Fiche 3

Le TFA, marqueur principal de l'exposition interne aux PFAS sur le site Solvay de Salindres

N. Ghoroubi[2] • G. Le Naour[6] • É. Counil[2] • K. Chikh[3] • E. Martinais[4] • V. Thomas[5] • M. Jeanjean[1]
pour le collectif PFAST fiche 0

[1] Institut écocitoyen pour la connaissance des pollutions
[2] Institut national d'études démographiques
[3] Hospices Civils de Lyon
[4] École Nationale des Travaux Publics de L'État
[5] Centre National de la Recherche Scientifique
[6] Sciences Po Lyon

RÉSUMÉ

La concentration médiane de TFA mesurée chez les salarié·e·s et ancien·ne·s salarié·e·s de Solvay (Salindres) figurait parmi les plus élevées en comparaison avec les rares données disponibles dans la littérature scientifique.

Une exposition au TFA à Salindres, sans point de comparaison national

Le volet salindrois de l'étude OPAL porte sur 26 salarié·e·s et ancien·ne·s salarié·e·s de Solvay (voir Fiche 0). D'après les archives industrielles, les expositions attendues sur le site de Solvay concernaient surtout des PFAS à chaînes ultra-courtes. Or, ces molécules ne sont pas mesurées dans les programmes nationaux de biosurveillance, en France comme ailleurs.

Cinq PFAS à chaînes ultra-courtes ont été dosés dans OPAL : TFA, PFPrA, TFMS, PFEtS et PFPrS. Parmi eux, seul le TFA était détecté chez l'ensemble des participant·e·s de Salindres ; les autres composés étaient non détectés ou détectés chez une seule personne.

Une contribution importante du TFA dans le profil d'imprégnation à Salindres

À Salindres, le TFA plasmatique présentait le niveau le plus élevé parmi les PFAS dosés, avec une médiane de 14,42 ng/mL, alors que les concentrations sériques des autres PFAS étaient inférieures à 3,7 ng/mL. Le même profil d'exposition interne était observé sur les sites Lyonnais, mais de façon moins marquée (12,56 contre 5,6 ng/mL, respectivement). Le TFA pourrait donc occuper une part importante dans l'imprégnation globale en PFAS des salarié.es.

Ces comparaisons sont à interpréter avec précaution car les concentrations ont été estimées dans des matrices biologiques différentes (sérum vs plasma). Les propriétés du TFA rendent plausible la comparabilité entre sérum et plasma, mais elles ne suffisent pas à établir leur équivalence quantitative (liaisons chimiques, effets analytiques, préanalytiques possibles).

Une concentration de TFA élevée au regard de la littérature disponible

Le Tableau 1 montre que les concentrations de TFA observées à Salindres se situent dans le haut des valeurs rapportées dans les rares études disponibles ayant mesuré ce composé dans le sang humain. Cette comparaison doit toutefois être interprétée avec prudence, car les études disponibles portent sur des populations, des contextes d'exposition, des périodes de prélèvement et des matrices biologiques différentes (sérum ou plasma).

En 2024-2025, le site Solvay était en cours d'arrêt progressif, et la quasi-totalité des participant·e·s n'avaient pas travaillé sur le site depuis plusieurs semaines ou plusieurs mois au moment du prélèvement sanguin. En raison de la présumée courte demi-vie du TFA dans le sang[1] cette situation a pu conduire à des concentrations de TFA mesurées dans l'étude OPAL plus faibles que celles prévalant en période d'activité. De plus, les connaissances sur la demi-vie du TFA dans le reste de l'organisme humain sont largement parcellaires (manque de données toxicocinétiques). Une demi-vie sanguine courte du TFA ne rend donc pas nécessairement compte de sa persistance éventuelle dans d'autres organes.

Par ailleurs, une contamination à peu près généralisée de l'eau potable, l'alimentation, ou d'autres sources, peut également maintenir des concentrations quantifiables de TFA dans le sang des populations riveraines de sites de production..

Une augmentation du niveau de TFA avec les années de travail, difficile à distinguer de l'effet de l'âge

Dans les analyses brutes, les années de travail sur le site de Solvay étaient associées à des concentrations plus élevées de TFA : la concentration doublait environ après 22 années de travail. Après ajustement sur l'âge, ni l'association avec l'ancienneté ni l'association avec l'âge n'étaient statistiquement significatives. Cela peut s'expliquer par la difficulté à distinguer l'effet de l'âge de celui de l'ancienneté, ces deux variables étant fortement corrélées.

[1] Moscato et al. 2025. A Narrative Review on Physico-Chemical Properties, Exposure Pathways, and Toxicological Concerns https://doi.org/10.3390/environments12080277

Tableau 1. Médianes des concentrations de TFA : comparaison entre OPAL Salindres, OPAL Lyon et la littérature scientifique

Étude	*Région, pays*	*Population d'étude*	*Nombre de participant·e·s*	*Période de prélèvement*	*Médiane de TFA (ng/mL)*
OPAL - 2025	Salindres, France	Travailleur·euse·s et ancien·ne·s travailleur·euse·s du site Solvay de Salindres	26	2025	14,42[1]
OPAL - 2025	Lyon, France	Travailleur·euse·s et ancien·ne·s travailleur·euse·s des sites Arkema, Daikin et sous-traitants	100	2025	12,56[1]
(Yeung et al., 2026)	Oslo et Akershus, Norvège	Résident.e.s vivant à Oslo et dans ses environs	143	2016-2017	7,04[2]
(Hoxie et al., 2026) [2]	Caroline du Nord, États-Unis	Pompiers professionnels actifs	22	2022 – 2023	10,6[1]
(Cheng et al., 2025)	Wilmington, Caroline du Nord, États-Unis	Riverain·e·s adultes exposé·e·s aux rejets de l'usine Fayetteville Works via l'eau potable du fleuve Cape Fear	119	2010-2016	17[2]
(Zheng et al., 2023)	Indiana, États-Unis	Résident·e·s issu·e·s d'une cohorte représentant la population générale, sans exposition professionnelle connue aux PFAS	81	2020	6,0[2]
(Duan et al., 2020)	Tianjin, Chine	Population générale d'une région fortement industrialisée (Personnel de l'Université de Nankai avec glycémie normale)	252	2017	8,46[2]

[1] dosages réalisés dans le plasma ; [2] dosages réalisés dans le sérum. [2] Pour Hoxie et al. (2026), la concentration médiane de TFA est rapportée dans l'article en ng/g de plasma, alors que les autres études présentent des concentrations en ng/mL. À titre indicatif, en utilisant une densité du plasma d'environ 1,025 g/mL, 10,57 ng/g correspond à environ 10,8 ng/mL. Cette conversion est approximative et la valeur originale publiée a donc été conservée dans le tableau.

Références

- Cheng, L., Teagle, S., Enders, J.R., Weed, R.A., Nichols, H.B., Knappe, D.R.U., Hoppin, J.A., 2025. Historical Blood Serum Samples from Wilmington, North Carolina: The Importance of Ultrashort-Chain Per- and Polyfluoroalkyl Substances. Environ. Sci. Technol. 59, 23125–23135. https://doi.org/10.1021/acs.est.5c08146
- Duan, Y., Sun, H., Yao, Y., Meng, Y., Li, Y., 2020. Distribution of novel and legacy per-/polyfluoroalkyl substances in serum and its associations with two glycemic biomarkers among Chinese adult men and women with normal blood glucose levels. Environ. Int. 134, 105295. https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.105295
- Hoxie, T., Zhang, S., Cooper, E.M., Ehrlich, D., Herkert, N., Hoffman, K., Stapleton, H.M., 2026. Assessing Nondietary Exposure to Per- and Polyfluoroalkyl Substances (PFASs) in Firefighters Using Silicone Wristbands. Environment & Health, 4, 684–693. https://doi.org/10.1021/envhealth.5c00316
- Yeung, L.W.Y., Husøy, T., Jiao, E., Nauta, W., Herzke, D., Haug, L.S., Geuer, J.K., Andreassen, M., Dirven, H., 2026. Extractable organofluorine (EOF) and target PFAS, including trifluoroacetic acid (TFA), in human serum from a Norwegian cohort, with a case study on the impact of fluorinated pharmaceuticals. Environ. Int. 211, 110280. https://doi.org/10.1016/j.envint.2026.110280
- Zheng, G., Eick, S.M., Salamova, A., 2023. Elevated Levels of Ultrashort- and Short-Chain Perfluoroalkyl Acids in US Homes and People. Environ. Sci. Technol. 57, 15782–15793. https://doi.org/10.1021/acs.est.2c06715

Intérêt de la biosurveillance humaine du TFA

Développer la recherche en biosurveillance humaine sur le TFA présente un enjeu scientifique et sanitaire majeur. Il s'agit d'un produit final de la transformation de nombreux PFAS (gaz réfrigérants, intrants agricoles, médicaments). Depuis quelques années il est présent dans de nombreux compartiments environnementaux (air, sol, eau, faune et flore). Ce PFAS aux propriétés singulières (chaîne ultracourte, très persistant et mobile dans l'environnement) est susceptible d'exposer les populations par différentes voies, notamment par les activités professionnelles, l'eau potable et l'alimentation. Cependant, les données de biosurveillance humaine restent très éparses, particulièrement en France. Celles-ci ne permettent pas à ce jour de caractériser précisément les niveaux d'imprégnation, leurs déterminants ni leurs variations entre populations exposées (générales, professionnelles et riveraines des industries). Le développement d'études de biosurveillance quantifiant le TFA dans le sang permettrait de/d' : (1) caractériser les niveaux d'imprégnation sanguine en TFA dans les populations étudiées ; (2) identifier les déterminants individuels, professionnels, alimentaires et socio-environnementaux de cette imprégnation et le confronter à des mesures contextuelles environnementales ; (3) contribuer à la validation de méthodes de biosurveillance comparables entre territoires.

Enjeux réglementaires du TFA

En juin 2026, le Comité d'évaluation des risques (RAC) de l'Agence européenne des produits chimiques (ECHA) a adopté un avis recommandant une classification harmonisée du TFA, du trifluoroacétate de sodium (NaTFA) et des autres sels inorganiques du TFA. L'avis final a été publié en octobre 2026 et transmis à la Commission européenne. À ce jour, ces classifications sont donc recommandées par le RAC mais ne sont pas encore juridiquement contraignantes. Dans l'avis du RAC portant sur le danger, celui-ci recommande les classifications suivantes :

Pour le TFA, le TFA sodique (NaTFA) et les autres sels inorganiques du TFA -
- toxique pour la reproduction : catégorie 1B (« *présumée toxique* ») pour les effets néfastes sur le développement ; catégorie 2 (*« suspectée néfaste »*) pour les effets néfastes sur la fonction sexuelle et la fertilité.
- substance persistante, mobile et toxique (PMT).
- substance très persistante et très mobile (vPvM), susceptible d'entraîner une contamination diffuse des ressources en eau, qui peut perdurer pendant de très longues périodes.

Pour le TFA uniquement -
- toxicité aiguë par voie orale, catégorie 4 (*« nocif en cas d'ingestion »*) , avec une estimation de la toxicité aiguë (ETA) de 500 mg/kg de poids corporel ; toxicité aiguë par inhalation (*« nocif par inhalation »*), catégorie 3, avec une estimation de la toxicité aiguë (ETA) de 3 mg/L d'air (vapeurs).

[1] ECHA: https://echa.europa.eu/fr/-/echa-recommends-tfa-s-classification-as-a-reprotoxic-substance