorées courtes (C4-C8) (soit 14 PFAS) sont stables au cours du temps (CVr < 15%). En revanche, pour les 11 PFAS, majoritairement à chaînes fluorées longues (C9-C13 voire plus), la concentration diminue fortement, ce qui traduit une adsorption importante sur les parois du fût ou un phénomène de volatilisation (cas du 6:2 FTOH, par exemple). Ce constat conduit à prendre avec précaution les résultats concernant les PFAS à longues chaînes fluorées pour les configurations se rapportant à l'échantillonnage automatique.

Deux substances (PFODA et 8:2 FTOH) n'ont pas été quantifiées (< LQ) par le laboratoire d'analyse. Le PFODA est la substance à la plus longue chaîne fluorée de l'étude, elle présente donc un risque de sorption très important sur les parois du fût de préparation de la solution de travail. Le 8:2 FTOH, substance moins volatile que le 6 :2 FTOH, sa non-quantification semblerait plutôt liée à l'oubli de la substance dans la solution de l'essai vu que le 6 :2 FTOH est quantifié. Aucune conclusion pour cette étude ne pourra donc être faite pour ces 2 substances (PFODA et 8 :2 FTOH).

Quel que soit le matériel testé, matériel dédié à un échantillonnage ponctuel (flacon verre ambré, flacon en téflon, seau en polyéthylène alimentaire, seau en inox) ou matériel dédié à un échantillonnage automatique (tuyaux d'aspiration (téflon, PVC tricocclair), flacons collecteurs (verre ou polyéthylène) et pale d'agitation inox), les PFAS à courtes chaînes fluorées (C4-C8) sont bien récupérés dans les échantillons (taux de récupération compris entre 80%-120%), ce qui met en évidence que tous ces matériels peuvent être utilisés pour la surveillance de ces substances.

En revanche, les résultats pour les PFAS à longues chaînes fluorés (C9–C13+) sont plus difficiles à interpréter, en raison d'une variabilité importante des concentrations des contrôles de la solution d'essai au cours du temps pour l'échantillonnage automatique et le comportement surprenant de certains PFAS lors de l'utilisation des matériaux (seau inox et seau PE) pour l'échantillonnage ponctuel.

Cependant, ces premiers résultats permettent d'émettre quelques recommandations :

- Les matériels offrant les meilleures garanties contre l'adsorption semblent être le flacon verre ambré et la bouteille verticale en PTFE avec des taux de récupération de l'ordre de 80-120% pour toutes les substances PFAS et une absence de relargage au rinçage (bouteille verticale) ;
- Le 6:2 FTOH du fait de sa volatilisation, limiter autant que possible l'exposition de l'échantillon à l'air et l'utilisation d'intermédiaires lors de son échantillonnage.

Cette étude fait ressortir qu'il serait souhaitable de :

- Renouveler les essais sur les matériels (tels que les seaux) pour élucider les comportements surprenants observés ;
- Intégrer des contrôles supplémentaires de la solution d'essai pour les essais dont la durée est longue (cas des échantillonneurs automatiques) ;
- Renforcer l'étape finale de l'étude, à savoir le rinçage des matériels (eau versus solvant) afin de vérifier si les substances sont réellement absorbées sur le contenant et les quantifier ;
- Reconduire l'étude à différents niveaux de concentration pour confirmer ou infirmer ces premières données.

En conclusion, si les matériels testés apparaissent fiables pour les PFAS à chaînes courtes (C4-C8), les comportements observés pour les longues chaînes fluorées (C9-C13+), ainsi que les phénomènes d'adsorption propres à certains matériaux (à confirmer), montrent que des précautions supplémentaires doivent être prises.

Les résultats constituent une première base solide pour l'amélioration des recommandations d'échantillonnage des PFAS, tout en soulignant la nécessité d'approfondir certains aspects pour fiabiliser les conclusions à plus long terme.

7 Références bibliographiques

- [2012-Ghestem] J-P. Ghestem, Impact de la nature du matériel d'échantillonnage sur les données de surveillance des phtalates en eau souterraine, Rapport final, 2012, pp, 30
- [2013- Gal] F. Gal., J.P.Ghestem, S. Bristeau, A.L. Tailame, M. Brach– Eaux souterraines et chlordécone : impact du matériel d'échantillonnage. Rapport AQUAREF 2013. BRGM/RP-63194-FR, 22 p.
- [2014-Moreau] P. Moreau -Impact de la nature du matériel d'échantillonnage sur les données de surveillance des phtalates, des alkylperfluorés et des alkylphénols en eau souterraine –Rapport AQUAREF 2014 –58p
- [2015-Moreau] P. Moreau – Impact du matériel d'échantillonnage sur les données de surveillance de substances organiques en eau souterraine : essais en laboratoire. Rapport AQUAREF, 2015. BRGM/RP-65035-FR
- [2013-Ferret] C. Ferret, B. Lepot – Matériel d'échantillonnage en Téflon® : impact sur les données de surveillance de phtalates et de composés perfluorés dans les eaux AQUAREF 2013 –45p, DRC-13-136902-13436A
- [2015-Lepot] B. Lepot, C. Ferret, F. Botta- Impact de la nature du matériel d'échantillonnage sur la qualité des données de surveillance des parabènes et des alkylphénols en eaux de surface - Rapport AQUAREF 2015 – 68 p, DRC-15-136902-11001A
- [2016_Ferret] C. Ferret, B. Lepot – Impact de la nature du matériel d'échantillonnage sur la qualité des données de surveillance des bisphénols en eaux de surface – Rapport AQUAREF 2016 – 30 p, DRC-16-158271-10736A
- [2017-Ferret] C. Ferret, B. Lepot – Impact de la nature du matériel d'échantillonnage sur la qualité des données de surveillance du diclofénac dans les eaux de surface – Rapport AQUAREF 2017 – 26p, DRC-17-158271-07163A
- [2023-Ferret] C. Ferret, B. Lepot – Impact de la nature du matériel d'échantillonnage sur la qualité des données de la mesure des surfactants (LAS) dans les eaux – Rapport AQUAREF 2023 – 41p
- [2024-Moreau] P. Moreau, F. Gal, J.P. Ghestem – Impact du matériel d'échantillonnage sur les données de surveillance des PFAS en eau souterraine – Rapport AQUAREF 2024
- [2023-Arrêté du 20 juin 2023] Arrêté du 20 juin 2023 relatif à l'analyse des substances per- et polyfluoroalkylées dans les rejets aqueux des installations classées pour la protection de l'environnement relevant du régime de l'autorisation
- [2019- Avis du 19 octobre 2019] Avis relatif aux limites de quantification des couples « paramètre-matrice » de l'agrément des laboratoires effectuant des analyses dans le domaine de l'eau et des milieux aquatiques du 19 octobre 2019
- [2022-Guide AQUAREF] AQUAREF - Opérations d'échantillonnage d'eau en cours d'eau dans le cadre des programmes de surveillance DCE - Recommandations techniques – Edition 2022
- [2019-AFNOR] FD T90-523-2 « Qualité de l'eau - Guide d'échantillonnage pour le suivi de la qualité des eaux dans l'environnement - Partie 2 : échantillonnage d'eaux résiduelles »

[2015-AFNOR]	FD T90-524 « Contrôle qualité - Contrôle qualité pour l'échantillonnage et la conservation des eaux »
[2024-AFNOR]	NF EN ISO 5667-3 « Qualité de l'eau - Échantillonnage - Partie 3 : conservation et manipulation des échantillons d'eau »
[2017- AFNOR]	NF EN ISO/IEC 17025 - Exigences générales concernant la compétence des laboratoires d'étalonnages et d'essais
[2018-Michigan]	Wastewater PFAS sampling Guidance - Michigan Department of Environmental Quality - revised 10/11/2018
[2022-Michigan]	Surface Water PFAS Sampling Guidance - Michigan Department of Environmental Quality – 10/2022
[2025- Avis du 15 août 2025]	Avis du 15 août 2025 relatif aux limites de quantification des couples « paramètre-matrice » de l'agrément des laboratoires effectuant des analyses dans le domaine de l'eau et des milieux aquatiques
[2024- Bonnet et al]	Bonnet et al., 2024, <i>Environmental Science & Technology</i> — Décontamination de surfaces inox exposées aux PFAS

8 Annexes

Annexe 1 : Liste des substances, abréviations et codes sandre des PFAS étudiés lors de l'essai

Substances	Abréviations	Codes Sandre	Famille	Longueur chaîne fluorée	Substances impliquées dans les essais	
					Contamination	Dopage
Acide perfluoro-n-butanoïque	PFBA	5980	PFCA	4	oui	oui
Acide perfluoro-n-pentanoïque	PFPeA	5979	PFCA	5	oui	oui
Acide perfluoro-n-hexanoïque	PFHxA	5978	PFCA	6	oui	oui
Acide perfluoro-n-heptanoïque	PFHpA	5977	PFCA	7	oui	oui
Acide perfluoro-n-octanoïque	PFOA	5347	PFCA	8	oui	oui
Acide perfluoro-n-nonanoïque	PFNA	6508	PFCA	9	oui	oui
Acide perfluoro-n-décanoïque	PFDA	6509	PFCA	10	oui	oui
Acide perfluoro-n-undécanoïque	PFUnDA	6510	PFCA	11	oui	oui
Acide perfluoro-n-dodécanoïque	PFDoDA	6507	PFCA	12	oui	oui
Acide perfluoro-n-tridécanoïque	PFTTrDA	6549	PFCA	13	oui	oui
Acide perfluoro-n-tetradécanoïque	PFTeDA	6547	PFCA	14	oui	oui
Acide perfluorohexadécanoïque	PFHXDA	8984	PFCA	16	oui	oui
Acide perfluorooctadécanoïque	PFODA	8985	PFCA	18	oui	oui
Acide perfluorobutane sulfonique	PFBS	6025	PFSA	4	oui	oui
Acide perfluoropentane sulfonique	PFPeS	8738	PFSA	5	oui	oui
Acide perfluorohexane sulfonique	PFHXS	6830	PFSA	6	oui	oui
Acide perfluoroheptane sulfonique	PFHpS	6542	PFSA	7	oui	oui
Acide perfluorooctane sulfonique	PFOS	6561	PFSA	8	oui	oui
Acide perfluorononane sulfonique	PFNS	8739	PFSA	9	oui	oui
Acide perfluorodécane sulfonique	PFDS	6550	PFSA	10	oui	oui
Acide perfluoroundécane sulfonique	PFUnDS	8740	PFSA	11	oui	oui
Acide perfluorododécane sulfonique	PFDoDS	8741	PFSA	12	oui	oui
Acide perfluorotridécane sulfonique	PFTTrDS	8742	PFSA	13	oui	oui
2-perfluorohexyl ethanol (6 : 2)	6:2 FTOH	7997	FTOH	8	oui	oui
2-perfluorooctyl ethanol (8 : 2)	8:2 FTOH	8000	FTOH	10	oui	oui
Acide perfluoro-2-propoxypropanoïque	HFPO-DA	8982	PFECA	6	oui	oui
Perfluoro([5-methoxy-1,3-dioxolan-4-yl]oxy) acetic acid	C604	8981	PFECA	6	oui	non
4,8-Dioxa-3H-perfluorononanoic acid	ADONA	8983	PFECA	7	oui	oui

Annexe 2 : Concentration théorique de chaque PFAS dans la solution de l'essai dopée

Substances	Code Sandre	Concentration de l'étalon de référence en Acide (µg/ml) + incertitude certificat	Concentration théorique de la solution de l'essai (ng/L)
C6O4	8981	/	/
ADONA	8983	47,3±2,4	94,6
6:2 FTOH	7997	50 ±2,5	200
8:2 FTOH*	8000	50 ±2,5	200
HFPO-DA	8982	50±2,5	100
PFBA	5980	50±2,5	100
PFBS	6025	44,4±2,2	88,8
PFDA	6509	50±2,5	100
PFDoDA	6507	50±2,5	100
PFDoDS	8741	48,5±2,4	97
PFDS	6550	48,2±2,4	96,4
PFHpA	5977	50±2,5	100
PFHpS	6542	47,7 ±2,4	95,4
PFHxA	5978	50±2,5	100
PFHxDA	8984	50±2,5	100
PFHxS	6830	47,4 ±2,4	94,8
PFNA	6508	50±2,5	100
PFNS	8739	48,1±2,4	96,2
PFOA	5347	50±2,5	100
PFODA	8985	50±2,5	100
PFOS	6561	47,9±2,4	95,8
PFPeA	5979	8985	100
PFPeS	8738	47,0±2,4	94
PFTeDA	6547	50±2,5	100
PFTrDA	6549	50±2,5	100
PFTrDS	8742	48,6±2,4	97,2
PFUnDA	6510	50 ±2,5	100
PFUnDS	8740	48,4±2,4	96,8

* potentiel oubli de cette substance lors de la préparation de la solution d'essai