

ÉTAT DE SITUATION DE LA PRESENCE DE PFAS, Y COMPRIS A CHAINES COURTES ET ULTRA-COURTES, DONT LE TFA, DANS DES EAUX POTABLES DE CONSOMMATION, EN FRANCE

Janvier 2025 v30.01

Apolline FAILLIE, Vincent LAFFILE, Yan JANCENELLE, Alexandra BAGARD, Guillaume LOSFELD

Tous les coauteurs de cette publication appartiennent à l'organisation :

Eurofins Hydrologie Est

Rue Lucien Cuénot - Site Saint Jacques II - BP 51005

54521 Maxéville

France

Contact : Guillaume.Losfeld@etfr.eurofins.com

I - Introduction

I.1 - Définitions et contexte

Les substances alkyls per- et poly-fluorées (PFAS) sont définies comme des molécules dont tous les atomes de Carbone, à l'exception du groupement fonctionnel, sont [1]:

- a) Totalement saturés d'atomes de Fluor pour les perfluorés,
- b) Partiellement saturés d'atomes de Fluor sans aucun atome H/Cl/Br/I lié pour les polyfluorés.

Selon la longueur des chaînes carbonées, les PFAS sont classées en différentes catégories [2] :

- 1) C1 à C3 : PFAS à chaînes ultracourtes
- 2) C4 à C6 : PFAS à chaînes courtes
- 3) C7 et plus : PFAS à chaînes longues.

Il s'agit de molécules strictement synthétiques (qui n'existent pas à l'état naturel), synthétisées dans les années 1940 et qui présentent des propriétés très différentes selon leur groupement fonctionnel (acide sulfonique ou carboxylique par exemple) et la longueur de leur chaîne carbonée.

Les fonctions acides confèrent des propriétés oléophobes¹, tandis que les chaînes carbonées fluorées leur apportent des propriétés hydrophobes² et ce proportionnellement à la longueur des chaînes.

Ces différentes caractéristiques ont conduit au très large emploi des PFAS, avec une utilisation industrielle pour une centaine de molécules parmi la dizaine de milliers de PFAS existants. Les applications concernent les surfactants, mousses anti-incendie, revêtements anti-adhésifs, emballages, cosmétiques par exemple. Enfin, la présence des liaisons carbone-fluor particulièrement stables confère une résistance à la dégradation (thermique, photolyse, microbienne ou encore chimique...) peu commune.

Cette résistance hors norme a conduit à les qualifier dans le langage commun de « polluants éternels ». Pour autant, cela ne signifie pas que les PFAS n'ont aucune évolution dans l'environnement, mais qu'ils le font principalement avec une conservation des liaisons carbone-fluor, fait que les produits de dégradation des PFAS sont eux-mêmes des PFAS. [3] [4]

¹ Qui repoussent les huiles et graisses, qui ne permettent pas aux graisses de s'attacher.

² Qui résistent à l'eau, les molécules hydrophobes ne se dissolvent que dans les substances à base d'huile.

I.2 - Impact environnemental et évolution des substances majoritairement utilisées

Malgré l'intérêt et l'étendue des applications possibles, la mobilité des PFAS dans l'environnement et leur toxicité parfois aiguë ont conduit à s'interroger sur les contaminations qu'ils induisent et sur leur impact sanitaire. [5]

A l'échelle internationale, certains PFAS sont inclus au règlement POP, « Polluants Organiques Persistants », issu de la Convention de Stockholm, qui interdit ou restreint la production, la mise sur le marché et l'utilisation de certaines molécules. C'est dans ce cadre que le PFOS³ est interdit depuis 2009, le PFOA depuis 2020 et le PFHxS depuis 2022.

En ce qui concerne le suivi de la qualité des eaux destinées à la consommation humaine (communément appelées eaux potables ou eaux du robinet) en France, les exigences relatives aux PFAS de la Directive européenne n°2020/2184 vont entrer en application à partir du 1^{er} janvier 2026. Elle prévoit la quantification de 20 PFAS, mais n'inclut pas les PFAS à chaînes courtes ou ultra-courtes. [5]

I.3 - Intérêt de l'analyse des PFAS à chaînes courtes et ultra-courtes dans le suivi de la qualité des eaux

Des milliers de composés PFAS existent et une centaine a été utilisée à l'échelle industrielle. Cependant, la réglementation liste pour l'instant en particulier 20 PFAS ciblés à rechercher dans les eaux destinées à la consommation humaine.

Or, certains pesticides ou adjuvants de pesticides largement utilisés en agriculture et qui sont eux-mêmes des PFAS sont connus pour se décomposer en acide trifluoroacétique (TFA), un PFAS à chaîne ultra-courte, qui n'est actuellement pas inclus dans la réglementation. [6]

En plus d'être un produit de dégradation, le TFA est aussi directement fabriqué et largement utilisé en synthèse organique (tout comme l'acide sulfonique correspondant, acide triflique ou TFMS - ce sont des acides forts, facilement disponibles et solubles dans les milieux organiques).

Enfin, tel qu'exposé par *Dauchy et al.*, plus la chaîne carbonée est courte et plus la solubilité des PFAS dans l'eau augmente [2].

C'est pourquoi, au-delà des PFAS listés dans la Directive eau potable (2020/2184), nous nous sommes également intéressés aux composés aux chaînes les plus courtes.

En effet, à ce jour et en dépit d'études déjà réalisées dans d'autres contextes, les PFAS à chaînes ultra courtes ne sont pas inclus dans le champ de la réglementation française relative à la qualité des eaux de consommation comme de rejets.

C'est pourquoi, **la présente étude a pour objectif de proposer un état de situation concernant la présence de PFAS, y compris à chaînes courtes et ultra-courtes, dont le TFA, dans des eaux de consommation, en France.**

³ PFOS, perfluorooctane sulfonate – PFOA, acide perfluorooctanoïque- PFHxS, sulfonate de perfluorohexane

II - Matériel et méthodes

II.1 - Stratégie de prélèvement

L'échantillonnage s'est déroulé sur une unique campagne au mois de novembre 2024 et a permis de prélever 63 échantillons d'eau potable, provenant d'autant de communes différentes.

La répartition des prélèvements sur le territoire ne répond pas à une stratégie visant à permettre une discussion scientifique approfondie des résultats, mais bien à apporter une contribution significative à la connaissance des teneurs en PFAS dans les eaux de consommation à travers la France.

Les prélèvements ont ainsi été réalisés sur l'ensemble du territoire métropolitain français dans des zones sur lesquelles des préleveurs du réseau Eurofins ont été mobilisés pour cette campagne. Les prélèvements ont été réalisés en distribution, chez des particuliers afin d'établir des données relatives à la qualité de l'eau réellement disponible chez les abonnés.

Seule la zone Sud Ouest – Pyrénées n'a été que très peu couverte.

La principale nouveauté apportée par cette étude ne provient donc pas de la stratégie de prélèvement mise en œuvre, mais du choix de ne pas se restreindre à l'analyse des 20 PFAS réglementaires, en étendant au contraire le champ analytique aux PFAS à chaînes courtes et ultra-courtes.

Figure 1 : Cartographie des points de prélèvement

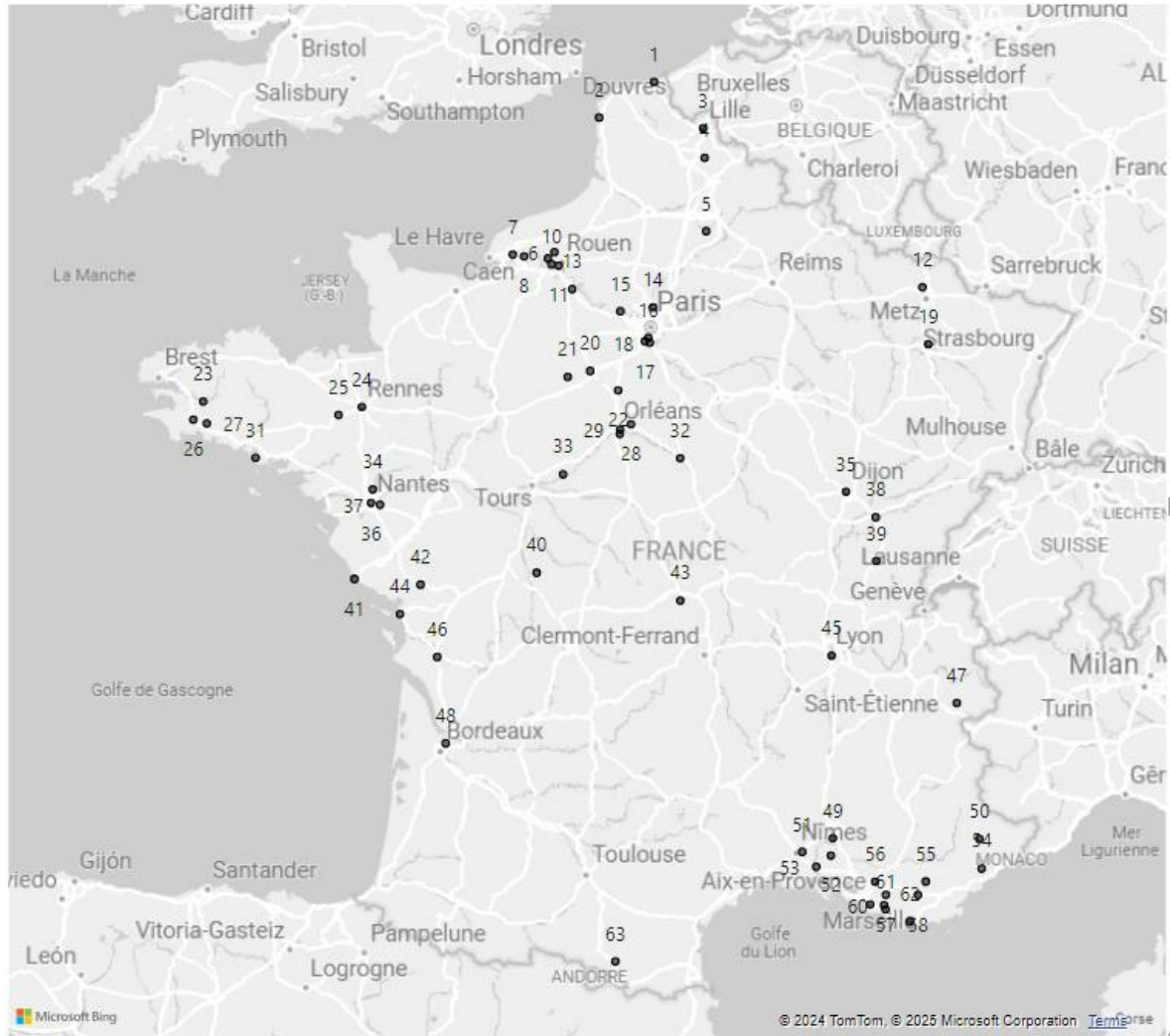


Figure 2 : Liste des communes des points de prélèvement

1	Dunkerque (59)	17	Palaiseau (91)	33	Monteaux (41)	49	Le Pontet, Vaucluse (84)
2	Boulogne-sur-Mer (62)	18	Chilly-Mazarin (91)	34	Sucé-sur-Erdre (44)	50	Puget-Théniers (06)
3	Lille (59)	19	Nancy, France (54)	35	Dijon (21)	51	Rodilhan (30)
4	Douai (59)	20	Chartres (28)	36	Nantes (44)	52	Saint-Rémy-de-Provence (13)
5	Brouchy (80)	21	Saint-Denis-des-Puits (28)	37	Haute-Goulaine (44)	53	Arles (13)
6	Pissy-Pôville (76)	22	Neuvy-en-Beauce (28)	38	Foucherans, Jura (39)	54	Grasse (06)
7	La Cerlangue (76)	23	Saint-Thois (29)	39	Courlaoux (39)	55	Cotignac (83)
8	Port-Jérôme-sur-Seine (76)	24	Rennes (35)	40	Fleix (86)	56	Aix-en-Provence (13)
9	Berville-sur-Seine (76)	25	Treffendel (35)	41	Les Sables-d'Olonne (85)	57	La Bouilladisse (13)
10	Quevillon (76)	26	Ergué-Gabéric (29)	42	Auzay (85)	58	La Celle, Var (83)
11	Le Grand-Quevilly (76)	27	Rosporden (29)	43	Commentry (3)	59	Marseille (13)
12	Marange-Silvange (57)	28	Vennecy (45)	44	La Rochelle (17)	60	Aubagne (13)
13	Heudebouville (27)	29	Orléans (45)	45	Lyon (69)	61	Roquefort-la-Bédoule (13830)
14	Ézanville (95)	30	Olivet, Loiret (45)	46	Saintes, Charente-Maritime (17)	62	Toulon (83)
15	Les Mureaux (78)	31	Erdeven (56)	47	Val Thorens (73)	63	Ax-les-Thermes (09)
16	Antony, Hauts-de-Seine (92)	32	Briare (45)	48	Bassens, Gironde (33)		

II.2 - Réalisation des prélèvements

Les prélèvements ont été réalisés par des préleveurs dûment habilités à la réalisation de prélèvements sous accréditation pour les eaux destinées à la consommation humaine conformément aux dispositions de la FD T 90-520 (Qualité de l'eau - Guide technique de prélèvement pour le suivi sanitaire des eaux en application du Code de la Santé publique).

Chaque point a fait l'objet de deux prélèvements d'un litre. Les flaconnages utilisés proviennent de nos stocks de matériels contrôlés pour s'assurer de l'absence de contamination PFAS. Aucun blanc de terrain ou de flaconnage n'a été réalisé spécifiquement lors de cette campagne étant donné que ces dispositions sont prévues en amont dans nos procédures générales, ceci afin d'éviter toute contamination issue du flaconnage ou de l'acte de prélèvement.

Les prélèvements réalisés ont eu pour vocation de représenter un état de situation à un moment donné. Ils sont par nature ponctuels et n'ont pas pour ambition de représenter autre chose qu'une mesure à un point donné à une date donnée.

II.3 - Conservation des échantillons

La conservation des échantillons jusqu'à l'analyse a été réalisée selon les dispositions de la norme NF EN ISO 5667-3, qui prévoit le stockage des flacons de prélèvement dans des glacières, accompagnés de blocs eutétiques, afin de maintenir une température de 5°C +/- 3°C.

Ces dispositions garantissent la conservation des molécules d'intérêt présentes dans l'échantillon, entre le prélèvement sur le terrain et le lancement des analyses au laboratoire.

II.4 - Méthodes analytiques mises en oeuvre

Le caractère innovant de cette étude repose sur la recherche de PFAS au-delà des 20 de la liste réglementaire de la directive européenne EC 2020/2184.

Selon la typologie des PFAS analysés, 2 méthodes ont été mises en oeuvre :

- 1) **PFAS longues et courtes chaînes** (liste des 52 de la Figure 3) : Analyses réalisées par le laboratoire Eurofins Hydrologie Est, à Maxéville. Le laboratoire est accrédité COFRAC sous la norme ISO 17025 (l'ensemble du périmètre d'accréditation et des filières accréditées est disponible en détail sur l'attestation n°1-0685 accessible sur le site www.cofrac.fr). La méthode d'analyse utilisée est une méthode interne, dont les bases sont adaptées de l'ISO 21675 : 2019. Sur la liste des 52 PFAS analysés, 9 d'entre eux sont accrédités (Figure 3).
La préparation de l'analyse se fait par extraction sur phase solide (SPE) afin de purifier et concentrer les échantillons. L'analyse est ensuite réalisée par chromatographie liquide ultra haute performance et détection par spectrométrie de masse tandem (UHPLC-MS/MS).
Cette méthode permet d'atteindre une limite de quantification de 1ng/L pour chacun des paramètres. A noter que l'analyse a porté sur un panel de 52 molécules, soit davantage que les 20 PFAS listés dans la Directive eau potable 2020/2184.

Pour mémoire, la Directive européenne 2020/2184 concernant les Eaux de consommation fixe un seuil de 100 ng/L pour la somme des 20 PFAS listés comme à analyser de façon obligatoire.

Par ailleurs, cette même directive fixe que le paramètre « Total PFAS » des échantillons analysés soit inférieur à 500 ng/L.

Malgré la communication de la Commission Européenne sur les « 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 » [8], la méthode de mesure du paramètre « Total PFAS » reste à définir. Ce paramètre qui n'était pas mentionné dans la transposition de la Directive 2020/2184 en droit français (Arrêté modificatif du 30 décembre 2022)[9] n'est pas préconisé dans le cadre des analyses d'eau de consommation. [10]

Figure 3 : Liste des 52 PFAS analysés dans le cadre de l'étude par Eurofins Hydrologie Est

Molécules PFAS analysées (Limite de Quantification = 1 ng/L pour tous les paramètres)	PFAS analysés dans le cadre de l'étude	PFAS inclus à la Directive 2020/2184	Accréditation COFRAC
Acide perfluoro-n-tridécanoïque (PFTrA)	X	X	
Acide perfluoro-n-butanésulfonique (PFBS)	X	X	
Acide perfluoro-n-dodécanesulfonique (PFDoS)	X	X	
Acide perfluoro-n-décanesulfonique (PFDS)	X	X	
Acide perfluoro-n-heptanesulfonique (PFHpS)	X	X	
Acide perfluoro-n-pentanesulfonique (PFPeS)	X	X	
Acide perfluoro-n-tridécanesulfonique (PFTrS)	X	X	
Acide perfluoro-n-undécanesulfonique (PFUnS)	X	X	
Acide perfluoro-n-butoïque (PFBA)	X	X	
Acide perfluoro-n-décanoïque (PFDA)	X	X	OUI
Acide perfluoro-n-dodécanoïque (PFDoA)	X	X	OUI
Acide perfluoro-n-heptanoïque (PFHpA)	X	X	OUI
Acide perfluoro-n-hexanoïque (PFHxA)	X	X	OUI
Acide perfluoro-n-hexanesulfonique (PFHxS)	X	X	OUI
Acide perfluoro-n-nonanoïque (PFNA)	X	X	
Acide perfluoro-n-nonanesulfonique (PFNS)	X	X	
Acide perfluoro-n-octanoïque (PFOA)	X	X	OUI
Acide perfluoro-n-octanesulfonique (PFOS)	X	X	OUI
Acide perfluoropentanoïque (PFPeA)	X	X	
Acide perfluoro-n-undécanoïque (PFUnA)	X	X	OUI
Acide 1H,1H,2H,2H-perfluorododécanesulfonique (10:2 FTSA)	X		
Acide 1H,1H,2H,2H-perfluorohexanesulfonique (4:2 FTSA)	X		
Acide 1H,1H,2H,2H-perfluorooctanesulfonique (6:2 FTSA)	X		
Acide 7H-Perfluoroheptanoïque (7H-PFHpA)	X		
Acide bis(1H,1H,2H,2H-perfluorodecyl)phosphonique (8:2 diPAP)	X		
Acide 1H,1H,2H,2H-perfluorodécanesulfonique (8:2 FTSA)	X		
Acide 2H,2H,3H,3H-Perfluoroundécanoïque (8:3 FTCA)	X		
Acide 9-chlorohexadécafluoro-3-oxanonane-1-sulfonique (9Cl-PF3ONS)	X		
Acide 11-chloroeicosafluoro-3-oxaundécane-1-sulfonique (11Cl-PF3OUdS)	X		
Acide 2H,2H-perfluorododécanoïque (10:2 FTCA)	X		
Acide 2H,2H-perfluorooctanoïque (6:2 FTCA)	X		
Acide 2H,2H-perfluoro-2-octenoïque (6:2 FTUCA)	X		
Acide 2H,2H-perfluoro-2-décenoïque (8:2 FTUCA)	X		
Acide 2H,2H-perfluorodécanoïque (8:2 FTCA)	X		
Acide perfluoro-2-méthyle-3-oxahexanoïque (HFPO-DA ou GenX)	X		
N-éthylperfluorooctanesulfonamide (N-EtFOSA)	X		
Acide N-éthylperfluorooctanesulfonamido acétique (N-EtFOSAA)	X		
N-éthyl-N-(2-hydroxyéthyl)perfluorooctylsulphonamide (N-EtFOSE)	X		
N-méthylperfluorooctanesulfonamide (N-MeFOSA)	X		
Acide N-méthylperfluorooctanesulfonamido acétique (N-MeFOSAA)	X		
N-éthyl-N-(2-hydroxyméthyl)perfluorooctylsulphonamide (N-MeFOSE)	X		
Acide dodécafluoro-3H-4,8-dioxanonanoïque (DONA)	X		
Acide Perfluoro-3,7-diméthyl-octanoïque (P37DMOA)	X		
Acide perfluoro-4-éthylcyclohexanesulfonique (PFECHS)	X		
Acide perfluoro-n-hexadécanoïque (PFHxDA)	X		
Acide perfluoro-5-oxahexanoïque (PFMOBA)	X		
Acide perfluoro-3,6 dioxahéptanoïque (3,6-OPFHpA)	X		
Acide perfluoro-4-oxapentanoïque (PFMOPrA)	X		
Acide perfluoro-n-octadécanoïque (PFODA)	X		
Perfluoro-1-octanesulfonamide (FOSA)	X		OUI
Acide 5H-perfluoropentanoïque (PFPA)	X		
Acide perfluoro-n-tétradécanoïque (PFTeA)	X		
TOTAL	52	20	9

- 2) **PFAS à chaînes ultra-courtes**, dont le TFA : Analyses réalisées par le laboratoire Eurofins Food & Feed Testing Sweden, à Lidköping, en Suède. Le laboratoire est également accrédité d'après le standard ISO/IEC 17025:2017, portée numéro 1977. Il est accrédité sur l'analyse de 3 PFAS à chaînes ultra-courtes par méthode interne.

La préparation se réalise également par extraction sur phase solide. La chromatographie liquide ultra haute performance (UHPLC) et détection par spectrométrie masse-masse (UPLC-MS/MS) sont utilisées pour réaliser l'analyse et obtenir les limites de quantification suivantes : 1 ng/L pour les TFMS, 50ng/L pour les TFA et 3ng/L pour les PFPrA, PFEtS et PFPrS.

Figure 4 : Liste des PFAS à chaîne ultra-courtes analysés dans le cadre de l'étude par Eurofins Food&Feed Testing Sweden

Molécules PFAS analysées	PFAS analysés dans le cadre de l'étude	Accréditation SWEDAC	Limite de quantification
Perfluoro-1-propanesulfonate (PFPrS)	X	OUI	3 ng/L
Acide perfluoroéthane-sulfonique (PFEtS)	X	OUI	3 ng/L
Acide perfluoropropionique (PFPrA)	X		3 ng/L
Acide trifluoroacétique (TFA)	X	OUI	50 ng/L
Acide trifluorométhane-sulfonique (TFMS)	X		1 ng/L
TOTAL	5	3	

Au total, pour cette étude, ce sont donc 5 PFAS à chaînes ultra-courtes, dont le TFA, et 52 PFAS à chaînes plus longues, dont les 20 inclus dans directive 2020/2184 qui ont été analysés.

III - Résultats et discussion

Tous les résultats sont exprimés en ng/L. L'intégralité des résultats est fournie en Annexe 1.

La stratégie d'échantillonnage mise en œuvre ne visait pas à mettre en avant des variables explicatives des concentrations mesurées, mais bien à établir un état de situation. Ainsi la discussion sur les résultats ne portera pas sur les origines et causes profondes des différences de concentration entre les points de prélèvement, mais bien sur les valeurs mesurées et les potentiels enjeux de santé publique associés.

Figure 5 : Synthèse des résultats d'analyses
(NQ, Non Quantifié, soit inférieur à la Limite de quantification)

Lieu de prélèvement	Concentrations en ng/L			
	TFA	Somme PFAS Short Chain	Somme 20 PFAS Directive 2020/2184	Somme 52 PFAS y compris les 20 de la Directive 2020/2184
Marange-Silvange (57)	3500	3505.1	2	4
Nantes (44)	2700	2710	2	2
Rodilhan (30)	2600	2719.3	65	65
Sucé-sur-Erdre (44)	2600	2608.4	1	1
La Rochelle (17)	2500	2523	NQ	NQ
Palaiseau (91)	2500	2520.3	12	12
Brouchy (80)	2400	2459	NQ	NQ
Antony, Hauts-de-Seine (92)	2400	2418.6	10	10
Chilly-Mazarin (91)	2100	2115	5	5
Haute-Goulaine (44)	2100	2113.9	2	2
Saint-Denis-des-Puits (28)	2100	2105.8	5	5
Dijon (21)	1900	1902.8	NQ	NQ
Saint-Rémy-de-Provence (13)	1800	1810.9	9	9
Le Pontet, Vaucluse (84)	1700	1718.2	28	28
Auzay (85)	1700	1714.8	NQ	1
Commentry (3)	1700	1703.6	3	5
Monteaux (41)	1600	1617.4	30	30
Briare (45)	1500	1513.3	24	32
Heudebouville (27)	1500	1505	3	14
Les Sables-d'Olonne (85)	1200	1214.7	1	2
Ézanville (95)	1200	1204.5	5	7
Saintes, Charente-Maritime (17)	1100	1114	NQ	2
Bassens, Gironde (33)	1100	1111	11	11
Rennes (35)	1100	1111	NQ	NQ
Cotignac (83)	1100	1105.5	NQ	NQ
Foucherans, Jura (39)	970	971.6	26	44
Lyon (69)	920	932.3	61	64
Erdeven (56)	920	926.1	NQ	NQ
Courlaoux (39)	910	912.1	NQ	NQ
Arles (13)	890	895.9	NQ	NQ
Aubagne (13)	860	869.7	30	30
Grasse (06)	850	850	NQ	NQ
Nancy, France (54)	830	832	16	17
Marseille (13)	760	760	NQ	NQ
Aix-en-Provence (13)	740	740	NQ	NQ
La Bouilladisse (13)	740	740	NQ	NQ
Toulon (83)	720	721.2	7	7
Ergué-Gabéric (29)	710	716.7	NQ	NQ
Chartres (28)	700	707	NQ	NQ
Boulogne-sur-Mer (62)	680	695	2	2
Douai (59)	680	688.9	9	9
Fleix (86)	680	683	NQ	NQ
Puget-Thénières (06)	680	680	NQ	NQ
Orléans (45)	660	661.8	1	1
Roquefort-la-Bédoule (13830)	660	660	NQ	NQ
La Celle, Var (83)	630	631.4	NQ	NQ
Saint-Thois (29)	580	612	NQ	NQ
Dunkerque (59)	550	578	NQ	NQ
Olivet, Loiret (45)	550	553.1	6	8
Lille (59)	530	539.9	NQ	NQ
Rosporden (29)	440	452	NQ	NQ
Treffendel (35)	440	447.8	NQ	NQ
Ax-les-Thermes (09)	410	410	1	1
Les Mureaux (78)	380	388.2	16	16
La Cerlangue (76)	230	234.3	NQ	NQ
Val Thorens (73)	230	230	NQ	NQ
Le Grand-Quevilly (76)	200	208.4	NQ	1
Berville-sur-Seine (76)	200	202.4	NQ	NQ
Quevillon (76)	180	182	1	1
Port-Jérôme-sur-Seine (76)	160	161.4	NQ	NQ
Neuvy-en-Beauce (28)	140	142.9	NQ	NQ
Pissy-Pôville (76)	NQ	NQ	NQ	NQ
Vennecy (45)	NQ	NQ	NQ	NQ
Moyenne	1,097	1,107	6	7
Médiane	850	850	-	1
Ecart type	787	795	16	17

III.1 - Occurrence et concentration des PFAS hors chaînes ultra-courtes

Hors PFAS à chaînes ultra-courtes, **52% (33/63) des échantillons permettent une quantification des PFAS.**

Les concentrations sont comprises entre **1 et 89 ng/L.**

Pour les seuls 20 PFAS réglementés dans les eaux de consommations françaises, l'intervalle de résultats se situe entre **1 et 65 ng/L.**

Pour mémoire, l'arrêté basé sur la directive européenne (transposition en droit français en décembre 2022) fixe la limite de qualité à 100 ng/L pour la somme de ces 20 PFAS dans les eaux de consommation humaine.

Les plus fortes concentrations de ces PFAS sont retrouvées le long du Rhône, à Lyon, ainsi qu'à Rodhilan et à Aubagne, mais aussi dans le Jura et le Loiret.

Sans avoir cherché à démontrer de lien direct et sans avoir mis en œuvre de stratégie d'échantillonnage ciblée, les résultats plus forts dans le Gard et la région lyonnaise ne sont pas inattendus en raison de problématiques locales industrielles déjà connues.

Figure 8: Résultats de concentration somme des 52 PFAS

Point de prélèvement	Numérotation du point de prélèvement sur la carte	Concentration 52 PFAS (ng/l)
Rodilhan (30)	51	65
Lyon (69)	45	64
Foucherans, Jura (39)	38	44
Briare (45)	32	32
Monteaux (41)	33	30

Parmi les PFAS réglementés identifiés dans les échantillons nous trouvons majoritairement du PFHxA, du PFHxS et du PFOS qui sont présents dans 30 échantillons (au moins un des trois composés présents).

Les résultats positifs sont compris :

- a) Entre 1 et 16 ng/L pour le PFHxA ;
- b) Entre 1 et 6 ng/L pour le PFHxS ;
- c) Entre 1 et 25 ng/l pour le PFOS.

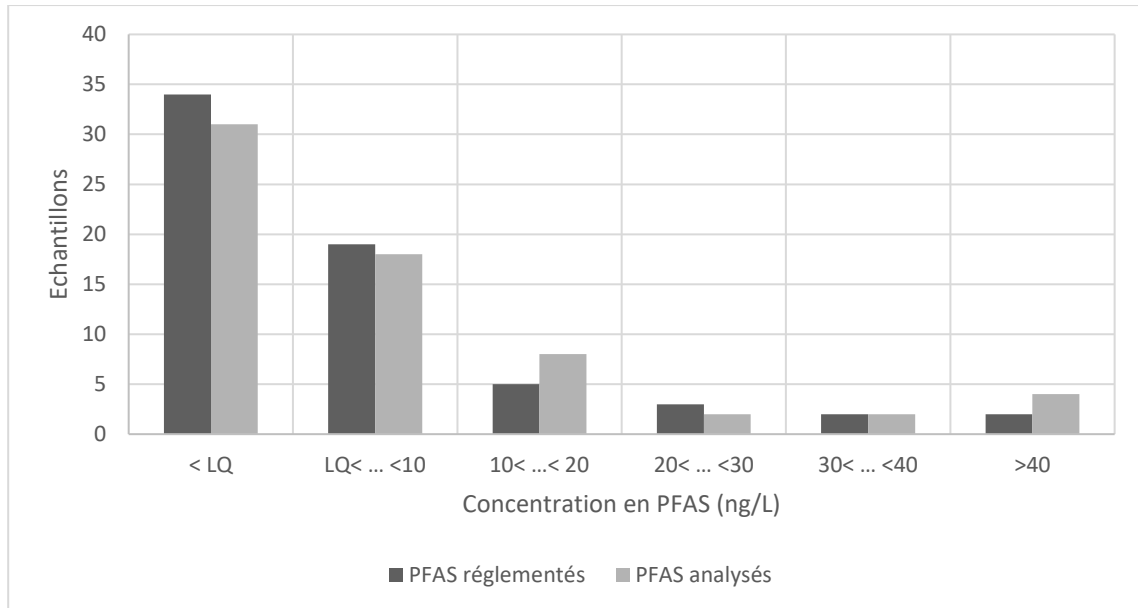
Il est important de noter que, bien qu'interdits depuis 2009, le PFOS reste parmi les PFAS les plus retrouvés dans les eaux de consommation testées.

Cela fait la preuve de sa **persistance dans l'environnement**, soit du fait de sources directes (peu probable compte tenu des interdictions), soit du fait de la dégradation d'autres PFAS.

Cela porte également à la réflexion quant à la pertinence de **légiférer non pas sur des molécules ciblées mais sur des familles de composés ou des longueurs de chaînes.**

Cette approche permettrait de contourner les problématiques de formation dans l'environnement de composés interdits induits par la dégradation des molécules de substitution créées pour les remplacer.

Figure 9: Répartition des concentrations en PFAS (hors PFAS à chaînes courtes)



III.2 - Occurrence et concentration des PFAS à chaînes ultra-courtes HORS TFA

Concernant les **4 PFAS à chaînes ultra-courtes** analysés dans le cadre de notre étude, soit tous, sauf le TFA, les résultats sont les suivants :

- 1) **Aucune quantification pour 2 d'entre eux : le PFETs et le PFPrS ;**
- 2) Des résultats de l'ordre de **5±2ng/L pour 13 échantillons concernant le PFPrA ;**
- 3) Pour **52 échantillons, des concentrations en TFMS comprises entre 1 et 110 ng/L**, avec une majorité d'échantillons en dessous des 10ng/L.

Pour la somme des PFAS à chaîne ultra-courtes :

- 1) Les résultats les plus faiblement concentrés sont observés pour les points proches de la côte de la Manche jusqu'à la Bretagne ainsi qu'en Eure-et-Loire et dans le Var ;
- 2) Les concentrations les plus élevées ont été rencontrées en Moselle, dans le Gard et à proximité de la côte Atlantique, à Nantes et La Rochelle.

III.2 - Occurrence et concentration en TFA

Au sein des PFAS en général et des PFAS à chaîne ultra-courtes analysés, le TFA se distingue nettement par sa fréquence des niveaux quantifiables et les fortes quantités observées.

En effet, **97% (61/63) des échantillons analysés présentent du TFA** avec des concentrations, pour ce seul composé, **systématiquement supérieures à 100 ng/L**.

Les concentrations de TFA relevées dans la présente étude sont en effet **comprises entre 140 et 3 500 ng/L**. La médiane des concentrations est de 850 ng/L, la moyenne est de 1 097 ng/L.

De plus, pour 50 échantillons (79%) le TFA a lui seul dépasse les 500 ng/L, soit le maximum autorisé par la Directive européenne 2020/2184 concernant la somme de tous les PFAS présents dans une eau de consommation [10].

Plus encore, 25 de nos 63 échantillons (39%) présentent un taux de TFA supérieur à 1 000 ng/L et 6 supérieurs à 2 500 ng/L (9.5%).

Ils sont présentés ci-dessous :

Figure 6: Résultats des 6 échantillons présentant la plus forte concentration en TFA de l'étude (> 2 500 ng/L)

Point de prélèvement	Numérotation du point de prélèvement sur la carte	Concentration
Marange-Silvange (57)	12	3 500 ng/L
Nantes (44)	36	2 700 ng/L
Rodhilan (30)	51	2 600 ng/L
Sucé-sur-Erdre (44)	34	2 600 ng/L
La Rochelle (17)	44	2 500 ng/L
Palaiseau (91)	17	2 500 ng/L

Bien qu'exclus de la réglementation, en France, ces résultats sont malheureusement en accord avec plusieurs études récentes conduites en Europe sur le sujet :

- 1) Dans l'étude de *Neuwald et al.*, réalisée en 2022 et portant sur **46 eaux potables allemandes**, le TFA a été quantifié à une concentration médiane de 900 ng/L. De plus, dans l'ensemble, les PFAS ultra-courts représentaient 98 % de tous les PFAS détectés. [7]
- 2) Dans un travail similaire réalisé par *Sadia et al.*, en 2023, dans les **eaux potables néerlandaises**, le TFA a présenté une valeur moyenne de 310 ng/L. [8]
- 3) En 2021, le Ministère de l'environnement du **Danemark** (Miljøstyrelsen) a conduit une étude concernant la dégradation dans les sols de certaines substances actives de pesticides (flurtamone et flufenacet) en TFA, puis son potentiel transfert aux eaux souterraines. Le TFA a été trouvé dans 219 des 247 apports analysés (88,7 %) et la concentration la plus élevée quantifiée dans le cadre de cette étude a été de 2,4 µg/L (2 400 ng/L). [9]

- 4) Enfin, l'étude réalisée en 2023 par Eurofins Food & Feed Testing Sweden (*Van Hees et al.*) concernant la présence de PFAS Ultrashort chain dans les eaux potables **en Suède et en Norvège** a permis la détection du TFA dans 100% des 32 échantillons prélevés, avec une médiane de concentration de 240 ng/L. Une concentration de 530 et de 720 ng/L de TFA a été quantifiée pour les 2 échantillons les plus concentrés de l'étude, soit des taux supérieurs au maximum autorisé par la Directive européenne 2020/2184 concernant la somme de tous les PFAS présents dans une eau de consommation (500 ng/L). [10]

Indépendamment de la propre concordance de nos résultats avec ceux des études citées en Europe, il convient de souligner que si les concentrations les plus fortes mesurées se retrouvent plutôt dans des zones urbaines, on retrouve aussi des valeurs élevées de TFA notamment dans certaines zones rurales et montagneuses (donc dépourvues d'agriculture) comme en Ariège ou en Savoie.

IV - Conclusion

La présente étude dresse un état de situation concernant les teneurs en PFAS à chaînes ultra-courtes, courtes ou longues dans des eaux destinées à la consommation humaine, en France.

Elle ne se veut en aucune manière exhaustive, mais confirme néanmoins l'intérêt du suivi des PFAS dans les eaux destinées à la consommation humaine.

Concernant les analyses des PFAS hors chaînes courtes, elle permet de conclure que dans les échantillons prélevés, les PFAS qui sont mesurés de manière significative font tous partie de la liste des 20 PFAS de la Directive Eau potable 2020/2184.

De plus, concernant la teneur maximale de 100ng/L pour la somme des 20 PFAS, **toutes les eaux analysées sont conformes**. La conformité des eaux analysées est également confirmée en élargissant de 20 à 52 PFAS analysés.

Par ailleurs, l'étude montre **que des PFAS à chaînes courtes et ultra-courtes sont quantifiés dans des eaux de consommation**, mais surtout que **le TFA y est présent dans 97% des échantillons** à des concentrations systématiquement supérieures à 100 ng/L.

De plus, pour **79% des échantillons il dépasse les 500 ng/L** à lui seul, ce qui est le taux maximum autorisé par la Directive européenne 2020/2184 concernant le paramètre « Total PFAS » pour une eau de consommation.

Enfin, dans 39% des échantillons la teneur en TFA est supérieure à 1 000 ng/L (soit 0.001 mg/L).

REFERENCES

- [1] Robert C Buck, James Franklin, Urs Berger, Jason M Conder, Ian T Cousins, Pim de Voogt, Allan Astrup Jensen, Kurunthachalam Kannan, Scott A Mabury, Stefan PJ van Leeuwen, "Perfluoroalkyl and Polyfluoroalkyl Substances in the Environment: Terminology, Classification, and Origins," 25 juillet 2011. [Online]. Available: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3214619/>.
- [2] Dauchy, X., V. Boiteux, C. Bach, C. Rosin, et J. F. Munoz., Devenir des PFAS (alkyls per- et polyfluorés) dans les filières de traitement d'eau potable, Poitiers: Recueil de conférences des Journées Information Eaux les 11, 12 et 13 octobre 2016 à Poitiers. 22e édition. Conférence n° 18. Tome 1., 2016.
- [3] "PFAS Dégradation/Transformation Exemples," novembre 2019. [Online]. Available: <https://www.turi.org/publications/pfas-degradation-transformation-exemples/>.
- [4] INERIS, Comportement des substances per et polyfluoroalkylées (PFAS) dans les sols et les eaux souterraines Rapport d'avancement : synthèse bibliographique menée par l'Ineris en 2023 et perspectives, 2024.
- [5] Journal Officiel de l'Union Européenne,, "Technical guidelines regarding methods of analysis for monitoring of per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) in water intended for human consumption," 4 août 2024. [Online]. Available: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=OJ%3AC_202404910#:~:text=These%20values%20are%20%2C50%20%CE%BCg%2FI%20%28500%20ng%2FI%29%20for,with%20these%20parameters%20by%2012%20January%202026%20%284%29..
- [6] "Les pesticides PFAS : le nouveau rapport de Générations Futures et PAN Europe," 9 novembre 2023. [Online]. Available: <https://www.generations-futures.fr/publications/pesticides-pfas/>.
- [7] Isabelle J. Neuwald, Daniel Hübner, Hanna L. Wiegand, Vassil Valkov, Ulrich Borchers, Karsten Nödler, Marco Scheurer, Sarah E. Hale, Hans Peter, H. Arp et Daniel Zahn, "Ultra-Short-Chain PFASs in the Sources of German Drinking Water: Prevalent, Overlooked, Difficult to Remove, and Unregulated | Environmental Science & Technology," 4 mai 2022. [Online]. Available: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.est.1c07949>.
- [8] Sadia, M., Nollen, I., Helmus, R., ter Laak, T. L., Béen, F., Praetorius, A., van Wezel, A. P, Occurrence, Fate, and Related Health Risks of PFAS in Raw and Produced Drinking Water., Environ. Sci. Technol, 57, 3062, 2023.
- [9] Anders R. Johnsen, GEUS,, TriFluPest Trifluoreddikesyre (TFA) fra pesticider, Miljøstyrelsen, Ministère de l'environnement du Danemark, 2024.
- [10] Patrick van Hees, Tobias Sundelin and Patrik Karlsson, Ultrashort PFAS in Swedish and Norwegian Drinking Water, Eurofins Food & Feed Testing Sweden AB, Man-Technology-Environment (MTM) and Research Centre, Örebro University, Sweden, 2023.
- [11] Guillaume Losfeld, Margaux Berthou, Violaine Gérard, Matthieu Pélingre, Alexandra Bagard et Thibault Le Batteux,, Is it raining PFAS in France? An analysis of 52 PFAS at nanogram,, Eurofins Hydrologie Est, Maxéville, France, 2023.
- [12] Stephan Brendel, Éva Fetter, Claudia Staude, Lena Vierke, Annegret Biegel-Engler, Short-chain perfluoroalkyl acids: environmental concerns and a regulatory strategy under REACH, German Environment Agency.
- [13] Kotthoff M, Müller J, Jüriling H, Schlummer M, Fiedler D., Perfluoroalkyl and polyfluoroalkyl substances in consumer products, Environ Sci Pollut.
- [14] "Arrêté du 30 décembre 2022 modifiant l'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," 30 décembre 2022. [Online]. Available: <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000046849403>.
- [15] Poulsen PB, Jensen AA, Wallström E, Aps E, "More environmentally friendly alternatives to PFOS-compounds and PFOA.," Danish Ministry of the Environment, project no. 1013., 2005.

- [16] "PFAS polluants éternels Proposition de loi écologiste |," 31 janvier 2024. [Online]. Available: <https://www.vie-publique.fr/loi/293656-pfas-polluants-eternels-proposition-de-loi-ecologiste>.
- [17] Shui Cheung Edgar Leung a b, Dushanthi Wanninayake a b, Dechao Chen a, Nam-Trung Nguyen a, Qin Li, "Physicochemical properties and interactions of perfluoroalkyl substances (PFAS) - Challenges and opportunities in sensing and remediation," 20 décembre 2023. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969723053895>.
- [18] ministère de la transition écologique et des territoires 2023, "Plan d'actions ministériel sur les PFAS," [Online]. Available: https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/documents/22261_Plan-PFAS.pdf.
- [19] "Volume 135 : Evaluation des effets cancérigènes de l'acide perfluorooctanoïque et l'acide perfluorooctanesulfonique – Monographies du CIRC sur l'Identification des Dangers Cancérigènes pour l'Homme," [Online]. Available: <https://monographs.iarc.who.int/fr/news-events/volume-135-evaluation-des-effets-cancerogenes-de-lacide-perfluorooctanoique-et-lacide-perfluorooctanesulfonique/>.
- [20] "PFAS : des substances chimiques très persistantes," 4 avril 2024. [Online]. Available: <https://www.anses.fr/fr/content/pfas-substances-chimiques-persistantes>.
- [21] Agence federale de l'environement Allemande, "UBA Einordnung TFA Leitwert," 20 octobre 2020. [Online]. Available: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/362/dokumente/2020_10_20_uba_einordnung_tfa_leitwert.pdf.
- [22] "PFAS, ce qu'il faut savoir," 15 avril 2024. [Online]. Available: <https://www.auvergne-rhone-alpes.ars.sante.fr/pfas-ce-quil-faut-savoir>.
- [23] M. Garry, "European NGO Finds TFA in Drinking Water Throughout Europ," 11 juin 2024. [Online]. Available: <https://naturalrefrigerants.com/in-follow-up-study-european-ngo-finds-tfa-in-drinking-water-throughout-europe/#:~:text=Notably%2C%20the%20Netherlands%20has%20set%20a%20TFA%20drinking,total%20PFAS%20that%20will%20take%20effect%20in%202026..>
- [24] "Interview – Removing 'forever chemicals' from drinking water," 4 décembre 2024. [Online]. Available: <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/eea-signals-2024/interview-removing-forever-chemicals-from-drinking-water>.

