

4-5 FÉVRIER 2025

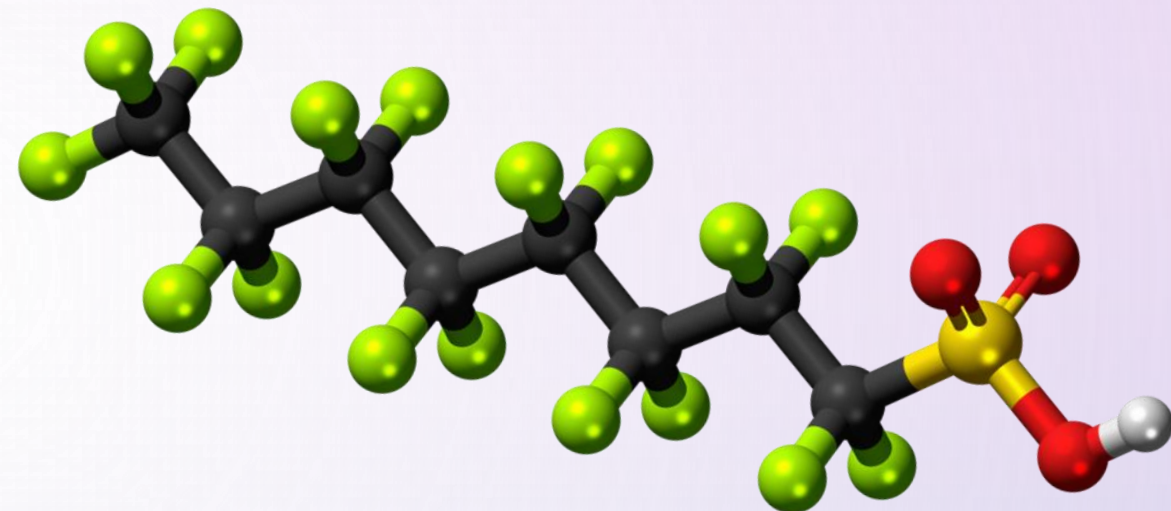
SOLDATS DU FEU

#PensezAutrement événements



DEUXIÈME
COLLOQUE FRANCOPHONE
INCENDIE





LES PFAS, UN DANGER POUR LES SAPEURS-POMPIERS ?

ÉCLAIRAGE SUR DEUX USAGES PROBLÉMATIQUES DES PFAS
DANS LES SERVICES D'INCENDIE ET DE SECOURS FRANÇAIS



Lcl Jérémie PIERLOT

- Chef du pôle Opération du SDIS des Ardennes



- Maître de Conférences Associé (MAST) à l'Université Reims Champagne-Ardenne



- animateur de la Commission Technique Fédérale de la Fédération Nationale des Sapeurs-Pompiers de France



- Secrétaire général de l'association RIFS



POUR COMMENCER, UN PETIT JEU :
A PARTIR DES PHOTOS SUIVANTES, TROUVEZ,
PAR ASSOCIATION D'IDÉES, LE MOT-CLÉ





4-5 FÉVRIER 2025

SOLDATS DU FEU

#PensezAutrement événements

SDIS

DEUXIÈME COLLOQUE FRANCOPHONE INCENDIE



4-5 FÉVRIER 2025

SOLDATS DU FEU

#PensezAutrement événements

SDIS

DEUXIÈME COLLOQUE FRANCOPHONE INCENDIE





4-5 FÉVRIER 2025

SOLDATS DU FEU

#PensezAutrement événements

SDIS

DEUXIÈME COLLOQUE FRANCOPHONE INCENDIE



4-5 FÉVRIER 2025
SOLDATS DU FEU
#PensezAutrement événements

SDIS
SAINT-PIERRE

DEUXIÈME
COLLOQUE FRANCOPHONE
INCENDIE





4-5 FÉVRIER 2025
SOLDATS DU FEU
#PensezAutrement événements

SDIS
SAINT-HILAIRE

DEUXIÈME
COLLOQUE FRANCOPHONE
INCENDIE

QUEL MOT-CLÉ AVEZ-VOUS TROUVÉ ?

- PFAS, pas un mot, mais un acronyme anglais pour
 - Per- and polyFluoroAlkyl Substances (Substances Per- et polyfluoroAlkylées – ou SPFA)
- Mais aussi
 - « Produits chimiques éternels »
 - « Polluants éternels »
- Et enfin
 - Problème de santé publique
 - Scandale sanitaire ?
- Pour les sapeurs-pompiers, les PFAS, amis ou ennemis ?



Les PFAS, un danger pour les sapeurs-pompiers ?

Lcl Jérémy PIERLOT

04/02/2025

11

PFAS, VOUS AVEZ DIT PFAS ?



Les PFAS, un danger pour les sapeurs-pompiers ?

Lcl Jérémy PIERLOT

04/02/2025

12

QU'EST QU'UN PFAS ?

- Vaste famille avec 4 000 et 10 000 composés différents qui ont été créés à partir des années 40
- Excellentes qualités
 - Hydro- et oléofuge
 - Résistance à la chaleur
 - Antitache
 - Antiadhésif
- 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
 - Très grande stabilité de la liaison carbone-fluor
- Plus la chaîne carbonée est longue, plus le composé est nocif et persistant

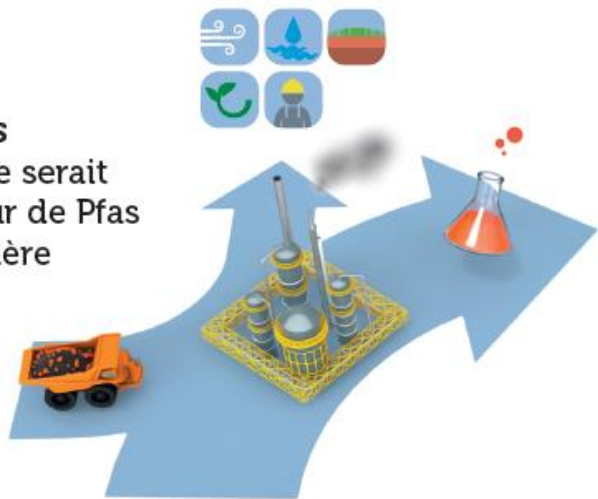


AVEC QUELS EFFETS SUR LA SANTÉ ?

- Effets **potentiels** sur la santé selon le PFAS concerné
 - Effets néfastes possibles sur le système reproducteur et le système hormonal, mais aussi sur le système immunitaire
 - Baisses de la fertilité, des faibles poids et tailles de naissance, de l'obésité, des retards de puberté
 - Des lésions hépatiques
 - Atteinte des reins
 - Augmentation du cholestérol
- Certaines PFAS sont d'ores et déjà classées cancérogènes de catégorie 2 et reprotoxiques de catégorie 1B
 - Les cancers visés étant ceux des testicules et du rein
 - Certaines PFAS sont également des perturbateurs endocriniens



Production de Pfas
 (En Europe, la France serait le second producteur de Pfas avec cinq sites, derrière l'Allemagne.)



Fabrication de produits contenant des Pfas



Traitement des déchets et des eaux usées, dépollution des sites et sols



Utilisation de produits contenant des Pfas



Émission

-  Air
-  Eau
-  Sol

Exposition

-  Travailleur
-  Consommateur
-  Environnement



« Face à cette famille de substances très large et particulièrement persistante dans l'environnement, la difficulté est d'identifier ou de distinguer celles qui présentent des caractéristiques de danger les plus préoccupantes. Cela appelle à accélérer les recherches sur les substances, en particulier pour celles qui sont les plus fréquemment retrouvées dans l'environnement, et à développer des approches innovantes pour caractériser leur toxicité. »

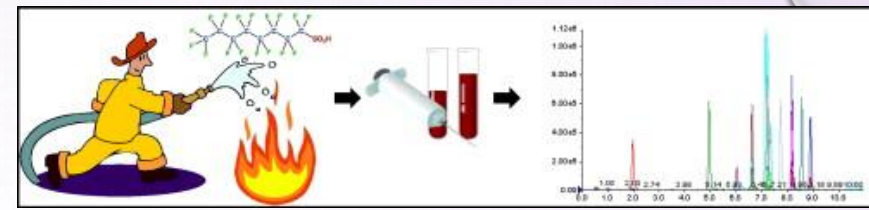
Matthieu Schuler

Directeur général délégué du pôle Sciences pour l'expertise de l'Anses

2024



SAPEURS-POMPIERS ET PFAS



- Les sapeurs-pompiers ont plus de PFAS dans le sang que la population ordinaire [1] [2], notamment chez ceux qui manipulent de la mousse polyvalente AR AFFF [3]
- Chez le sapeur-pompier, le taux de PFAS est supérieur **après** les opérations de lutte contre l'incendie [4]
- On peut raisonnablement penser que le taux sanguin élevé de certains PFAS à longue chaîne peut être attribué en grande partie aux émulseurs AFFF [5]
- Le taux sanguin de PFAS est également plus élevé chez les SPV que dans la population générale [6]

[1] Dobraca, Dina, Leslie Israel, Sandra McNeel, Robert Voss, Miaomiao Wang, Ryszard Gajek, June-Soo Park, et al. « Biomonitoring in California Firefighters: Metals and Perfluorinated Chemicals ». *Journal of Occupational & Environmental Medicine* 57, n° 1 (janvier 2015): 88-97. <https://doi.org/10.1097/JOM.0000000000000307>.

[2] Burgess, Jefferey L., Julia M. Fisher, Amy Nematollahi, Alesia M. Jung, Miriam M. Calkins, Judith M. Graber, Casey C. Grant, et al. « Serum Per- and Polyfluoroalkyl Substance Concentrations in Four Municipal US Fire Departments ». *American Journal of Industrial Medicine* 66, n° 5 (mai 2023): 411-23. <https://doi.org/10.1002/ajim.23413>.

[3] Rotander, Anna, Leisa-Maree L. Toms, Lesa Aylward, Margaret Kay, et Jochen F. Mueller. « Elevated Levels of PFOS and PFHxS in Firefighters Exposed to Aqueous Film Forming Foam (AFFF) ». *Environment International* 82 (septembre 2015): 28-34. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2015.05.005>.

[4] Cardona, Bethsaida, Kathryn M. Rodgers, Jessica Trowbridge, Heather Buren, et Ruthann A. Rudel. « Breast Cancer-Related Chemical Exposures in Firefighters ». *Toxics* 12, n° 10 (octobre 2024): 707. <https://doi.org/10.3390/toxics12100707>.

[5] Rosenfeld, Paul E., Kenneth R. Spaeth, Linda L. Remy, Vera Byers, Stuart A. Muerth, Ryan C. Hallman, Jasmine Summers-Evans, et Sofia Barker. « Perfluoroalkyl Substances Exposure in Firefighters: Sources and Implications ». *Environmental Research* 220 (mars 2023): 115164. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.115164>.

[6] Graber, Judith M., Taylor M. Black, Nimit N. Shah, Alberto J. Caban-Martinez, Shou-en Lu, Troy Brancard, Chang Ho Yu, et al. « Prevalence and Predictors of Per- and Polyfluoroalkyl Substances (PFAS) Serum Levels among Members of a Suburban US Volunteer Fire Department ». *International Journal of Environmental Research and Public Health* 18, n° 7 (janvier 2021): 3730. <https://doi.org/10.3390/ijerph18073730>.

Les PFAS, un danger pour les sapeurs-pompiers ?

Lcl Jérémie PIERLOT

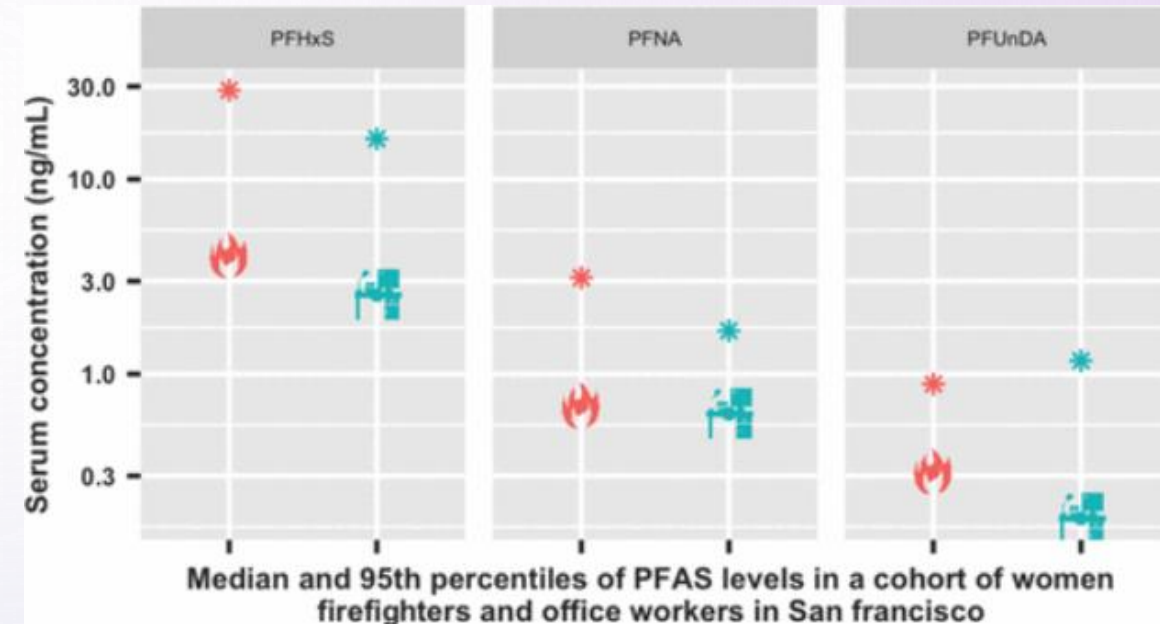
04/02/2025

17



ET CHEZ LES FEMMES SAPEURS-POMPIERS ?

- Les femmes sapeurs-pompiers sont exposées à des niveaux plus élevés de certains PFAS que la population générale [1]
- Les PFAS font partie des 12 substances qui accroissent le risque de cancer du sein chez la femme sapeur-pompier [2]



[1] Trowbridge, Jessica, Roy R. Gerona, Thomas Lin, Ruthann A. Rudel, Vincent Bessonneau, Heather Buren, et Rache Morello-Frosch. « Exposure to Perfluoroalkyl Substances in a Cohort of Women Firefighters and Office Workers in San Francisco ». *Environmental Science & Technology* 54, n° 6 (17 mars 2020): 3363-74. <https://doi.org/10.1021/acs.est.9b05490>.

[2] Cardona, Bethsaida, Kathryn M. Rodgers, Jessica Trowbridge, Heather Buren, et Ruthann A. Rudel. « Breast Cancer-Related Chemical Exposures in Firefighters ». *Toxics* 12, n° 10 (octobre 2024): 707. <https://doi.org/10.3390/toxics12100707>.

Les PFAS, un danger pour les sapeurs-pompiers ?

Lcl Jérémy PIERLOT

04/02/2025

18



ET DANS NOS CASERNES ?

- Il y a plus de fluor dans la poussière des casernes que dans d'autres locaux [1]
- Cette différence persiste même après l'abandon des PFAS dans les émulseurs [1]
- Les tenues pourraient être une source de PFAS dans les casernes [1]

[1] Young, Anna S., Emily H. Sparer-Fine, Heidi M. Pickard, Elsie M. Sunderland, Graham F. Peaslee, et Joseph G. Allen. « Per- and Polyfluoroalkyl Substances (PFAS) and Total Fluorine in Fire Station Dust ». *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology* 31, n° 5 (septembre 2021): 930-42. <https://doi.org/10.1038/s41370-021-00288-7>.



PFAS ET EMULSEURS

Les PFAS, un danger pour les sapeurs-pompiers ?

Lcl Jérémy PIERLOT

04/02/2025

20



LA SUPPRESSION DU FLUOR DANS LES ÉMULSEURS : UN SUJET D'ACTUALITÉ

- Conférence de Thierry Bluteau lors des journées thématiques SFM d'Arras
- Conférence de Thierry Moinet lors du congrès FNSPF des sapeurs-pompiers de Mâcon



Les PFAS, un danger pour les sapeurs-pompiers ?

Lcl Jérémie PIERLOT

04/02/2025

21

PFAS ET TENUES DE PROTECTION

Les PFAS, un danger pour les sapeurs-pompiers ?

Lcl Jérémy PIERLOT

04/02/2025

22



Y A-T-IL DES PFAS DANS NOS TENUES ?

- On a retrouvé entre 1 et 17 PFAS dans des ensembles de protection textiles avec un nombre plus élevé de détections et des concentrations plus élevées de PFAS présents dans les membranes et dans la coque extérieure par rapport aux doublures thermiques [1]
- Entre 0 et 9 PFAS ont été retrouvés dans des gants, des cagoules et des tenues de feu de forêt de sapeurs-pompiers [2]
 - Les taux étaient plus élevés pour les tenues de feu de forêt
 - Viennent ensuite les gants puis les cagoules
- D'autres études confirment ces résultats [3]

[1] Maizel, Andrew, Andre Thompson, Meghanne Tighe, Samuel Escobar Veras, Alix Rodowa, Ryan Falkenstein-Smith, Bruce A Benner Jr, et al. « Per- and polyfluoroalkyl substances in new firefighter turnout gear textiles ». Gaithersburg, MD: National Institute of Standards and Technology (U.S.), 1 mai 2023. <https://doi.org/10.6028/NIST.TN.2248>.

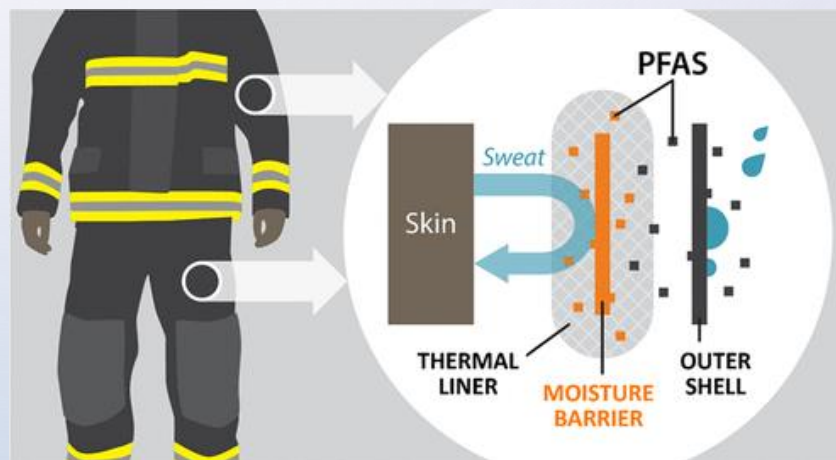
[2] « PFAS Found in Firefighter Gloves, Hoods and Wildland Gear ». NIST, 17 décembre 2024. <https://www.nist.gov/news-events/news/2024/12/pfas-found-firefighter-gloves-hoods-and-wildland-gear>.

[3] Muensterman, Derek J., Ivan A. Titaley, Graham F. Peaslee, Leah D. Minc, Liliانا Cahuas, Alix E. Rodowa, Yuki Horiuchi, et al. « Disposition of Fluorine on New Firefighter Turnout Gear ». *Environmental Science & Technology* 56, n° 2 (18 janvier 2022): 974-83. <https://doi.org/10.1021/acs.est.1c06322>.



MAIS POURQUOI DES PFAS DANS LES TENUES DE PROTECTION TEXTILE (TENUES DE FEU) ?

- Problème de résistance aux produits chimiques
- Problème d'imperméabilité à l'eau et/ou à l'huile
- Traitement des tissus
 - Stabilisation de la matière (cas des TSI)



Les PFAS, un danger pour les sapeurs-pompiers ?

Lcl Jérémy PIERLOT

04/02/2025

24



LA CONCEPTION D'UNE TENUE DE PROTECTION TEXTILE

- Fibre
 - Thermostable (aramide, viscose)
- Tissu
 - Ennoblement
 - Déperlance
 - Enduction
- Complexage
 - Cas des membranes en PTFE

Les PFAS, un danger pour les sapeurs-pompiers ?

Lcl Jérémy PIERLOT

04/02/2025

25

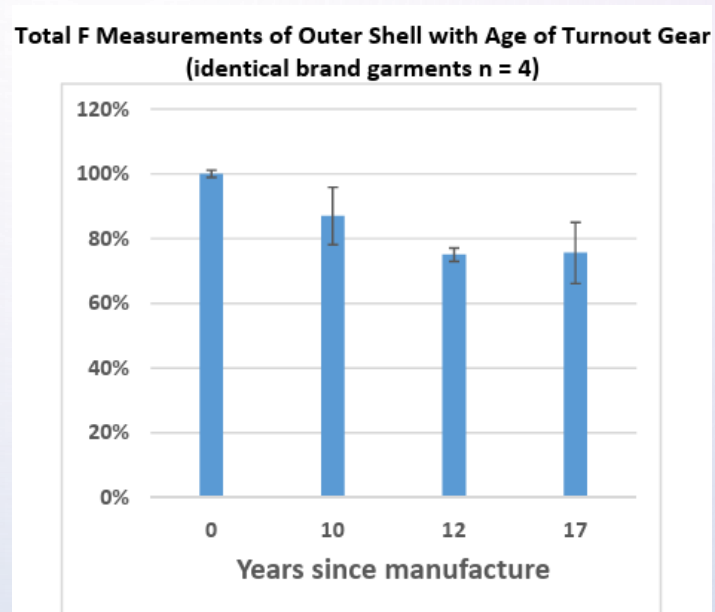
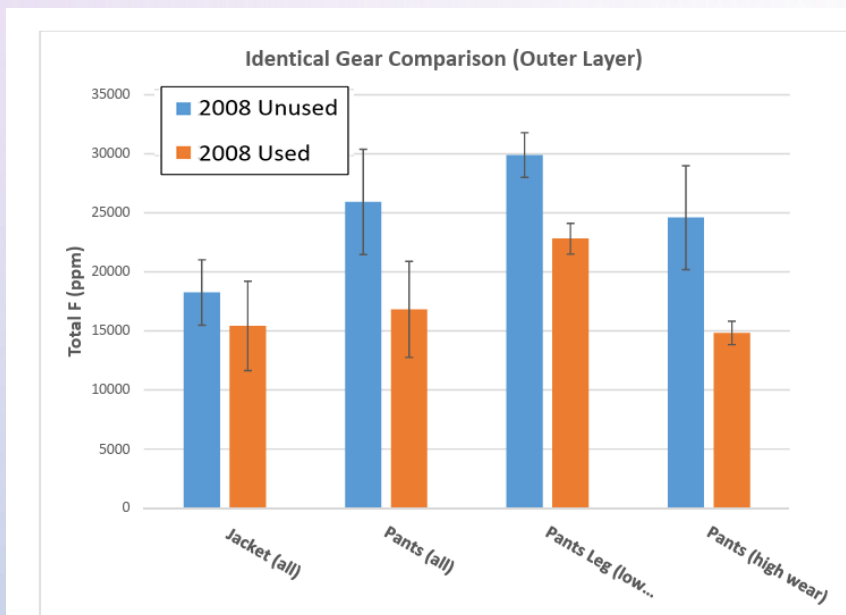


LE CYCLE DE VIE D'UNE TENUE DE FEU

- Utilisation et ses contraintes
- Décontamination sommaire
 - Problématique du brossage mécanique
- Lavage : procédé destiné à éliminer les salissures et/ou les taches par traitement avec une solution détergente aqueuse et comprenant en général des opérations de rinçage, essorage et séchage (NF EN 469 : 2020)
- Ré-imprégnation : procédure visant à conserver ou rétablir les propriétés répulsives de l'étoffe extérieure et/ou la résistance du vêtement à la pénétration de produits chimiques (NF EN 469 : 2020)



LES TENUES PERDENT DU FLUOR AU COURS DE LEUR VIE



- Peaslee, Graham F., John T. Wilkinson, Sean R. McGuinness, Meghanne Tighe, Nicholas Caterisano, Seryeong Lee, Alec Gonzales, Matthew Roddy, Simon Mills, et Krystle Mitchell. « Another Pathway for Firefighter Exposure to Per- and Polyfluoroalkyl Substances: Firefighter Textiles ». *Environmental Science & Technology Letters* 7, n° 8 (11 août 2020): 594-99. <https://doi.org/10.1021/acs.estlett.0c00410>.

Les PFAS, un danger pour les sapeurs-pompiers ?

Lcl Jérémy PIERLOT

04/02/2025

27



AUGMENTATION DE LA LIBÉRATION DES PFAS EN CAS D'USURE SIMULÉE (« STRESS »)



PFAS in Firefighter Gear Stressed Textiles

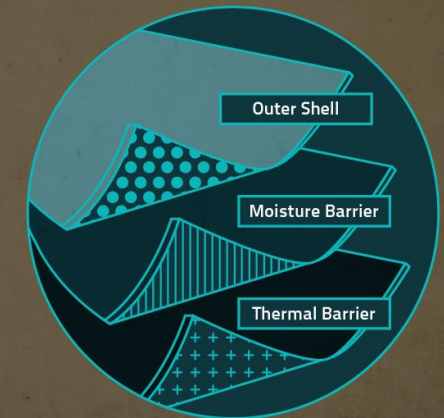


Table 4. Median changes in summed PFAS concentrations by stressing and textile type.

⊕⊕ > + 150 %, ⊕ + 25 % to + 150 %, ≈ - 25 % to + 25 %, ⊖ < - 25 %. NS – not studied.

	Abrasion	Elevated Temp.	Laundering	Weathering
Moisture Barrier	⊕ ⊕	⊖	≈	NS
Outer Shell	⊕ ⊕	⊕ ⊕	⊖	⊕ ⊕
Thermal Liner	⊕ ⊕	⊕	⊖	NS

Benner, Bruce, John Kucklick, Benjamin Place, Jessica Reiner, Catherine Rimmer, Alix E Rodowa, Rick D Davis, et al. « Per- and polyfluoroalkyl substances in firefighter turnout gear textiles exposed to abrasion, elevated temperature, laundering, or weathering ». Gaithersburg, MD: National Institute of Standards and Technology (U.S.), 16 janvier 2024.

<https://doi.org/10.6028/NIST.TN.2260>.

Les PFAS, un danger pour les sapeurs-pompiers ?

Lcl Jérémy PIERLOT

04/02/2025

28



« L'utilisation de PFAS dans les tenues (de feu) peut ou non constituer un risque acceptable, compte tenu de tous les autres dangers auxquels les pompiers sont déjà confrontés. Ces données aideront les gens à évaluer ces coûts et ces avantages. »

John Kucklick

Chimiste et co-auteur du NIST

2024



ET MAINTENANT, ON FAIT QUOI ?



Les PFAS, un danger pour les sapeurs-pompiers ?

Lcl Jérémy PIERLOT

04/02/2025 30

OUI, MAIS QUE FONT LES AUTRES ?

- En janvier 2023, l'IAFF (International Association of Fire Fighters) a engagé trois cabinets d'avocats spécialisés pour lutter contre les PFAS dans les tenues de feu des sapeurs-pompiers
- Selon son président, Edward Kelly, les pompiers européens utiliseraient des équipements plus sûrs
- En décembre dernier, Le Service de Sécurité Incendie de Montréal a suspendu l'acquisition de certains vêtements destinés à ses pompiers suite à un reportage télévisé
- Depuis 2024, le service de Vancouver dote progressivement ses sapeurs-pompiers d'équipements sans PFAS (premier service d'incendie nord-américain)



NE POURRAIT-ON PAS INTERDIRE LES PFAS ?

- Le Sénat a adopté jeudi 30 mai 2024 une proposition de loi visant à limiter l'utilisation des PFAS
- Elle prévoit l'interdiction des PFAS dans certains produits d'ici 2026
- La proposition de loi, telle qu'adoptée en première lecture, prévoit d'interdire à partir du 1er janvier 2026 la fabrication, l'importation, l'exportation et la mise sur le marché des produits suivants contenant des PFAS :
 - cosmétiques
 - farts
 - vêtements, chaussures et leurs imperméabilisants (exceptés les vêtements et chaussures de protection, comme ceux des militaires ou des pompiers)
- À partir de 2030, tous les textiles (par exemple d'ameublement) contenant des PFAS seront interdits en France (sauf exceptions, comme les textiles techniques à usage industriel, qui seront listées par décret)



ET AU NIVEAU EUROPÉEN ?

- Un projet européen d'interdiction des PFAS est à l'étude
- Il a été soumis à l'Agence européenne des produits chimiques (ECHA) par 5 pays (Allemagne, Danemark, Norvège, Pays-Bas et Suède) en 2023 dans le cadre du règlement de 2006 dit "REACH" sur les substances chimiques
- Il prévoit des restrictions ciblant la fabrication, la mise sur le marché et l'utilisation des PFAS



UNE TENUE SANS PFAS ?

- Sans PFAS en C6, il est quasi-impossible de satisfaire à la norme NF EN 469
 - 6.2.2. de la norme : imperméabilité à l'acide sulfurique et à l'ortho-xylène
- Une étude de 2023 compare des tenues de feu sans PFAS et avec PFAS [1]
 - Une tenue sans PFAS n'est pas imperméable au gasoil et à l'huile
 - Il y a un risque accru d'inflammabilité
 - Les performances en matière de protection thermique, de résistance à la déchirure et de déperlage sont identiques
 - Pour migrer vers des matériaux sans PFAS (notamment la coque extérieure), il faudra faire des compromis, notamment concernant la résistance à l'huile et aux hydrocarbures
- Une tenue sans PFAS ne risque-t-elle de se contaminer plus en profondeur (cas des goudrons) ?

[1] Mazumder, Nur-Ushafa, Jingtian Lu, Andrew Stephen Hall, Arash Kasebi, Arjunsing Girase, Farzaneh Masoud, Jeffrey O. Stull, et R. Bryan Ormond. « Toward the Future of Firefighter Gear: Assessing Fluorinated and Non-Fluorinated Outer Shells Following Simulated on-the-Job Exposures ». *Journal of Industrial Textiles* 53 (septembre 2023): 15280837231217401. <https://doi.org/10.1177/15280837231217401>.



S'INSPIRER DES TRAVAUX MENÉS PAR L'ANSES

- Réduire les émissions de PFAS à la source
- Etablir un état des lieux des contaminations aux PFAS
- Repérer les PFAS les plus présents et les plus toxiques
- Construire des repères utiles à l'évaluation des risques
- Se mobiliser au niveau national
- Travailler à l'échelle européenne



Lcl Jérémy PIERLOT

Les PFAS, un danger pour les sapeurs-pompiers ?



04/02/2025

35

ACTION N°20 DU PLAN D'ACTION INTERMINISTRIEL SUR LES PFAS D'AVRIL 2024

- « Prendre en compte les enjeux de santé au travail pour les professions susceptibles d'être particulièrement exposées
 - La hiérarchisation des substances à considérer pour la biosurveillance, en lien avec Santé Publique France saisie sur cette contribution ;
 - L'identification des populations des travailleurs potentiellement les plus exposés y compris les travailleurs qui ne relèvent pas automatiquement du régime général (dont les sapeurs-pompiers et les militaires). »
- Possibilité de définir des valeurs limites d'expositions professionnelles (VLEP) ou des valeurs limites biologiques (VLB) pour certains PFAS
- Restriction/interdiction des PFAS dans les mousse anti-incendie (directive REACH)
- Préconisation aux SIS d'utiliser prioritairement des émulseurs sans fluor dans l'attente de leur éventuelle interdiction (C6)
- Inclusion de la problématique des PFAS dans le champ d'étude d'une future cohorte prospective de suivi des militaires
 - Adaptation de la surveillance de l'exposition et sur l'état de santé des SP et des militaires
 - Travaux sur les VLEP et les VLB



A FAIRE / A NE PAS FAIRE

- Se méfier des vêtements « PFAS-FREE »
 - Qui atteste ?
 - Qui maîtrise tout le process ?
 - Notion de « sans PFAS volontairement ajouté »
- Se tenir informé (les choses vont vite)
- Analyser son besoin et réfléchir à la panoplie mise à disposition de ses sapeurs-pompiers
 - Notion d'analyse des risques (Code du Travail et règlement européen sur les EPI)



CONCLUSION

- Peut-on traiter les sapeurs-pompiers en dehors de la population générale ?
 - Exemple des membranes en PTFE des tenues de montagne
- PFAS et toxicité des fumées : même combat !
- Remplacer/substituer est toujours difficile
 - C'est parfois impossible
 - C'est souvent moins efficace
 - C'est toujours plus cher

