



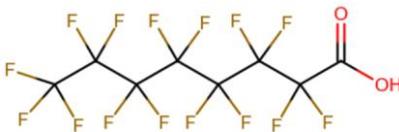
Juillet 2020

Risques sanitaires liés aux composés per- et polyfluoroalkylés présents dans les farts

Pour pouvoir mieux glisser sur la neige, les skis de fond, les skis alpins et les snowboards sont traités avec des produits à base de cire, appelés farts. Nombreux sont ceux qui les utilisent sans avoir conscience du risque que la fumée et les vapeurs inhalées présentent pour la santé. Lorsque l'on chauffe ou que l'on pulvérise des farts, de nombreuses substances chimiques sont libérées et peuvent alors entrer dans l'organisme par les voies respiratoires. C'est notamment le cas des composés per- et polyfluoroalkylés, qui s'accumulent et peuvent avoir des effets négatifs sur la santé à long terme.

Composants des farts

Il existe un grand nombre de farts différents, qui permettent aux skis de fond, aux skis alpins et aux snowboards de mieux glisser sur la neige. Les farts de glisse, en particulier, réduisent la résistance entre le revêtement du matériel et la neige. Afin de permettre une glisse optimale sur différents types de neige et dans différentes conditions, la composition chimique des farts varie. En raison du secret de fabrication, il est toutefois fréquent que les fabricants n'indiquent pas l'intégralité des composants. Les farts sont constitués en grande partie de molécules d'hydrocarbures à longue chaîne extraites du pétrole. Outre la paraffine, ils contiennent souvent des composés fluorocarbonés synthétiques, appelés « composés per- et polyfluoroalkylés » (PFAS, en anglais *per- and polyfluoroalkyl substances*). Les PFAS d'une longueur de 4 à 25 atomes de carbone (C₄–C₂₅) sont particulièrement utilisés.



L'acide perfluorooctanoïque (PFOA, C₈) est un exemple de PFAS.

Boîte info : Toxicologie des composés per- et polyfluoroalkylés

Les PFAS sont des composés hydrocarbonés dans lesquels les atomes d'hydrogène des chaînes de carbone sont totalement ou partiellement remplacés par des atomes de fluor (F). De nos jours, il existe plus de 4700 PFAS différents ; leur stabilité chimique et thermique est élevée.

Ils se prêtent donc à des utilisations très diversifiées. Outre les farts, ils entrent également dans la composition des poêles à revêtement antiadhésif, des vêtements de pluie respirants et des mousses anti-incendie, en raison de leurs propriétés repoussant l'eau, la graisse et la saleté.

La liaison carbone-fluor est l'une des liaisons chimiques les plus stables connues. Les PFAS sont difficilement biodégradables et constamment utilisés, ce qui conduit à leur accumulation dans l'environnement et dans les êtres vivants. Pour cette raison, ils sont aussi appelés *forever chemicals* (produits chimiques éternels). Ces substances ont ainsi été détectées dans la nourriture et l'eau potable, et même dans des zones reculées de la planète, par exemple chez les poissons, les phoques et les ours polaires (Smithwick et al. 2005 ; Bossi et al. 2005). En règle générale, les PFAS sont rapidement absorbés par l'organisme, en particulier par voie intestinale et respiratoire ; ils peuvent également traverser le placenta et se retrouver dans le lait maternel. Comme ils ne sont pratiquement pas dégradés ni éliminés par l'organisme, ils s'accumulent dans le corps, en particulier dans le sérum, les reins et le foie.

Exposition aux PFAS

Pour l'être humain, les sources les plus fréquentes de PFAS sont les aliments, l'eau potable et la poussière inhalée (Trudel et al. 2008; Vestergren und Cousins 2009; Picó et al. 2011; Kato et al. 2009; Sunderland et al. 2019).

Des PFAS se trouvent au sein des populations humaines du monde entier : leur présence a par exemple été détectée chez plus de 98 % d'Américains (Calafat et al. 2007). Outre cette contamination de base, l'utilisation de farts contenant du fluor constitue une source importante de PFAS pour l'humain. Dans le cas du fartage à chaud, la cire doit être chauffée pour être appliquée uniformément sur la surface à farter, ce qui produit une grande quantité de vapeur et parfois aussi de fumée. Les PFAS libérés dans l'air ambiant sont alors absorbés en grande quantité par l'organisme en passant par les voies respiratoires (Nilsson et al. 2010a, 2013). Les produits à pulvériser ou à frotter présentent également un risque d'absorption.

Toxicologie des PFAS

Des études effectuées sur les animaux et des données épidémiologiques sur l'être humain ont révélé un lien entre les PFAS et différents problèmes de santé.

Après l'utilisation de farts, des symptômes aigus peuvent apparaître, tels qu'une irritation des yeux et des voies respiratoires ainsi qu'une réduction de la fonction pulmonaire (Bracco und Favre 1998; Dahlqvist et al. 1992).

Toutefois, la plupart des conséquences de l'exposition aux PFAS sur la santé se manifestent bien plus tard. Une forte concentration de PFAS dans le sang peut modifier le métabolisme

des lipides ; c'est pourquoi on a constaté un taux de cholestérol élevé chez des personnes exposées (Nelson et al. 2010). Des effets négatifs sur la fonction thyroïdienne, le système hormonal et le développement physiologique ont également été observés. Par exemple, une concentration élevée de PFAS dans le sang de la mère peut entraîner une diminution du poids de l'enfant à la naissance et influencer l'âge de la puberté (Apelberg et al. 2007; Lopez-Espinosa et al. 2011; Pinney et al. 2009; White et al. 2011; Ernst et al. 2019). Deux PFAS, le PFOA (acide perfluorooctanoïque) et le PFOS (acide perfluorooctane sulfonique), sont considérés comme immunotoxiques, car il est prouvé qu'ils affectent la réponse immunitaire humorale chez les enfants (Grandjean et al. 2012; Yang et al. 2001). Le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC) les a classifiés comme des substances « peut-être cancérigènes pour l'homme ». En raison de leurs propriétés persistantes, bioaccumulables et toxiques, le PFOA et quelques autres PFAS ont en outre été classés comme des substances extrêmement préoccupantes (aussi appelées SVHC, pour *substances of very high concern*) dans l'annexe 3 OChim.

Risques liés aux PFAS

Outre le risque toxicologique existant, une analyse de l'exposition est nécessaire pour évaluer le risque sanitaire d'une substance, par exemple en mettant en évidence sa présence dans le sang. Il n'existe pas encore de données sur les taux de PFAS dans le sang de la population suisse. Toutefois, elles sont actuellement récoltées dans le cadre d'un projet de biosurveillance ([Étude suisse sur la santé](#)).

Des mesures effectuées sur 158 échantillons de sang à Munich en 2016 ont révélé la présence de 1,1 ng/ml de PFOA et de 2,1 ng/ml de PFOS en moyenne (médiane) (Fromme et al. 2017). Dans une étude réalisée aux États-Unis en 2013-2014, il s'agissait de 1,94 ng/ml de PFOA et de 4,99 ng/ml de PFOS (Agency for Toxic Substances and Disease Registry [ATSDR] 2018). Les personnes exposées dans le cadre professionnel, telles que les techniciens de ski, peuvent présenter une concentration élevée de PFAS dans le corps. Ainsi, une concentration médiane de 112 ng/ml de PFOA a été mesurée dans le sang de techniciens de fartage (Nilsson et al. 2010b).

Pour analyser les valeurs de PFAS mesurées et évaluer le risque sanitaire, on a recours à des valeurs dites de biosurveillance humaine (BSH). Calculées sur la base d'études scientifiques, elles sont utilisées à des fins d'évaluation. La valeur BSH-I est de 2 ng/ml pour le PFOA et de 5 ng/ml pour le PFOS (Umweltbundesamt 2018). Si les taux des échantillons prélevés y sont inférieurs, il n'existe pas de preuve fiable qu'ils présentent un risque pour la santé au vu des connaissances actuelles. Si, lors d'une mesure confirmée, cette valeur est dépassée, il faut en rechercher la cause et éliminer ou réduire les sources de contamination.

Mesures de précaution

Pour contourner l'interdiction de certaines substances, quelques producteurs de farts ont recours à des PFAS qui ne sont pas encore réglementés, tels que les composés fluorés (composés C₆). Or, ces substances présentent également un risque pour la santé et l'environnement. La mesure la plus efficace pour éviter les expositions est d'utiliser des farts sans fluor.

Si l'on a malgré tout recours à des produits contenant des PFAS, les consignes de sécurité et d'utilisation fournies par le fabricant doivent impérativement être respectées. L'une des mesures les plus importantes consiste à très bien aérer le local de travail afin que les vapeurs toxiques ne s'accumulent pas dans la pièce. Les produits doivent être entreposés hors de portée des enfants (à 160 cm de hauteur au moins et sous clé). Les farts contenant des PFAS ne doivent pas être éliminés avec les ordures ménagères, mais amenés dans les centres de collecte ou les déchetteries.

En résumé :

- L'utilisation de farts fluorés peut conduire à l'absorption de PFAS, en particulier via les voies respiratoires.
- Ces substances s'accumulent dans l'organisme et y restent durant des années.
- Les dangers que présentent les PFAS à long terme ne sont pas encore suffisamment connus. Toutefois, aujourd'hui déjà, il est incontestable qu'ils peuvent avoir des effets négatifs sur le taux de cholestérol, le système immunitaire et le développement physiologique.
- Outre les risques sanitaires, les PFAS participent également à la pollution de l'environnement, car ils ne se dégradent pas et s'accumulent dans la chaîne alimentaire.
- Pour éviter une exposition inutile, il est recommandé d'utiliser des farts sans PFAS. Les farts à skis qui en contiennent et leurs résidus doivent être éliminés dans les centres de collecte ou les déchetteries.



Informations complémentaires

Réglementation concernant les PFAS :

SVHC :

À l'[annexe 3](#) de l'ordonnance sur les produits chimiques figure la liste des substances extrêmement préoccupantes, dont quelques PFAS. Toute personne qui remet un objet contenant une substance visée à l'annexe 3 en concentration supérieure à 0,1 % du poids doit informer l'acquéreur de la présence de cette substance et des mesures nécessaires pour une utilisation sûre. Elle doit fournir ces informations de manière spontanée aux utilisateurs professionnels et aux commerçants, et sur demande, dans un délai de 45 jours, aux utilisateurs privés.

Interdictions :

L'ordonnance sur la réduction des risques liés à l'utilisation de substances, de préparations et d'objets particulièrement dangereux (ordonnance sur la réduction des risques liés aux produits chimiques, [ORRChim](#)) régit l'utilisation de quelques composés per- et polyfluoroalkylés. L'acide perfluorooctane sulfonique et ses dérivés (PFOS, formule brute $C_8F_{17}SO_2X$) sont déjà interdits en Suisse. À partir du 1^{er} juin 2021, l'acide perfluorooctanoïque et ses substances apparentées seront également interdits (selon la définition de l'annexe 1.16, ch. 2.1, ORR-Chim) (plus d'informations [ici](#)).

L'utilisation des PFOS, des PFOA et de leurs substances apparentées est en outre réglementée au niveau mondial dans la Convention de Stockholm sur les polluants organiques persistants.

La Fédération internationale de ski (FIS) a interdit le recours aux composés fluorés dans le sport d'élite à partir de la saison 2020-2021.

Pour de plus amples renseignements :

Office fédéral de la santé publique :

Division Produits chimiques, Schwarzenburgstrasse 157, 3003 Berne, tél. +41 58 462 96 40, bag-chem@bag.admin.ch, www.bag.admin.ch/chemikalien



Literaturverzeichnis

Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) (2018): Toxicological profile for Perfluoroalkyls. Hg. v. U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service. Atlanta, GA.

Apelberg, Benjamin J.; Witter, Frank R.; Herbstman, Julie B.; Calafat, Antonia M.; Halden, Rolf U.; Needham, Larry L.; Goldman, Lynn R. (2007): Cord serum concentrations of perfluorooctane sulfonate (PFOS) and perfluorooctanoate (PFOA) in relation to weight and size at birth. In: *Environmental health perspectives* 115 (11), S. 1670–1676. DOI: 10.1289/ehp.10334.

Bracco, David; Favre, Jean-Baptiste (1998): Pulmonary Injury After Ski Wax Inhalation Exposure. In: *Annals of Emergency Medicine* 32 (5), S. 616–619. DOI: 10.1016/S0196-0644(98)70043-5.

Calafat, Antonia M.; Wong, Lee-Yang; Kuklennyik, Zsuzsanna; Reidy, John A.; Needham, Larry L. (2007): Polyfluoroalkyl chemicals in the U.S. population: data from the National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES) 2003-2004 and comparisons with NHANES 1999-2000. In: *Environmental health perspectives* 115 (11), S. 1596–1602. DOI: 10.1289/ehp.10598.

Dahlqvist, M.; Alexandersson, R.; Andersson, B.; Andersson, K.; Kolmodin-Hedman, B.; Malker, H. (1992): Exposure to Ski-Wax Smoke and Health Effects in Ski Waxers. In: *Applied Occupational and Environmental Hygiene* 7 (10), S. 689–693. DOI: 10.1080/1047322X.1992.10388070.

Ernst, Andreas; Brix, Nis; Lauridsen, Lea Lykke Braskhøj; Olsen, Jørn; Parner, Erik Thorup; Liew, Zeyan et al. (2019): Exposure to Perfluoroalkyl Substances during Fetal Life and Pubertal Development in Boys and Girls from the Danish National Birth Cohort. In: *Environmental health perspectives* 127 (1), S. 17004. DOI: 10.1289/EHP3567.

Fromme, Hermann; Wöckner, Mandy; Roscher, Eike; Völkel, Wolfgang (2017): ADONA and perfluoroalkylated substances in plasma samples of German blood donors living in South Germany. In: *International journal of hygiene and environmental health* 220 (2 Pt B), S. 455–460. DOI: 10.1016/j.ijheh.2016.12.014.

Grandjean, Philippe; Andersen, Elisabeth Wreford; Budtz-Jørgensen, Esben; Nielsen, Flemming; Mølbak, Kåre; Weihe, Pal; Heilmann, Carsten (2012): Serum vaccine antibody concentrations in children exposed to perfluorinated compounds. In: *JAMA* 307 (4), S. 391–397. DOI: 10.1001/jama.2011.2034.

Kato, Kayoko; Calafat, Antonia M.; Needham, Larry L. (2009): Polyfluoroalkyl chemicals in house dust. In: *Environmental research* 109 (5), S. 518–523. DOI: 10.1016/j.envres.2009.01.005.

Lopez-Espinosa, Maria-Jose; Fletcher, Tony; Armstrong, Ben; Genser, Bernd; Dhatariya, Ketan; Mondal, Debapriya et al. (2011): Association of Perfluorooctanoic Acid (PFOA) and Perfluorooctane Sulfonate (PFOS) with age of puberty among children living near a chemical plant. In: *Environmental science & technology* 45 (19), S. 8160–8166. DOI: 10.1021/es1038694.

Nelson, Jessica W.; Hatch, Elizabeth E.; Webster, Thomas F. (2010): Exposure to polyfluoroalkyl chemicals and cholesterol, body weight, and insulin resistance in the general U.S. population. In: *Environmental health perspectives* 118 (2), S. 197–202. DOI: 10.1289/ehp.0901165.

Nilsson, Helena; Kärrman, Anna; Rotander, Anna; van Bavel, Bert; Lindström, Gunilla; Westberg, Håkan (2010a): Inhalation exposure to fluorotelomer alcohols yield perfluorocarboxylates in human blood? In: *Environmental science & technology* 44 (19), S. 7717–7722. DOI: 10.1021/es101951t.

Nilsson, Helena; Kärrman, Anna; Rotander, Anna; van Bavel, Bert; Lindström, Gunilla; Westberg, Håkan (2013): Professional ski waxers' exposure to PFAS and aerosol concentrations in gas phase and different particle size fractions. In: *Environmental science. Processes & impacts* 15 (4), S. 814–822. DOI: 10.1039/c3em30739e.

- Nilsson, Helena; Kärrman, Anna; Westberg, Håkan; Rotander, Anna; van Bavel, Bert; Lindström, Gunilla (2010b): A time trend study of significantly elevated perfluorocarboxylate levels in humans after using fluorinated ski wax. In: *Environmental science & technology* 44 (6), S. 2150–2155. DOI: 10.1021/es9034733.
- Picó, Yolanda; Farré, Marinella; Llorca, Marta; Barceló, Damià (2011): Perfluorinated compounds in food: a global perspective. In: *Critical reviews in food science and nutrition* 51 (7), S. 605–625. DOI: 10.1080/10408391003721727.
- Pinney, Susan M.; Windham, Gayle C.; Biro, Frank M.; Kushi, Larry H.; Yaghjian, Lusine; Calafat, Antonia et al. (2009): Perfluorooctanoic Acid (PFOA) and Pubertal Maturation in Young Girls. In: *Epidemiology* 20, S80. DOI: 10.1097/01.ede.0000362949.30847.cb.
- Sunderland, Elsie M.; Hu, Xindi C.; Dassuncao, Clifton; Tokranov, Andrea K.; Wagner, Charlotte C.; Allen, Joseph G. (2019): A review of the pathways of human exposure to poly- and perfluoroalkyl substances (PFASs) and present understanding of health effects. In: *Journal of exposure science & environmental epidemiology* 29 (2), S. 131–147. DOI: 10.1038/s41370-018-0094-1.
- Trudel, David; Horowitz, Lea; Wormuth, Matthias; Scheringer, Martin; Cousins, Ian T.; Hungerbühler, Konrad (2008): Estimating consumer exposure to PFOS and PFOA. In: *Risk analysis : an official publication of the Society for Risk Analysis* 28 (2), S. 251–269. DOI: 10.1111/j.1539-6924.2008.01017.x.
- Umweltbundesamt (2018): Ableitung von HBM-I-Werten für Perfluoroktansäure (PFOA) und Perfluoroktansulfonsäure (PFOS) – Stellungnahme der Kommission „Humanbiomonitoring“ des Umweltbundesamts. In: *Bundesgesundheitsblatt, Gesundheitsforschung, Gesundheitsschutz* 61 (4), S. 474–487. DOI: 10.1007/s00103-018-2709-z.
- Vestergren, Robin; Cousins, Ian T. (2009): Tracking the pathways of human exposure to perfluorocarboxylates. In: *Environ. Sci. Technol.* 43 (15), S. 5565–5575. DOI: 10.1021/es900228k.
- White, Sally S.; Stanko, Jason P.; Kato, Kayoko; Calafat, Antonia M.; Hines, Erin P.; Fenton, Suzanne E. (2011): Gestational and chronic low-dose PFOA exposures and mammary gland growth and differentiation in three generations of CD-1 mice. In: *Environmental health perspectives* 119 (8), S. 1070–1076. DOI: 10.1289/ehp.1002741.
- Yang, Q.; Xie, Y.; Eriksson, A. M.; Nelson, B. D.; DePierre, J. W. (2001): Further evidence for the involvement of inhibition of cell proliferation and development in thymic and splenic atrophy induced by the peroxisome proliferator perfluorooctanoic acid in mice. In: *Biochemical pharmacology* 62 (8), S. 1133–1140. DOI: 10.1016/s0006-2952(01)00752-3.