

Campagne nationale de mesure de l'occurrence de composés émergents dans les eaux destinées à la consommation humaine

PFAS et US-PFAS

Campagne 2024-2025

Demande n° « 2024-AST-0045 »

RAPPORT d'appui scientifique et technique

Octobre 2025

Citation suggérée

Anses. (2025). Campagne nationale de mesure de l'occurrence de composés émergents dans les eaux destinées à la consommation humaine : PFAS et US-PFAS - Campagne 2024-2025. Maisons-Alfort : Anses, 60 p.

Mots clés

Eaux destinées à la consommation humaine - Contaminants émergents - PFAS - Campagne d'occurrence - France

Drinking water - Emerging pollutants - PFAS - National survey - France

Présentation des intervenants

PRÉAMBULE : Les experts membres de comités d'experts spécialisés, de groupes de travail ou désignés rapporteurs sont tous nommés à titre personnel, *intuitu personae*, et ne représentent pas leur organisme d'appartenance.

PARTICIPATION ANSES

Coordination scientifique

Mr Xavier DAUCHY - Adjoint chef d'unité chimie des eaux - Laboratoire d'Hydrologie de Nancy - Anses

Mme Sophie LARDY-FONTAN - Directrice du Laboratoire d'Hydrologie de Nancy

Contribution scientifique

Mme Virginie BOITEUX - Ingénieur Chimie - Laboratoire d'Hydrologie de Nancy - Anses

Mme Adeline COLIN RIGOBERT - Technicienne Chimie - Laboratoire d'Hydrologie de Nancy - Anses

Mme Alexandra GARNIER - Technicienne Chimie - Laboratoire d'Hydrologie de Nancy - Anses

Mme Caroline HOLLARD - Technicienne Chimie - Laboratoire d'Hydrologie de Nancy - Anses

Mr Christophe ROSIN - Chef d'unité chimie des eaux - Laboratoire d'Hydrologie de Nancy - Anses

Secrétariat administratif

Mme Sophie MARCHAL-MAUER - Documentaliste - Laboratoire d'Hydrologie de Nancy - Anses

REMERCIEMENTS :

Direction Générale de la Santé

Agences Régionales de Santé

Mme Véronique SAGRES - Technicienne Chimie - Laboratoire d'Hydrologie de Nancy – Anses

Mme Solène MOTTEAU - Ingénieur Chimie - Laboratoire d'Hydrologie de Nancy - Anses

Mr Romain MEHUT - Chargé de projet - Laboratoire d'Hydrologie de Nancy – Anses

SOMMAIRE

Présentation des intervenants	3
Sigles et abréviations.....	6
Liste des tableaux	7
Liste des figures.....	8
1 Contexte, objet et modalités de réalisation des travaux.....	9
1.1 Contexte	9
1.2 Objet de la demande	11
1.3 Modalités de traitement : moyens mis en œuvre et organisation.....	11
1.3.1 Paramètres analysés.....	11
1.3.2 Plan d'échantillonnage	15
1.3.3 Méthodes d'analyses.....	19
1.3.4 Assurance qualité.....	21
1.3.5 Déroulement des analyses.....	21
2 Résultats	22
2.1 Traitement et présentation des données.....	22
2.1.1 Généralités.....	22
2.1.2 Modalités de calcul des sommes PFAS.....	22
2.1.3 Comparaison à des valeurs seuils.....	22
2.2 Résultats par PFAS	23
2.2.1 Eaux Brutes	23
2.2.2 Eaux traitées	27
2.3 Résultats par rapport à la somme réglementaire des 20 PFAS.....	32
2.3.1 Eaux brutes.....	32
2.3.2 Eaux traitées	32
2.4 Résultats par rapport à la somme des 4 PFAS de l'EFSA dans les eaux traitées	33
2.4.1 Comparaison à la valeur indicative de l'EFSA	33
2.4.2 Comparaison à la valeur indicative du HCSP (20 ng/L)	33
2.5 Co-occurrence des PFAS dans les ressources et EDCH.....	33
2.5.1 Co-occurrence des 20 PFAS réglementés et complémentaires (hors US-PFAS)	33
2.5.2 Co-occurrence US-PFAS et autres PFAS	35
3 Conclusions - Perspectives	36
4 Bibliographie.....	38
4.1 Publications	38
4.2 Normes	43

4.3 Législation et réglementation	43
Annexe 1 : Saisine - Instruction N°DGS/EA4/2023/52 du 31 août 2023.....	46
Annexe 2 : Méthode d'analyse des US PFAS par ID-IC-MSMS.....	52
Annexe 3 : Méthode d'analyse des PFAS par ID-LC-MSMS	55
Annexe 4 : Critères de prise en compte des statistiques descriptives en fonction du nombre d'échantillons quantifiés.....	60

Sigles et abréviations

ARS : Agence régionale de Santé
AL : Point aléatoire
CES : Comité d'experts spécialisé
CSP : Code de la santé publique
DGS : Direction générale de la santé.
EB : Eaux brutes
EDCH : Eaux destinées à la consommation Humaine
EFSA : Autorité européenne de sécurité des aliments
ET : Eaux traitées
GD : Gros débit
HCSP : Haut conseil de santé publique
ID-IC-MS/MS : Injection directe et chromatographie en phase ionique couplée à de la spectrométrie de masse en tandem
ID-LC-MS/MS : Injection directe et chromatographie en phase liquide couplée à de la spectrométrie de masse en tandem
LHN : Laboratoire d'hydrologie de Nancy
LQ : Limite de qualité
LOQ : Limite de quantification
MES : Matières en suspension
OECD : Organisation de coopération et de développement économiques
PFAS : Composés alkyls per- et polyfluorés
PI : Point d'intérêt
UERE : Unité d'Evaluation des Risques liés à l'Eau de l'Anses
US-PFAS : Composés alkyls per- et polyfluorés à chaîne ultra-courte

Liste des tableaux

Tableau 1 : Liste des paramètres PFAS priorisés et recherchés dans la campagne.....	14
Tableau 2 : Performances analytiques obtenues pour les PFAS analysées	19
Tableau 3 : Statistiques descriptives des PFAS quantifiés au moins une fois dans les eaux brutes.....	26
Tableau 4 : Détails des 5 échantillons d'eau traitée dans lesquels la concentration individuelle d'un des 20 PFAS dépassait 100 ng/L.....	30
Tableau 5 : Statistiques descriptives des PFAS quantifiés au moins une fois dans les eaux traitées	31
Tableau 6 : Somme des 20 PFAS et des autres PFAS (en ng/L) dans les 10 échantillons d'eau traitée avec une quantification conjointe dans ces deux catégories	35

Liste des figures

Figure 1 : Répartition des échantillons prélevés en eaux brutes (EB) et eaux traitées (ET) en fonction de la catégorie de points (gros débit (GD), aléatoire (AL), point d'intérêt (PI)).....	16
Figure 2 : Distribution géographique des eaux brutes prélevées en métropole et dans les DROM (GD = point bleu ; AL = point noir ; PI = point rose).....	18
Figure 3 : Fréquence de quantification (%) en eau brute des PFAS quantifiés au moins une fois avec leur limite de quantification en ng/L respective entre parenthèses.	24
Figure 4 : Boites à moustaches des concentrations de PFAS déterminées dans les eaux brutes (Nq \geq 30), avec le graphique zoomé sur les boites en deuxième ligne.	25
Figure 5 : Fréquences de quantification en eau brute en fonction du type de ressource sollicitée (eaux de surface ou eau souterraine)	27
Figure 6 : Fréquence de quantification (%) en eau traitée des PFAS quantifiés au moins une fois avec leur limite de quantification en ng/L respective entre parenthèses.	28
Figure 7 : Boites à moustaches des concentrations de PFAS déterminées dans les eaux traitées (Nq \geq 30), avec le graphique zoomé sur les boites en deuxième ligne.....	29
Figure 8 : Nombre d'échantillons en fonction d'intervalles de concentrations (exprimée en ng/L) de la somme des 20 PFAS de la Directive, avec « nq » = aucune quantification	32
Figure 9 : Nombre d'échantillons en fonction d'intervalles de concentrations (exprimée en ng/L) de la somme des 4 PFAS de l'EFSA, avec « nq » = aucune quantification.....	33
Figure 10 : Co-occurrence des PFAS (hors US-PFAS) en eau brute et traitée	34

1 Contexte, objet et modalités de réalisation des travaux

1.1 Contexte

Dans le cadre de son mandat de laboratoire national de référence pour les eaux destinées à la consommation humaine (EDCH), le Laboratoire d'Hydrologie de Nancy de l'Anses organise périodiquement des campagnes nationales d'analyse, avec l'appui de la DGS et des ARS. Ces travaux, sur des composés émergents non réglementés ou pour lesquels le socle de connaissance reste parcellaire, permettent de recueillir des données d'exposition nécessaires à l'évaluation des risques sanitaires. Les précédentes campagnes nationales d'occurrence de composés émergents dans les EDCH ont concerné : les médicaments humains et vétérinaires (Anses 2011b) ; des composés alkyls perfluorés (Anses 2011a), les perchlorates et nitrosamines (Anses 2013) ; les haloacétonitriles, trihalométhanes iodés, halocétones, chloropicrine, alkylphénols, bisphénols (Anses 2018), le chrome hexavalent et chrome total (Anses 2019), les Acides haloacétiques – chlorates, phtalates, *Rouxiella chamberiensis* (Anses 2020), métabolites de pesticides, résidus d'explosifs, 1,4-dioxane (Anses 2023).

En 2023, une nouvelle campagne a été lancée. Elle est cadrée par l'instruction DGS/EA4/2023/52 du 31/08/2023. Ce rapport présente uniquement les résultats pour les composés alkyls per- et polyfluorés (PFAS).

Depuis 2023, la thématique des PFAS fait l'objet d'une intense actualité réglementaire, normative, scientifique et sociétale et d'une accélération forte dans la production de connaissances pour y répondre. Il apparaît donc nécessaire de repositionner la campagne objet de ce rapport dans ce panorama.

En 2021, l'OCDE a publié une nouvelle définition des PFAS comme étant des molécules formées d'une chaîne d'atomes de carbone plus ou moins longue, linéaire, ramifiée ou cyclique, et contenant au moins un groupement fluoré, soit méthyl ou méthylène, saturé et complètement fluoré. À ce squelette fluorocarboné peuvent s'ajouter différents groupes fonctionnels, qui confèrent à ces molécules des propriétés physiques, chimiques et toxicologiques distinctes (OECD 2021).

Cette définition fait actuellement référence dans l'ensemble des textes réglementaires et législatifs en France et au sein de l'Union Européenne.

La directive (UE) 2020/2184 du Parlement européen et du Conseil du 16 décembre 2020 relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine (refonte), qui est entrée en vigueur le 12 janvier 2021, a introduit des paramètres et des valeurs paramétriques pour les substances per- et polyfluoroalkylées (PFAS). Ces valeurs sont de 0,50 µg/l (500 ng/l) pour le paramètre «Total PFAS» et de 0,10 µg/l (100 ng/l) pour le paramètre «Somme PFAS», qui couvre une liste de 20 PFAS. Les États membres sont tenus de faire entrer en vigueur ces valeurs dans la réglementation nationale au plus tard le 12 janvier 2026. Ils peuvent inclure des valeurs plus strictes ou des paramètres supplémentaires dans leur législation nationale transposant la directive.

Au travers des lignes directrices qui l'accompagnent, il est par ailleurs précisé que :

- La « Somme PFAS » tel que définie à l'annexe I, partie B, de la directive est un sous-ensemble de 20 substances PFAS individuelles (cibles) préoccupantes parmi les nombreuses substances PFAS existantes (« Total PFAS »).
- Les substances constituant la « Somme PFAS » contiennent un groupement de substances perfluoroalkylées comportant trois atomes de carbone ou plus (à savoir, $-C_nF_{2n}-$, $n \geq 3$) ou un groupement de perfluoroalkyléthers comportant deux atomes de carbone ou plus (à savoir, $-C_nF_{2n}OC_mF_{2m}-$, n et $m \geq 1$). La longueur totale de la chaîne comprend 4 à 13 atomes de carbone avec 10 acides perfluoroalkylcarboxyliques (PFCA) et 10 acides perfluoroalkylsulfoniques (PFSA).
- En raison de cette définition dans la directive, les composés PFAS à chaîne ultracourte à 2 ou 3 atomes de carbone sont exclus de la « Somme PFAS ». Cela concerne en particulier l'acide trifluoroacétique (TFA) et l'acide perfluoropropanoïque (PFPrA), ainsi que l'acide trifluorométhanesulfonique (TFMSA), l'acide perfluoroéthanesulfonique (PFEtS) et l'acide perfluoropropanesulfonique (PFPrS).

Pour la transposition de cette directive, la France a fait le choix de retenir le paramètre « somme des 20 PFAS »¹, dans l'attente d'une mise en œuvre progressive de cette réglementation dans les EDCH dès le 1^{er} janvier 2023 dans le cadre de l'arrêté du 11 janvier 2007 modifié relatif aux limites et références de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine mentionnées aux articles R. 1321-2, R. 1321-3, R. 1321-7 et R. 1321-38 du code de la santé publique (CSP). L'Instruction n° DGS/EA4/2025/22 du 19/02/25, abrogeant l'Instruction n° DGS/EA4/2024/30 du 12 mars 2024, relative à la gestion des risques sanitaires liés à la présence de composés perfluorés (PFAS) dans les eaux destinées à la consommation humaine, à l'exclusion des eaux conditionnées précise les recommandations nationales pour la gestion des situations locales de présence de PFAS dans les EDCH. A savoir : 1/ en anticipation de la réglementation, la mise en œuvre du suivi de la qualité de l'eau vis-à-vis des PFAS sur l'ensemble de leur territoire d'ici mi-2025, en priorisant les situations avec des suspicions de contamination compte tenu des sources connues d'émission ou les sites n'ayant pas encore fait l'objet d'un suivi (soit par la PRPDE, soit dans le cadre de la présente campagne) ; 2/ la caractérisation du signal de non-conformité à la limite de qualité réglementaire (0,1 µg/L pour la somme de 20 PFAS) basée sur la médiane des valeurs observées au cours d'une campagne d'analyses comprenant *a minima* 10 résultats analytiques répartis sur 2 saisons. Pour rappel, les résultats doivent être rendus sous accréditation pour la somme des 20 PFAS ; 5/ pour le cas particulier de l'acide trifluoroacétique (TFA), les mesures de gestion suivantes, transitoires, peuvent être retenues : une valeur sanitaire indicative de 60 µg/L ; définition d'une trajectoire de réduction vers une concentration inférieure à 10 µg/L selon l'avis du HCSP (HCSP 2024).

La Loi n° 2025-188 du 27 février 2025 « dite Loi Thierry » qui vise à protéger la population des risques liés aux substances perfluoroalkylées et polyfluoroalkylées modifie le titre II livret V code de l'environnement en ajoutant un Chapitre IV « Prévention des risques résultant de l'exposition aux substances perfluoroalkylées et polyfluoroalkylées » et introduit notamment Art. L. 1321-9-1. - Le contrôle sanitaire de la qualité des eaux potables inclut le contrôle, dans les eaux destinées à la consommation humaine, de la présence de substances perfluoroalkylées et polyfluoroalkylées définies par décret. Il inclut également le contrôle des substances perfluoroalkylées et polyfluoroalkylées qui ne sont pas listées par le décret

¹ Dans l'attente de lignes directrices pour l'analyse du paramètre « PFAS total »

mentionné au présent alinéa, lorsque ces substances sont quantifiables et que leur contrôle est justifié au regard des circonstances locales.

Enfin, en réponse aux préoccupations grandissantes concernant les impacts des PFAS sur la santé humaine et la biodiversité, le gouvernement a lancé, le 5 avril 2024, [un plan d'action interministériel sur les PFAS](#). Ce plan d'actions organise la mobilisation de tous les acteurs publics pour réduire le plus rapidement possible les risques associés aux PFAS notamment ceux liés aux PFAS présents dans les eaux destinées à la consommation humaine. Ce plan interministériel s'organise autour de cinq axes d'actions. L'Axe 2 intègre la présente campagne (« Améliorer, renforcer la surveillance et mobiliser les données qui en sont issues pour agir » Action n° 4 « renforcer les dispositifs de surveillance des milieux » point 3 « mener régulièrement une campagne nationale exploratoire des PFAS dans les EDCH »).

Les travaux de la présente campagne ont été inscrits au programme de travail du laboratoire dès 2022 et donc conjointement ou antérieurement aux éléments précités. En lien avec la montée en compétence du LHN sur le plan analytique, cette campagne nationale a pour objectif de disposer d'une vision actualisée (au regard de la précédente campagne qui avait été réalisée en 2010-2011) et représentative sur tout le territoire de la présence des 20 PFAS cités dans la nouvelle réglementation EDCH, mais aussi d'élargir à d'autres PFAS d'intérêt émergent.

1.2 Objet de la demande

La campagne nationale a pour objectif de fournir un socle de données robustes sur tout le territoire (hexagone et territoires ultra-marins) de la présence des 20 PFAS cités dans la nouvelle réglementation, mais aussi d'autres PFAS d'intérêt à titre exploratoire. Parmi ces autres PFAS figurera notamment une sous-catégorie regroupant des PFAS à chaîne ultra-courte (dit « US-PFAS »). Par ailleurs, les données produites au travers de cette campagne permettront de contribuer aux travaux en cours dans le cadre de la saisine 2022-SA-0198 – « Demande d'avis relatif à l'évaluation des risques sanitaires et des expositions aux composés alkyles per- et polyfluorés (PFAS) et à la priorisation des substances en vue de mesures de gestion des risques ».

1.3 Modalités de traitement : moyens mis en œuvre et organisation

1.3.1 Paramètres analysés

Au-delà des 20 PFAS listés dans la directive eau potable, la liste des PFAS d'intérêt pour cette campagne (Tableau 1) a été établie selon une démarche de hiérarchisation reposant sur la prise en compte de différents critères/signaux et notamment :

- D'une veille bibliographique considérant particulièrement des signaux émergents quant à leur présence dans les eaux, des usages dans des applications connues pour leur contribution aux émissions globales de PFAS dans l'environnement (mousses anti-incendie, ...) et l'absence de données consolidées sur leur occurrence au niveau national ;
- De signalements d'Agences Régionales de Santé, d'agences de l'eau ou d'autres parties prenantes ;

- De travaux internes à l'Anses et notamment du dispositif de phyto-pharmacovigilance et de l'Unité d'Evaluation des Risques liés à l'Eau (UERE) ;
- De dires d'experts.

A ces éléments ont été associées des contraintes de faisabilité notamment la disponibilité d'étalons analytiques de même que la capacité à mettre en œuvre une méthode validée et robuste dans un délai compatible avec le calendrier prévisionnel de la campagne.

Il est à noter qu'un certain nombre de PFAS, bien que faisant l'objet d'intérêt fort de la communauté scientifique, n'ont pas été retenus, car jugés non pertinents pour les EDCH. Ils sont repris ci-dessous :

- Le FOSE (10116-92-4), FOSA (754-91-6) et FOSAA (2806-24-8) : substances qui ne sont plus produites depuis le début des années 2000 et dont probablement une grande partie s'est déjà transformée en métabolites ultimes comme le PFOS (Benskin et al. 2013; Langberg et al. 2021; Martin et al. 2010; Niu et al. 2024) ; dont la présence dans les eaux est largement documentée et s'avère très minoritaire ;
- Les PFAS caractérisés par leur caractère très hydrophobe : les PAP, di-PAP et SamPAP (Ao et al. 2024; Eriksson, Haglund, and Kärrman 2017; Langberg et al. 2020), les isomères du PFECHS (646-83-3) (Wang et al. 2016) ;
- Les PFAS dont la production et les usages sont inconnus en France et qui n'ont jamais été quantifiés par des études réalisées sur le territoire national (e.g. 6:2 Cl-PFAES (756426-58-1) (Munoz et al. 2019; Pan et al. 2018), C6O4 (1190931-27-1) (Morganti et al. 2021) ;
- Les PFAS volatils comme les alcools de fluorotélomère (n:2 FTOH) (Ahrens et al. 2011; Dimzon et al. 2016).

In fine, quinze PFAS d'intérêt ont été recherchés parmi lesquels cinq sont considérés comme des PFAS à chaîne ultra-courte (US-PFAS) (Tableau 1). Leur liste et les éléments saillants de leur sélection sont repris ci-dessous.

Les PFAS dits conventionnels :

- Le 6:2 FTAB, le 5:1:2 FTB et le 5:3 FTB sont utilisés dans les mousseux anti-incendie et qui ont été détectés dans l'environnement à proximité de sites de production ou d'utilisation (Backe, Day, and Field 2013; D'Agostino and Mabury 2014, 2017; Dauchy et al. 2017; Houtz et al. 2013; Place and Field 2012)
- Le FHxSA est probablement un intermédiaire de dégradation d'émulseurs anti-incendie synthétisés par électrofluoruration qui a déjà été détecté dans l'environnement (Baduel et al. 2017; Cook et al. 2022; Dauchy et al. 2019; Houtz et al. 2013)
- Le 4:2 FTSA, le 6:2 FTSA et le 8:2 FTSA sont des intermédiaires de synthèse utilisés dans l'élaboration de fluorotélomères, des impuretés présentes dans certains produits comme des mousseux anti-incendie, des PFAS utilisés dans des procédés industriels (chromage de métaux, synthèse de PVDF, ...) et ce sont aussi des produits intermédiaires résultant de la transformation dans l'environnement de certains fluorotélomères. Leur présence dans l'environnement a été confirmée par de nombreuses études à proximité de sites de production ou d'utilisation (Ahrens et al. 2015; Bach et al. 2017; D'Agostino and Mabury 2017; Dauchy 2019; Field and Seow 2017; Houtz et al. 2016; Marchiandi et al. 2021; Schultz, Barofsky, and Field 2004)
- Le HFPO-DA (Gen-X®) et l'ADONA sont des surfactants produits et utilisés respectivement par les sociétés Chemours et 3M. Ils ont été développés suite aux restrictions appliquées aux PFAS en C8 (Brandsma et al. 2019; Fromme et al. 2017). Ils ont été retrouvés dans l'environnement à proximité de sites de production ou d'utilisation (Galloway et al. 2020; Heydebreck et al. 2015; Hopkins et al. 2018; Munoz et al. 2019; Pan et al. 2018)

- Le PFMOPrA est potentiellement une impureté de synthèse du HFPO-DA (Gen-X®) et/ou un produit de transformation. Il a été détecté autour d'un site produisant/utilisant du HFPO-DA (Gen-X®) (Hopkins et al. 2018; Strynar et al. 2015; Sun et al. 2016).

Les US- PFAS :

- Le TFA est largement utilisé pour des synthèses organiques en tant que solvant, catalyseur ou réactif (Lopez S 2013). Sa présence dans l'environnement résulte des rejets d'industries produisant et/ou utilisant cette molécule, mais également de la transformation de précurseurs (Björnsdotter et al. 2022; Cui et al. 2019; Joerss et al. 2024; Jordan and Frank 1999; Martin et al. 2000; Nödler and Scheurer 2019; Scheurer et al. 2017; Solomon et al. 2016). La contribution respective des différentes sources de TFA n'est pas clairement établie et n'est probablement pas identique en tous lieux (Freeling and Björnsdotter 2023). Plusieurs études mettent en évidence une augmentation des teneurs en TFA dans l'environnement depuis les dernières décennies (Albers and Süttenfuss 2024; Arp et al. 2024; Cahill 2022; Zhai et al. 2015; Zhi et al. 2024).
- Le TFMSA est utilisé comme catalyseur ou réactif dans de nombreuses synthèses chimiques (Björnsdotter et al. 2020; Howells and Mc Cown 1977), ainsi que comme électrolyte dans les batteries au lithium (Aravindan et al. 2011). Il a été détecté à plusieurs reprises dans l'environnement (Montes et al. 2020; Neuwald et al. 2022; Schulze et al. 2020; Vughs et al. 2019; Zahn, Frömel, and Knepper 2016; Zhi et al. 2024).
- Le TFSH est utilisé pour la synthèse du TFMSA (Langlois et al. 2007). Sa présence dans des eaux a déjà été mise en évidence (Neuwald et al. 2022).
- Le PFPrA et le PFPrS ont des origines encore mal cernées (Zhi et al. 2024). Leur présence dans les eaux a déjà été mise en évidence (Björnsdotter et al. 2022; Cahill 2022; Chow et al. 2021; Neuwald et al. 2022; Sadia et al. 2023). Le PFPrS a été détecté en forte concentration sur des sites où des émulseurs anti-incendie avaient été utilisés (Barzen-Hanson and Field 2015; Jacob and Helbling 2023). Le PFPrA serait un produit ultime de transformation d'autres PFAS (Pelch, McKnight, and Reade 2023; Zhi et al. 2024).

Tableau 1 : Liste des paramètres PFAS priorisés et recherchés dans la campagne

Composé	Abréviation	N° CAS	SANDRE	Catégorie
Acide Perfluorobutanoïque	PFBA	375-22-4	5980	Directive 2020/2184 Somme des 20
Acide Perfluoropentanoïque	PPPeA	2706-90-3	5979	Directive 2020/2184 Somme des 20
Acide Perfluorohexanoïque	PFHxA	307-24-4	5978	Directive 2020/2184 Somme des 20
Acide Perfluoroheptanoïque	PFHpA	375-85-9	5977	Directive 2020/2184 Somme des 20
Acide Perfluoroctanoïque	PFOA	335-67-1	5347	Directive 2020/2184 Somme des 20
Acide Perfluorononanoïque	PFNA	375-95-1	6508	Directive 2020/2184 Somme des 20
Acide Perfluorodecanoïque	PFDA	335-76-2	6509	Directive 2020/2184 Somme des 20
Acide Perfluoroundecanoïque	PFUnDA	2058-94-8	6510	Directive 2020/2184 Somme des 20
Acide Perfluorododecanoïque	PFDoDA	307-55-1	6507	Directive 2020/2184 Somme des 20
Acide Perfluorotridecanoïque	PFTrDA	72629-94-8	6549	Directive 2020/2184 Somme des 20
Acide Perfluorobutanesulfonique	PFBS	375-73-5	6025	Directive 2020/2184 Somme des 20
Acide Perfluoropentanesulfonique	PPPeS	2706-91-4	8738	Directive 2020/2184 Somme des 20
Acide Perfluorohexanesulfonique (<i>linéaire et ramifiés</i>)	PFHxS	355-46-4	6830	Directive 2020/2184 Somme des 20
Acide Perfluoroheptanesulfonique	PFHpS	375-92-8	6542	Directive 2020/2184 Somme des 20
Acide Perfluoroctanesulfonique (<i>linéaire et ramifiés</i>)	PFOS	1763-23-1	6561	Directive 2020/2184 Somme des 20
Acide Perfluorononanesulfonique	PFNS	68259-12-1	8739	Directive 2020/2184 Somme des 20
Acide Perfluorodecanesulfonique	PFDS	335-77-3	6550	Directive 2020/2184 Somme des 20
Acide Perfluoroundecanesulfonique	PFUnDS	749786-16-1	8740	Directive 2020/2184 Somme des 20
Acide Perfluorododecane sulfonique	PFDoDS	79780-39-5	8741	Directive 2020/2184 Somme des 20
Acide Perfluorotridecane sulfonique	PFTrDS	791563-89-8	8742	Directive 2020/2184 Somme des 20
6:2 Fluorotelomer sulfonamide betaine	6:2 FTAB	34455-29-3	7991	Autre PFAS
5:1:2 Fluorotelomer betaine	5:1:2 FTB	171184-02-4	9136	Autre PFAS
5:3 Fluorotelomer betaine	5:3 FTB	171184-14-8	9137	Autre PFAS
Acide Perfluorohexanesulfonamide	FHxSA	41997-13-1	9129	Autre PFAS
Acide 4:2 Fluorotelomère sulfonique	4:2 FTSA	757124-72-4	7945	Autre PFAS

Acide 6:2 Fluorotelomère sulfonique	6:2 FTSA	27619-97-2	7893	Autre PFAS
Acide 8:2 Fluorotelomère sulfonique	8:2 FTSA	39108-34-4	7946	Autre PFAS
Acide Hexafluoropropylene oxide dimer	HFPO-DA	13252-13-6	8982	Autre PFAS
Acide 4,8-Dioxa-3H-perfluorononanoïque	ADONA	919005-14-4	8983	Autre PFAS
Acide Perfluoro-3-methoxypropanoïque	PFMOPrA	377-73-1	9183	Autre PFAS
Acide Trifluoroacétique	TFA	76-05-1	8858	US-PFAS
Acide Pentafluoropropanoïque	PFPrA	422-64-0	9121	US-PFAS
Acide Trifluoromethanesulfonique	TFMSA	1493-13-6	9119	US-PFAS
Acide Triméthane sulfinique	TFSH	34642-42-7	9120	US-PFAS
Acide Perfluoropropanesulfonique	PFPrS	423-41-6	8738	US-PFAS

1.3.2 Plan d'échantillonnage

1.3.2.1 Stratégie d'échantillonnage

Tous les départements (hexagonaux et ultramarins) ont fait l'objet d'un échantillonnage grâce à une étroite collaboration avec les ARS. Dans le cas particulier de cette campagne, la stratégie d'échantillonnage a veillé à intégrer l'ensemble des points d'intérêt identifiés par les ARS de chaque département.

Au total, cette étude a été conduite sur plus de 620 couples eau brute (EB)/eau traitée (ET). Ainsi, les échantillons prélevés représentent l'alimentation d'au moins 20 % de la population française.

En règle générale, pour chaque département, trois types de points (couples EB/ET) ont été échantillonnés :

- Le point de gros débit (GD), dont les ressources fournissent le plus gros débit d'eau traitée du département,
- Un point aléatoire (AL), dont les ressources sont issues d'un tirage au sort aléatoire sur chaque département,
- A minima un point d'intérêt (PI), choisi par les ARS sur la base d'informations fournies dans l'instruction DGS/EA4/2023/52 du 31 août 2023 (Annexe 2) ou de leur connaissance de terrain. En moyenne, 4 points d'intérêt ont été prélevés par département. A noter, que pour 7 départements, l'ARS n'a pas proposé spécifiquement de point d'intérêt.

1.3.2.2 Prélèvement / transport

Les échantillons ont été prélevés par des laboratoires agréés du contrôle sanitaire titulaires des marchés ARS, dans différents types de flacons en fonction des composés analysés (voir paragraphes spécifiques aux méthodes d'analyses) selon les recommandations formulées par le LHN. L'expédition a été réalisée dans des emballages réfrigérés, avec un contrôle à réception de la température de l'enceinte. Les échantillons ont été réceptionnés au laboratoire dans les 24 à 48 heures suivant le prélèvement dans la majorité des cas. Seuls quelques

échantillons sont parvenus au laboratoire une semaine après le prélèvement (cas des DROM en particulier).

Au total, 647 eaux brutes (EB) et 627 eaux traitées (ET) ont été analysées. Sur les 647 EB, 179 étaient des eaux de surface et 468 des eaux souterraines. La répartition des échantillons prélevés en eaux brutes (EB) et eaux traitées (ET) en fonction de la catégorie de points (gros débit (GD), aléatoire (AL), point d'intérêt (PI)) est donnée sur la Figure 1.

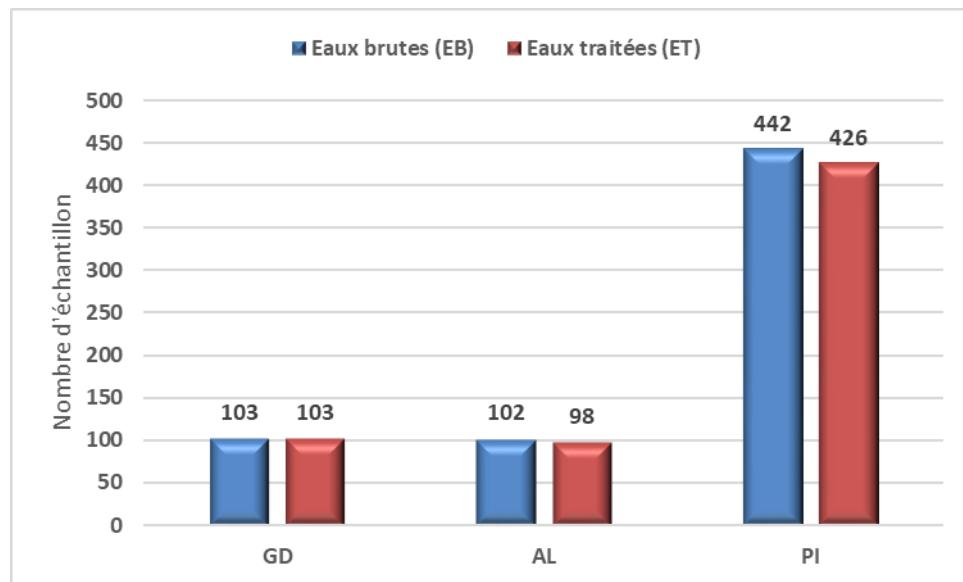
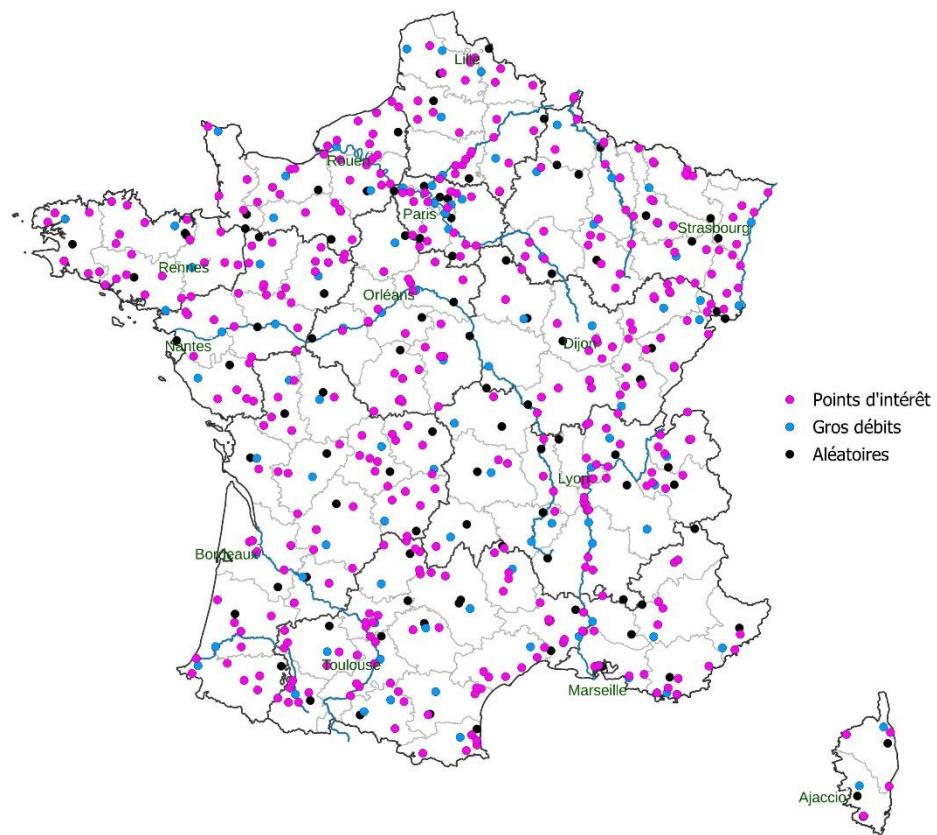


Figure 1 : Répartition des échantillons prélevés en eaux brutes (EB) et eaux traitées (ET) en fonction de la catégorie de points (gros débit (GD), aléatoire (AL), point d'intérêt (PI))

La distribution géographique des points d'eau brute en fonction de leur catégorie est présentée sur la Figure 2.



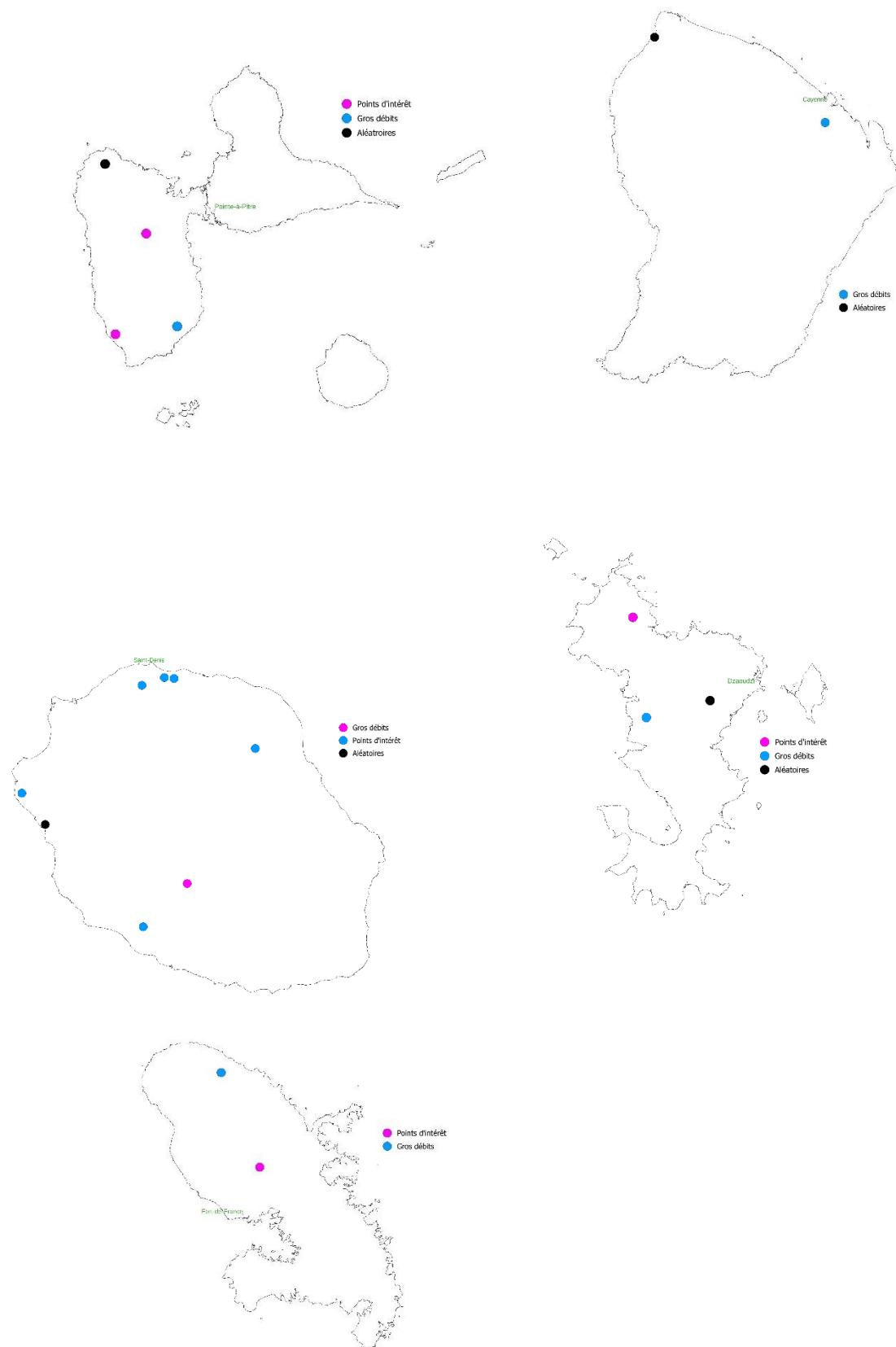


Figure 2 : Distribution géographique des eaux brutes prélevées en métropole et dans les DROM
(GD = point bleu ; AL = point noir ; PI = point rose)

1.3.3 Méthodes d'analyses

Les développements et validations des méthodes ont été réalisés dans le cadre de l'accréditation du laboratoire en portée flexible (FLEX3) en respectant les critères de contrôle qualité et d'identification des composés des normes NF EN ISO 21253-1 et 2. Les analyses ont été réalisées sur la fraction dissoute, après une étape de centrifugation des échantillons pour les eaux brutes superficielles.

En raison des propriétés physico-chimiques des molécules et notamment, de la longueur de la chaîne carbonée, 2 méthodes d'analyses complémentaires ont été mises en œuvre :

- Une méthode par injection directe et chromatographie en phase liquide couplée à de la spectrométrie de masse en tandem (ID-LC-MS/MS) pour 31 PFAS,
- Une méthode par injection directe et chromatographie ionique couplée à de la spectrométrie de masse en tandem (ID-IC-MS/MS) pour 4 US-PFAS.

Les US-PFAS ont tous été analysés avec la méthode chromatographie ionique, à l'exception de PFPrS dont l'analyse s'est avérée possible par la méthode de chromatographie liquide avec une limite de quantification plus basse qu'en chromatographie ionique et un temps d'analyse beaucoup plus court.

Les performances des méthodes développées sont présentées dans le Tableau 2.

Tableau 2 : Performances analytiques obtenues pour les PFAS analysées

	Abréviation	Technique analytique	Limite de quantification (ng/L)	Incertainitude relative élargie arrondie (%) (k=2)	Domaine d'application (ng/L)
PFCA - Acides carboxyliques perfluorés					
©	PFBA	ID-LC-MS/MS	5	35 LQ - 20	5 à 75
©	PFPeA	ID-LC-MS/MS	5	20	5 à 75
©	PFHxA	ID-LC-MS/MS	2	35 LQ - 15	2 à 75
©	PFHpA	ID-LC-MS/MS	2	40 LQ - 20	2 à 75
©	PFOA	ID-LC-MS/MS	2	40 LQ - 25	2 à 75
©	PFNA	ID-LC-MS/MS	2	20	2 à 75
©	PFDA	ID-LC-MS/MS	5	20	5 à 75
©	PFUnDA	ID-LC-MS/MS	5	25	5 à 75
©	PFDoDA	ID-LC-MS/MS	5	20	5 à 75
©	PFTrDA	ID-LC-MS/MS	5	30 LQ - 25	5 à 75
PFSA - Acides sulfoniques perfluorés					
©	PFBS	ID-LC-MS/MS	1	45 LQ - 20	1 à 75
©	PFPeS	ID-LC-MS/MS	1	30 LQ - 25	1 à 75

©	PFHxS (L+Br)*	ID-LC-MS/MS	1	20	1 à 75
©	PFHpS	ID-LC-MS/MS	1	25 LQ - 20	1 à 75
©	PFOS (L+Br)*	ID-LC-MS/MS	2 ²	45 LQ - 20	2 à 75
©	PFNS	ID-LC-MS/MS	1	50 LQ - 25	1 à 75
©	PFDS	ID-LC-MS/MS	2	50 LQ - 25	2 à 75
©	PFUnDS	ID-LC-MS/MS	5	25	5 à 75
©	PFDsDS	ID-LC-MS/MS	5	25	5 à 75
©	PFTrDS	ID-LC-MS/MS	5	35	5 à 75
FT - Fluorotéloromères					
	6:2 FTAB	ID-LC-MS/MS	10	35	10 à 75
	5:1:2 FTB	ID-LC-MS/MS	10	35	10 à 75
	5:3 FTB	ID-LC-MS/MS	10	35	10 à 75
©	FHxSA	ID-LC-MS/MS	5	25	5 à 75
©	4:2 FTSA	ID-LC-MS/MS	2	25	2 à 75
©	6:2 FTSA	ID-LC-MS/MS	5	30 LQ - 20	5 à 75
©	8:2 FTSA	ID-LC-MS/MS	5	45 LQ - 35	5 à 75
PFAS complémentaires					
	HFPO-DA	ID-LC-MS/MS	10	25	10 à 75
©	ADONA	ID-LC-MS/MS	2	30	2 à 75
	PFMOPrA	ID-LC-MS/MS	10	35	10 à 75
US - PFAS					
	TFA	ID-IC-MS/MS	100	35	100 à 5000
©	PFPPrA	ID-IC-MS/MS	25	45 LQ - 40	25 à 2500
	TFMSA	ID-IC-MS/MS	20	35	20 à 1000
	TFSH	ID-IC-MS/MS	25	30	25 à 500
©	PFPPrS	ID-LC-MS/MS	2	30 LQ - 25	2 à 75

* résultats rendus sous la forme linéaire + ramifiées

© Composé sous accréditation Cofrac® (N° accréditation 1-2255, portée disponible sur www.cofrac.fr)

² Domaine accrédité à partir de 5 ng/L.

1.3.4 Assurance qualité

77% des paramètres analysés ont été produits sous couvert de l'accréditation (N° accréditation 1-2255, portée disponible sur www.cofrac.fr). Les composés non accrédités peuvent correspondre à un défaut de robustesse de la méthode, à des difficultés d'approvisionnement des étalons analytiques ou à des défauts de stabilité des molécules.

Les solutions étalons utilisées présentaient des numéros de lots différents entre étalonnage et points de contrôle afin de limiter le risque de biais lié à un défaut de justesse des solutions.

Une étude de stabilité basée sur le Fascicule de Documentation FD T90 -240, a été réalisée sur les différentes molécules afin de caractériser les risques de dégradation des échantillons avant analyse. Le critère de stabilité retenu correspond à l'incertitude de mesure du composé. Ces derniers étant spécifiques à chaque molécule, ils sont présentés dans les annexes dédiées 1 et 2.

Lors du développement de méthode et tout au long de cette étude, le LHN a participé à des essais inter-laboratoires (EIL) français et internationaux afin de surveiller l'exactitude des résultats produits. Toutes les filières analytiques ont ainsi pu être suivies par ces essais inter laboratoires.

1.3.5 Déroulement des analyses

Les contrôles qualité notamment le bilan des rendements de dopage de la campagne nationale confirme la bonne robustesse des méthodes, avec toutefois des rendements légèrement surévalués pour les composés à longues chaînes carbonées.

1.3.5.1 ID-LC-MS/MS

Pendant le déroulement de cette étude, l'appareillage a présenté une panne retardant l'analyse des échantillons, sur une période de deux mois sans toutefois dépasser deux fois le délai de stabilité validé. Les résultats ont été considérés valides et ont été exploités et rendus sous couvert de l'accréditation.

Pour le 8:2 FTSA, des contaminations des blancs analytiques sur certaines séries ont été pris en compte et pris en considération dans les modalités de rendu des résultats.

Des difficultés analytiques ponctuelles ont été observées pour six molécules (PFDoDS, 4:2 FTSA, HFPO-DA, 6:2 FTAB, 5:1:2 FTB et 5:3 FTB) et ont conduit à un non-rendu de résultats pour certains échantillons

1.3.5.2 ID-IC-MS/MS

Pour les eaux traitées, du thiosulfate de sodium à 100 mg/L est ajouté aux flacons de 250 mL avant le prélèvement afin de neutraliser le résiduel de chlore.

L'ajout de thiosulfate de sodium, particulièrement pour le TFSH, a été mis en place quelques semaines après le début de la campagne c'est pourquoi quelques résultats pour ce composé sont manquants au début de la campagne.

2 Résultats

2.1 Traitement et présentation des données

2.1.1 Généralités

Les données ont été traitées selon les mêmes approches que celles mises en œuvre dans le rapport de saisine n° 2022-SA-0198. Le scénario sans censure dit « quantifié » a été retenu. Les statistiques descriptives de la distribution des concentrations suivantes : la moyenne, la concentration minimale (min), la médiane, les (P) 90, 95 et 99 et la concentration maximale (max) sont présentées. Les percentiles permettent de situer une valeur par rapport à un ensemble de données en indiquant le pourcentage d'observations qui lui sont inférieures ou égales. Ces critères de prise en compte des statistiques descriptives en fonction du nombre d'échantillons quantifiés sont indiqués dans l'annexe 3.

2.1.2 Modalités de calcul des sommes PFAS

Deux sommes ont été calculées :

- La somme des concentrations des 20 PFAS réglementés dans les EDCH, pour laquelle seules les valeurs quantifiées sont utilisées dans le calcul de la somme.
- La somme des concentrations des quatre PFAS de l'EFSA à savoir PFOS, PFOA, PFNA, PFHxS. Seules les valeurs quantifiées sont utilisées dans le calcul de la somme (cf. infra).

2.1.3 Comparaison à des valeurs seuils

2.1.3.1 Comparaison aux seuils réglementaires pour les 20 PFAS réglementés dans les EDCH

La somme des 20 PFAS a été comparée à la limite de qualité 2 000 ng/L pour les eaux brutes et de 100 ng/L pour les eaux traitées.

2.1.3.2 Cas particulier de l'acide trifluoroacétique (TFA)

L'instruction DGS/EA4/2025/22 précise que la valeur sanitaire indicative de 60 µg/L peut-être retenue pour des mesures de gestion de même qu'une trajectoire de réduction vers une concentration inférieure à 10 µg/L. Aussi les concentrations de TFA mesurées ont été comparées au regard de ces valeurs cibles.

2.1.3.3 Comparaison aux valeurs indicatives pour les 4 PFAS

L'Agence européenne de sécurité sanitaire de l'alimentation (EFSA) a évalué la somme de quatre molécules qui représentent la moitié des expositions basses aux PFAS pour lesquels des données sont disponibles (PFOA, PFNA, PFHxS et PFOS). En considérant le caractère bioaccumulable des PFAS étudiés, l'EFSA a établi pour la somme de ces 4 molécules une dose hebdomadaire tolérable de groupe de 4,4 ng/kg de masse corporelle par semaine,

correspondant à une protection contre des effets sur le système immunitaire et d'autres effets indésirables sur la population (Schrenk 2020). Ainsi, sur la base de la dose hebdomadaire tolérable publiée par l'EFSA ; des valeurs guides indicatives de 4,4 ng/L ont été établies par plusieurs agences sanitaires européennes correspondant à une exposition par l'eau de boisson représentant 20 % de l'exposition totale aux PFAS. Dans un avis du 9 juillet 2024 (HCSP, 2024) le Haut conseil de santé publique recommande en complément de la limite de qualité de 100 ng/L pour la somme des concentrations des 20 PFAS issue de la directive eau potable, et dans l'attente de propositions de valeurs toxicologiques de référence avec éventuellement proposition d'élaboration de valeurs guides de référence par l'Anses, de retenir en plus, la valeur seuil provisoire de 20 ng/L pour la somme des concentrations des quatre PFAS (PFOA, PFOS, PFNA et PFHxS) dans les EDCH et les eaux minérales naturelles à usage de boisson. Dans le cadre de l'instruction N° DGS/EA4/2025/22, il est précisé : « À moyen terme, les PRPDE sont invitées à rechercher des solutions permettant d'atteindre les niveaux en PFAS, et notamment PFOA, PFOS, PFHxS et PFNA, les plus bas possibles ». Aussi, à titre illustratif, une comparaison de la somme des PFOA, PFOS, PFNA et PFHxS à ces valeurs indicatives sera présentée dans ce rapport.

2.2 Résultats par PFAS

2.2.1 Eaux Brutes

15 PFAS n'ont jamais été quantifiés dans les 647 échantillons d'eau brute analysés. Il s'agit de :

- 9 PFAS de la Directive européenne : 4 PFCA (PFDA, PFUnDA, PFDoDA, PFTDA) et 5 PFSA (PFNS, PFDS, PFUnDS, PFDoDS, PFTDS). L'ensemble de ces PFAS a pour caractéristique commune de présenter au moins 9 carbones perfluorés et par conséquent sont considérés comme très peu hydrophiles.
- 6 PFAS complémentaires : 4:2 FTSA, 5:1:2 FTB ; 5:3 FTB ; HFPO-DA ; ADONA et PFMOPrA. Plusieurs hypothèses peuvent être proposées pour expliquer cette absence de quantification. L'HFPO-DA et l'ADONA sont probablement des PFAS non synthétisés et non utilisés sur le territoire national. L'absence de quantification du PFMOPrA, un métabolite de l'ADONA, confirme cette hypothèse. Le 5:1:2 FTB et le 5:3 FTB sont des PFAS présents dans les émulseurs anti-incendie. L'absence de quantification résulte probablement d'un usage minoritaire sur le territoire national ou d'une faible mobilité voire une faible stabilité de ces deux molécules. L'absence de quantification du 4:2 FTSA et ceci malgré une LOQ très basse (2 ng/L), pourrait indiquer que son utilisation ou celle de précurseurs potentiels en C4 est très marginale, voire inexistante.

Les statistiques descriptives des PFAS quantifiés au moins une fois dans les eaux brutes sont présentées dans le Tableau 3. Les fréquences de quantification respectives en eau brute sont présentées sur la Figure 3 et doivent être mises en perspectives avec les limites de quantification des méthodes mises en œuvre pour chaque molécule. La Figure 4 résume les statistiques descriptives sous forme de boîtes à moustaches.

Les trois PFAS de la Directive Européenne les plus fréquemment quantifiés sont le PFHxS, le PFOS et le PFHxA, avec des fréquences de quantification de 26,6%, 24% et 18,2%, respectivement. Les médianes et concentrations maximales sont pour le PFHxS 2,7 et 73 ng/L, pour le PFOS 5,2 et 210 ng/L, et pour le PFHxA 4,2 et 120 ng/L.

Parmi les PFAS complémentaires, le 6:2 FTSA, 8:2 FTSA, 6:2 FTAB, FHxSA sont quantifiés au moins une fois mais avec des fréquences demeurant faibles (< 3%). Pour le 6:2 FTSA et 6:2 FTAB des concentrations supérieures à 100 ng/L peuvent être observées.

Concernant les US-PFAS : le TFA présente une fréquence de quantification de 92%, une médiane à 810 ng/L et une valeur maximale à 20 000 ng/L. Bien que moins fréquemment quantifié (12,1%), la concentration maximale du TFMSA atteint 3500 ng/L, pour une médiane à 30 ng/L. Le PFPrA a une fréquence de quantification de 2,6%, pour une concentration maximale de 150 ng/L et une médiane à 48 ng/L. Le PFPrS et le TFSH n'ont été quantifiés qu'une seule fois. Pour le TFSH, l'hypothèse que son usage soit relativement limité et très spécifique et/ou d'une relative instabilité dans l'environnement peut être formulée. Quant au PFPrS, celui-ci ne semble pas avoir d'application industrielle directe et sa présence dans l'environnement résulte probablement de la transformation de précurseurs ou de l'usage de produits le contenant en tant qu'impuretés. Sa faible occurrence confirme les données de la littérature.

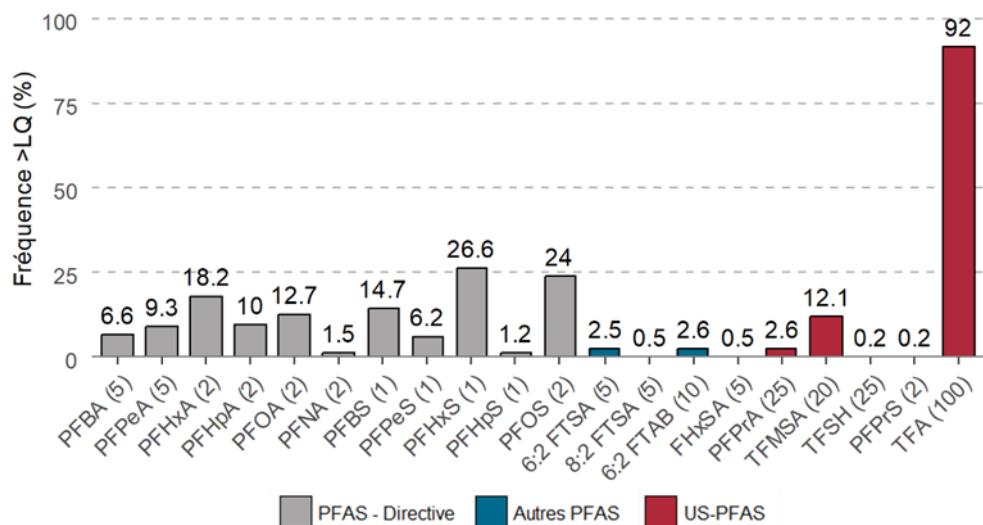


Figure 3 : Fréquence de quantification (%) en eau brute des PFAS quantifiés au moins une fois avec leur limite de quantification en ng/L respective entre parenthèses.

En gris sont représentés les 20 PFAS de la directive, en bleu d'autres PFAS analysées durant la campagne et en rose foncé, les ultra-short PFAS.

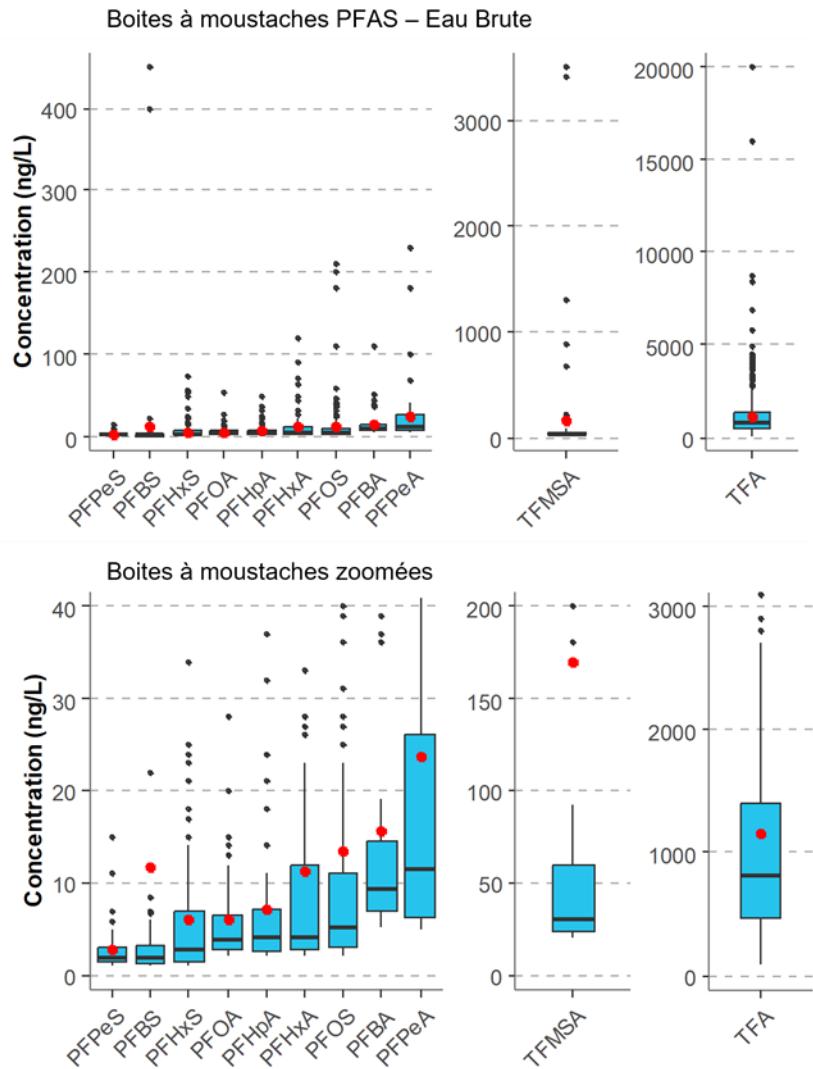


Figure 4 : Boites à moustaches des concentrations de PFAS déterminées dans les eaux brutes (Nq \geq 30), avec le graphique zoomé sur les boites en deuxième ligne.

Les points rouges correspondent aux moyennes de concentrations par PFAS, les points noirs aux valeurs extrêmes (supérieurs à la valeur du 3ème quartile ou inférieurs à la valeur du 1er quartile, plus ou moins 1,5 fois l'intervalle interquartile).

Tableau 3 : Statistiques descriptives des PFAS quantifiés au moins une fois dans les eaux brutes

	PFAS	Ne	Nq	N _{N.M.}	< LOQ	F (%)	Moy*	Min*	Med*	P90*	P95*	P99*	Max*
PFAS de la Directive Européenne	PFBA	647	43	0	604	6,6	15,6	5,1	9,3	36,8	44,4	85,6	110
	PFPeA	647	60	0	587	9,3	23,7	5	11,5	38	70,6	201	230
	PFHxA	647	118	0	529	18,2	11,3	2	4,2	26,3	44,8	86,8	120
	PFHpA	647	65	0	582	10	7,1	2	4	14	23,4	41,3	49
	PFOA	647	82	0	565	12,7	6	2	3,9	11	14	33,1	55
	PFNA	647	10	0	637	1,5	4,4	2	4				11
	PFBS	647	95	0	552	14,7	11,6	1	1,9	5,2	7,3	403	450
	PFPeS	647	40	0	607	6,2	2,8	1	1,9	5	7	13,4	15
	PFHxS	647	172	0	475	26,6	6,1	1	2,7	13	21,9	55,6	73
	PFHpS	647	8	0	639	1,2	2,8	1	2,3				5,7
PFAS complémentaires	PFOS	647	155	0	492	24	13,4	2	5,2	26,2	40,6	189,2	210
	6:2 FTSA	647	16	0	631	2,5	34,5	6,6	27				110
	8:2 FTSA	647	3	0	644	0,5		8,6					15
	6:2 FTAB	647	17	46	584	2,6	29	10	15				140
US-PFAS	FHxSA	647	3	0	644	0,5		7,4					32
	TFA	647	595	0	52	92	1151	100	810	2200	2830	4954	20000
	PFPrA	647	17	0	630	2,6	52,4	29	48				150
	TFMSA	647	78	0	569	12,1	169	20	30	186	703	3423	3500
	TFSH	647	1	2	644	0,2							38
	PFPrS	647	1	0	646	0,2							6,7

< LOQ : Nombre d'échantillons ayant des concentrations inférieures à la limite de quantification. F(%) : Fréquence de quantification en % ; * : Exprimé en ng/L

Pour chaque PFAS, les fréquences de quantification ont été comparées selon l'origine des ressources d'eau brute alimentées : eaux de surface ou eaux souterraines (Figure 5). Les fréquences de quantification sont plus élevées en eau souterraine pour les acides carboxylique ($C \geq 3$) et les acides sulfoniques ($C \geq 4$). Cette tendance est particulièrement marquée par les données obtenues sur les points fournissant les gros débits (GD) et les points d'intérêt (PI). L'interprétation de cette observation reste complexe. Il est possible les eaux souterraines soient particulièrement impactées par la dissémination de PFAS sur les sols (mousses anti-incendie, dépôts atmosphériques, épandages) et/ou les décharges. Le sols et décharges sont le siège de transformation de certains PFAS en produits de dégradation intermédiaires et ultimes beaucoup plus mobiles qui contaminent durablement les aquifères où ils s'accumulent. La fréquence de quantification des autres PFAS, y compris les US-PFAS, est plus équilibrée entre les deux types de ressource. Concernant spécifiquement le TFA, sa distribution ubiquiste dans les deux compartiments peut s'expliquer par la contribution non négligeable des retombées atmosphériques (Freeling 2020) et la contribution potentielle de nombreuses sources (transformation de précurseurs et usages industriels variés).

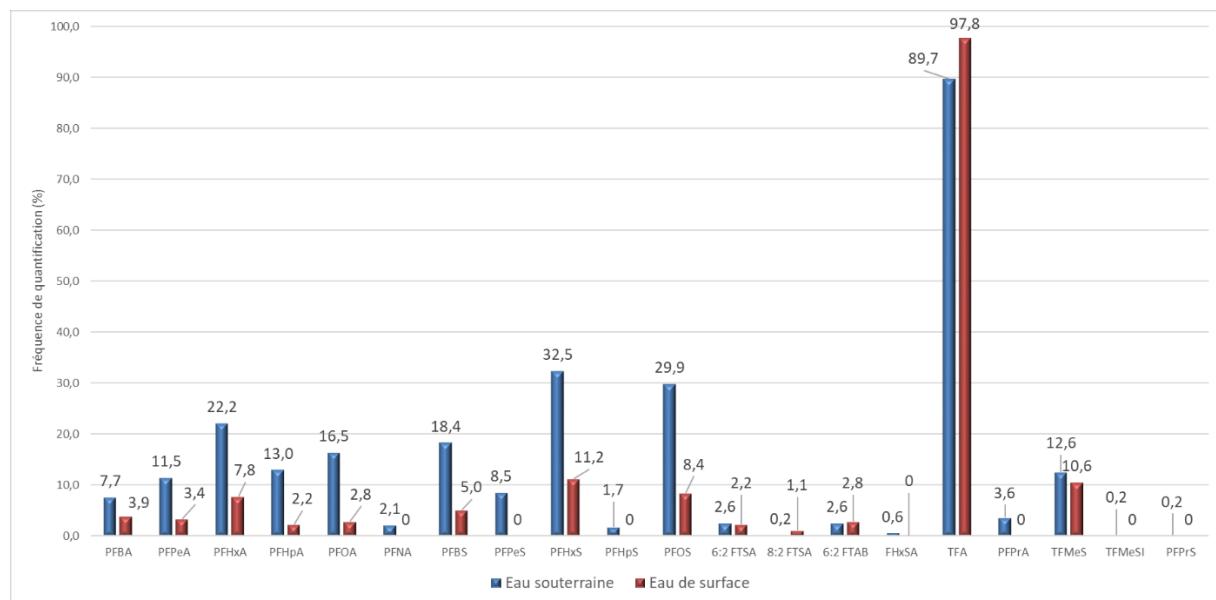


Figure 5 : Fréquences de quantification en eau brute en fonction du type de ressource sollicitée (eaux de surface ou eau souterraine)

2.2.2 Eaux traitées

Comme pour les eaux brutes, les 9 PFAS de la Directive européenne ayant au moins 9 carbones perfluorés n'ont jamais été quantifiés dans les 627 échantillons d'eaux traitées analysées (ET). De même, les 6 PFAS complémentaires jamais quantifiés dans les eaux brutes ne l'ont pas été dans ces mêmes échantillons (4:2 FTSA, 5:1:2 FTB ; 5:3 FTB ; HFPO-DA ; ADONA et PFMOPrA). Un seul US-PFAS (TFSH) n'a jamais été quantifié dans les eaux traitées, mais il n'avait été quantifié qu'une seule fois en EB.

Les statistiques descriptives des PFAS quantifiés au moins une fois en eaux traitées sont présentées dans le Tableau 5. Comme pour les eaux brutes, les trois PFAS de la Directive européenne ayant les plus fortes fréquences de quantification sont le PFHxS (21,7%), le PFOS (19,1%) et le PFHxA (16,1%). Parmi les dix PFAS complémentaires, le 6:2 FTSA, 8:2 FTSA,

6:2 FTAB, FHxSA ont été quantifiés au moins une fois mais à des fréquences de quantification inférieures à 3%. Les fréquences de quantification du TFA (92,2%), du TFMSA (13,1%) et du PFPrA (2,4%) sont similaires à celles trouvées dans les eaux brutes, de même que les autres paramètres des statistiques descriptives. Le PFPrS n'a été quantifié que dans un seul échantillon à une valeur proche du niveau de la LOQ (2 ng/L). Les fréquences de quantification respectives en eau traitée sont présentées sur la Figure 6. La Figure 7 résume les statistiques descriptives sous forme de boîtes à moustaches.

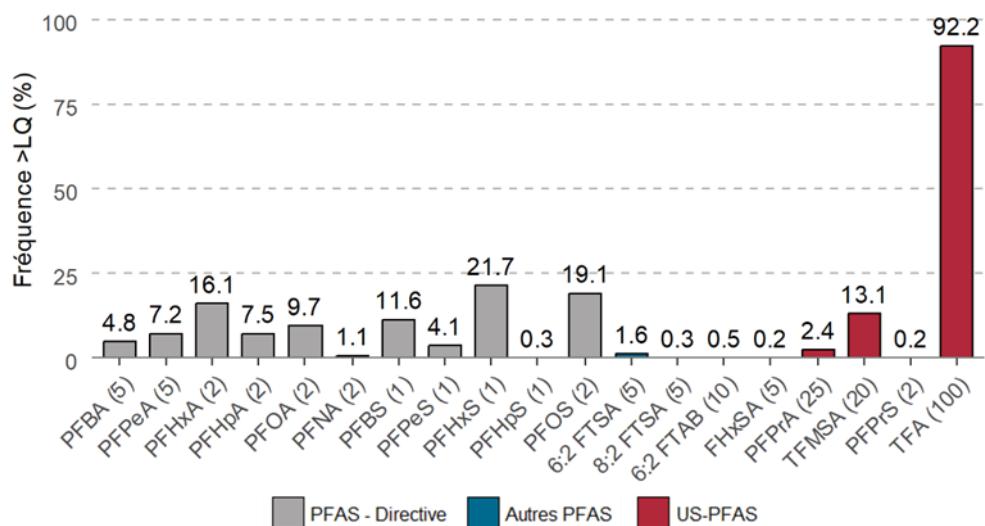


Figure 6 : Fréquence de quantification (%) en eau traitée des PFAS quantifiés au moins une fois avec leur limite de quantification en ng/L respective entre parenthèses.

En gris sont représentés les 20 PFAS de la directive, en bleu d'autres PFAS analysées durant la campagne et en rose foncé, les ultra-short PFAS.

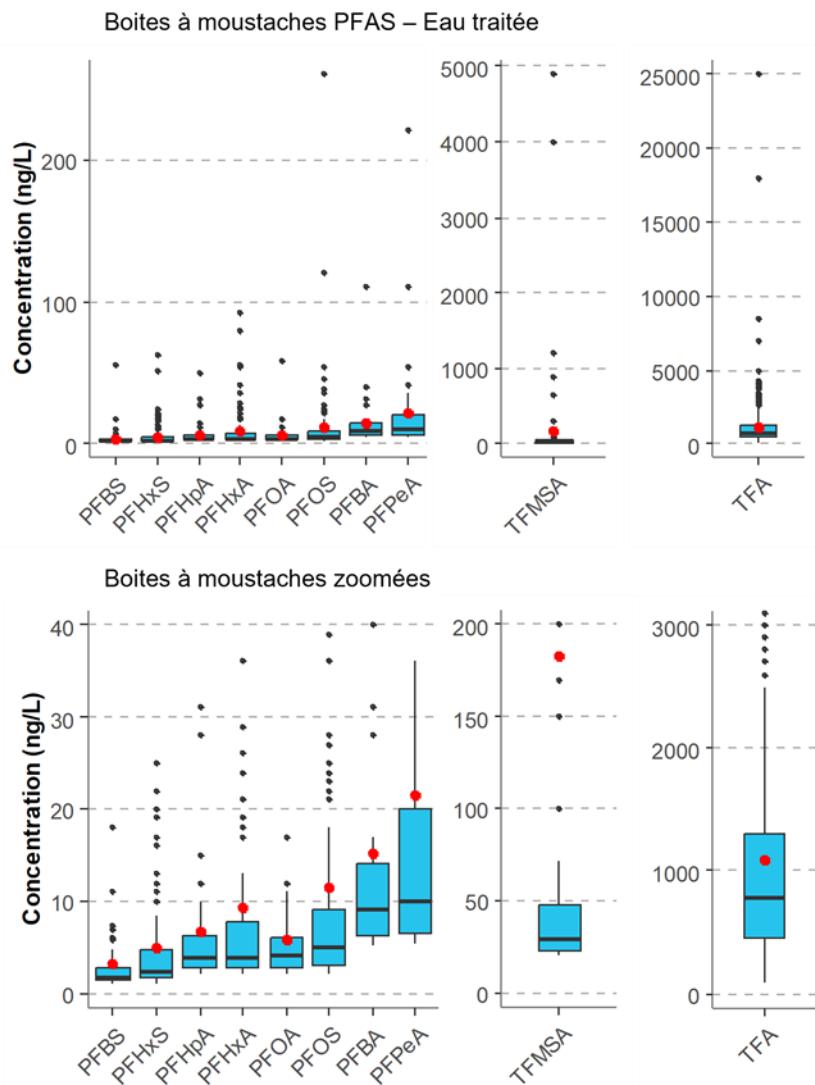


Figure 7 : Boites à moustaches des concentrations de PFAS déterminées dans les eaux traitées (Nq ≥ 30), avec le graphique zoomé sur les boites en deuxième ligne.

Les points rouges correspondent aux moyennes de concentrations par PFAS, les points noirs aux valeurs extrêmes (supérieurs à la valeur du 3ème quartile ou inférieurs à la valeur du 1er quartile, plus ou moins 1,5 fois l'intervalle interquartile).

En eau traitée, le PFBA, le PFPeA et le PFOS, 3 PFAS de la Directive européenne, ont présenté des valeurs individuelles supérieures à 100 ng/L. Cette situation a été rencontrée sur 5 sites distincts (une fois pour le PFBA, et deux fois pour le PFOS et le PFPeA). Le Tableau 4 détaille ces 5 situations. Dans un cas seulement (échantillon 1), ce PFAS était le seul des 20 présents dans l'eau.

Tableau 4 : Détails des 5 échantillons d'eau traitée dans lesquels la concentration individuelle d'un des 20 PFAS dépassait 100 ng/L

Echantillon	PFAS > 100 ng/L	Σ 20 PFAS
1	PFBA = 110 ng/L	110 ng/L
2	PFPeA = 220 ng/L	414 ng/L
3	PFPeA = 110 ng/L	279 ng/L
4	PFOS = 260 ng/L	451 ng/L
5	PFOS = 120 ng/L	287 ng/L

Concernant le TFA, l'instruction DGS/EA4/2025/22 précise que la valeur sanitaire indicative de 60 µg/L peut-être retenue pour des mesures de gestion de même qu'une trajectoire de réduction vers une concentration inférieure à 10 µg/L (cf. 2.1.3.2). Aucune eau traitée ne contenait plus de 60 µg/L de TFA. Par rapport à la valeur cible de trajectoire de réduction (10 µg/L), 2 échantillons d'eau traitée présentaient une concentration de TFA supérieure (18 et 25 µg/L). Ces deux échantillons proviennent d'usines de potabilisation situées en aval d'une même industrie produisant cette molécule. A noter que ces deux eaux contenaient également les plus fortes concentrations en TFMSA enregistrées au cours de cette campagne (4 et 4,9 µg/L). Cette molécule est également produite par la même industrie.

Tableau 5 : Statistiques descriptives des PFAS quantifiés au moins une fois dans les eaux traitées

	PFAS	Ne	Nq	N _{N.M.}	< LOQ	F (%)	Moy*	Min*	Med*	P90*	P95*	P99*	Max*
PFAS de la Directive Européenne	PFBA	627	30	0	597	4,8	15,2	5,2	9,1	28,3	36	89,7	110
	PFPeA	627	45	0	582	7,2	21,5	5,3	10	35,6	51,6	171,6	220
	PFHxA	627	101	0	526	16,1	9,4	2	3,9	19	36	80	92
	PFHpA	627	47	0	580	7,5	6,6	2	3,8	10,8	24,1	41,3	50
	PFOA	627	61	0	566	9,7	5,7	2	4	11	12	33,8	59
	PFNA	627	7	0	620	1,1	4,3	2,1	4,6				6
	PFBS	627	73	0	554	11,6	3,3	1	1,7	4,6	7,2	28,4	55
	PFPeS	627	26	0	601	4,1	2,3	1	1,5				8,8
	PFHxS	627	136	0	591	21,7	5	1	2,3	10,5	17,5	41,9	62
	PFHpS	627	2	0	625	0,3		3,8					4
PFAS complémentaires	PFOS	627	120	0	507	19,1	11,5	2	4,9	23,1	36,2	107,5	260
	6:2 FTSA	627	10	0	617	1,6	19,1	6,1	13,4				46
	8:2 FTSA	627	2	0	625	0,3		5,4					9,8
	6:2 FTAB	627	3	42	582	0,5		13					35
US-PFAS	FHxSA	627	1	0	626	0,2							66
	TFA	627	578	0	49	92,2	1098	100	780	2100	2800	4438	25000
	PFPrA	627	15	0	612	2,4	40,5	28	34				62
	TFMSA	627	82	0	545	13,1	182	20	28,5	168	623	4171	4900
US-PFAS	PFPrS	627	1	0	626	0,2							2

< LOQ : Nombre d'échantillons ayant des concentrations inférieures à la limite de quantification. F(%) : Fréquence de quantification en %

* : Exprimé en ng/L

2.3 Résultats par rapport à la somme réglementaire des 20 PFAS

2.3.1 Eaux brutes

Aucune ressource n'a présenté un dépassement de la limite de qualité fixée dans la Directive européenne pour les eaux brutes (somme des 20 PFAS < 2 µg/L). La valeur maximale pour la somme des 20 PFAS en eau brute était de 523 ng/L, la médiane à 10,6 ng/L et le percentile 95 (P95) à 196 ng/L.

2.3.2 Eaux traitées

Au moins un des 20 PFAS de la Directive européenne a été quantifié dans 189 des 627 échantillons d'eau traitée (30,1%). Neuf échantillons d'eau traitée présentaient une concentration totale pour la somme des 20 PFAS supérieure à 100 ng/L (Figure 8). Pour ces neuf échantillons, cette concentration totale était comprise entre 110 et 451 ng/L. Huit de ces neuf échantillons sont issus de sites de type points d'intérêt (PI) et un seul provient d'un site à gros débit (GD).

Dans 24,3 % des eaux traitées alimentées par une ressource de type « GD », au moins un des 20 PFAS de la Directive européenne a été quantifié. Dans les ressources de type « AL » (aléatoire) et « PI », ces pourcentages sont respectivement de 12,2% et 35,7%. Ce dernier chiffre indique que la vulnérabilité de certaines ressources en lien avec la présence à proximité d'activités émettrices de PFAS est relativement bien appréhendée.

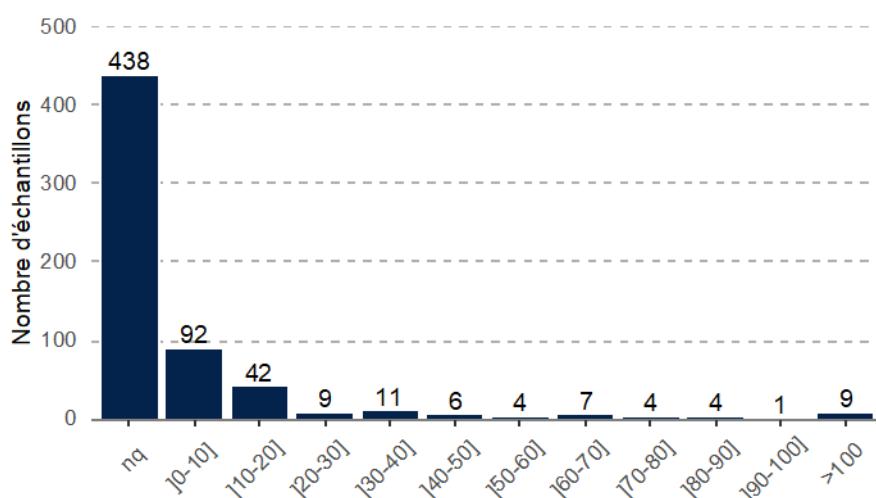


Figure 8 : Nombre d'échantillons en fonction d'intervalles de concentrations (exprimée en ng/L) de la somme des 20 PFAS de la Directive, avec « nq » = aucune quantification

2.4 Résultats par rapport à la somme des 4 PFAS de l'EFSA dans les eaux traitées

2.4.1 Comparaison à la valeur indicative de l'EFSA

Au moins un des quatre PFAS listé par l'EFSA a été quantifié dans 162 des 627 échantillons d'eau traitée (25,8%). 106 échantillons d'eau traitée (16,9%) présentaient une concentration totale pour la somme des quatre PFAS supérieure à 4 ng/L (Figure 9). La valeur médiane de ces 162 échantillons était de 6,3 ng/L et la concentration maximale de 330 ng/L. Le dépassement des 4 ng/L a été observé dans 22% des points de type « PI », alors que cela n'était le cas que dans 10% et 2% des points de type « GD » et « AL », respectivement.

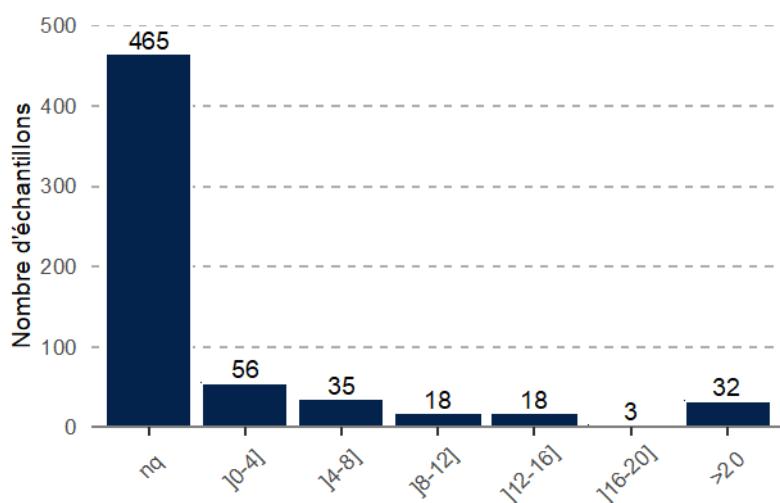


Figure 9 : Nombre d'échantillons en fonction d'intervalles de concentrations (exprimée en ng/L) de la somme des 4 PFAS de l'EFSA, avec « nq » = aucune quantification.

2.4.2 Comparaison à la valeur indicative du HCSP (20 ng/L)

32 échantillons d'eau traitée (5,1 %) présentaient une concentration totale pour la somme des 4 PFAS supérieure à 20 ng/L (Figure 9).

Le dépassement des 20 ng/L n'a jamais été observé dans les points de type « AL », mais dans 7% des points de type « PI » et 3% des points de type « GD ».

2.5 Co-occurrence des PFAS dans les ressources et EDCH

2.5.1 Co-occurrence des 20 PFAS réglementés et complémentaires (hors US-PFAS)

La présence concomitante des 20 PFAS de la Directive européenne avec les dix PFAS complémentaires recherchés dans cette étude (hors US-PFAS) a été étudiée pour les eaux brutes et les eaux traitées. Les résultats sont présentés sur la Figure 10.

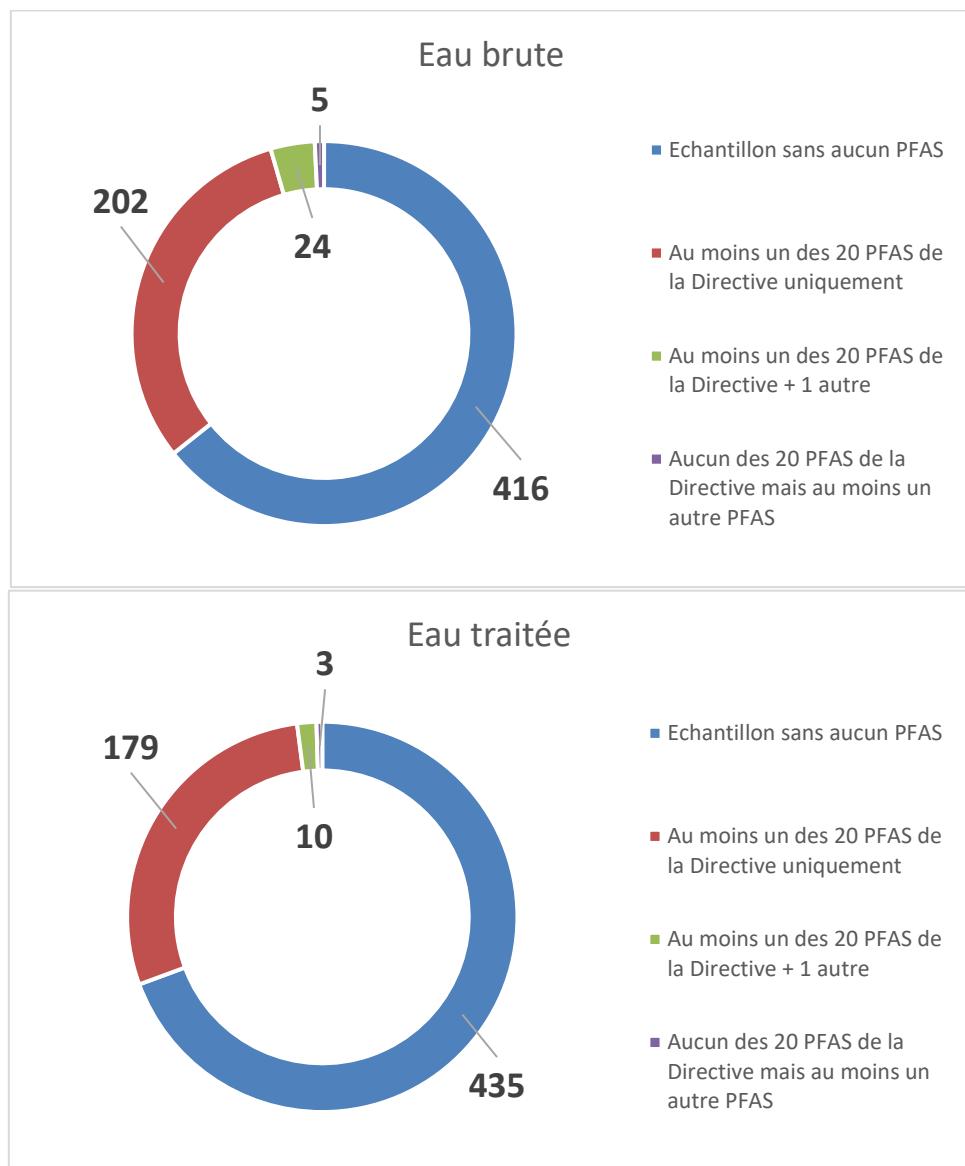


Figure 10 : Co-occurrence des PFAS (hors US-PFAS) en eau brute et traitée

69% des eaux traitées analysées sont exemptes des 30 PFAS dits conventionnels recherchés au cours de cette campagne. Dans 30% des eaux traitées, au moins un des 20 PFAS de la Directive européenne ont été quantifiés. Dans seulement 1,6% des cas, cette quantification s'accompagnait de la présence d'un autre PFAS. Seuls 3 échantillons sur 627 (0,5%) étaient concernés par l'absence des 20 PFAS de la Directive européenne et la quantification d'au moins un autre PFAS.

Dans le détail, ces 3 échantillons contenaient un seul des autres PFAS, une fois le 8:2 FTSA et deux fois le 6:2 FTAB, dans des concentrations individuelles allant de 5 à 35 ng/L.

Pour les 10 échantillons d'eau traitée dans lesquels au moins un des 20 PFAS et au moins un des autres PFAS ont été quantifiés, le détail est fourni dans le Tableau 6.

Tableau 6 : Somme des 20 PFAS et des autres PFAS (en ng/L) dans les 10 échantillons d'eau traitée avec une quantification conjointe dans ces deux catégories

Echantillon	Σ 20 PFAS	Σ autres PFAS dits conventionnels (abréviation du/des PFAS quantifié(s))
2	414	26 (6:2 FTSA)
3	279	46 (6:2 FTSA)
4	451	107 (6:2 FTSA ; FHxSA)
5	287	25 (6:2 FTSA)
6	2,5	27 (6:2 FTSA ; 6:2 FTAB)
7	8,7	18 (6:2 FTSA)
8	148	7 (6:2 FTSA)
9	84	16 (6:2 FTSA ; 8:2 FTSA)
10	31	8,7 (6:2 FTSA)
11	2,5	6,8 (6:2 FTSA)

Dans ces 10 échantillons, on retrouve systématiquement la présence du 6:2 FTSA. Dans 3 échantillons seulement (6, 7 et 11), la somme des autres PFAS dépasse celle des 20 PFAS de la directive, et dans un cas seulement (échantillon 9), le cumul des deux sommes atteint les 100 ng/L. En l'état actuel des connaissances et bien que seuls 11 PFAS de la Directive européenne aient été quantifiés au cours de cette campagne nationale, il apparaît que le paramètre « somme des 20 PFAS » reste un bon indicateur global de la présence d'autres PFAS dans le cas des EDCH, à l'exclusion des US-PFAS comme le TFA et le TFMSA.

2.5.2 Co-occurrence US-PFAS et autres PFAS

Aucun lien statistique n'a pu être mis en évidence entre la présence de TFA/TFMSA et celles des autres PFAS recherchés au cours de cette campagne. Même dans les sites où la somme des 20 PFAS dépassait les 60 ng/L, la distribution des concentrations de TFA n'était pas significativement différente de celle observée dans l'ensemble des échantillons. Ces informations permettent de penser que les sources d'émissions de TFA et TFMSA sont sans relation avec celles des autres PFAS.

3 Conclusions - Perspectives

Les travaux de cette campagne exploratoire avaient pour objectif de dresser un socle de données robustes sur tout le territoire (hexagone et territoires ultra-marins) concernant la présence dans les eaux brutes et les eaux traitées destinées à la production d'EDCH des 20 PFAS cités dans la réglementation déclinant la directive européenne (UE) 2020/2184, mais aussi d'autres PFAS d'intérêt. Parmi ces autres PFAS figureraient notamment une sous-catégorie regroupant des PFAS à chaîne ultra-courte (dits « US-PFAS »). Couvrant près de 620 couples eaux brutes/eaux traitées, dont près des 2/3 sont des sites d'intérêt susceptibles de présenter des résultats positifs, ces données représentent à minima l'alimentation en eau potable d'au moins 20 % de la population française.

Deux méthodes de mesures reposant sur des principes analytiques complémentaires ont été développées et validées afin de couvrir les 35 PFAS ciblés dans cette étude. Reposant sur un schéma d'assurance qualité et de contrôles qualité exigeant, représentant près de 50% du nombre de résultats produits, elles ont permis la production de près 77% des paramètres analysés sous couvert de l'accréditation.

► **S'agissant des 20 PFAS de la directive :**

Seuls 11 des 20 PFAS de la directive ont été quantifiés au travers de cette campagne ; ces molécules caractérisées par une longueur de chaîne < 9 carbones représentent le socle le plus pertinent de PFAS pour les EDCH. Que ce soit dans les eaux brutes comme dans les eaux traitées, les 3 PFAS les plus quantifiés sont le PFHxS, le PFOS et le PFHxA. En eau traitée, le PFBA, le PFPeA et le PFOS, ont présenté parfois des valeurs individuelles supérieures à 100 ng/L. Au moins un des 20 PFAS de la Directive a été quantifié dans 30% des échantillons d'eau traitée (30,1%). Pour neuf échantillons, une concentration totale pour la somme des 20 PFAS supérieure à la valeur réglementaire de 100 ng/L, comprise entre 110 et 451 ng/L, a été mesurée et huit de ces échantillons sont issus de points d'intérêt. Par ailleurs les résultats de cette étude indiquent que les ressources fournissant les plus gros débits sont relativement exposées aux diverses voies de dissémination des PFAS. Enfin, le fait qu'au moins 1 PFAS ait été quantifié dans près de 36% des ressources identifiées comme points d'intérêt semble indiquer que la vulnérabilité de certaines ressources en lien avec la présence à proximité d'activités émettrices de PFAS est maintenant relativement bien appréhendée, même si certaines sources potentielles sont probablement encore mal identifiées et donc caractérisées.

► **S'agissant des autres PFAS d'intérêt :**

Le 4:2 FTSA, 5:1:2 FTB ; 5:3 FTB ; HFPO-DA ; ADONA et PFMOPrA n'ont jamais été quantifiés dans cette étude. Le 6:2 FTSA, 8:2 FTSA, 6:2 FTAB, FHxSA ont été quantifiés au moins une fois, mais à des fréquences de quantification inférieures à 3% que ce soit dans les eaux brutes comme les eaux traitées. Une concentration médiane de 13,4 ng/L est observée pour le 6:2 FTSA. Les résultats de cette campagne montrent que le paramètre « somme des 20 PFAS » reste un bon indicateur global de la présence d'autres PFAS dans le cas des EDCH, à l'exclusion des US-PFAS comme le TFA et le TFMSA.

► **Concernant les US-PFAS :**

Que ce soit dans les eaux brutes comme dans les eaux traitées, l'étude confirme la très forte occurrence du TFA (quantifié dans plus de 92% des échantillons) mais elle met également en avant une contamination significative par le TFMSA (environ 13%) et le PFPrA (2-3%). Pour le TFA, la valeur maximale mesurée est de 25 000 ng/L et est donc inférieure à la valeur sanitaire indicative de 60 000 ng/L. Pour le TFMSA, une valeur maximale de 4 900 ng/L et une médiane de 28,5 ng/L ont été mesurées.

La fréquence de quantification est plus élevée dans les eaux souterraines pour les PFCA ($C \geq 3$) et les PFSA ($C \geq 4$). Cette tendance est surtout marquée dans les ressources fournissant les plus gros débits et les points d'intérêt. Pour les autres PFAS quantifiés, y compris les US-PFAS, cette différence entre eau souterraine et eau de surface est nettement moindre. Concernant plus particulièrement le TFA, la contamination généralisée des deux compartiments peut s'expliquer par les origines multiples de cette molécule, auquel s'ajoute les retombées atmosphériques pour une part probablement non négligeable.

Bien que des analyses de confirmation aient été proposées lors de la mise en évidence de profil de contaminations spécifiques, les Agences Régionales de Santé n'ont que très rarement activé ces leviers d'actions dans le cadre de cette étude. En conséquence, pour les sites ayant présenté des profils atypiques ou spécifiques, il n'a pas été possible d'identifier les sources de ces contaminations ni d'appréhender leurs dynamiques.

Les résultats obtenus lors de cette campagne soutiennent, en premier lieu les travaux d'évaluation des risques sanitaires qui ont été engagés par l'unité d'évaluation des risques des eaux (UERE) de l'ANSES pour certaines molécules quantifiées afin de proposer des valeurs guides dans les EDCH. Ils viennent aborder également les travaux engagés au travers de la saisine « 2022-SA-0198 » relative à l'évaluation des risques sanitaires et des expositions aux PFAS et à la catégorisation des substances en vue de mesures de surveillance et de gestion des risques.

4 Bibliographie

4.1 Publications

- Ahrens, L., K. Norström, T. Viktor, et al. 2015. "Stockholm Arlanda Airport as a source of per- and polyfluoroalkyl substances to water, sediment and fish." *Chemosphere* 129: 33-38. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2014.03.136>
- Ahrens, L., M. Shoeib, T. Harner, et al. 2011. "Wastewater Treatment Plant and Landfills as Sources of Polyfluoroalkyl Compounds to the Atmosphere." *Environmental Science & Technology* 45 (19): 8098-8105. <https://doi.org/10.1021/es1036173>
- Albers, C. N., and J. Sütlenfuss. 2024. "A 60-Year Increase in the Ultrashort-Chain PFAS Trifluoroacetate and Its Suitability as a Tracer for Groundwater Age." *Environmental Science & Technology Letters* 11 (10): 1090-1095. <https://doi.org/10.1021/acs.estlett.4c00525>
- Anses. (2011a). Rapport sur la campagne nationale d'occurrence des composés alkyls perfluorés dans les eaux destinées à la consommation humaine. Maisons-Alfort: Anses, 120 p.
- Anses. (2011b). Rapport sur la campagne nationale d'occurrence des résidus de médicaments dans les eaux destinées à la consommation humaine -Ressources en eaux brutes et eaux traitées. Maisons-Alfort: Anses, 36 p.
- Anses. (2013). Rapport sur la campagne nationale d'occurrence de polluants émergents dans les eaux destinées à la consommation humaine : Perchlorates et Nitrosamines. Maisons-Alfort: Anses, 56 p. .
- Anses. (2018). Rapport de l'Anses relatif à une Campagne nationale de mesures de l'occurrence de polluants émergents dans les eaux destinées à la consommation humaine (haloacétonitriles, trihalométhanes iodés, halocétones, chloropicrine, alkylphénols, bisphénols). Maisons-Alfort: Anses, 72 p.
- Anses. (2019). Rapport de l'Anses relatif à des campagnes nationales de mesures de l'occurrence de chrome hexavalent et chrome total dans les eaux destinées à la consommation humaine. Maisons-Alfort: Anses, 41 p.
- Anses. (2020). Rapport révisé de l'Anses relatif à la Campagne nationale de mesures de l'occurrence de composés émergents dans les eaux destinées à la consommation humaine : acides haloacétiques – chlorates – phtalates - Rouxiella chamberiensis, campagne 2016-2017. Maisons-Alfort: Anses, 52 p.
- Anses. (2023). Rapport de l'Anses relatif à la campagne nationale de mesure de l'occurrence de composés émergents dans les eaux destinées à la consommation humaine - Pesticides et métabolites de pesticides - Résidus d'explosifs - 1,4-dioxane - Campagne 2020-2022. Maisons-Alfort: Anses, 85 p.
- Ao, J., W. Tang, X. Liu, et al. 2024. "Polyfluoroalkyl phosphate esters (PAPs) as PFAS substitutes and precursors: An overview." *Journal of Hazardous Materials* 464: 133018. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2023.133018>
- Aravindan, V., J. Gnanaraj, S. Madhavi, et al. 2011. "Lithium-Ion Conducting Electrolyte Salts for Lithium Batteries." *Chemistry – A European Journal* 17 (51): 14326-14346. <https://doi.org/10.1002/chem.201101486>
- Arp, H. P. H., A. Gredelj, J. Glüge, et al. 2024. "The Global Threat from the Irreversible Accumulation of Trifluoroacetic Acid (TFA)." *Environmental Science & Technology* 58 (45): 19925-19935. <https://doi.org/10.1021/acs.est.4c06189>

- Bach, C., X. Dauchy, V. Boiteux, et al. 2017. "The impact of two fluoropolymer manufacturing facilities on downstream contamination of a river and drinking water resources with per- and polyfluoroalkyl substances." *Environmental Science and Pollution Research* 24 (5): 4916-4925. <https://doi.org/10.1007/s11356-016-8243-3>
- Backe, W. J., T. C. Day, and J. A. Field. 2013. "Zwitterionic, Cationic, and Anionic Fluorinated Chemicals in Aqueous Film Forming Foam Formulations and Groundwater from U.S. Military Bases by Nonaqueous Large-Volume Injection HPLC-MS/MS." *Environmental Science & Technology* 47 (10): 5226-5234. <https://doi.org/10.1021/es3034999>
- Baduel, C., J. F. Mueller, A. Rotander, et al. 2017. "Discovery of novel per- and polyfluoroalkyl substances (PFASs) at a fire fighting training ground and preliminary investigation of their fate and mobility." *Chemosphere* 185: 1030-1038. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.06.096>
- Barzen-Hanson, K. A., and J. A. Field. 2015. "Discovery and Implications of C2 and C3 Perfluoroalkyl Sulfonates in Aqueous Film-Forming Foams and Groundwater." *Environmental Science & Technology Letters* 2 (4): 95-99. <https://doi.org/10.1021/acs.estlett.5b00049>
- Benskin, J. P., M. G. Ikonomou, F. A. P. C. Gobas, et al. 2013. "Biodegradation of N-Ethyl Perfluoroctane Sulfonamido Ethanol (EtFOSE) and EtFOSE-Based Phosphate Diester (SAmPAP Diester) in Marine Sediments." *Environmental Science & Technology* 47 (3): 1381-1389. <https://doi.org/10.1021/es304336r>
- Björnsdotter, M. K., L. W. Y. Yeung, A. Kärrman, et al. 2020. "Challenges in the analytical determination of ultra-short-chain perfluoroalkyl acids and implications for environmental and human health." *Analytical and Bioanalytical Chemistry* 412 (20): 4785-4796. <https://doi.org/10.1007/s00216-020-02692-8>
- Björnsdotter, M. K., L. W. Y. Yeung, A. Kärrman, et al. 2022. "Mass Balance of Perfluoroalkyl Acids, Including Trifluoroacetic Acid, in a Freshwater Lake." *Environmental Science & Technology* 56 (1): 251-259. <https://doi.org/10.1021/acs.est.1c04472>
- Brandsma, S. H., J. C. Koekkoek, M. J. M. van Velzen, et al. 2019. "The PFOA substitute GenX detected in the environment near a fluoropolymer manufacturing plant in the Netherlands." *Chemosphere* 220: 493-500. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.12.135>
- Cahill, T. M. 2022. "Increases in Trifluoroacetate Concentrations in Surface Waters over Two Decades." *Environmental Science & Technology* 56 (13): 9428-9434. <https://doi.org/10.1021/acs.est.2c01826>
- Chow, S. J., N. Ojeda, J. G. Jacangelo, et al. 2021. "Detection of ultrashort-chain and other per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) in U.S. bottled water." *Water Research* 201: 117292. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2021.117292>
- Cook, E. K., C. I. Olivares, E. H. Antell, et al. 2022. "Biological and Chemical Transformation of the Six-Carbon Polyfluoroalkyl Substance N-Dimethyl Ammonio Propyl Perfluorohexane Sulfonamide (AmPr-FHxSA)." *Environmental Science & Technology* 56 (22): 15478-15488. <https://doi.org/10.1021/acs.est.2c00261>
- Cui, J. n., J. Guo, Z. Zhai, et al. 2019. "The contribution of fluoropolymer thermolysis to trifluoroacetic acid (TFA) in environmental media." *Chemosphere* 222: 637-644. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.01.174>
- D'Agostino, L. A., and S. A. Mabury. 2014. "Identification of Novel Fluorinated Surfactants in Aqueous Film Forming Foams and Commercial Surfactant Concentrates." *Environmental Science & Technology* 48 (1): 121-129. <https://doi.org/10.1021/es403729e>
- D'Agostino, L. A., and S. A. Mabury. 2017. "Certain Perfluoroalkyl and Polyfluoroalkyl Substances Associated with Aqueous Film Forming Foam Are Widespread in Canadian Surface Waters." *Environmental Science & Technology* 51 (23): 13603-13613. <https://doi.org/10.1021/acs.est.7b03994>

- Dauchy, X. 2019. "Per- and polyfluoroalkyl substances (PFASs) in drinking water: Current state of the science." *Current Opinion in Environmental Science & Health* 7: 8-12. <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2018.07.004>
- Dauchy, X., V. Boiteux, C. Bach, et al. 2017. "Per- and polyfluoroalkyl substances in firefighting foam concentrates and water samples collected near sites impacted by the use of these foams." *Chemosphere* 183: 53-61. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.05.056>
- Dauchy, X., V. Boiteux, A. Colin, et al. 2019. "Deep seepage of per- and polyfluoroalkyl substances through the soil of a firefighter training site and subsequent groundwater contamination." *Chemosphere* 214: 729-737. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.10.003>
- Dimzon, I. K., X. Trier, T. Frömel, et al. 2016. "High Resolution Mass Spectrometry of Polyfluorinated Polyether-Based Formulation." *Journal of the American Society for Mass Spectrometry* 27 (2): 309-318. <https://doi.org/10.1007/s13361-015-1269-9>
- Eriksson, U., P. Haglund, and A. Kärrman. 2017. "Contribution of precursor compounds to the release of per- and polyfluoroalkyl substances (PFASs) from waste water treatment plants (WWTPs)." *Journal of Environmental Sciences* 61: 80-90. <https://doi.org/10.1016/j.jes.2017.05.004>
- Field, J. A., and J. Seow. 2017. "Properties, occurrence, and fate of fluorotelomer sulfonates." *Critical Reviews in Environmental Science and Technology* 47 (8): 643-691. <https://doi.org/10.1080/10643389.2017.1326276>
- Freeling, F., and M. K. Björnsdotter. 2023. "Assessing the environmental occurrence of the anthropogenic contaminant trifluoroacetic acid (TFA)." *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry* 41: 100807. <https://doi.org/10.1016/j.cogsc.2023.100807>
- Fromme, H., M. Wöckner, E. Roscher, et al. 2017. "ADONA and perfluoroalkylated substances in plasma samples of German blood donors living in South Germany." *International Journal of Hygiene and Environmental Health* 220 (2, Part B): 455-460. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2016.12.014>
- Galloway, J. E., A. V. P. Moreno, A. B. Lindstrom, et al. 2020. "Evidence of Air Dispersion: HFPO-DA and PFOA in Ohio and West Virginia Surface Water and Soil near a Fluoropolymer Production Facility." *Environmental Science & Technology* 54 (12): 7175-7184. <https://doi.org/10.1021/acs.est.9b07384>
- HCSP. (2024). Avis relatif à la gestion des risques sanitaires liés à la présence de composés per- et polyfluoroalkylés (PFAS) dans les eaux destinées à la consommation humaine et les eaux minérales naturelles à usage de boisson. Paris: HCSP, 28 p.
- Heydebreck, F., J. Tang, Z. Xie, et al. 2015. "Alternative and Legacy Perfluoroalkyl Substances: Differences between European and Chinese River/Estuary Systems." *Environmental Science & Technology* 49 (14): 8386-8395. <https://doi.org/10.1021/acs.est.5b01648>
- Hopkins, Z. R., M. Sun, J. C. DeWitt, et al. 2018. "Recently Detected Drinking Water Contaminants: GenX and Other Per- and Polyfluoroalkyl Ether Acids." *Journal AWWA* 110 (7): 13-28. <https://doi.org/10.1002/awwa.1073>
- Houtz, E. F., C. P. Higgins, J. A. Field, et al. 2013. "Persistence of Perfluoroalkyl Acid Precursors in AFFF-Impacted Groundwater and Soil." *Environmental Science & Technology* 47 (15): 8187-8195. <https://doi.org/10.1021/es4018877>
- Houtz, E. F., R. Sutton, J.-S. Park, et al. 2016. "Poly- and perfluoroalkyl substances in wastewater: Significance of unknown precursors, manufacturing shifts, and likely AFFF impacts." *Water Research* 95: 142-149. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2016.02.055>
- Howells, R. D., and J. D. Mc Cown. 1977. "Trifluoromethanesulfonic acid and derivatives." *Chemical Reviews* 77 (1): 69-92. <https://doi.org/10.1021/cr60305a005>

- Jacob, P., and D. E. Helbling. 2023. "Rapid and Simultaneous Quantification of Short- and Ultrashort-Chain Perfluoroalkyl Substances in Water and Wastewater." *ACS ES&T Water* 3 (1): 118-128. <https://doi.org/10.1021/acsestwater.2c00446>
- Joerss, H., F. Freeling, S. van Leeuwen, et al. 2024. "Pesticides can be a substantial source of trifluoroacetate (TFA) to water resources." *Environment International* 193: 109061. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2024.109061>
- Jordan, A., and H. Frank. 1999. "Trifluoroacetate in the Environment. Evidence for Sources Other Than HFC/HCFCs." *Environmental Science & Technology* 33 (4): 522-527. <https://doi.org/10.1021/es980674y>
- Langberg, H. A., H. P. H. Arp, G. D. Breedveld, et al. 2021. "Paper product production identified as the main source of per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) in a Norwegian lake: Source and historic emission tracking." *Environmental Pollution* 273: 116259. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.116259>
- Langberg, H. A., G. D. Breedveld, G. A. Slinde, et al. 2020. "Fluorinated Precursor Compounds in Sediments as a Source of Perfluorinated Alkyl Acids (PFAA) to Biota." *Environmental Science & Technology* 54 (20): 13077-13089. <https://doi.org/10.1021/acs.est.0c04587>
- Langlois, B. R., T. Billard, J.-C. Mulatier, et al. 2007. "A new preparation of trifluoromethanesulfinate salts." *Journal of Fluorine Chemistry* 128 (7): 851-856. <https://doi.org/10.1016/j.jfluchem.2007.04.012>
- Marchiandi, J., D. Szabo, S. Dagnino, et al. 2021. "Occurrence and fate of legacy and novel per- and polyfluoroalkyl substances (PFASs) in freshwater after an industrial fire of unknown chemical stockpiles." *Environmental Pollution* 278: 116839. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.116839>
- Martin, J. W., B. J. Asher, S. Beesoon, et al. 2010. "PFOS or PreFOS? Are perfluorooctane sulfonate precursors (PreFOS) important determinants of human and environmental perfluorooctane sulfonate (PFOS) exposure?" *Journal of Environmental Monitoring* 12 (11): 1979-2004. <https://doi.org/10.1039/C0EM00295J>
- Martin, J. W., J. Franklin, M. L. Hanson, et al. 2000. "Detection of Chlorodifluoroacetic Acid in Precipitation: A Possible Product of Fluorocarbon Degradation." *Environmental Science & Technology* 34 (2): 274-281. <https://doi.org/10.1021/es990935j>
- Montes, R., R. Rodil, L. Placer, et al. 2020. "Applicability of mixed-mode chromatography for the simultaneous analysis of C1-C18 perfluoroalkylated substances." *Analytical and Bioanalytical Chemistry* 412 (20): 4849-4856. <https://doi.org/10.1007/s00216-020-02434-w>
- Morganti, M., S. Polesello, S. Pascariello, et al. 2021. "Exposure assessment of PFAS-contaminated sites using avian eggs as a biomonitoring tool: A frame of reference and a case study in the Po River valley (Northern Italy)." *Integrated Environmental Assessment and Management* 17 (4): 733-745. <https://doi.org/10.1002/ieam.4417>
- Munoz, G., J. Liu, S. Vo Duy, et al. 2019. "Analysis of F-53B, Gen-X, ADONA, and emerging fluoroalkylether substances in environmental and biomonitoring samples: A review." *Trends in Environmental Analytical Chemistry* 23: e00066. <https://doi.org/10.1016/j.teac.2019.e00066>
- Neuwald, I. J., D. Hübner, H. L. Wiegand, et al. 2022. "Ultra-Short-Chain PFASs in the Sources of German Drinking Water: Prevalent, Overlooked, Difficult to Remove, and Unregulated." *Environmental Science & Technology* 56 (10): 6380-6390. <https://doi.org/10.1021/acs.est.1c07949>
- Niu, Q., X. Lin, X. Zheng, et al. 2024. "Aerobic or anaerobic? Microbial degradation of per- and polyfluoroalkyl substances: A review." *Journal of Hazardous Materials* 480: 136173. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2024.136173>
- Nödler, K., and M. Scheurer. 2019. "Substances from Multiple Sources (SMS): The Presence of Multiple Primary and Secondary Sources of Persistent and Mobile Organic

- Contaminants Is an Upcoming Challenge for the Drinking Water Sector and Regulatory Frameworks." *Environmental Science & Technology* 53 (19): 11061-11062. <https://doi.org/10.1021/acs.est.9b05168>
- OECD. 2021. "Reconciling terminology of the universe of per- and polyfluoroalkyl substances." *OECD Series on Risk Management of Chemicals* 61: 85 p. <https://doi.org/10.1787/e458e796-en>
- Pan, Y., H. Zhang, Q. Cui, et al. 2018. "Worldwide Distribution of Novel Perfluoroether Carboxylic and Sulfonic Acids in Surface Water." *Environmental Science & Technology* 52 (14): 7621-7629. <https://doi.org/10.1021/acs.est.8b00829>
- Pelch, K. E., T. McKnight, and A. Reade. 2023. "70 analyte PFAS test method highlights need for expanded testing of PFAS in drinking water." *Science of The Total Environment* 876: 162978. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.162978>
- Place, B. J., and J. A. Field. 2012. "Identification of Novel Fluorochemicals in Aqueous Film-Forming Foams Used by the US Military." *Environmental Science & Technology* 46 (13): 7120-7127. <https://doi.org/10.1021/es301465n>
- Sadia, M., I. Nollen, R. Helmus, et al. 2023. "Occurrence, Fate, and Related Health Risks of PFAS in Raw and Produced Drinking Water." *Environmental Science & Technology* 57 (8): 3062-3074. <https://doi.org/10.1021/acs.est.2c06015>
- Scheurer, M., K. Nödler, F. Freeling, et al. 2017. "Small, mobile, persistent: Trifluoroacetate in the water cycle – Overlooked sources, pathways, and consequences for drinking water supply." *Water Research* 126: 460-471. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.09.045>
- Schultz, M. M., D. F. Barofsky, and J. A. Field. 2004. "Quantitative Determination of Fluorotelomer Sulfonates in Groundwater by LC MS/MS." *Environmental Science & Technology* 38 (6): 1828-1835. <https://doi.org/10.1021/es035031j>
- Schulze, S., H. Paschke, T. Meier, et al. 2020. "A rapid method for quantification of persistent and mobile organic substances in water using supercritical fluid chromatography coupled to high-resolution mass spectrometry." *Analytical and Bioanalytical Chemistry* 412 (20): 4941-4952. <https://doi.org/10.1007/s00216-020-02722-5>
- Solomon, K. R., G. J. M. Velders, S. R. Wilson, et al. 2016. "Sources, fates, toxicity, and risks of trifluoroacetic acid and its salts: Relevance to substances regulated under the Montreal and Kyoto Protocols." *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part B* 19 (7): 289-304. <https://doi.org/10.1080/10937404.2016.1175981>
- Strynar, M., S. Dagnino, R. McMahan, et al. 2015. "Identification of Novel Perfluoroalkyl Ether Carboxylic Acids (PFECAs) and Sulfonic Acids (PFESAs) in Natural Waters Using Accurate Mass Time-of-Flight Mass Spectrometry (TOFMS)." *Environmental Science & Technology* 49 (19): 11622-11630. <https://doi.org/10.1021/acs.est.5b01215>
- Sun, M., E. Arevalo, M. Strynar, et al. 2016. "Legacy and Emerging Perfluoroalkyl Substances Are Important Drinking Water Contaminants in the Cape Fear River Watershed of North Carolina." *Environmental Science & Technology Letters* 3 (12): 415-419. <https://doi.org/10.1021/acs.estlett.6b00398>
- Vughs, D., K. A. Baken, M. M. L. Dingemans, et al. 2019. "The determination of two emerging perfluoroalkyl substances and related halogenated sulfonic acids and their significance for the drinking water supply chain." *Environmental Science: Processes & Impacts* 21 (11): 1899-1907. <https://doi.org/10.1039/C9EM00393B>
- Wang, Y., R. Vestergren, Y. Shi, et al. 2016. "Identification, Tissue Distribution, and Bioaccumulation Potential of Cyclic Perfluorinated Sulfonic Acids Isomers in an Airport Impacted Ecosystem." *Environmental Science & Technology* 50 (20): 10923-10932. <https://doi.org/10.1021/acs.est.6b01980>
- Zahn, D., T. Frömel, and T. P. Knepper. 2016. "Halogenated methanesulfonic acids: A new class of organic micropollutants in the water cycle." *Water Research* 101: 292-299. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2016.05.082>

Zhai, Z., J. Wu, X. Hu, et al. 2015. "A 17-fold increase of trifluoroacetic acid in landscape waters of Beijing, China during the last decade." *Chemosphere* 129: 110-117. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2014.09.033>

Zhi, Y., X. Lu, G. Munoz, et al. 2024. "Environmental Occurrence and Biotic Concentrations of Ultrashort-Chain Perfluoroalkyl Acids: Overlooked Global Organofluorine Contaminants." *Environmental Science & Technology* 58 (49): 21393-21410. <https://doi.org/10.1021/acs.est.4c04453>

4.2 Normes

AFNOR. 2019. NF EN ISO 21253-1 *Qualité de l'eau - Méthodes d'analyse de composés multi-classes - Partie 1 : critères pour l'identification des composés cibles par chromatographie en phase gazeuse et liquide et spectrométrie de masse*. AFNOR (indice de classement T 90-253-1).

AFNOR. 2019. NF EN ISO 21253-2 *Qualité de l'eau - Méthodes d'analyse de composés multi-classes - Partie 2 : critères pour la détermination quantitative de composés organiques avec une méthode d'analyse de composés multi-classes*. AFNOR (indice de classement T 90-253-2).

AFNOR. 2022. FD T90-240 *Qualité de l'eau - Caractérisation des méthodes d'analyses - Lignes directrices pour la conduite et la validation d'études de stabilité des paramètres physico-chimiques dans le domaine de l'eau*. AFNOR (indice de classement T 90-240).

AFNOR. 2024. NF EN 17892 *Qualité de l'eau - Détermination de substances per- et polyfluoroalkylées sélectionnées dans l'eau potable - Méthode par chromatographie en phase liquide couplée à la spectrométrie de masse en tandem (LC-MS/MS)*. AFNOR

4.3 Législation et réglementation

Loi n° 2025-188 du 27 février 2025 visant à protéger la population des risques liés aux substances perfluoroalkylées et polyfluoroalkylées (1). Journal Officiel, n°0050, texte n°1, du 28 février 2025.

<https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000051260902>

Arrêté du 11 janvier 2007 relatif aux limites et références de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine mentionnées aux articles R. 1321-2, R. 1321-3, R. 1321-7 et R. 1321-38 du code de la santé publique. Journal Officiel, n°0031, texte n°17, du 6 février 2007. <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT00000465574>

Instruction n° DGS/EA4/2025/22 du 19 février 2025 relative à la gestion des risques sanitaires liés à la présence de composés perfluorés (PFAS) dans les eaux destinées à la consommation humaine, à l'exclusion des eaux conditionnées. Bulletin officiel Santé - Protection sociale – Solidarité, n° 2025/4, du 28 février 2025 <https://sante.gouv.fr/fichiers/bo/2025/2025.4.sante.pdf#page=70>

Instruction n° DGS/EA4/2023/52 du 31 août 2023 relative à la campagne nationale exploratoire de mesures de paramètres émergents (alkyls per- et polyfluorés (PFAS), pesticides, empreinte chimique) dans les eaux brutes et les eaux fournies par un réseau de distribution public. Bulletin officiel Santé - Protection sociale – Solidarité, n° 2023/18, du 29 septembre 2023
<https://sante.gouv.fr/fichiers/bo/2023/2023.18.sante.pdf>

Communication de la Commission — Lignes directrices techniques relatives aux méthodes d'analyse pour la surveillance des substances alkylées per- et polyfluorées (PFAS) dans les eaux destinées à la consommation humaine. Journal Officiel de l'Union Européenne, n° C/2024/4910, du 7 août 2024.

<https://eur-lex.europa.eu/eli/C/2024/4910/oj?eliuri=eli%3AC%3A2024%3A4910%3Aoj&locale=fr>

Directive (UE) 2020/2184 du Parlement européen et du Conseil du 16 décembre 2020 relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine (refonte). Journal Officiel de l'Union Européenne, n° L 435, du 23 décembre 2020.
<https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2020/2184/oj?locale=fr>

ANNEXES

Annexe 1 : Saisine - Instruction N°DGS/EA4/2023/52 du 31 août 2023

Bulletin officiel Santé - Protection sociale - Solidarité n° 2023/18 du 29 septembre 2023

Page 18



INSTRUCTION N° DGS/EA4/2023/52 du 31 août 2023 relative à la campagne nationale exploratoire de mesures de paramètres émergents (alkyls per- et polyfluorés (PFAS), pesticides, empreinte chimique) dans les eaux brutes et les eaux fournies par un réseau de distribution public

Le ministre de la santé et de la prévention

à

Mesdames et Messieurs les directeurs généraux
des agences régionales de santé (ARS)

Copie à :

Mesdames et Messieurs les préfets de région

Référence	NOR : SPRP2309510J (numéro interne : 2023/52)
Date de signature	31/08/2023
Emetteurs	Ministère de la santé et de la prévention Direction générale de la santé
Objet	Campagne nationale de mesures de paramètres émergents (alkyls per- et polyfluorés (PFAS), pesticides, empreinte chimique) dans les eaux brutes et les eaux fournies par un réseau de distribution public.
Commande	Rôle des ARS dans le cadre de la campagne nationale.
Actions à réaliser	<ul style="list-style-type: none">- Sélection de certains points d'intérêt ;- Réalisation des prélèvements d'échantillons d'eau par l'ARS ou le laboratoire agréé pour le contrôle sanitaire des eaux (selon les pratiques habituelles) ;- Information des personnes responsables de la production ou de la distribution d'eau ;- Import des données dans le système d'information ;- Adaptation du programme de contrôle sanitaire si besoin.
Echéance	30 novembre 2023
Contact utile	Sous-direction de la prévention des risques liés à l'environnement et à l'alimentation Bureau de la qualité des eaux Nathalie FRANQUES Tél. : 01 40 56 69 18 Mél. : nathalie.franques@sante.gouv.fr

Nombre de pages et annexes	6 pages + 3 annexes (6 pages) Annexe 1 – Liste prévisionnelle des paramètres analysés Annexe 2 – Informations techniques sur les campagnes nationales Annexe 3 – Modèle de courrier d'information des personnes responsables de la production ou de la distribution d'eau
Résumé	La présente instruction a pour principaux objectifs de : - présenter les modalités de mise en œuvre de la campagne d'analyses réalisée par le Laboratoire d'hydrologie de Nancy (LHN) de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses), en 2023 et 2024, concernant la recherche dans les eaux brutes et les eaux fournies par un réseau de distribution public d'alkyls per- et polyfluorés (PFAS), de pesticides et d'empreinte chimique non ciblée par chromatographie en phase liquide couplée à de la spectrométrie de masse haute résolution (LC HRMS), pour une recherche <i>a posteriori</i> de composés d'intérêt tels que des résidus de médicaments ; - préciser le rôle des ARS dans le cadre de cette campagne.
Mention Outre-mer	Ces dispositions s'appliquent aux Outre-mer, à l'exception de la Polynésie française, de la Nouvelle-Calédonie, de Wallis et Futuna, de Saint-Barthélemy, de Saint-Martin, de Saint-Pierre-et-Miquelon, des Terres australes et antarctiques françaises et de Clipperton.
Mots-clés	Eau destinée à la consommation humaine, qualité de l'eau, analyse, polluants.
Classement thématique	Santé environnementale
Textes de référence	- Directive 2020/2184 du 16 décembre 2020 relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine ; - Code de la santé publique (CSP), notamment ses articles L. 1321-1 à L. 1321-10, L. 1322-1 à L. 1322-14, R. 1321-1 à R. 1321-63, R. 1321-69 à R. 1321-97 et R. 1322-1 à R. 1322-44-23.
Circulaire / instruction abrogée	NOTE D'INFORMATION N° DGS/EA4 du 10 janvier 2020 relative à la campagne nationale de mesures de paramètres émergents (pesticides, métabolites de pesticides, résidus d'explosifs, 1,4 dioxane) dans les eaux brutes et les eaux fournies par un réseau de distribution public.
Circulaire / instruction modifiée	Néant
Rediffusion locale	Néant
Validée par le CNP le 31 août 2023 - Visa CNP 2023-73	
Document opposable	Oui
Déposée sur le site Légifrance	Non
Publiée au BO	Oui
Date d'application	Immédiate

Dans le cadre du programme de travail de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses) sur les polluants dans les eaux, la Direction générale de la santé (DGS) a confié au Laboratoire d'hydrologie de Nancy (LHN), l'organisation d'une nouvelle campagne nationale de mesures de paramètres émergents pour la période 2023-2024, afin de recueillir des données de contamination des ressources en eaux et des eaux traitées, de disposer de données d'occurrence robustes pour l'évaluation de l'exposition de l'humain à ces composés via les EDCH, voire de faire évoluer la programmation des contrôles sanitaires.

Des échantillons d'eaux brutes et d'eaux fournies par un réseau de distribution public seront analysés. Afin de limiter la charge de travail, le nombre de prélèvements et les frais associés, plusieurs familles de composés seront analysées lors de la même campagne d'échantillonnage. Les molécules retenues sont listées en annexe 1 : il s'agit en particulier des alkyls per- et polyfluorés (PFAS) et des pesticides. La campagne sera complétée par une campagne d'empreinte chimique non ciblée par chromatographie en phase liquide couplée à de la spectrométrie de masse haute résolution (LC HRMS), pour une recherche *a posteriori* de composés d'intérêt tels que des résidus de médicaments.

La présente instruction expose les principales modalités de mise en œuvre de cette campagne et précise le rôle des agences régionales de santé (ARS) dans ce cadre.

I. Organisation générale de la campagne d'échantillonnage

Le plan d'échantillonnage élaboré par le LHN est semblable à celui retenu pour les précédentes campagnes de mesures ayant concernées notamment les alkylphénols, certains composés alkylés poly et perfluorés, les phtalates, les nitrosamines, les pesticides et leurs métabolites, les résidus d'explosifs ou le 1,4 dioxane. Il s'appliquera à tous les départements français, y compris aux départements et aux régions d'Outre-mer. Les informations techniques sur ces campagnes sont précisées en annexe 2.

Environ 400 sites, voire davantage, seront échantillonnés selon les règles suivantes :

- Le captage fournissant le plus gros débit dans chaque département : ces captages seront sélectionnés par le LHN sur la base des informations enregistrées dans la base de données SISE-Eaux d'alimentation (système d'information en Santé-environnement sur les eaux) ;
- Un captage tiré au sort de manière aléatoire par le LHN dans chaque département à partir de la base de données SISE-Eaux d'alimentation ;
- Le cas échéant, un ou plusieurs captages d'intérêt sélectionnés dans chaque département par l'ARS avec l'appui du LHN si besoin. La sélection des points d'intérêt varie en fonction de la nature des polluants recherchés et des critères définis ci-après.

Les prélèvements seront effectués par les ARS ou le laboratoire agréé chargé du contrôle sanitaire des eaux et les analyses seront réalisées par le LHN (flacons fournis par le LHN).

Conformément à la politique qualité du LHN, les résultats d'analyses seront rendus sous accréditation COFRAC lorsque des paramètres, pour la matrice et la méthode d'analyse, sont inclus dans les portées d'accréditation du laboratoire (N° accréditation : 1-2255 : portée disponible www.cofrac.fr).

II. Validation des points de prélèvements et organisation pratique

II.1. Validation des points de prélèvements

Un fichier pré-rempli avec les installations retenues pour la campagne (captage fournissant le plus gros débit et captage tiré au sort de manière aléatoire par département) et quelques sites d'intérêt proposés est mis à disposition des ARS via le RESE (Rubriques : Eau destinée à la consommation humaine / Connaissance des risques sanitaires / Campagnes nationales de mesures de substances émergentes dans les eaux).

Les ARS sont invitées à compléter le document :

- En ajoutant, pour chaque département :
 - le(s) captage(s) d'intérêt le cas échéant vis-à-vis des composés alkylés poly et perfluorés (nom et code installation Sise Eaux d'alimentation) ;
 - le captage d'intérêt vis-à-vis des pesticides (nom et code installation Sise Eaux d'alimentation) ;
- En validant ou corrigeant, pour chaque captage (plus gros débit et aléatoire), la station de traitement correspondante (nom et code SISE-Eaux) ;
- En identifiant, pour chaque captage d'intérêt, la station de traitement correspondante (nom et code SISE-Eaux) ;
- En précisant l'organisme en charge des prélèvements (ARS ou laboratoire agréé pour le contrôle sanitaire des eaux) ainsi que l'adresse de livraison des colis.

Ces informations sont à renseigner au plus tard le 30 novembre 2023.

II.2. Planning de prélèvements

Le planning sera établi par le LHN puis diffusé sur le RESE sur la page dédiée à cette campagne (Rubriques : Eau destinée à la consommation humaine / Connaissance des risques sanitaires / Campagnes nationales de mesures de substances émergentes dans les eaux). Afin de faciliter le déroulement de la campagne, les organismes réalisant les prélèvements pourront s'inscrire sur un planning partagé en fonction de leurs disponibilités et pourront en cas de besoin adapter les créneaux pour répondre aux demandes ponctuelles des ARS.

Le LHN enverra les flaconnages nécessaires à chaque ARS ou au laboratoire agréé pour le contrôle sanitaire des eaux (si l'ARS lui a demandé de réaliser les prélèvements). Les modalités de prélèvement seront précisées dans une fiche et la collecte des flacons remplis sera organisée par le LHN. Les mesures de la température de l'eau, du chlore libre/total et du pH devront également être systématiquement effectuées sur le terrain.

Les prélèvements démarreront début 2024 pour une durée approximative de 10 mois.

III. Information des collectivités concernées

Une fois la(s) période(s) de prélèvement fixée(s) avec le LHN, les ARS sont invitées à informer la personne responsable de la production ou de la distribution d'eau. A cet effet, un modèle de courrier, à adapter localement, est proposé en annexe 3.

IV. Modalités de réalisation des analyses

Les analyses sont réalisées conformément aux dispositions du LHN. Certaines molécules font l'objet d'une accréditation par le COFRAC (N° accréditation 1-2255 portée disponible sur www.cofrac.fr).

Au moment de la rédaction de la présente instruction, les méthodes d'analyses sont en cours de développement. Les performances analytiques (limites de quantification et incertitudes de mesure) seront communiquées aux ARS avant le démarrage de la campagne.

En cas d'anomalie lors de la réception des échantillons ou lors du déroulement des analyses, le LHN prendra l'initiative de poursuivre ou non les analyses en fonction de l'exploitabilité des résultats. En cas de résultats non exploitables (délai d'analyses dépassé, interférences, etc.), les résultats sont susceptibles d'être rendus sous la forme N.M. (non mesuré). Le cas échéant, de nouveaux prélèvements pourront être proposés si l'absence de résultat est susceptible d'impacter la représentativité de cette campagne nationale (objectif d'un minimum de 95% de résultats disponibles par rapport au plan d'échantillonnage).

Après analyse, les échantillons sont conservés pour vérification éventuelle dans la limite de la stabilité de ces molécules, puis ils sont éliminés.

V. Analyses de confirmation

Au cours de cette campagne, le LHN proposera aux ARS de procéder à des analyses de confirmation, lorsque des difficultés analytiques ou des valeurs atypiques auront été relevées dans le cadre de la campagne exploratoire.

Les concentrations en eau traitée ci-dessous pourront, par exemple, conduire à solliciter des analyses de confirmation :

- Alkyls per- et polyfluorés (PFAS) :

Pour la somme des 20 PFAS visés par la nouvelle réglementation : concentration > 60 ng/L.
Pour les autres PFAS : seuls les échantillons avec les concentrations les plus élevées feront l'objet d'un recontrôle (critères à préciser en cours de campagne).

- Pesticides : concentration par molécule individuelle > 0,1 µg/L ou pour la somme > 0,5 µg/L.

VI. Diffusion et prise en compte des résultats

Il est prévu que :

- Un tableau de données soit élaboré et transmis à la DGS par l'Anses dans les 6 mois suivant la réception du dernier échantillon ;
- Plusieurs points d'étapes puissent être organisés tout au long de la campagne (au démarrage, en cours et à l'achèvement) avec la DGS et/ou les ARS ;
- Un rapport de synthèse (résultats agrégés et anonymisés) soit rédigé et publié sur le site de l'Anses ;
- Les résultats soient fournis aux ARS sous un format intégrable à la base de données du ministère chargé de la santé ;
- Les résultats soient également disponibles sous forme de rapport d'analyse avec une convention de preuve pour transmission informatique.

La question du statut réglementaire des analyses effectuées dans le cadre de la présente campagne, et des éventuelles suites à donner au niveau local à ces résultats, relève de la responsabilité des ARS, en lien avec la DGS. L'Anses est informée des situations où de telles suites sont susceptibles de conduire à une médiatisation qui interviendrait avant la finalisation ou la publication de son rapport.

Les ARS doivent tenir compte des résultats de la campagne nationale pour adapter au besoin la programmation du contrôle sanitaire, en application de l'article R. 1321-17 du CSP.

Enfin, le LHN tient à disposition la procédure relative au traitement des réclamations.

VII. Financement de ces campagnes de mesures

Sur la base de la convention entre l'Anses et la DGS, les frais d'envois et les frais d'analyses des échantillons d'eau seront pris en charge par le LHN. Seuls les frais de prélèvements, s'ils sont réalisés par le laboratoire agréé pour le contrôle sanitaire des eaux, doivent être pris en charge par les ARS.

Cette campagne exploratoire d'analyses sera réalisée par le LHN dans le respect de la politique qualité du LHN et conformément aux exigences de la norme NF EN ISO/CEI 17025.

* * -

Vous voudrez bien me faire part, sous le présent timbre, des éventuelles difficultés rencontrées par vos services dans la contribution à ces campagnes nationales.

Vu au titre du CNP par le secrétaire général
des ministères chargés des affaires sociales,



Pierre PRIBILE

Pour le ministre et par délégation :
Le directeur général de la santé,



Christian RABAUD

Annexe 2 : Méthode d'analyse des US PFAS par ID-IC-MSMS

■ Objet et domaine d'application

En raison des propriétés physico-chimiques de ces petites molécules, les US PFAS sont plus facilement analysables en chromatographie ionique couplée à la spectrométrie de masse en tandem (ID-IC-MS/MS).

Pour les 4 composés, un étalonnage interne a été effectué à l'aide d'une molécule marquée au carbone ^{13}C afin d'assurer une plus grande exactitude des résultats et de mieux corriger les effets matricés et dérives instrumentales (voir tableau 2).

Le domaine d'application de la méthode s'étend de la limite de quantification (20 ng/L à 100 ng/L) à 500 - 5000 ng/L selon les molécules.

Il a été décidé de valider une étendue de gamme d'étalonnage assez grande pour le TFA afin d'éviter de diluer les échantillons. En effet, la dilution (eau ou consommables utilisées pour la préparation de cette dernière) peut être source de contamination en TFA.

■ Matériels et méthode

Avertissement : Des appellations commerciales ou fournisseurs sont mentionnées dans ce paragraphe. Ces informations sont données à l'intention des utilisateurs de la méthode et ne signifient nullement que l'Anses recommande l'emploi exclusif de ces matériels et produits.

- Réactifs et solutions étalons

Les étalons analytiques utilisés se présentent en solutions individuelles à 50 $\mu\text{g/mL}$ ou en solution de pureté > 98%. Ils ont été achetés auprès de différents fournisseurs : BCP Instrument (Oullins, France), Techlab (St Julien-les-Metz, France), Sigma Aldrich (Saint Quentin Fallavier, France) ou encore LGC Standard (Molsheim, France).

L'eau et le méthanol utilisés pour la préparation des solutions sont de qualité ULC-MS, fournie par Biosolve Chimie (Dieuze, France).

L'éluant utilisé est du KOH se présentant sous forme d'une cartouche fournie par Thermo (Courtabœuf, France).

- Conditions opératoires

L'instrument analytique est composé d'une chromatographie ionique ICS 5000+ couplée à un spectromètre de masse de type triple quadripolaire modèle TSQ Altis (Thermo, Courtabœuf, France).

Les conditions opératoires sont présentées dans les tableaux 1 et 2 ci-dessous :

Tableau 1 : Résumé des conditions d'analyse en ID-IC-MSMS

ID-IC-MS/MS	Conditions Opératoires																																								
Pré Colonne	AG 31 2 x 50 mm (Thermo)																																								
Colonne analytique	AS 31 2 x 250 mm (Thermo)																																								
Suppresseur	ADRS 600 2 mm																																								
T° compartiment suppresseur	15°C																																								
T° colonne	20°C																																								
Volume d'injection	100 µL																																								
	KOH + eau ultra pure																																								
Gradient KOH	<table border="1"> <thead> <tr> <th>No</th> <th>Time</th> <th>Concentration [mM]</th> <th>Curve</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>0.000</td> <td></td> <td>Run</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>0.000</td> <td>10.00</td> <td></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>15.000</td> <td>30.00</td> <td></td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>20.000</td> <td>90.00</td> <td></td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>30.500</td> <td>95.00</td> <td></td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>45.000</td> <td>95.00</td> <td></td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>45.100</td> <td>10.00</td> <td></td> </tr> <tr> <td>8</td> <td><i>New Row</i></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>9</td> <td>50.000</td> <td></td> <td>Stop Run</td> </tr> </tbody> </table>	No	Time	Concentration [mM]	Curve	1	0.000		Run	2	0.000	10.00		3	15.000	30.00		4	20.000	90.00		5	30.500	95.00		6	45.000	95.00		7	45.100	10.00		8	<i>New Row</i>			9	50.000		Stop Run
No	Time	Concentration [mM]	Curve																																						
1	0.000		Run																																						
2	0.000	10.00																																							
3	15.000	30.00																																							
4	20.000	90.00																																							
5	30.500	95.00																																							
6	45.000	95.00																																							
7	45.100	10.00																																							
8	<i>New Row</i>																																								
9	50.000		Stop Run																																						
Débit	220 µL/min																																								
Courant de suppression	52 mA																																								
Paramètres d'ionisation	<p>Ionisation : H-ESI en mode négatif Spray Voltage : Static Negative ion (V) : 3200</p> <p>Sheath Gas (Arb) : 50 Aux Gas (Arb) : 10 Sweep Gas (Arb) : 1 Ion Transfer Tube Temp (°C) : 300 Vaporizer Temp (°C) : 275</p> <p>Cycle Time (sec): 0.8</p> <p>Q1 Resolution (FWHM): 0.7 Q3 Resolution (FWHM): 1.2 CID Gas (mTorr): 1.5</p>																																								

Tableau 2 : Résumé des paramètres MS en ID-IC-MSMS

Abréviation	EI associé	ID-IC-MS/MS						Mode Ionisation
		Ion Précurseur (m/z)	Ions fils (m/z)	Tension de cône (V)	Energie collision (eV)	TR (min)		
TFA	¹³ C ₂ TFA	113	69/113	31	12 / 12	16		
PFPrA	¹³ C ₂ TFA	163	119/163	31	11 / 5	17.9		
TFMSA	¹³ C ₂ TFA	149	80/149	31	24 / 5	40		
TFSH	¹³ C ₂ TFA	133	69/83	34	14 / 10	15.4		
EI	¹³C₂TFA	115	70	31	8	16		

- Traitement des échantillons

Les échantillons ont été prélevés dans des flacons en polyéthylène (PE) de 250 mL à usage unique.

Les tests de stabilité ont montré que les analyses peuvent être lancés dans les 30 jours suivant le prélèvement sauf pour TFSH où la stabilité est de 4 jours si les échantillons sont conservés au réfrigérateur.

■ Contrôles qualité

Des blancs méthode (intégrant les flacons de prélèvement) ont été systématiquement réalisés dans chaque série analytique afin de vérifier l'absence de contamination au cours de la préparation des échantillons et de l'analyse.

De même, des dopages en matrices naturelles (ajout de solutions étalons des composés d'intérêt dans les échantillons) ont été effectués pour vérifier la robustesse de la méthode.

Dans chaque séquence analytique, des dopages d'échantillons ont été réalisés à la LQ et à un niveau de concentration supérieur.

En raison de potentielles sources de contaminations en TFA et PFPrA, plusieurs blancs sont injectés avant la série afin de s'assurer de l'absence de contamination par le système. Ponctuellement des contaminations ont été observées et ont abouti à une nouvelle préparation de la gamme d'étalonnage.

En résumé, l'ensemble des contrôles qualité internes mis en œuvre au cours de cette campagne d'analyses (blancs, points de contrôle, dopages d'échantillons ...) représente environ 50% de l'ensemble des analyses réalisées.

Annexe 3 : Méthode d'analyse des PFAS par ID-LC-MSMS

■ Objet et domaine d'application

La norme EN 17892 :2024 encore en projet lors de la phase de développement, a servi de guide pour la mise au point de la méthode.

Pour tous les composés, exceptés 3 fluorotélotomères, un étalonnage interne a été effectué à l'aide de molécules marquées au carbone ^{13}C afin d'assurer une plus grande exactitude des résultats et de mieux corriger les effets matricés et dérives instrumentales. Au total 16 étalons internes ont été utilisés (voir tableau 2).

Le domaine d'application de la méthode s'étend de la limite de quantification (1 ng/L à 10 ng/L selon les molécules) à 75 ng/L.

■ Matériels et méthode

Avertissement : Des appellations commerciales ou fournisseurs sont mentionnées dans ce paragraphe. Ces informations sont données à l'intention des utilisateurs de la méthode et ne signifient nullement que l'Anses recommande l'emploi exclusif de ces matériels et produits.

- Réactifs et solutions étalons

Le méthanol, l'acétonitrile, l'eau et l'acide formique utilisés pour la préparation des solutions et pour l'analyse sont de qualité ULC-MS, et sont fournis par Biosolve Chimie (Dieuze, France).

Les étalons analytiques utilisés se présentent en solutions individuelles à 50 $\mu\text{g/mL}$ ou en mélanges à 2 $\mu\text{g/mL}$ dans du méthanol. Ils proviennent tous du fabricant Wellington Laboratories (Guelph, Canada) achetés chez BCP Instruments (Oullins, France), à l'exception du composé PFMOPrA qui provient du fabricant Dr. Ehrenstorfer GmbH (Augsburg, Allemagne), acheté chez LGC Standards (Molsheim, France).

A noter que pour les étalons analytiques possédant un contre-ion (ex : Na^+ ou K^+), sa contribution a été prise en compte lors de la préparation des solutions d'étalonnage et de contrôle pour exprimer le résultat sous forme acide.

Pour certaines solutions étalons (PFHxS et PFOS), il a été possible d'utiliser en point de contrôle un mélange des formes linéaire et ramifiées tels que préconisés dans la norme EN 17892 :2024.

- Conditions opératoires

L'instrument analytique est composé d'un chromatographe en phase liquide couplé à un spectromètre de masse de type triple quadripolaire modèle Xevo TQ-XS (Waters SAS, St-Quentin-en-Yvelines, France).

Les conditions opératoires de la méthode sont présentées dans les tableaux 1 et 2 ci-dessous :

Tableau 1 : Résumé des conditions d'analyse en ID-LC-MSMS

ID-LC-MS/MS	Conditions Opératoires
Colonne retard ^a	X Select® CSH Phenyl-Hexyl 2,1*50mm, 3,5 µm (Waters)
Colonne analytique	Acquity Premier CSH Phenyl-Hexyl 2,1*100 mm, 1,7 µm avec pré-colonne intégrée (Waters)
T° four colonne	40°C
T° passeur	10°C
Solvants de rinçage du passeur	«Weak wash» : Eau/MeOH [70/30 ; v/v] «Strong wash» : MeOH [100%]
Solvants de rinçage et reconditionnement de la colonne	Eau , Méthanol et Isopropanol
Volume d'injection	100 µL en full loop
Solvants	Voie A : 2mM d'acétate d'ammonium dans Eau/MeOH [90/10 ; v/v] Voie B : MeOH
Gradient	2% voie B pendant 1,0 min à t=3,50 min 40% voie B jusqu'à 80 % à t=13 min à t=14 min 98% voie B pendant 3 min à t=21 min retour aux conditions initiales
Débit	300 µL/min
Paramètres d'ionisation	<i>Ionisation</i> : UniSpray (US) ^b en mode négatif et positif <i>Tension appliquée sur la sonde</i> : +/- 500V <i>Tension du cône</i> : 12 V <i>Température de la source</i> : 110°C <i>Température de désolvatation</i> : 550°C <i>Débits de gaz</i> : Désolvatation : 1000 L/hr Cône : 150 L/hr Gaz de nébulisation : 7 Bar

^a : cette famille de composés est sujette à des contaminations environnementales, notamment produites par l'instrument et/ou les phases mobiles entre autres. Pour pallier cette contamination, une colonne

retard (ou colonne delay) a été mise en place en sortie de pompe, permettant ainsi de séparer le pic de pollution de notre pic d'intérêt, particulièrement pour les composés PFBA et PFOA.

^b : pour réaliser l'analyse par injection directe de l'ensemble des 31 composés aux limites de quantification (LQ) les plus performantes, la méthode est mise au point avec une source UniSpray (Waters SAS), combinant une ionisation efficace d'une plus grande gamme de composés et l'obtention d'une meilleure réponse, surtout pour les acides sulfoniques perfluorés à longues chaînes.

Tableau 2 : Résumé des paramètres MS en ID-LC-MSMS

Abréviation	El associé	Ion Précurseur (m/z)	Ions fils (m/z)	Tension de cône (V)	Energie collision (eV)	TR (min)	Mode Ionisation
PFSA							
PFPrS	¹³ C ₃ -PFBS	248,9	79,9 /98,9	56	22 / 22	4,62	
PFBS	¹³ C ₃ -PFBS	298,9	79,9 /98,9	22	26 / 30	5,55	
PFPeS	¹³ C ₃ -PFBS	348,9	79,9 /98,9	48	30 / 30	6,60	
PFHxS	¹³ C ₃ -PFHxS	398,9	79,9 /98,9	62	38 / 34	8,22	
PFHpS	¹³ C ₈ -PFOA	448,9	79,9 /98,9	76	40 / 32	9,95	
PFOS	¹³ C ₈ -PFOS	498,9	79,9 /98,9	80	40 / 36	11,21	
PFNS	¹³ C ₈ -PFOS	549,0	79,9 /98,9	84	42 / 42	12,06	
PFDS	¹³ C ₂ -PFDoDA	599,0	79,9 /98,9	16	50 / 42	12,68	
PFUnDS	¹³ C ₂ -PFDoDA	649,0	79,9 /98,9	22	66 / 52	13,17	
PFDoDS	¹³ C ₂ -PFDoDA	699,0	79,9 /98,9	24	68 / 52	13,54	
PFTrDS	¹³ C ₂ -PFTeDA	749,0	79,9 /98,9	64	66 / 52	13,87	
PFCA							
PFBA	¹³ C ₄ -PFBA	212,9	168,9 / 213,0	12	10 / 8	3,79	
PFPeA	¹³ C ₅ -PFPeA	262,9	218,9 / 262,8	12	8 / 8	5,19	
PFHxA	¹³ C ₅ -PFHxA	312,9	268,9 / 118,9	12	10 / 24	6,12	
PFHpA	¹³ C ₄ -PFHpA	362,9	318,9 / 168,9	12	10 / 16	7,58	
PFOA	¹³ C ₈ -PFOA	412,9	368,9 / 168,9	12	10 / 20	9,37	
PFNA	¹³ C ₉ -PFNA	463,0	419,0 / 218,9	16	10 / 16	10,81	
PFDA	¹³ C ₆ -PFDA	513,0	218,9 / 469,0	22	16 / 10	11,79	
PFUnDA	¹³ C ₇ -PFUnDA	563,0	518,9 / 268,9	14	12 / 16	12,48	
PFDoDA	¹³ C ₂ -PFDoDA	613,0	568,9 / 268,9	16	14 / 18	13,01	
PFTrDA	¹³ C ₂ -PFTeDA	663,0	618,9 / 168,9	22	12 / 28	13,42	
FT							
4:2 FTSA	¹³ C ₂ -4:2 FTSA	326,9	306,9 / 80,6	20	20 / 28	6,00	
6:2 FTSA	¹³ C ₂ -6:2 FTSA	426,9	406,9 / 80,7	56	24 / 30	9,18	
8:2 FTSA	¹³ C ₈ -PFOS	526,9	506,9 / 80,7	56	26 / 34	11,69	
FHxSA	¹³ C ₈ -PFOS	397,9	77,8 / 168,9	46	24 / 28	11,35	
6:2 FTAB	Externe	571,3	104,0 / 440,1	66	30 / 28	11,93	
5:3 FTB	Externe	414,1	58,0 / 103,9	62	32 / 26	9,30	
5:1:2 FTB	Externe	432,1	58,0 / 103,9	8	32 / 28	9,37	
PFAS complémentaires							
HFPO-DA		284,9	168,9 / 118,9	14	6 / 26	6,57	

ADONA PFMOPrA	¹³ C ₃ -HFPO-DA	376,9	250,9 / 84,9	10	12 / 26	7,95	Négatif
	¹³ C ₄ -PFHpA	228,8	84,9 /134,9	14	10/18	4,05	
	¹³ C ₅ -PFPeA						
El							
¹³ C ₄ -PFBA	217,0	172,0	14	10	3,79		
¹³ C ₅ -PFPeA	268,0	223,0	12	8	5,19		
¹³ C ₅ -PFHxA	318,0	273,0	13	10	6,12		
¹³ C ₄ -PFHpA	367,0	322,0	12	16	7,59		
¹³ C ₈ -PFOA	421,0	376,0	12	10	9,37		
¹³ C ₉ -PFNA	472,0	427,0	16	16	10,80		
¹³ C ₆ -PFDA	519,0	474,0	16	10	11,79		
¹³ C ₇ -PFUnDA	570,0	525,0	16	10	12,48		
¹³ C ₂ -PFDoDA	615,0	570,0	16	12	13,01		
¹³ C ₂ -PFTeDA	715,0	670,0	26	14	13,75		
¹³ C ₃ -PFBS	301,9	79,9	8	30	5,55		
¹³ C ₃ -PFHxS	401,9	79,9	6	34	8,23		
¹³ C ₈ -PFOS	507,0	80,0	80	38	11,20		
¹³ C ₂ -4:2 FTSA	329,0	81,0	46	20	6,00		
¹³ C ₂ -6:2 FTSA	429,0	81,0	56	26	9,19		
¹³ C ₃ -HFPO-DA	286,9	168,9	8	8	6,55		

- Traitement des échantillons

Les échantillons ont été prélevés dans des tubes en polypropylène (PP) de 15 mL.

Les tests de stabilité en enceinte réfrigérée ont montré une bonne stabilité des échantillons dans les 50 jours suivants le prélèvement pour la totalité des molécules. Ce délai peut être étendu à 110 jours si les échantillons sont conservés au congélateur.

A réception, les échantillons ont été préparés selon le protocole présenté dans le tableau 3 ci-dessous.

Tableau 3 : préparation des échantillons PFAS pour la méthode ID-LC-MS/MS

<i>Réception</i>
3 tubes PP avec volume prélevé entre 6 mL min et 8 mL max
<i>Préparation</i>
Ajustement du volume d'échantillon à 6 mL dans le tube PP
Ajout de 4 mL d'un mélange organique 74.75 % acétonitrile / 25 % méthanol / 0.25% acide formique (v/v/v)
<i>Homogénéisation</i>
Transfert de 700 µL dans un vial PP
<i>Injection</i> après ajout du MIX d'étalons internes

■ Contrôles qualité

Des blancs méthode (intégrant les flacons de prélèvement) ont été systématiquement réalisés dans chaque série analytique afin de vérifier l'absence de contamination au cours de la préparation des échantillons et de l'analyse.

En l'absence d'étalon interne pour trois composés et au vu de la faible sensibilité, voire l'absence, de transition de qualification pour les composés PFBA, PFPeA, HFPO-DA, FHxSA, PFMOPrA, il a été effectué un dopage systématique de tous les échantillons (ajout de solutions étalons des composés d'intérêt à un niveau de concentration de 20 ng/L), ainsi qu'un dopage à la limite de quantification par série analytique. Ces dopages en matrices naturelles ont permis de vérifier la robustesse de la méthode et ont parfois aidé lors de l'interprétation des chromatogrammes (pic déformé lors d'un effet matrice important, ratio d'ions dans l'échantillon hors-tolérance mais similaire à celui de l'échantillon dopé, ré-analyse d'un échantillon positif en cas de rendement non-conforme...).

A noter que le rendement de dopage n'a jamais été utilisé pour corriger le résultat mais a conforté la quantification des échantillons.

En résumé, l'ensemble des contrôles qualité internes mis en œuvre au cours de cette campagne d'analyses (blancs, points de contrôle, dopages d'échantillons ...) représente environ 50% de l'ensemble des analyses réalisées.

Annexe 4 : Critères de prise en compte des statistiques descriptives en fonction du nombre d'échantillons quantifiés

Les valeurs des percentiles doivent être interprétées de la manière suivante :

- la valeur du 50ème percentile (ou médiane) signifie que 50% des valeurs de la distribution sont inférieures ou supérieures à cette valeur ;
- la valeur du 90ème percentile signifie que 90% des valeurs de la distribution sont inférieures ou égales à cette valeur. Donc, 10% des valeurs sont supérieures ;
- la valeur du 95ème percentile signifie que 95% des valeurs de la distribution sont inférieures à cette valeur. Donc, 5% des valeurs sont supérieures ;
- la valeur du 99ème percentile signifie que 99% des valeurs de la distribution sont inférieures à cette valeur. Donc, 1% des valeurs sont supérieures.

Tableau 1 : Critères de prise en compte des statistiques descriptives en fonction du nombre d'échantillons quantifiés

Nombre de valeurs quantifiées (Nq)	Moyenne	Min	Médiane	P90	P95	P99	Max
Nq = 1							x
2 ≤ Nq ≤ 5		x					x
5 < Nq < 30	x	x	x				x
30 ≤ Nq < 80	x	x	x	x	x	x	x
80 ≤ Nq < 160	x	x	x	x	x	x	x
160 ≤ Nq < 800	x	x	x	x	x	x	x

x : percentile non robuste