

TFA : dossier mondial sur le plus petit des PFAS : sources, exposition, effets, eau potable et enjeux belges

Résumé exécutif

Le **TFA**, ou **acide trifluoroacétique** (CF_3COOH), est un acide perfluorocarboxylique à deux atomes de carbone. À pH environnemental, il est surtout présent sous forme d'ion trifluoroacétate. Il est généralement rangé parmi les **PFAS ultracourts**. L'expression « le plus petit PFAS » est utile en communication, mais reste une simplification : elle dépend de la définition retenue des PFAS. Son importance ne vient pas d'une bioaccumulation lipidique comparable à celle de PFOS ou PFOA ; elle vient de son profil **extrêmement persistant, très mobile et difficilement éliminable** dans le cycle de l'eau. 1 2

Le TFA provient de rejets industriels directs et, surtout, de la transformation de nombreux précurseurs : certains gaz fluorés utilisés notamment dans le froid et la climatisation, pesticides contenant certains motifs fluorés, substances pharmaceutiques et autres produits fluorés. Le partage exact entre ces sources varie selon le lieu et demeure insuffisamment quantifié à l'échelle mondiale. En revanche, les mesures disponibles convergent : le TFA est présent dans la pluie, les eaux de surface, les nappes, l'eau potable, les sols, les plantes, les aliments végétaux et le sérum humain, avec des hausses temporelles documentées dans plusieurs compartiments. 1 3

Sur le plan sanitaire, il faut distinguer **danger** et **risque réel à une concentration donnée**. Les données humaines directes restent limitées. Toutefois, l'EFSA a révisé en 2026 sa dose journalière admissible à **0,014 mg/kg de poids corporel/jour**, soit 3,5 fois moins que la valeur précédente. Le point de départ le plus sensible retenu est une baisse de thyroxine (T4) dans une étude de reproduction chez le rat. L'EFSA a également fixé une dose aiguë de référence de **0,07 mg/kg** et a intégré un facteur d'incertitude supplémentaire en raison de lacunes sur la cancérogénicité à long terme et l'immunotoxicité développementale. 4

Conclusion politique et sanitaire : le problème du TFA est moins celui d'une intoxication aiguë isolée que celui d'une **contamination diffuse, durable et en hausse**, dont les coûts de suivi, de traitement et de gestion des concentrats risquent d'être transférés aux services publics et aux usagers. La réponse la plus robuste est la réduction des émissions et des précurseurs **à la source**, accompagnée d'une surveillance transparente.

Ce qui est solidement établi

Ce qui reste incertain ou en évolution

Très forte persistance et mobilité dans l' eau ; présence mondiale dans de nombreux milieux. 1	Contribution quantitative respective des gaz fluorés, pesticides, rejets industriels, médicaments et autres sources selon les pays. 1 5
Transformation de certains précurseurs fluorés en TFA ; présence dans les eaux et les plantes. 1 2	Effets d' une exposition humaine chronique à faible dose et effets de mélange avec les autres PFAS.
Effets chez l' animal sur la thyroïde, le foie et le développement à des doses expérimentales ; DJA EFSA révisée. 4	Étude chronique/cancérogénicité, immunotoxicité fonctionnelle du développement et données épidémiologiques humaines robustes. 4
Filtration conventionnelle et charbon actif inefficaces ou très insuffisants ; l' osmose inverse sépare le TFA mais produit un concentrat. 6	Filières de destruction complètes, déployables à grande échelle et sans transfert de pollution.

1. Identité chimique et profil particulier

Le TFA est l' acide perfluorocarboxylique le plus court couramment étudié. Très soluble dans l' eau et faiblement adsorbé par les sols, il migre aisément vers les eaux souterraines et superficielles. Il ne se concentre pas de la même manière que les PFAS à longue chaîne dans les tissus lipidiques ; cela ne rend pas son enjeu négligeable : sa **mobilité** favorise au contraire une exposition diffuse et une contamination de ressources hydriques éloignées de leur source. 1 2

Les conséquences pratiques sont importantes : le TFA traverse plus facilement les barrières conçues pour d' autres contaminants, ses faibles masses moléculaires compliquent l' analyse, et les traitements classiques de l' eau potable n' ont pas été optimisés pour lui. L' Agence européenne pour l' environnement identifie le TFA comme un produit de dégradation des PFAS pouvant menacer les eaux souterraines et, par conséquent, les ressources d' eau potable. 7

2. D' où vient le TFA ?

2.1 Sources directes et sources de transformation

Le TFA peut être fabriqué et utilisé comme réactif industriel, mais son caractère de **produit terminal de dégradation** est central. Certains précurseurs libérés dans l' air sont oxydés dans l' atmosphère puis déposés avec les pluies ; d' autres sont transformés dans les sols,

les eaux, les stations d' épuration ou les chaînes de production. Les grandes familles de sources identifiées sont les suivantes. 1 2 5

Famille de source	Mécanisme	Conséquence probable
Gaz fluorés (certains HFC, HFO et HCFC)	Oxydation atmosphérique de composés fluorés volatils, suivie de dépôts.	Source diffuse, transfrontalière, difficile à attribuer localement.
Pesticides fluorés	Dégradation de substances actives ou de métabolites portant certains motifs fluorés, notamment C-CF ₃ .	Source potentiellement importante dans les bassins agricoles ; transfert vers nappes et eaux de surface. 5
Industrie chimique et pharmaceutique	Fabrication, usage ou rejets de TFA / précurseurs.	Risque de points chauds locaux et de contamination des effluents.
Déchets et eaux usées	Transformation de précurseurs dans les effluents, boues ou procédés de traitement.	Peut entretenir des flux continus vers les milieux récepteurs.

Les recherches récentes confirment que les pesticides peuvent constituer une source substantielle de trifluoroacétate pour les ressources en eau. Elles soulignent aussi que la faible affinité du TFA pour les sols favorise son transfert vers les eaux souterraines. 5 Il serait néanmoins abusif d' affirmer qu' une seule source explique partout les concentrations : un bassin dominé par l' agriculture, une zone industrielle et une région fortement exposée aux dépôts atmosphériques peuvent présenter des profils distincts.

2.2 La logique de l' accumulation irréversible

La revue mondiale d' Arp et ses collègues décrit le TFA comme une substance dont les concentrations augmentent dans de nombreux compartiments parce que les émissions de précurseurs se poursuivent, tandis que les mécanismes naturels de destruction sont très limités. 1 Le terme « irréversible » vise ici l' échelle pratique de la gestion environnementale : une fois dissous et dispersé dans nappes, rivières et océans, le retrait devient difficile, coûteux et incomplet.

3. État des connaissances mondiales : occurrence et tendances

Les données ne couvrent pas uniformément tous les continents et les méthodes analytiques ne sont pas toujours comparables. Il existe donc un biais de surveillance en

faveur de l' Europe, de l' Amérique du Nord et de certains territoires asiatiques. Malgré cela, les mesures publiées montrent une présence étendue.

Compartiment	Indicateurs quantitatifs publiés	Lecture prudente
Précipitations	Médianes récentes rapportées : 0,29 µg/L aux États-Unis, 0,21 µg/L en Allemagne et 0,70 µg/L à Fuxin (Chine). ¹	Indique une contribution atmosphérique diffuse ; ne permet pas d' attribuer à lui seul les sources locales.
Eau potable	Médianes compilées allant de 0,08 µg/L dans l' Indiana à 1,5 µg/L en Allemagne ; revue européenne citée : 69 % d' échantillons d' eau potable au-dessus de 0,5 µg/L dans une campagne 2023, dont 2 échantillons >9 µg/L. ¹	Les résultats varient avec la ressource, la méthode et le contexte de prélèvement.
Eaux de surface / souterraines	La même revue rapporte 79 % des échantillons européens de surface et de nappe au-dessus de 0,5 µg/L dans le jeu de données mobilisé. ¹	Le seuil de 0,5 µg/L provient du paramètre « PFAS Total » européen ; il ne constitue pas une valeur sanitaire spécifique au TFA.
Suisse : suivi 2020–2023	Rivières : 0,21–2,8 µg/L ; lacs : 0,22–0,54 µg/L , environ 1 µg/L au Léman ; plus de 30 tonnes/an de TFA sont exportées par les rivières. Les concentrations sont environ six fois celles des années 1980–1990. ⁸	Cas documenté d' augmentation régionale ; il ne doit pas être extrapolé mécaniquement à tous les pays.
Plantes et alimentation	Jusqu' à 3 800 mg/kg de matière sèche dans des plantes près d' un site fluorochimique chinois ; présence également rapportée dans boissons et produits végétaux. ¹	Les niveaux les plus élevés sont des situations localisées ; le rôle quantitatif de l' alimentation exige davantage de données harmonisées.

Sérum humain	Médiane de 8,46 µg/L rapportée en Chine ; aux États-Unis, médiane 6 µg/L , maximum 77 µg/L dans une étude citée, le TFA représentant 57 % de la masse des 39 PFAS détectés. ¹	Détection dans le sérum ≠ preuve d' un effet clinique ; elle confirme une exposition systémique.
---------------------	---	--

La tendance est également temporelle. Dans des eaux urbaines près de Pékin, une comparaison 2002–2012 citée par Arp et al. montre une hausse allant jusqu' à **17 fois**, pour atteindre 0,16 µg/L en 2012. Des échantillons d' archives allemands montrent aussi le passage de non-détections ou de quelques ng/L avant 1989 à 0,13–0,15 µg/L en 2015 dans certains tronçons. ¹

4. Exposition de la population

L' exposition se fait principalement par **ingestion** : eau potable, aliments d' origine végétale et, selon les lieux, denrées provenant de ressources contaminées. Les poussières et l' air peuvent contribuer pour certains scénarios, notamment à proximité de sources industrielles, tandis que les travailleurs concernés peuvent connaître des expositions spécifiques. Le transfert placentaire observé chez le lapin justifie une attention particulière à la grossesse, même si les données humaines directes ne permettent pas de quantifier un risque individuel. ⁴

La notion de dose cumulée est essentielle. Une personne ne consomme pas du TFA uniquement dans l' eau : la DJA de l' EFSA concerne l' **exposition totale**. C' est pourquoi une comparaison brute entre une concentration d' eau et une valeur de santé doit expliciter les hypothèses de poids corporel, de consommation d' eau et de part de l' eau dans l' exposition totale.

5. Santé : ce que l' évaluation EFSA permet réellement de conclure

5.1 Résultats principaux

L' EFSA a examiné les données disponibles et conclut que le TFA et le trifluoroacétate de sodium sont **peu susceptibles d' être génotoxiques**. L' agence note toutefois des résultats in vitro incohérents pour l' acide libre, qui pourraient être influencés par ses propriétés de fort acide et les conditions de pH ; elle accorde davantage de poids aux

résultats négatifs obtenus avec le sel, forme plus pertinente en conditions physiologiques.

4

Les organes ou systèmes les plus sensibles dans les études animales sont le **foie**, la **thyroïde** et le **développement fœtal**. En exposition répétée chez le rat, le foie est l'organe cible principal ; dans une étude de 90 jours, l'EFSA relève un NOAEL de **9,9 mg/kg/jour** et un LOAEL de **98 mg/kg/jour**. Dans l'étude de reproduction étendue, des paramètres spermatiques altérés sont observés à **223 mg/kg/jour**, tandis que la baisse de T4 constitue le point de départ le plus sensible pour la valeur de référence. 4

Chez le lapin, des malformations oculaires fœtales ont été observées à partir de **250 mg/kg/jour** dans l'étude clé ; l'EFSA retient un NOAEL développemental de **60 mg/kg/jour**. Ce résultat contribue à la préoccupation sur la reproduction et le développement, mais ne doit pas être transformé en affirmation d'effets prouvés chez l'humain aux concentrations environnementales actuelles. 4

5.2 Valeurs de référence et statut réglementaire

Valeur / statut	Niveau	Signification correcte
DJA EFSA : 0,014 mg/kg/jour	Consommation chronique	Valeur de santé pour l'exposition alimentaire totale, basée sur BMDL20 8,6 mg/kg/jour et facteurs d'incertitude. 4
Dose aiguë de référence : 0,07 mg/kg	Exposition ponctuelle	Valeur protectrice pour une exposition aiguë, elle aussi fondée sur l'effet T4. 4
Valeur allemande citée de 60 µg/L	Eau potable	Valeur sanitaire nationale de référence, non équivalente à une norme européenne harmonisée ; les choix nationaux reposent sur des hypothèses d'exposition propres. 1

Avis RAC ECHA : Repr. 1B, PMT et vPvM	Danger réglementaire	Avis scientifique de comité en 2026 ; il ne devient juridiquement contraignant qu’ après intégration formelle dans le règlement CLP par la Commission européenne. 4 6
---	-----------------------------	--

L’ EFSA a ajouté un facteur d’ incertitude de 5 à son calcul, en raison de l’ absence d’ étude de toxicité chronique/cancérogénicité et du manque de test fonctionnel d’ immunotoxicité au cours du développement. Ces lacunes importent : elles imposent de ne pas banaliser le TFA, mais elles imposent aussi de ne pas prétendre que le lien avec tous les cancers ou toutes les pathologies humaines serait déjà démontré. 4

6. Écologie et alimentation : un risque dominé par la persistance

Les données écotoxicologiques sont plus abondantes pour les organismes aquatiques que pour les espèces terrestres, et les seuils d’ effet se situent généralement au-dessus des concentrations environnementales ordinaires. Le problème prospectif est cependant double : les concentrations augmentent et le TFA peut être absorbé par les végétaux à partir de l’ eau et des sols. Les auteurs soulignent que les données sur les plantes terrestres et sur les effets à long terme restent nettement insuffisantes. 1 2

Il faut distinguer **bioaccumulation dans les organismes** et **accumulation dans l’ environnement**. Le TFA n’ est pas considéré comme un PFAS fortement bioaccumulatif dans les chaînes alimentaires au sens classique, mais il peut s’ accumuler dans les plantes via les flux d’ eau et rester dans les grands réservoirs environnementaux. Cette mobilité, combinée à la persistance, explique l’ enjeu alimentaire potentiel. 1 6

7. Eau potable : analyse, normes et traitement

7.1 Réglementation européenne

Depuis le 12 janvier 2026, les États membres doivent surveiller de façon harmonisée les PFAS dans l’ eau potable au titre de la directive européenne révisée. Les valeurs paramétriques sont **0,5 µg/L pour PFAS Total** et **0,1 µg/L pour la somme de 20 PFAS**. Le TFA n’ appartient pas à la liste des 20 PFAS, mais les orientations techniques de la Commission prévoient son traitement dans le paramètre PFAS Total. 9 10

Cette architecture explique une difficulté de communication : un résultat élevé de TFA peut être absent de la somme des 20, tout en étant pertinent pour PFAS Total ; inversement, la conformité à un paramètre agrégé ne remplace pas une évaluation de risque spécifique au TFA. La méthode analytique choisie conditionne donc fortement ce qui est « vu » ou non.

7.2 Limites des techniques de traitement

Procédé	Efficacité attendue pour TFA	Limite principale
Filtration conventionnelle	Très faible	Le TFA dissous est trop petit et trop mobile.
Charbon actif	Faible à inefficace pour le TFA	Les adsorbants performants sur PFAS longs sont mal adaptés aux ultracourts. 6
Osmose inverse / membranes serrées	Rejet élevé du TFA	Ne détruit pas ; concentre la pollution dans un rejet qui doit être traité ou éliminé. 6
Échange d'ions	Résultats variables, souvent difficiles à maintenir	Compétition avec les autres anions et régénération / gestion des déchets.
Destruction chimique ou thermique spécialisée	Encore limitée, dépendante du procédé	Beaucoup de technologies dégradent des précurseurs jusqu' au TFA sans le minéraliser complètement ; la défluoration complète à grande échelle reste un défi. 6

La conséquence est nette : il est moins coûteux et plus sûr de **prévenir le flux de TFA et de ses précurseurs** que de demander à chaque distributeur de neutraliser un anion ultramobile après contamination de la ressource.

8. Feuille de route de prévention et de politiques publiques

Une approche cohérente doit associer prévention, transparence et responsabilité financière. Les mesures ci-dessous ne présument pas qu' une source unique prévaut partout : elles organisent l' action lorsque les sources sont multiples.

Priorité	Mesure proposée	Justification
----------	-----------------	---------------

1. Réduire à la source	Recenser, substituer et restreindre les précurseurs formant du TFA lorsque des alternatives existent, en priorité dans les usages non essentiels.	Le traitement aval est techniquement difficile et transfère les coûts.
2. Eau et nappes	Ajouter le TFA aux plans de surveillance transparents, avec données par captage, méthode, limite de quantification et évolution temporelle.	La contamination est diffuse et les paramètres PFAS agrégés peuvent masquer le TFA.
3. Agriculture	Évaluer substance par substance le potentiel de formation de TFA des pesticides et protéger les captages ; privilégier des alternatives non fluorées.	Les pesticides sont une source reconnue, mais leur poids local doit être mesuré. 5
4. Gaz fluorés	Intégrer le rendement de formation de TFA dans les arbitrages climat-pollution, au-delà du seul potentiel de réchauffement global.	Une alternative climatique ne doit pas créer un passif hydrique durable.
5. Industrie et déchets	Imposer inventaires de flux, contrôles d'effluents et responsabilité élargie des producteurs pour les coûts de traitement.	Les sources ponctuelles peuvent générer des points chauds et l'osmose inverse produit un concentrat.
6. Santé publique	Financer biomonitoring, recherche sur l'alimentation et études sur grossesse / enfance, sans surinterpréter les résultats de biomonitoring.	Les incertitudes identifiées par l'EFSa doivent être comblées. 4

9. Annexe Belgique

9.1 Compétences et règles applicables

En Belgique, le contrôle de l'eau du robinet relève des autorités régionales. Au niveau européen, les valeurs de **0,5 µg/L pour PFAS Total** et **0,1 µg/L pour la somme des 20 PFAS** structurent la surveillance. L'autorité fédérale belge confirme ce cadre et précise que le

seuil de 0,1 µg/L s’ applique aux eaux conditionnées et aux eaux utilisées dans la fabrication alimentaire depuis février 2024 ; les eaux minérales naturelles doivent être exemptes de PFAS au-dessous de la limite de quantification de la méthode. 11

Le TFA n’ a pas, à la date de ce dossier, de **norme légale belge autonome** dans l’ eau potable. Sa prise en compte dépend de la surveillance régionale, du paramètre PFAS Total et des valeurs-guides temporaires adoptées par certaines autorités. 6 11

9.2 Wallonie : données officielles disponibles

La Wallonie a mis en place une surveillance spécifique, ce qui constitue une base utile mais ne doit pas être présenté comme une photographie définitive : les concentrations varient selon les saisons, les ressources et les zones de distribution.

Élément	Donnée officielle	Interprétation
Premier monitoring régional	642 zones de distribution contrôlées en juin–juillet 2024. 6	Couverture régionale large.
Non-détectations	TFA non retrouvé dans 44 zones. 6	Une non-détection dépend aussi de la limite analytique.
Valeurs ≥ 2,2 µg/L	13 zones sur 642. 6	Signal de suivi renforcé selon l’ approche wallonne ; pas une déclaration automatique de non-potabilité.
Valeur-guide wallonne	2,2 µg/L (2 200 ng/L), recommandée par le Conseil scientifique indépendant PFAS en 2024, confirmée dans l’ attente de nouvelles données. 6	Valeur temporaire et consultative, non norme légale propre au TFA.
Suivi ultérieur	Rapports : septembre 2024, avril 2025 et juin 2026 ; troisième monitoring du SRRE 3.0 en cours jusqu’ à fin 2026. 6	Il faut consulter les séries par zone avant toute conclusion locale.

La Wallonie indique que cette valeur-guide de 2,2 µg/L est complémentaire à la norme de 0,10 µg/L pour la somme des 20 PFAS. Cette coexistence n’ est pas contradictoire : le TFA est hors de la liste des 20, tandis que la valeur-guide spécifique vise à organiser une réponse locale en attendant la consolidation européenne. 6

Sur la base de la DJA EFSA de 0,014 mg/kg/jour, la page wallonne calcule qu' un adulte de 70 kg consommant 2 L/jour, en supposant que l' eau représente 20 % de l' exposition totale, aboutirait à une concentration théorique de 98 µg/L. Cette estimation repose sur des hypothèses explicites et ne remplace pas une norme : elle sert à situer la valeur-guide de 2,2 µg/L dans une marge de précaution large. 6 4

9.3 Bruxelles

VIVAQUA indique mesurer mensuellement le TFA dans l' eau distribuée à Bruxelles depuis janvier 2021. Dans son bilan publié le 18 octobre 2024, les résultats étaient majoritairement inférieurs à **1 500 ng/L** ; trois mesures dépassaient cette valeur, avec un maximum de **1 900 ng/L**. Le distributeur annonçait l' intégration du TFA à ses rapports de qualité de l' eau. 12

Ces chiffres sont un bilan historique de 2024 : ils ne doivent pas être utilisés à la place des données de qualité les plus récentes par commune ou par zone de distribution.

9.4 Points de vigilance belges

La Belgique est exposée à des sources transfrontalières et diffuses, en particulier les dépôts atmosphériques, mais peut aussi connaître des sources locales liées à l' industrie, aux activités agricoles et aux eaux usées. La priorité n' est donc pas de chercher un coupable unique sans mesure, mais d' associer les séries de concentration aux captages, aux occupations du sol, aux produits utilisés et aux flux d' effluents.

Une communication publique rigoureuse devrait publier, pour chaque résultat, la date, la zone desservie, le type de ressource, la concentration, la limite de quantification, le paramètre réglementaire concerné et les actions correctrices engagées. Sans ces informations, les moyennes régionales peuvent masquer des situations locales.

10. Questions fréquentes

Le TFA est-il « sans danger » parce qu' il est petit et peu bioaccumulatif ? Non. Sa faible bioaccumulation classique n' annule ni sa persistance, ni sa mobilité, ni les effets observés dans les études animales. L' enjeu se déplace vers la contamination durable de l' eau et l' exposition répétée.

Le TFA provoque-t-il des cancers chez l' humain ? À ce stade, aucune preuve humaine robuste ne permet de l' affirmer. L' EFSA souligne précisément l' absence d' étude chronique/cancérogénicité adaptée dans son évaluation et l' a intégrée comme incertitude. 4

Un dépassement de 2,2 µg/L en Wallonie signifie-t-il que l' eau est impropre à la consommation ? Pas automatiquement. Cette valeur est une valeur-guide temporaire de

surveillance et de gestion, non une limite légale de potabilité. Un dépassement déclenche un suivi accru et la recherche de la source. 6

Peut-on enlever le TFA avec une carafe filtrante ou du charbon actif ? Il ne faut pas le présumer. Les autorités wallonnes précisent que les méthodes conventionnelles et le charbon actif sont inefficaces ; les procédés membranaires peuvent séparer le TFA, mais posent le problème du concentrat. 6

La solution est-elle seulement de traiter l' eau ? Non. Traiter l' eau sans réduire les précurseurs revient à gérer indéfiniment une pollution déjà répartie dans le cycle hydrologique. La prévention des rejets demeure le levier déterminant.

11. Limites du dossier

Ce dossier synthétise les sources scientifiques et institutionnelles accessibles au **11 octobre 2026**. Il ne remplace ni une enquête de terrain autour d' un captage, ni une évaluation réglementaire de produit, ni un avis médical individuel. Les résultats mondiaux présentent une hétérogénéité analytique et géographique : une concentration mesurée dans un pays ou près d' un site industriel ne peut être transposée sans précaution à une autre région. Les références institutionnelles belge et européenne sont prioritaires pour les règles applicables, tandis que les revues scientifiques servent à établir l' état des connaissances et ses lacunes.

Références

- [1] Arp et al. (2024), The Global Threat from the Irreversible Accumulation of Trifluoroacetic Acid (TFA)
- [2] Garavagno et al. (2024), Trifluoroacetic Acid: Toxicity, Sources, Sinks and Future Prospects
- [3] Freeling & Björnsdotter (2023), Assessing the environmental occurrence of the anthropogenic contaminant TFA
- [4] EFSA (2026), Scientific Report on consumer health-based guidance values for trifluoroacetic acid
- [5] Joerss et al. (2024), Pesticides can be a substantial source of trifluoroacetate to water resources
- [6] SPW Wallonie, Le TFA dans les eaux de distribution en Wallonie
- [7] Agence européenne pour l'environnement, PFAS pollution in European waters
- [8] Office fédéral suisse de l'environnement, TFA in rivers and lakes
- [9] Commission européenne, New EU rules limit PFAS in drinking water
- [10] Directive (UE) 2020/2184 relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine

[11] SPF Santé publique Belgique, PFAS Restrictions Across Sectors and Borders

[12] VIVAQUA, qualité de l'eau et valeur-guide TFA