



Dr. Frank KARG / CEO (PDG) HPC INTERNATIONAL SAS / France

Scientific Director of HPC-Group International

Tél : +33 (0) 607 346 916, Email : frank.karg@hpc-international.com

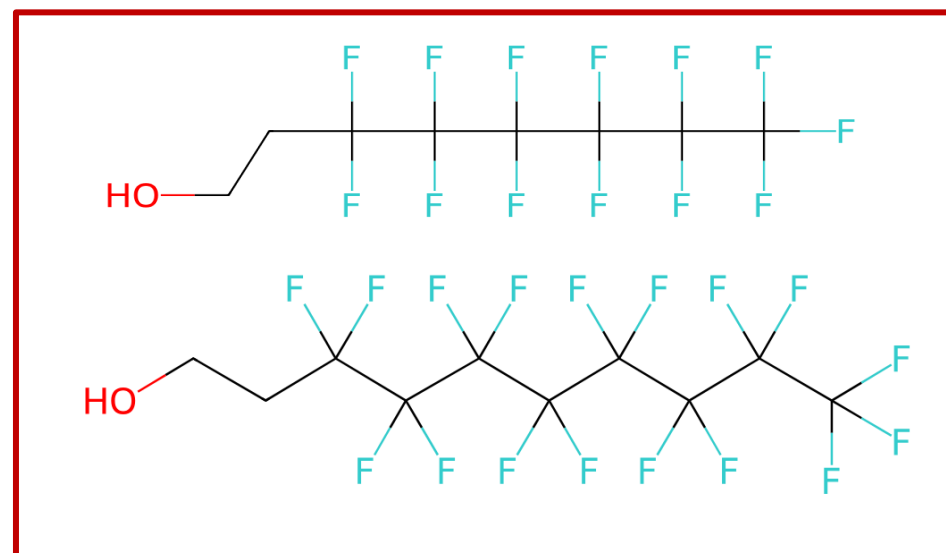
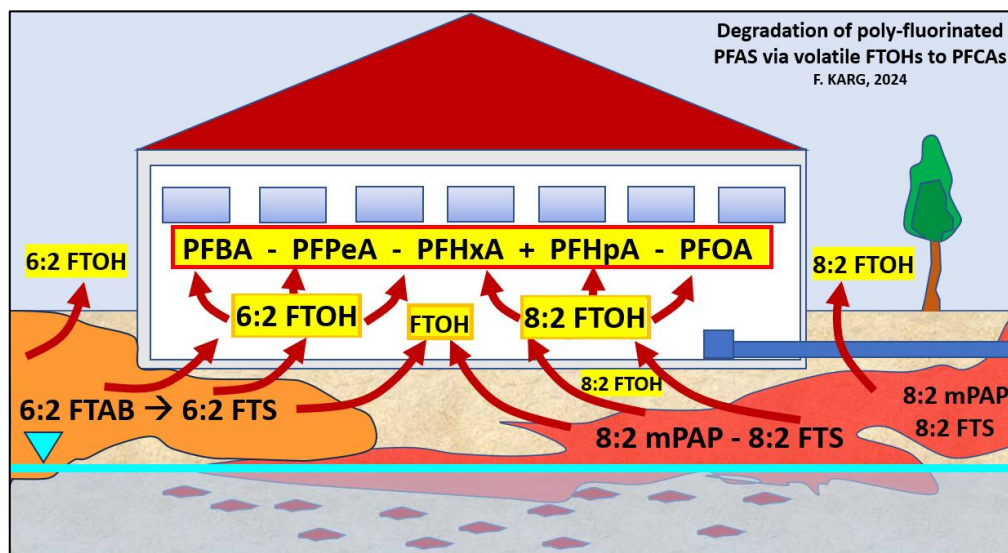
Mesures et évaluations des risques des expositions par des PFAS dans l'air ambiant :

EQRS comme outil de la protection de la santé humaine

The French and European regulatory framework for PFAS substances in ambient air and HHRA (TERQ) as a Tool for Protecting Human Health

Dr. (es. Sc.) Frank Karg / Scientific Director of HPC-Group (INOGEN JV) and CEO-President of HPC INTERNATIONAL / France, Germany, Suisse, Hungary, Balkan, etc.

Email: frank.karg@hpc-international.com / Tél: +33 607 346 916



PFAS (PFC, PFT):

1. PFAS ? : Description des polluants
2. Sources des Contaminations & des Pollutions
3. Chimie environnementale
4. Toxicologie & écotoxicologie
5. Contexte réglementaire & Valeurs limites
6. Investigations & Evaluations des risques (ERS)
7. Traitements, Dépollution & Décontamination



Sources de polluants PAP (esters phosphates d'alkyle polyfluorés) dans les habitations, les emballages, la biotransformation et l'hydrolyse (FTOHs, etc.)

Tapisseries, papiers, moquettes, tapis, meubles et bois traités, emballages, équipements électroniques, etc.

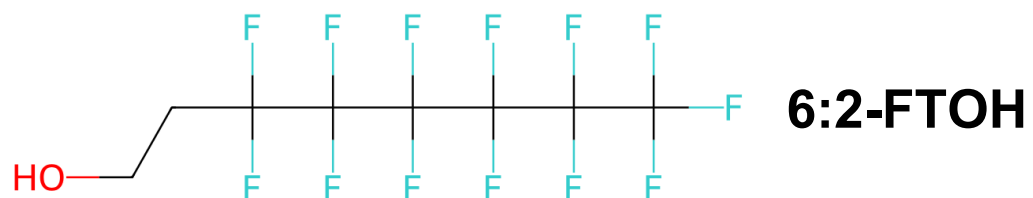


Quelle: TAXVIG et al. 2014

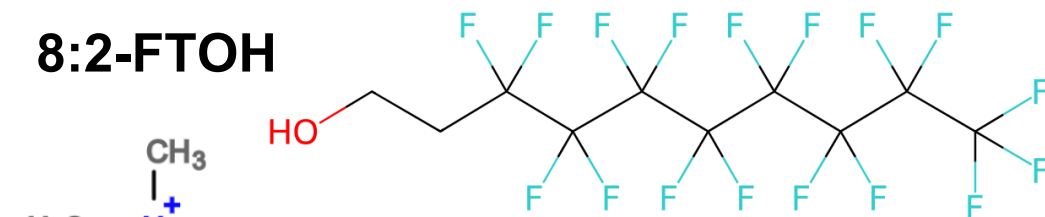
PFAS poly-fluorés

Par ex.:

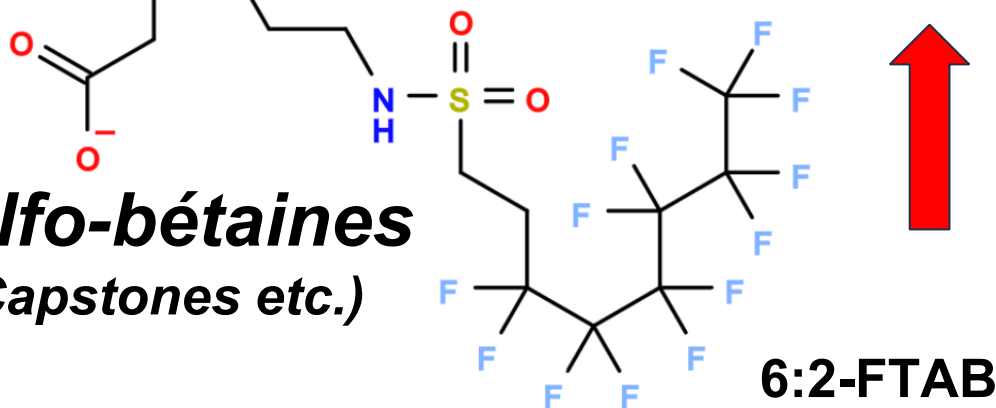
Fluoro-télomère alcools



8:2-FTOH



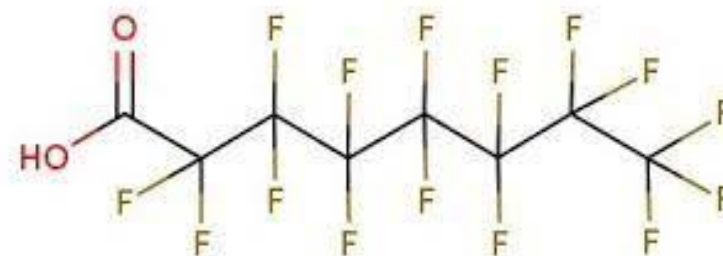
Sulfo-bétaines
(Capstones etc.)



PFAS per-fluorés

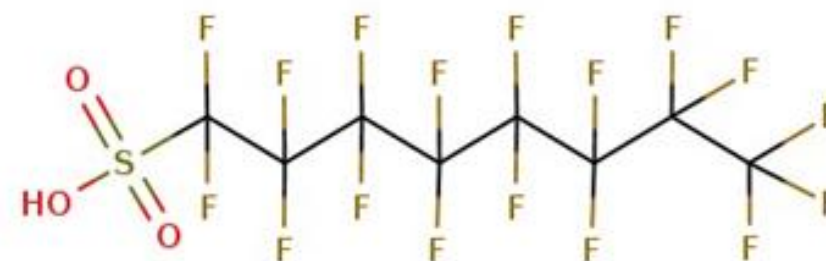
Par ex.:

Acides carboxyliques per-fluorés



PFOA

Acides sulfoniques per-fluorés



PFOS

**Min:
33
Catégories**

1. **Acides Perfluoroalkane-sulfoniques (PFASs),**
2. Perfluoroalkane-sulfonates (sels),
3. Perfluoroalkane-sulfinique-acide/sulfonates,
4. Perfluoro-cycloalkane-sulfonique-acide et dérivés,
5. Perfluoroalkane-sulfonamides (FASAs),
6. Perfluoroalkane-sulfonamide, sels d'ammonium quaternaire,
7. Acrylate de perfluoroalkane-sulfonamide (MeFASACs),
8. Méthacrylates de perfluoroalkane-sulfonamide,
9. Perfluoroalkane-sulfonamide phosphates,
10. Halogénures de perfluoroalkane-sulfonyl,
11. Autres composés polyfluoroalkyl-sulfureux,
12. **Acides perfluoroalkyliques-carboxyliques (PFCA),**
13. Sels perfluoroalkyliques-carboxyliques,
14. Perfluoroalkyliques-alcools/cétones,
15. Halogénures d'acide perfluoroalkyliques-carboxylique,
16. Perfluoroalkyliques-halogénures,
17. Perfluoroalkyliques-alkyl-éthers,
18. Perfluoroalkyliques-amines,
19. Perfluoroalkyliques-amino-acides/sels/esters,
20. **Perfluoroalkyliques-phosphates,**
21. Perfluoroalkyliques-acrylate,
22. Perfluoroalkyliques-méthacrylates,
23. Autres esters perfluoroalkyliques-carboxyliques,
24. Composés perfluoroalkyliques-hétérocycliques,
25. Perfluoroalkyliques-silane,
26. **Fluorotélomère-alcooles,**
27. Fluorotélomériques halogénures,
28. Fluorotélomériques sulfonates, chlorures de sulfonyl et sulfonamides,
29. Acrylate de fluorotélomériques,
30. Méthacrylates de fluorotélomériques,
31. Autres acrylates,
32. Fluorotélomériques phosphates,
33. Autres fluorotélomères.

> 9 000 !

Au total, il existe > 9 000 (- 12 000) PFAS aux caractéristiques chimiques et physiques différentes.

PFAS (PFC, PFT):

1. PFAS ? : Description des polluants
2. Sources des Contaminations & des Pollutions
3. Chimie environnementale
4. Toxicologie & écotoxicologie
5. Contexte réglementaire & Valeurs limites
6. Investigations & Evaluations des risques (ERS)
7. Traitements, Dépollution & Décontamination



- **Galvanisation**
- **Production des Textiles**
- **Food Packaging (Polymers)**
- **Production des Papiers & Cartons**
- **Raffineries, Industrie Photographique & incres**
- **Matériel de Construction (Bétons):**
par ex. C₈-C₂₀-gamma-omega-perfluoro Thiols)
- **Peintures, Encres & Laces**
- **Modules électroniques & semi-conducteurs**
- **Huiles Hydrauliques,**
- **Production de Teflon (Fluoropolymères)**
- **Mousses anti-incendie (AFFF)**
- **Papiers traités en surface & Cartons....**

Production & Applications depuis 1960



Utilisation des PFAS (AFFF) sur l'ancienne Base Aérienne BA 103 (700 ha)



17.10.2018 Gartenhalle, Karlsruhe



Source:

28. Karlsruher Deponie- und Altlastenseminar



Pâles

Fire Fighting Foam (AFFF) Layer of 1,2 m on German NATO Site

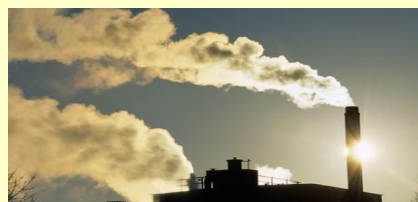


Quelle: Spiegel Online 19.11.2016 / KTVU-TV / AP

Emissions de l'Incinération des PFAS polymères et monomères :

► INERIS (2024) : Emissions des Incinérateurs Exemples de produits fluorés de décomposition de certains PFAS lors de leur incinération [García et al. (2007) ; Geertinger et al. (2019); Huber et al. (2009)] :

- Fluoropolymères → : **CF₄**, C₂F₆, CHF₃, C₃F₆, CClF₃, C₄F₈, C₂Cl₃F₃, HF, **TFA** : Acide trifluoroacétique et autres gaz perfluorés,
- PFOS → **CF₄**, C₂F₆, CHF₃, C₂H₂F₂, HF, COF₂
- PTFE → **CF₄**, C₂F₆, C₃F₆, C₂F₄ et autres composés fluorés...



► Bjorklund et al. (2023) : **Rejets PFAS par les incinérateurs des déchets municipaux (ng/m³)** :
→ **PFAS poly-fluorés, fluoro-chloro-aromatiques ???**



Emissions de l'Incineration des PFAS polymères et monomères :

- Bjorklund et al. (2023+2024) : **Rejets PFAS par les incinérateurs des déchets municipaux (ng/m³)**:

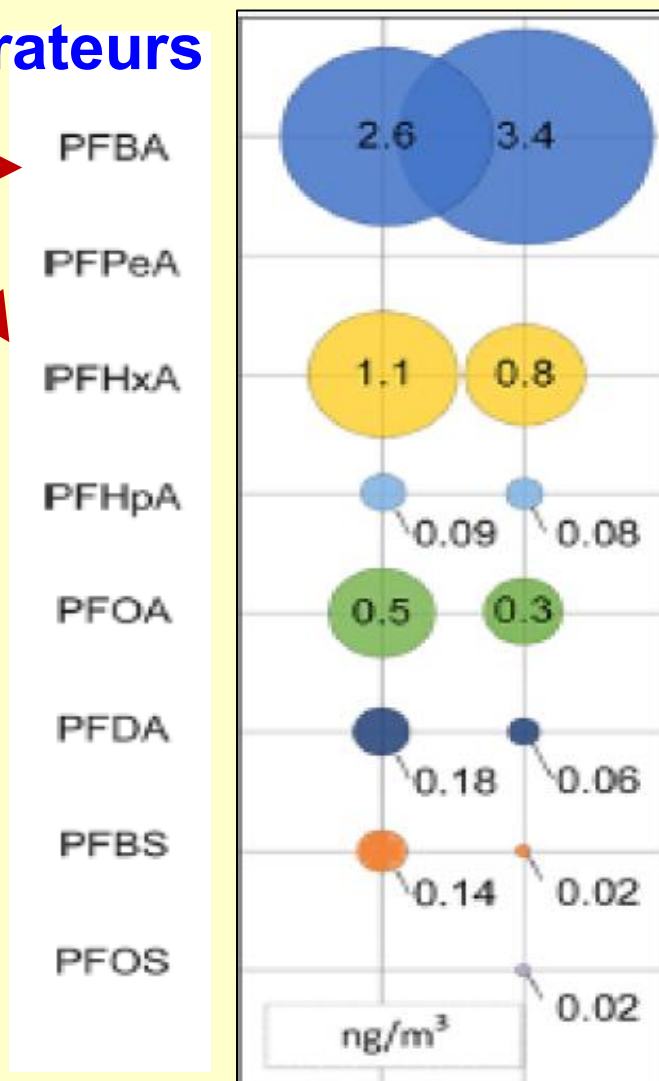
→ **PFAS poly-fluorés, fluoro-chloro-aromatiques ???**

+

- Rotard et al.: Incineration des déchets municipaux :
→ Synthèse « De Novo » (Cendres volants et nano-particules) : **4,5 g/kg Perfluoro-aromatiques** :

99 % HCB + 1 % (45 g/kg) *Naphtalènes + Styrènes, Benzènes, Furanes, Biphényles et Biphénylates fluorés-chlorés + 1,9 mg/kg an PCFDF (Poly-chloro-fluoro-dibenzo-para-Furanes) :*
Congénères : PCFDD : 1700 +
PCFDF : 3318

OTM-45

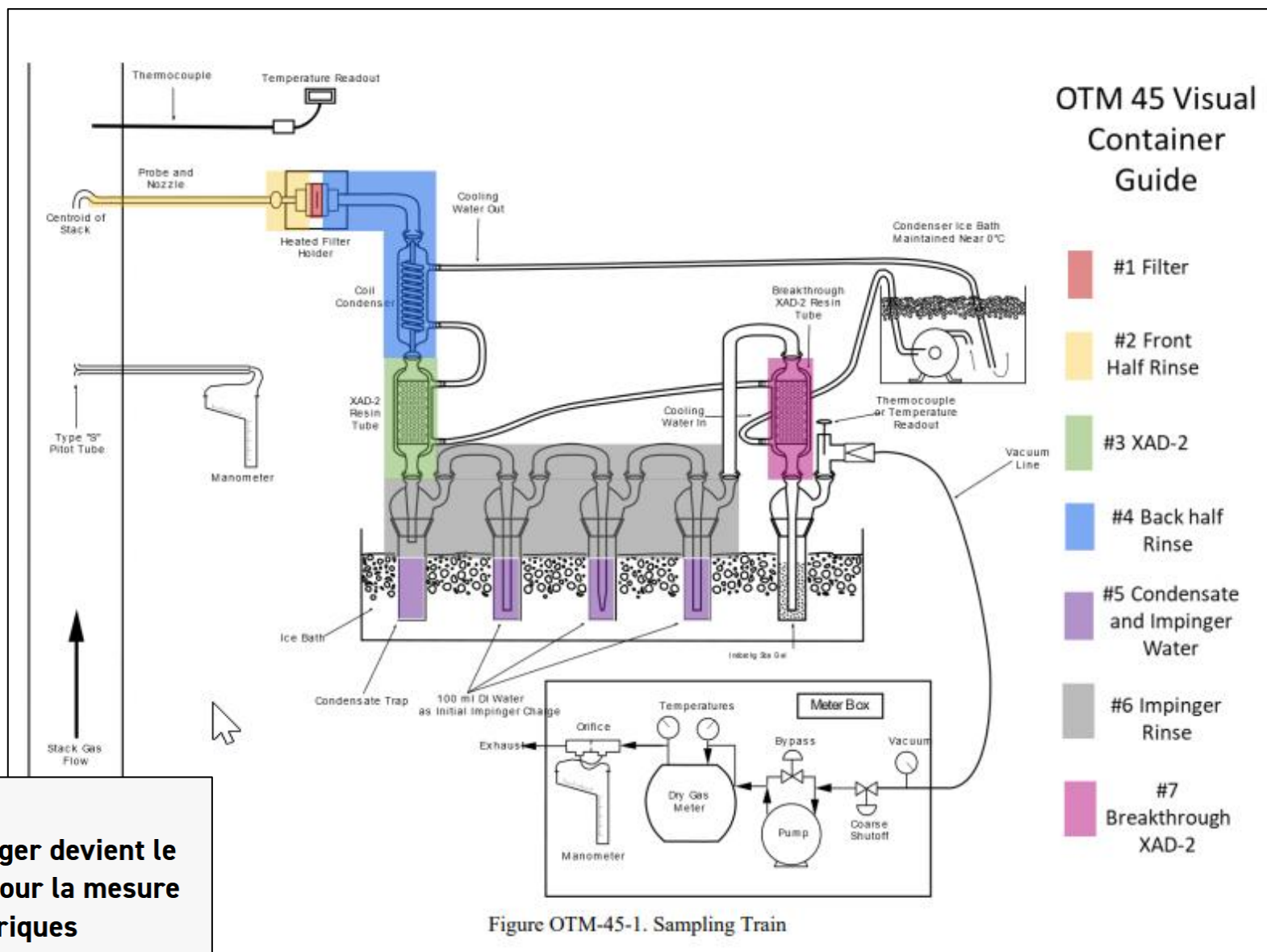


OTM-45 Sampling by dynamic Flow (XAD2) (Montrose Environmental)



06/05/2024

Ginger LECES, filiale du groupe Ginger devient le 1er laboratoire français accrédité pour la mesure des PFAS dans les rejets atmosphériques



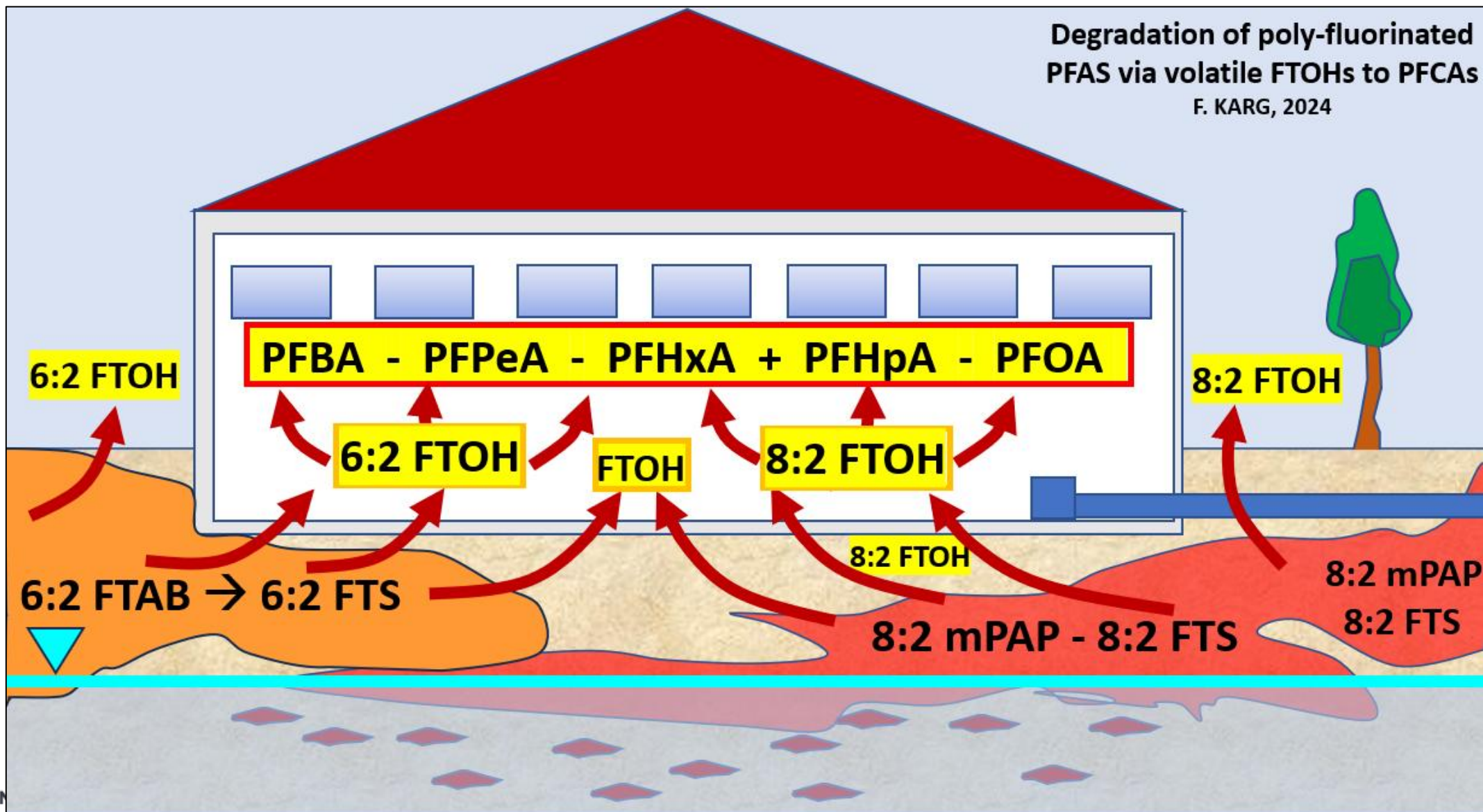
PFAS (PFC, PFT):

1. PFAS ? : Description des polluants
2. Sources des Contaminations & des Pollutions
3. Chimie environnementale
4. Toxicologie & écotoxicologie
5. Contexte réglementaire & Valeurs limites
6. Investigations & Evaluations des risques (ERS)
7. Traitements, Dépollution & Décontamination



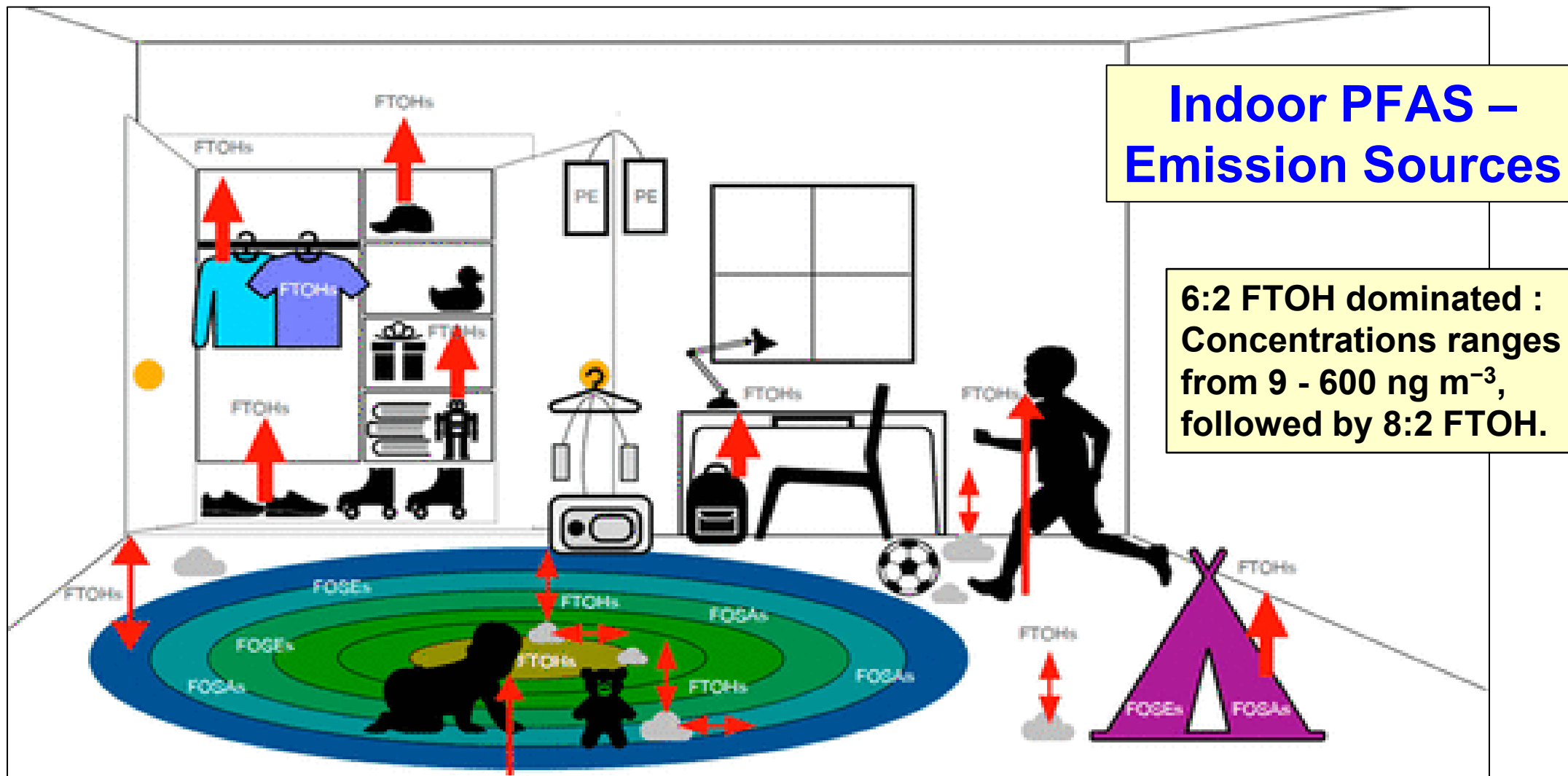


Chimie environnementale : Bio- & Photo-transformation des PFAS poly-fluorés vers les PFAS per-fluorés





Chimie environnementale : Bio- & Photo-transformation des PFAS poly-fluorés vers les PFAS per-fluorés

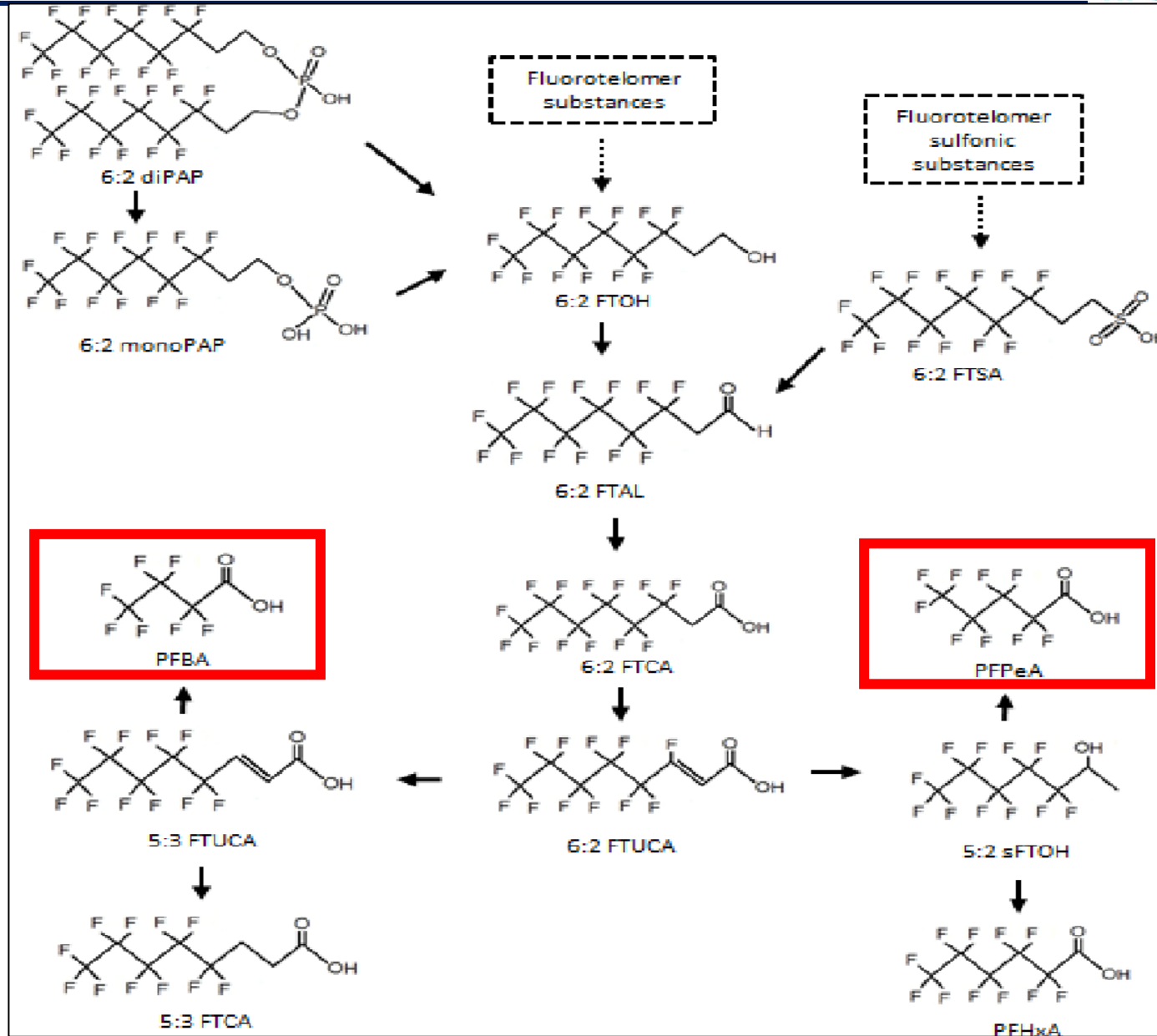


Mono-PAPs, di-PAPs and Poly-fluoro Sulfobetaines Biotransformation to FTOHs & PFCA

JU. Eriksson (2016)

<https://www.semanticscholar.org/paper/Contribution-of-polyfluoroalkyl-phosphate-esters-to-Eriksson/093e94d43f787db8701d444fcd876c3e90c9b8b7>

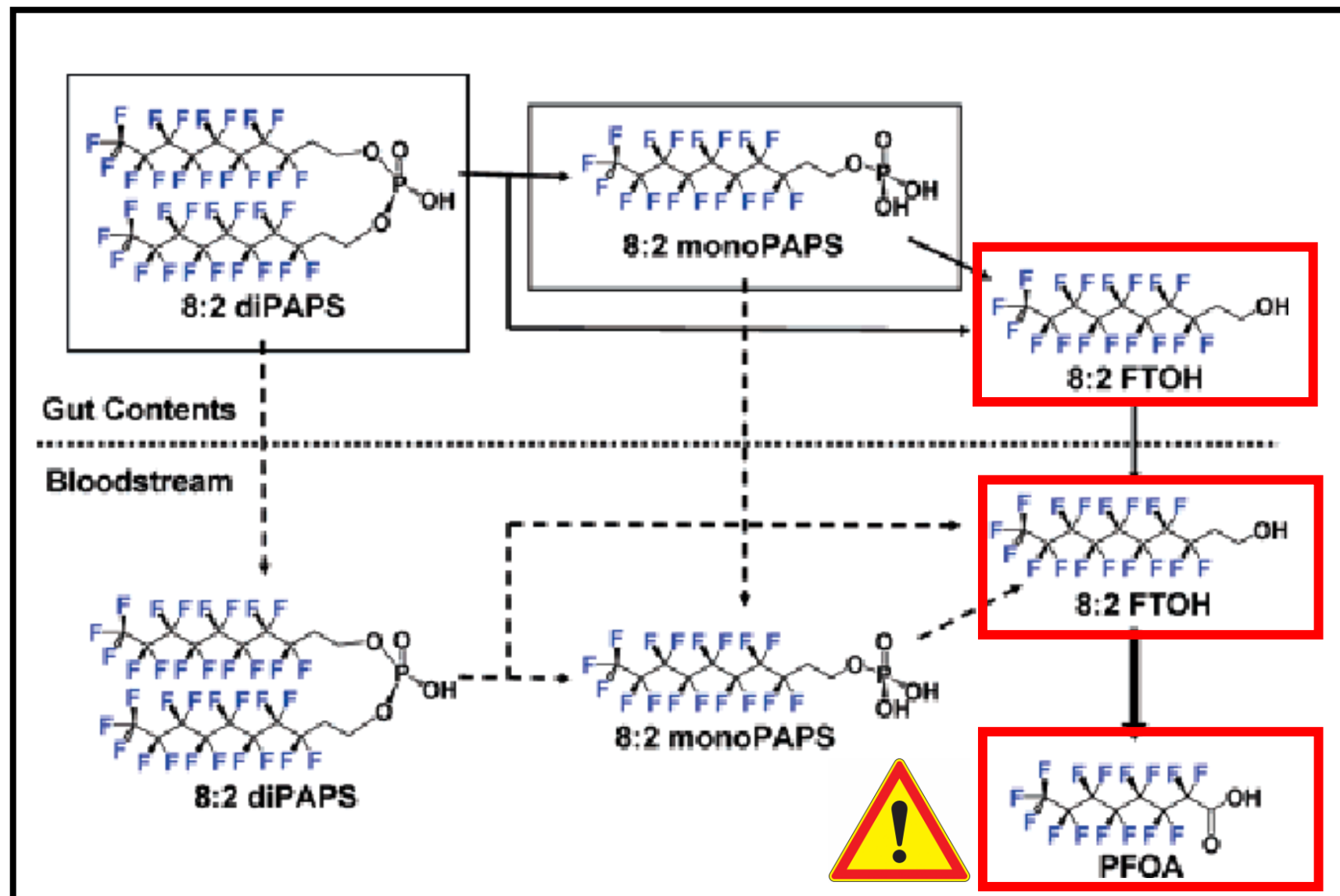
Contribution of polyfluoroalkyl phosphate esters (PAPs) and other precursor compounds to perfluoroalkyl carboxylates (PFCAs) in humans and the environment

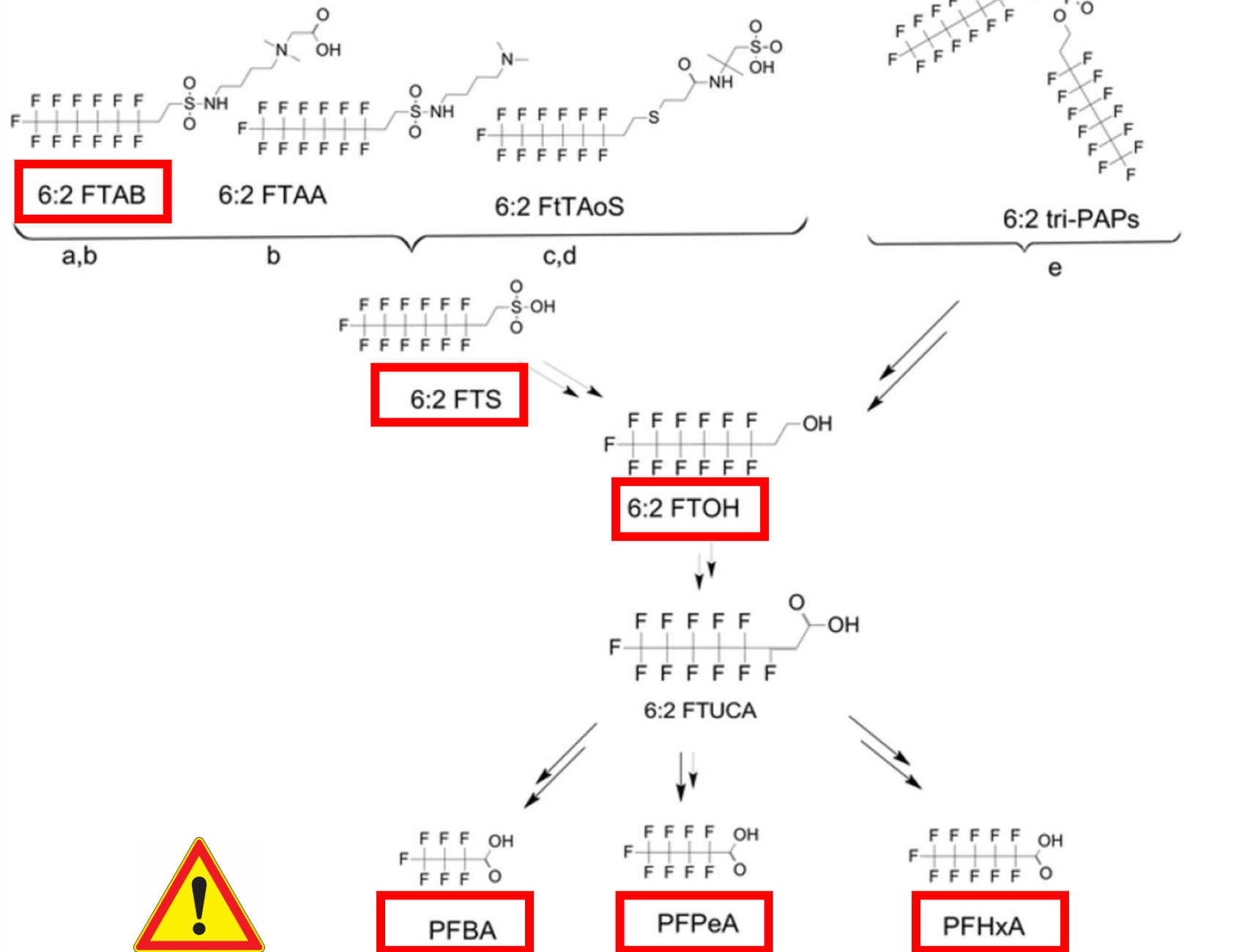


Mono-PAPs & di-PAPs Biotransformation & Metabolization to FTOHs & PFCA

J.C. D'EON & S.
MABURY (2007)

[Production of perfluorinated carboxylic acids \(PFCAs\) from the biotransformation of polyfluoroalkyl phosphate surfactants \(PAPS\): exploring routes of human contamination.](#)

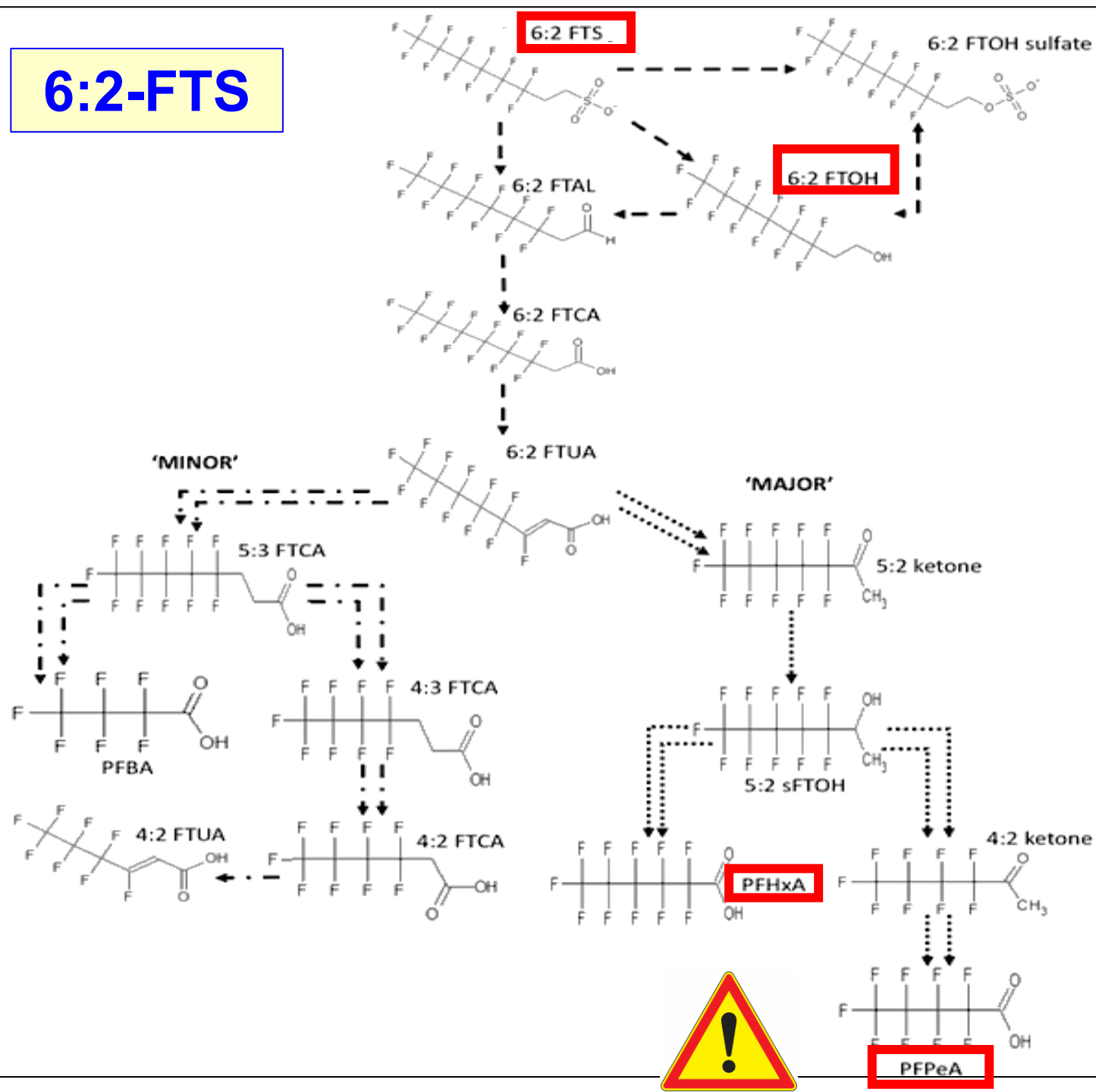




**6 :2 FTAB et sa
dégradation
via le 6 :2 FTS et le
6 :2 FTOH vers les
PFAS per-fluorés
PFBA, PFPeA et
PFHxA**

(LaFond et al. 2023, D.M.J. Shaw et al. 2019 ,Ying Shi, 2018 et V. Mendeza et. al. 2022)

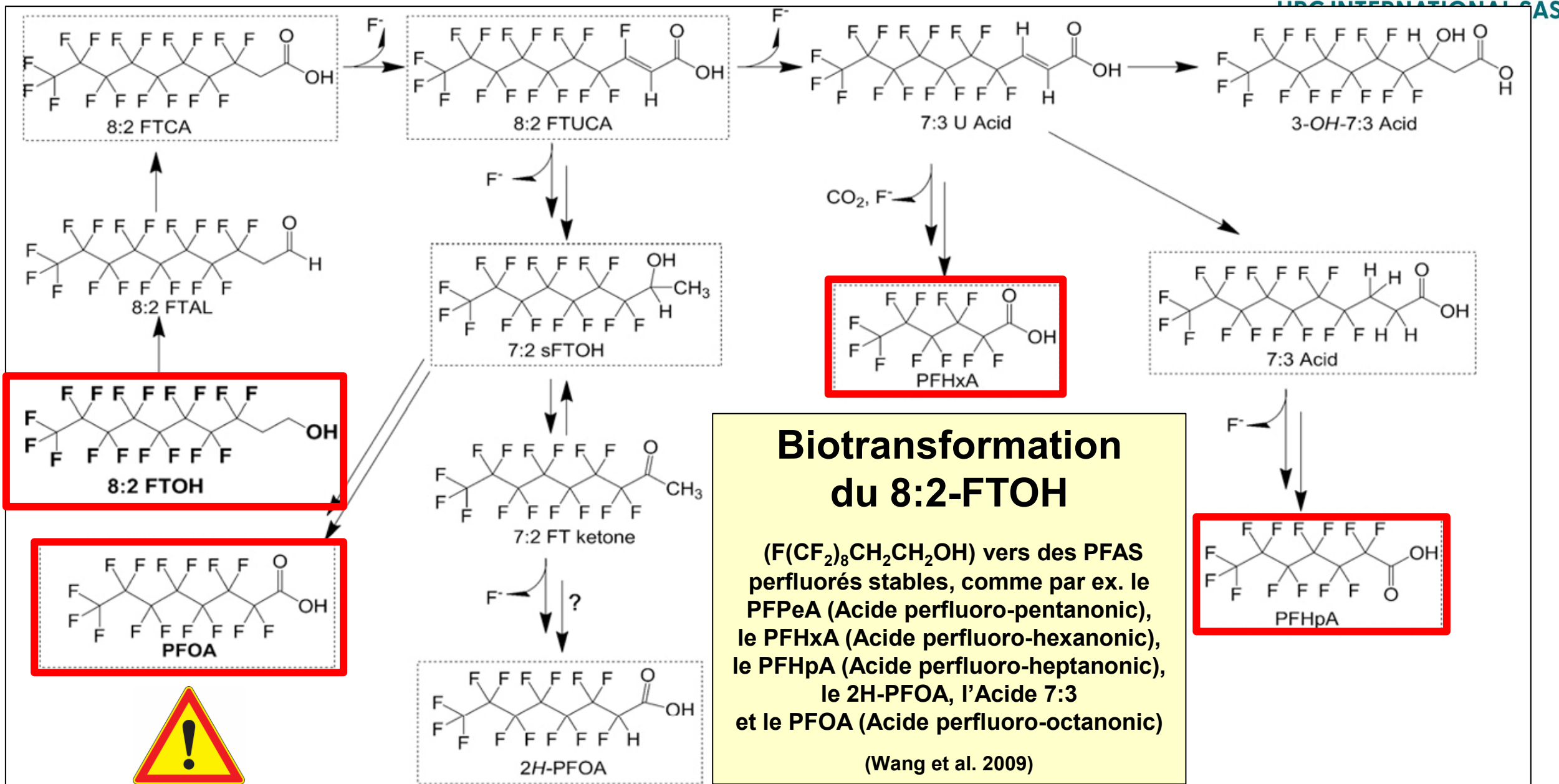
6:2-FTS

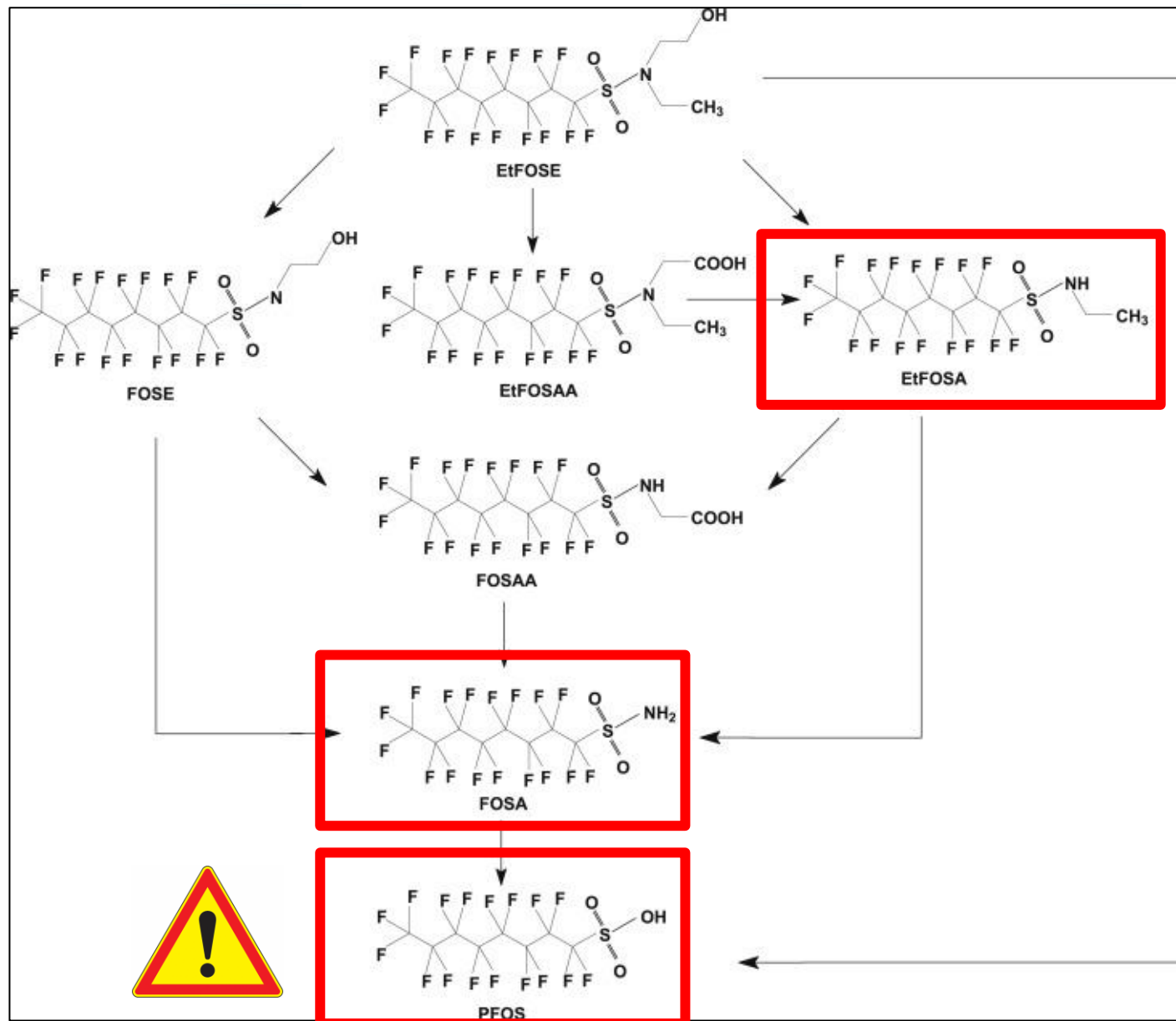


Biotransformation du 6:2-FTS

vers des PFAS perfluorés
stables, comme par ex.:
le PFBA (Acide perfluoro-
butanonique), le PFPeA (Acide
perfluoro-pentanonic),
le PFHxA (Acide perfluoro-
hexanonic)

(D.M.J. Shaw et al. 2019 ,Ying Shi,
2018 et V. Mendeza et. al. 2022)





PFAS: Chimie environnementale

Bio-transformation
du EtFOSE, EtFOSA &
FOSA vers PFOS

S. Chen et al. 2021

Scotchban FC 807
= 100 % EtFOSA

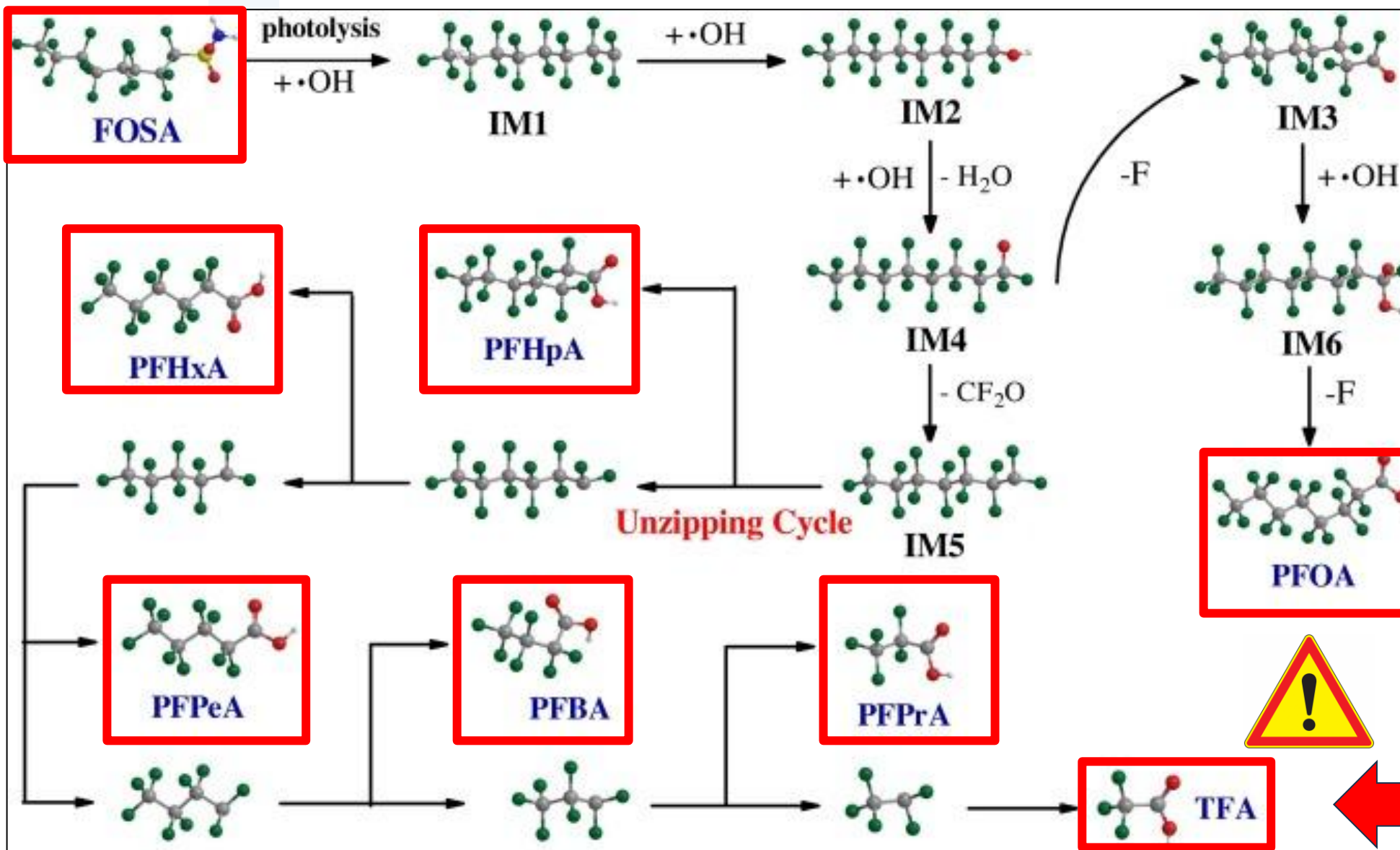
**Impregnation des
papiers et textiles**

PFOS

PFAS: Chimie environnementale

Transformation photochimique du FOSA vers PFOA, PFNA, PFHpA, PFHxA, PFPeA, PFBA, PFPrA, TFA

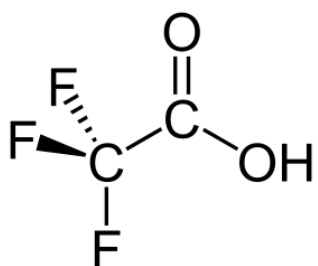
Y. Wang 2020



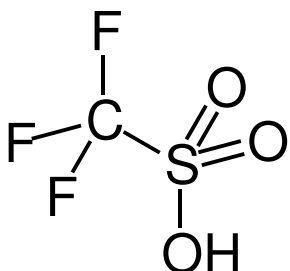
TFA

PFAS : Chimie Environnementale

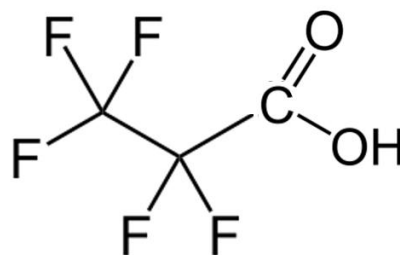
Autres PFAS (semi) volatils



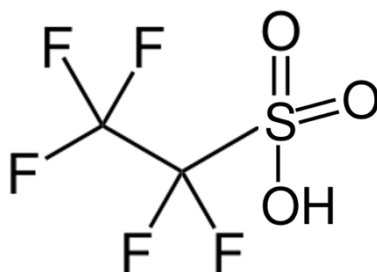
TFA



TFMS

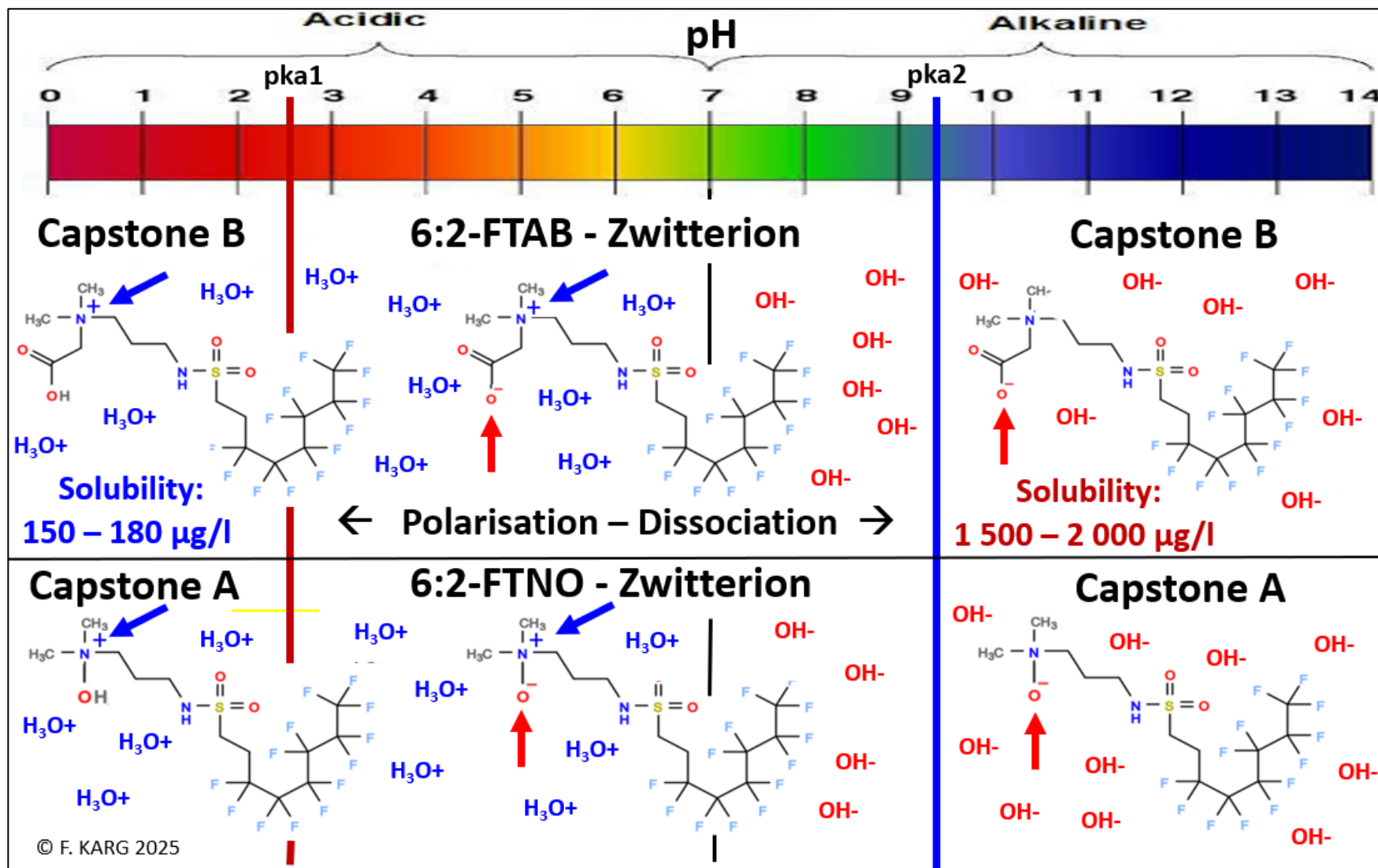


PFPrA



PFES

- **FTOH: Fluorotelomère-alcools** (par ex. les 4:2-FTOH, 4:3-FTOH, 6:2-FTOH, 6:3-FTOH, 8:2-FTOH, 10:2-FTOH),
- **FASE: Per-fluoroalkane-sulfamide-ethanole** (par ex. N-MeFOSE, N-EtFOSE),
- **FTI: Fluorotelomère-iodite** (par ex.. 6:2-FTI, 8:2-FTI, 10:2-FTI),
- **FTAC: Fluorotelomère-acrylates** (par ex. 4:2-FTAC, 6:2-FTAC, 8:2-FTAC, 10:2-FTAC),
- **FTMACS:6:2-Fluorotelomère-méthyl-acrylates** (par ex. 4:2-FTMAC, 6:2-FTMAC, 8:2-FTMAC, 10:2-FTMAC),
- **PFADiI: Perfluoroalkyl-di-iodites** (par ex. PFBuDiI, PFHxDiI, PFODiI),
- **TFMB: Trifluorméthylbenzenes** (z.B. BTFMBB: 1-Brom-3,5-bis(trifluoro-méthyl)benzene).



**Environmental
Chemistry according
pH of Capstone A & B**

**Solubilisation et
Evaporation
renforcée en
milieu alcalin.
Biotransformation
vers les FTOHs
renforcée en
milieu aérobie.**

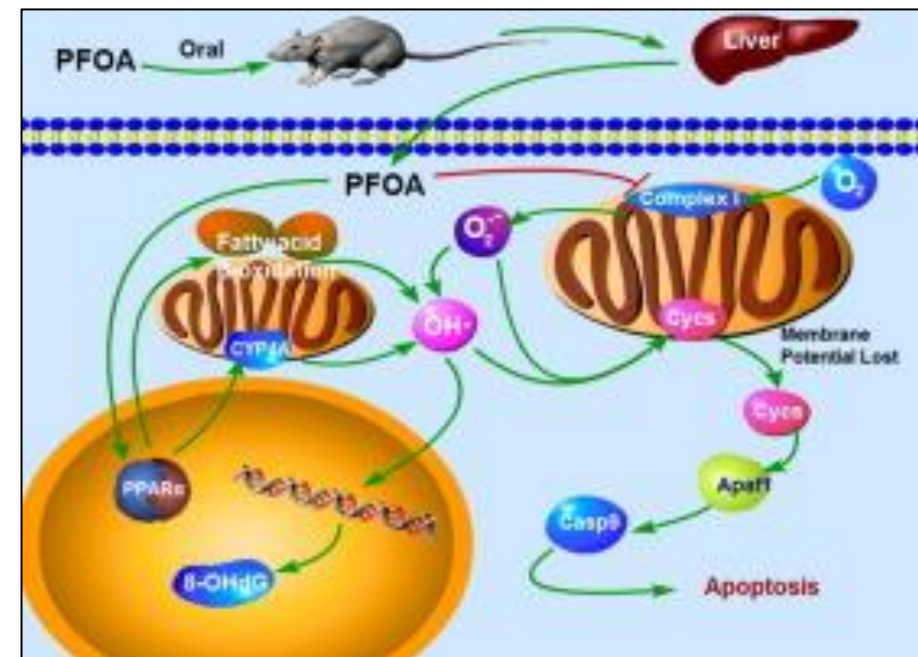
PFAS (PFC, PFT):

1. PFAS ? : Description des polluants
2. Sources des Contaminations & des Pollutions
3. Chimie environnementale
4. Toxicologie & écotoxicologie
5. Contexte réglementaire & Valeurs limites
6. Investigations & Evaluations des risques (ERS)
7. Traitements, Dépollution & Décontamination



Toxicologie : Par ex. PFOA et PFOS:

- **Perturbations endocriniennes** (sur la production d'hormones stéroïde et la diminution des taux de testostérone, etc.): PFOS + FTOH (Alcools fluoro-télomériques),
- **Cancérogénicité**: Développements du Cancer des Seins & Testicules (PFOA...); Glande mammaire : Cellules épithéliales : PFOA + PFOS
→ Blocage de l'apoptose !
- **Tératogénicité** (par ex.: via les taux d'androgènes ou d'hormones thyroïdiennes anormaux, ...),
- **Immunotoxicité** (via des effets thyroïdiens et sur le système immunitaire, gamma-globulines),
- **Neurotoxicité** (troubles d'hyperactivité, etc.). De même que d'autres troubles neurologiques peuvent en résulter.



Molecular mechanisms of PFOA-induced Toxicity

Effets Toxicologiques des PFAS surtout dans les zones de forte activité endocrinienne :

Pregnant women, unborn fetus, and infants are most susceptible to adverse health effects once exposed to PFAS.

Perfluorooctanoic acid (PFOA) and perfluorooctanesulfonic acid (PFOS), two common forms of long-chain PFAS, have been associated with the following



Low Birth Weight



Delayed Puberty



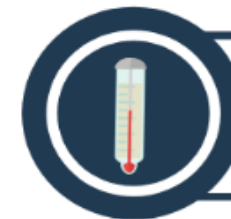
Preterm Birth



Attention deficit/
hyperactivity
disorder (ADHD)



Pregnancy-induced
hypertension/ Pre-
eclampsia



Immune
Response
Suppression



UNIVERSITY OF MICHIGAN

PFAS (PFC, PFT):

1. PFAS ? : Description des polluants
2. Sources des Contaminations & des Pollutions
3. Chimie environnementale
4. Toxicologie & écotoxicologie
5. Contexte réglementaire & Valeurs limites : Air
6. Investigations & Evaluations des risques (ERS)
7. Traitements, Dépollution & Décontamination

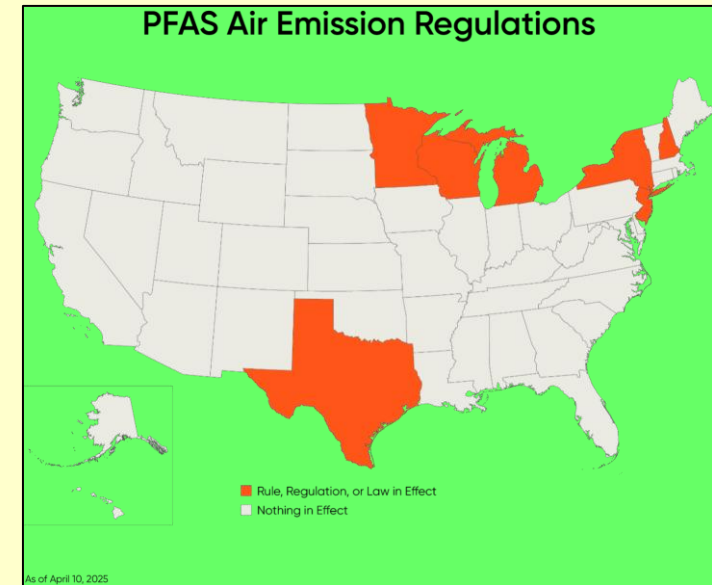


PFAS Early History		Examples of Recent (2021 onwards) Drinking Water Regulation / Guidance	
1930s	PFAS chemistry was discovered.	2021	EU
1950s	Since the 1950s, many products commonly used by industry and consumers have been manufactured with or from PFAS.		Directive 2020/2184 recast Sum of 20 PFAS – 100 ng/l PFAS Total (all PFAS) – 500 ng/l
1970s	Occupational studies found detections of some PFAS in the blood of exposed workers.	2021	Netherlands
1990s	Further studies reported detections in the blood of the general human population.		RIVM Drinking Water Guideline Sum of PFOS, PFOA, PFHxS, PFNA – 4.4 ng/l
2000s	PFAS were not widely documented in environmental samples until early 2000s, when PFAS testing became widely available.	2022	Sweden
			LIVSFS 2022:12 Sum of 21 PFAS – 100 ng/l Sum of PFOS, PFOA, PFNA, PFHxS – 4 ng/l
Examples of Early (pre-2021) Drinking Water Regulation / Guidance		2022	China
2006	Germany		Standards for Drinking Water Quality PFOS – 40 ng/l, PFOA – 80 ng/l
	German Drinking Water Commission Sum of PFOS, PFOA – 300 ng/l	2023	Denmark
2014	Italy		BEK no. 1023 of 29/06/2023 Sum of 22 PFAS – 100 ng/l Sum of PFOS, PFOA, PFHxS, PFNA – 2 ng/l
	ISS, Provisional Health Advisory Threshold PFOS – 30 ng/l, PFOA – 500 ng/l Sum of 9 PFAS – 500 ng/l	2023	Spain
2015	Denmark		Royal Decree 3/2023 PFOS, PFOA, PFHxS, PFNA – 70 ng/l
	Danish EPA, Health Based Quality Criterion PFOS, PFOSA – 100 ng/l, PFOA – 300 ng/l	2023	Italy
2016	Canada		Legislative Decree 23/02/2023, n. 18 Sum of 24 PFAS – 100 ng/l
	Health Canada Guidelines PFOS – 600 ng/l PFOA – 200 ng/l [2018]	2023	Germany
2016	USA		Drinking Water Ordinance Sum of PFOS, PFOA, PFHxS, PFNA – 20 ng/l
	US EPA, Health Advisories PFOS, PFOA, or their sum – 70 ng/l	2024	Canada
2016	Sweden		Health Canada Objective Sum of 25 PFAS – 30 ng/l
	Swedish Food Agency, Action Limit Sum of 11 PFAS – 90 ng/l	2024	USA
2018	Australia		US EPA, MCLs (standards) PFOS, PFOA – 4 ng/l
	Drinking Water Guidelines PFOA – 560 ng/l, Sum of PFOS, PFHxS – 70 ng/l	2025	England and Wales
			DWI Guidance Sum of 48 PFAS – 100 ng/l

Réglementations
en international
Air ?

Air : Screening Levels for Human Health Risk Concern (04/2025):

- **Michigan (SL):** PFOA: 0,1 ng/m³, PFOS: 0,4 ng/m³, 6:2-FTSA: 1 µg/m³.
- **Minesota (HHRA):** PFOA: 63 ng/m³, PFHxS: 34 n/m³, PFOS: 11 ng/m³, PFBS: 300 ng/m³, PFHxA: 1 µg/m³, PFBA: 10 µg/m³.
- **New Hampshire:** **APFO** (Ammonium Perflu-octanoate): 0,05 µg/m³ (24-hrs (Ambient Air Limit) averaging period) & 0,024 µg/m³ (annual averaging period).
- **New Jersey (SL, RfC):** PFOA & PFOS: 70 ng/m³.
- **New-York:** PFOA: 53 µg/m³ (annual Guideline Concentration (AGC)).
- **Texas (RfC):** PFOA: 50 ng/m³, PFOS: 0,1 µg/m³, **APFO**: 0,1 µg/m³.
- **Wisconsin:** **APFO**: 0,24 µg/m³, PFIB (Perfluoroisobutylene): 8,18 µg/m³.
- **Allemagne :** PFAS-13: 5 µg/m³ en valeur moyenne d'exposition.
- **France :** **Arrêté du 31/10/2024** relatif à l'**analyse** des substances per- et poly-fluoroalkylées dans les **émissions atmosphériques des installations d'incinération** (21 PFAS per-fluorés et 28 PFAS poly-fluorés) **PFCDDF ?** (<https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000050479313>)



<https://www.bclplaw.com/en-US/events-insights-news/pfas-air-emissions-restrictions.html>

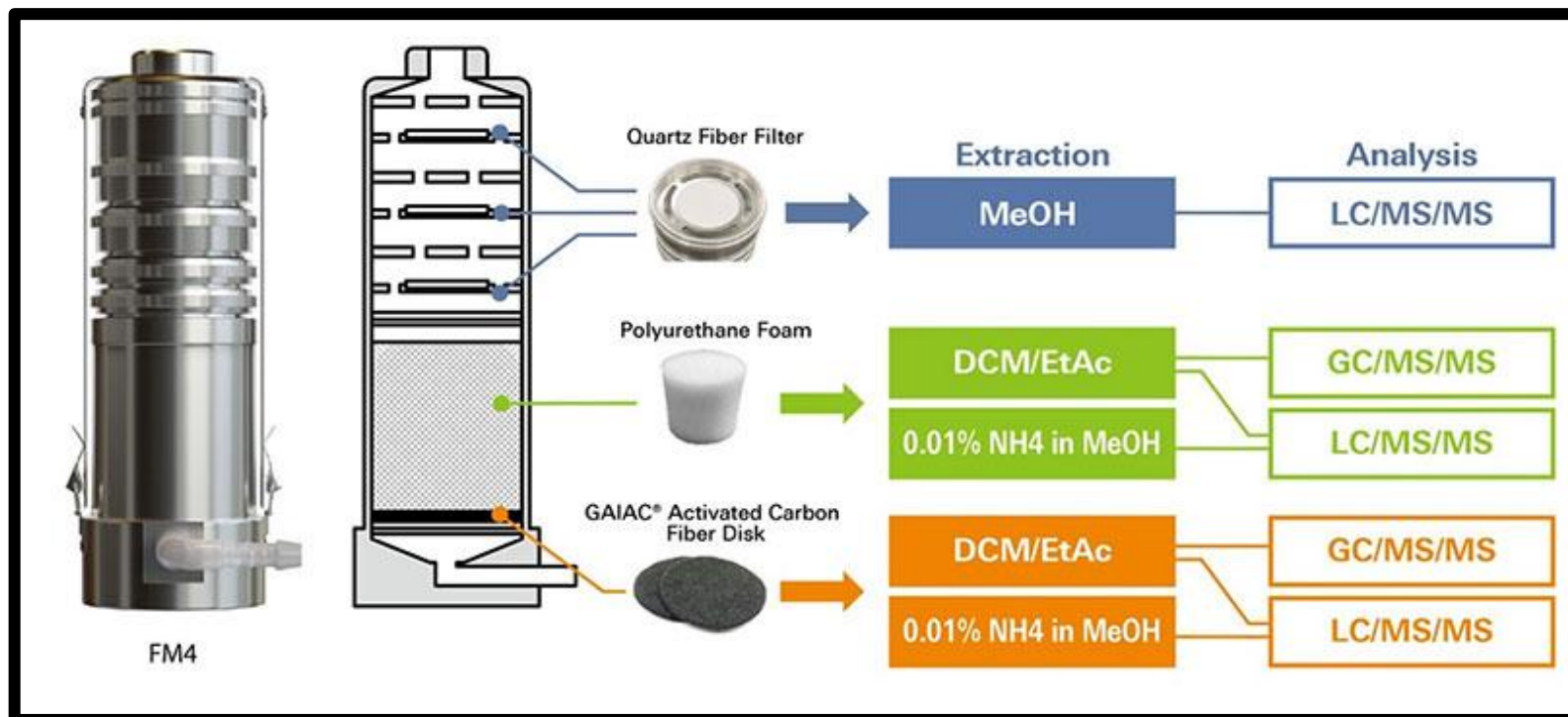


PFAS (PFC, PFT):

1. PFAS ? : Description des polluants
2. Sources des Contaminations & des Pollutions
3. Chimie environnementale
4. Toxicologie & écotoxicologie
5. Contexte réglementaire & Valeurs limites
6. Investigations & Evaluations des risques (ERS)
7. Traitements, Dépollution & Décontamination



PFAS Indoor Air Samplers (activ)

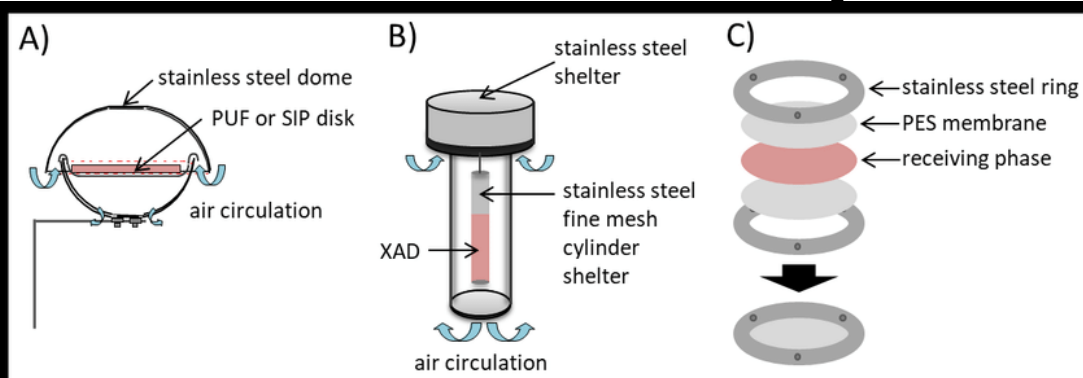


TE-200-PAS (XAD) (passiv)



FM4 :

- Quarz + MeOH
- Polyurethane Foam
- Activated Carbo



TOF: Total Organo Fluorine

F. KARG 2025

= PFAS Monomers & Polymers +
other organo-fluorine Compounds;
Pesticides, Pharmaceuticals, etc.
→ → → *No Compound Identification !*

AOF: Adsorbable Organic Fluorine

= PFAS Monomers & Polymers +
other organo-fluorine Compounds;
Pesticides, Pharmaceuticals, etc.
→ → *No Compound Identification !*

NTA: Non-Target Analysis = Semi-quantitative Identification of up to
12 000 Compounds: PFAS Monomers

QTA: Quantitative Target
Analysis = up to 20-700 Com-
pounds: PFAS Monomers

QTA+TA; after TOP Assay (20-
200 Compounds: PFCA including
transformed polyfluorinated PFAS)

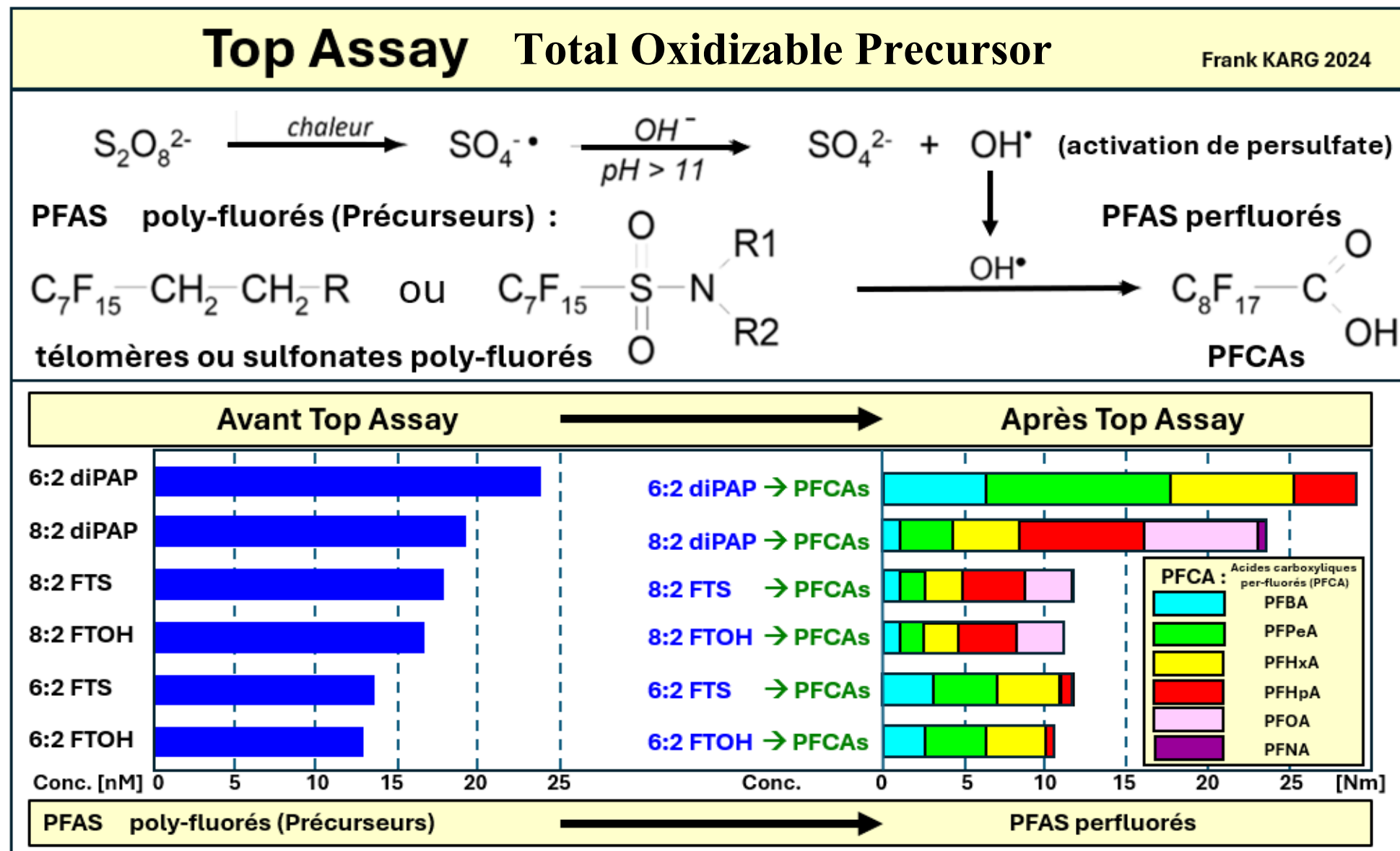
PFAS Analyses

Mesures et évaluations des risques des expositions par des PFAS dans l'air ambiant : EQRS comme outil de la protection de la santé humaine

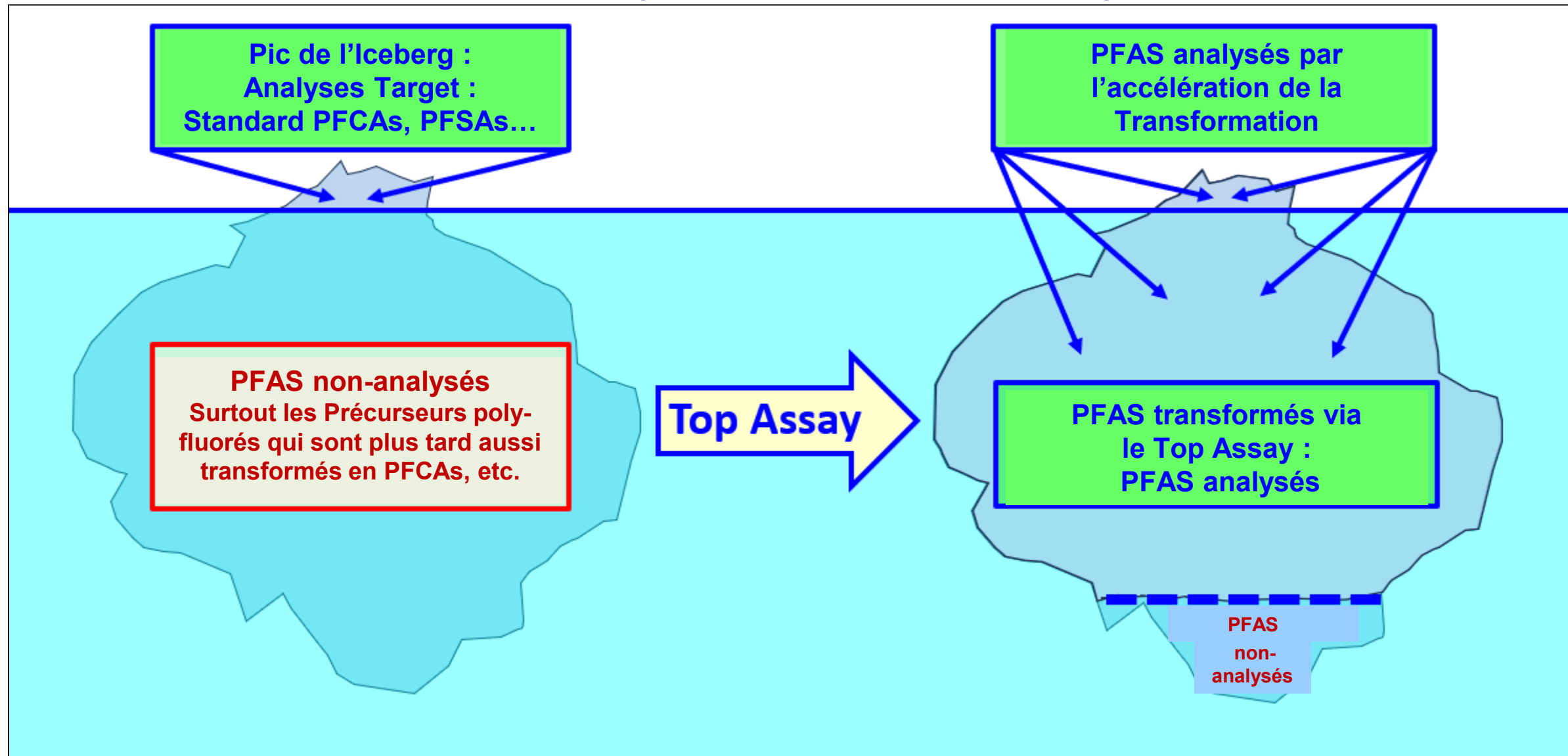
PFAS	LQ Eaux		CAS	VTR	Dir. CE EP2020/ 2184	AM 20/06/23 France
PFBA (acide perfluorobutanoïque)	ng/l	1	375-22-4			
PFPeA (acide perfluoropentanoïque)	ng/l	5	2706-90-3			
PFHxA (acide perfluorohexanoïque)	ng/l	1	307-24-4			
PFHpA (acide perfluoroheptanoïque)	ng/l	1	375-85-9			
PFOA linéaire (acide perfluorooctanoïque)	ng/l	1	335-67-1			
PFOA ramifié (acide perfluorooctanoïque)	ng/l	1	335-67-1			
PFOA totale (acide perfluorooctanoïque)	ng/l	1	335-67-1			
PFNA (acide perfluorononanoïque)	ng/l	1	375-95-1			
PFDA (acide perfluorodécanoïque)	ng/l	1	335-76-2			
PFUnDA (acide perfluoroundécanoïque)	ng/l	1	2058-94-8			
PFDoDA (acide perfluorododécanoïque)	ng/l	2	307-55-1			
PFTTrDA (acide perfluorotridecane sulfonique)	ng/l	1	72629-94-8			
PFTeDA (acide perfluorotetradécane sulfonique)	ng/l	1	376-06-7			
PFHxDA (acide perfluorohexadécane sulfonique)	ng/l	2	67905-19-5			
PFODA (acide perfluorooctadécane sulfonique)	ng/l	1	16517-11-6			
PFBS (acide perfluorobutane sulfonique)	ng/l	1	375-73-5			
PFPeS (acide perfluoropentane sulfonique)	ng/l	1	2706-91-4			
PFHxS linéaire (acide perfluorohexane sulfonique)	ng/l	1	355-46-4			
PFHxS ramifié (acide perfluorohexane sulfonique)	ng/l	1	355-46-4			
PFHxS totale	ng/l	1	355-46-4			
PFHpS (acide perfluoroheptane sulfonique)	ng/l	1	375-92-8			
PFOS linéaire (acide perfluorooctane sulfonique)	ng/l	1	1763-23-1			
PFOS ramifié (acide perfluorooctane sulfonique)	ng/l	1	1763-23-1			
PFOS totale (acide perfluorooctane sulfonique)	ng/l	1	1763-23-1			
PFDS (acide perfluorodécane sulfonique)	ng/l	1	335-77-3			
4:2 FTS (acide 4:2 fluorotélomer sulfonique) H4-PFOS	ng/l	1	757124-72-4			
6:2 FTS (acide 6:2 fluorotélomer sulfonique)	ng/l	1	27619-97-2			
8:2 FTS (acide 8:2 fluorotélomer sulfonique)	ng/l	1	39108-34-4			
10:2 FTS (acide 10:2 fluorotélomer sulfonique)	ng/l	1	120226-60-0			
MePFOSAA (acide N-méthylperfluorooctane sulfonamide acétique)	ng/l	1	2355-31-9			
EtFOSAA (acide N-éthylperfluorooctane sulfonamide acétique)	ng/l	1	2991-50-6			
PFOSA linéaire (perfluoro-n-octanesulfonamide)	ng/l	2	754-91-6			
PFOSA ramifié (perfluoro-n-octanesulfonamide)	ng/l	2	754-91-6			
PFOSA totale (perfluoro-n-octanesulfonamide)	ng/l	2	754-91-6			
MeFOSA linéaire (N-méthylperfluorooctanesulfonamide) (MePFOSA)	ng/l	1	31506-32-8			
6:2-FTAB (6 :2 fluorotélomer sulfonamido propyl betaine) Capstone B	ng/l	10	34455-29-3			

PFAS	LQ Eaux		CAS	VTR	Dir. CE EP2020/ 2184	AM 20/06/23 France
MeFOSA ramifié (N-méthylperfluoro-n-octanesulfonamide) (MePFOSA)	ng/l	1	31506-32-8			
MeFOSA totale (N-méthylperfluoro-n-octanesulfonamide) (MePFOSA)	ng/l	1	31506-32-8			
8:2 DiPAP (8:2 polyfluoroalkyl phosphate diester)	ng/l	1	678-41-1			
HFPO-DA (acide hexafluoropropyleneoxide dimer) Gen X	ng/l	1	13252-13-6			
EtFOSA linéaire (N-éthylperfluorooctanesulfonamide) (EtPFOSA)	ng/l	1	4151-50-2			
EtFOSA ramifié (N-éthylperfluorooctanesulfonamide) (EtPFOSA)	ng/l	1	4151-50-2			
EtFOSA totale (N-éthylperfluorooctanesulfonamide) (EtPFOSA)	ng/l	1	4151-50-2			
MeFBSAA (perfluorobutanesulfonamide(N-méthyl)acetate)	ng/l	5	159381-10-9			
5:3-FTCA: 5:3 acide carboxylique fluorotélomère	ng/l	1	914637-49-3			
6:2-FTCA: 6:2 acide carboxylique fluorotélomère	ng/l	5	53826-12-3			
8:2 FTUCA (acide 2H-perfluoro-2-décenoïque)	ng/l	1	70887-84-2			
DONA (acide 4,8-dioxa-3H-perfluorononanoïque)ADONA	ng/l	1	919005-14-4			
MeFBSA (n-méthylperfluorobutanesulfonamide)	ng/l	1	68298-12-4			
PFBSA (perfluorobutanesulfonamide)	ng/l	1	30334-69-1			
PFECHS (acide perfluoro-4-éthylcyclohexanesulfonique)	ng/l	1	646-83-3			
PFNS (acide perfluorononane sulfonique)	ng/l	1	68259-12-1			
PFDoDS (acide perfluorododécane sulfonique)	ng/l	1	79780-39-5			
6:2 diester de phosphate fluorotélomérique. 6:2 diPAP	ng/l	10	57677-95-9			
6:2 8:2 diester de phosphate fluorotélomérique. 6:2 8:2 diPAP	ng/l	10	943913-15-3			
PFHxSA (perfluorohexanesulfonamide)	ng/l	1	41997-13-1			
PFUnDS (acide perfluoroundécane sulfonique)	ng/l	2	749786-16-1			
PFTTrDS (acide perfluorotridecane sulfonique)	ng/l	2	791563-89-8			
EtFOSE (2-(N-ethylperfluoro-1-octanesulfonamido)-ethanol)	ng/l	5	1691-99-2			
MeFOSE (2-(N-methylperfluoro-1-octanesulfonamido)-ethanol)	ng/l	5	24448-09-7			
NFDHpA (Nonafluoro-3,6-dioxaheptanoic acid)	ng/l	1	151772-58-6			
PFMPA (Perfluoro-3-methoxypropanoic acid)	ng/l	1	377-73-1			
PFMBA (perfluoro-4-methoxybutanoic acid)	ng/l	1	863090-89-5			
C6O4 (Perfluoro([5-methoxy-1,3-dioxolan-4-yl]oxy)acetic acid)	ng/l	10	1190931-41-9			
6:2-FTOH (6:2 fluorotélomer alcohol) FHET	ng/l	20	647-42-7			
8:2-FTOH (8:2 fluorotélomer alcohol) FOET	ng/l	10	678-39-7			
PFAS Ultrashorts :						
TFA (trifluoroacetic acid)	ng/l	10				
PFPrA (perfluoropropanoic acid)	ng/l	10				
TFMS (trifluoromethanesulfonic acid)	ng/l	10				
PFES (perfluoroethanesulfonic acid)	ng/l	10				
PFPrS (perfluoropropanesulfonic acid)	ng/l	10				

Prise en compte
de l'ensemble
des PFAS
poly-fluorés
transformables
en PFCAs per-
fluorés:



PFAS: Analyses avec et sans Top Assay

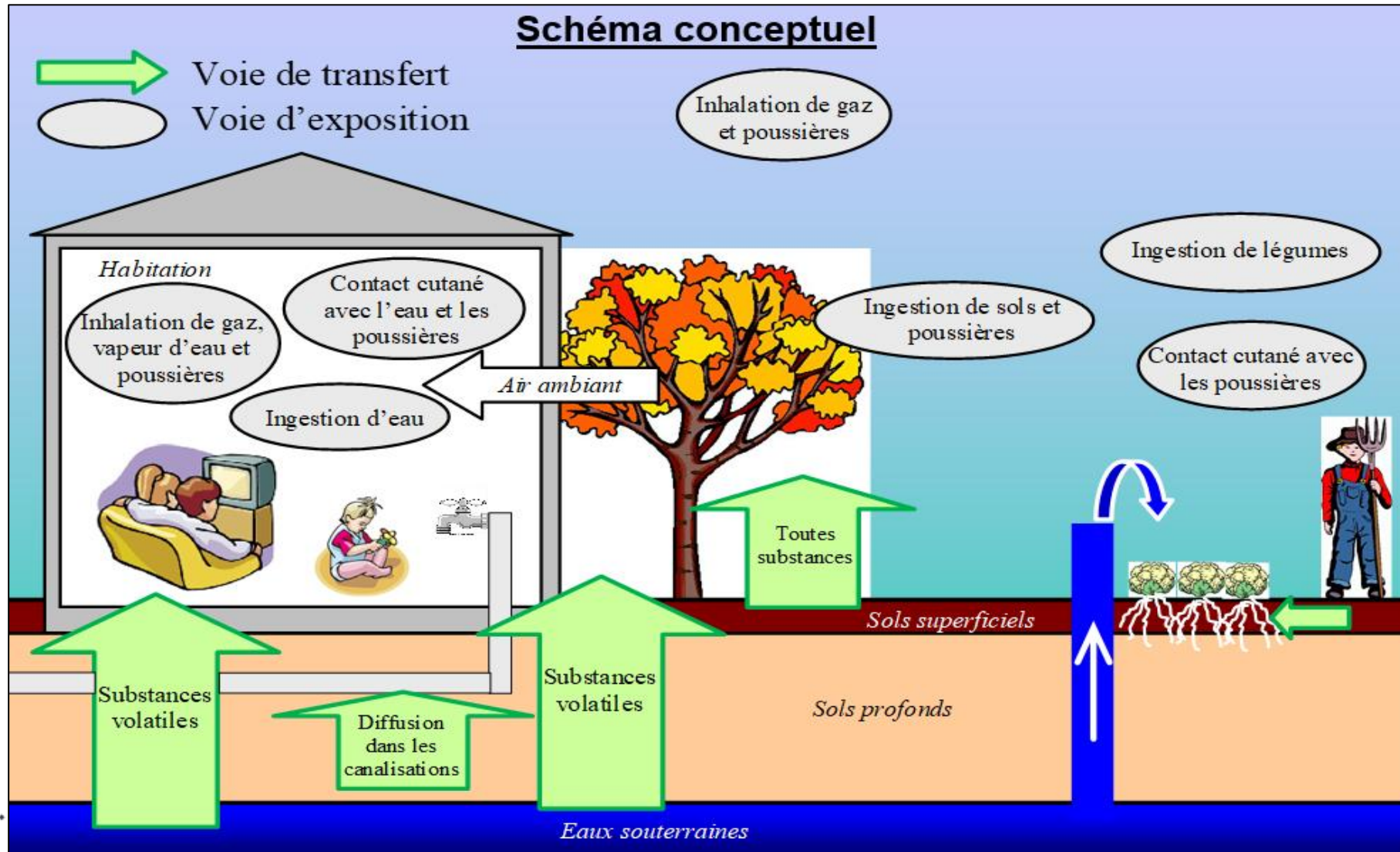


PFAS (PFC, PFT):

1. PFAS ? : Description des polluants
2. Sources des Contaminations & des Pollutions
3. Chimie environnementale
4. Toxicologie & écotoxicologie
5. Contexte réglementaire & Valeurs limites
6. Investigations & Evaluations des risques (ERS)
7. Traitements, Dépollution & Décontamination



Définition des Scenarios et voies d'exposition

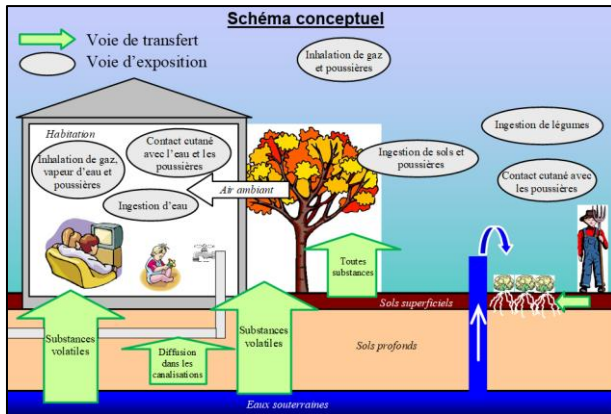


Exemple d'un schéma conceptuel:

Scénario d'exposition résidentiel

Définition des Scenarios et voies d'exposition

Scénarios d'exposition et voies d'exposition associées



Scénario d'exposition sur site / Voies d'exposition		Industrie et Commerce	Parcs & Loisirs / Activités sportives	Jardins d'enfants	Résidentiel collectif et Crèches & Ecoles	Agricole et produc- tion des aliments	Résidentiel avec jardins individuels
Inhalation	Respiration des Vapeurs ou gaz : Gaz du sol → Air Ambiant (Intérieur & Extérieur)	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
	Respiration des poussières	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
	Respiration de la vapeur contaminé pendant la douche ou d'un bain chaud*	(Oui)	(Oui)	Non	Oui	Non	Oui
Oral	Ingestion passive (Enfants & Adultes) ou active (Enfants) du sol contaminé	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
	Aliments autoproduits	Non	Non	Non	Non	Oui	Oui
	Ingestion de l'eau contaminée*	(Oui)	(Oui)	Non	Oui	Oui	Oui
Dermal	Contact direct au sol pollué	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
	Contact cutané: douche ou bain	(Oui)	(Oui)	Non	(Oui)	Non	Oui
	Contact cutané: bain dans les eaux superficielles ou eaux souterraines pompées contaminées	Non	Oui	Non	(Non)	(Non)	(Oui)

(*) : par exemple dans le cas des conduites d'eau potable enterrées en sous-sol contaminé

Quantification des DJE : Doses journalières d'Exposition : Inhalation

Inhalation

$$DJE_{inh} = Ca \cdot \frac{Q_{inh}}{P} \cdot Fa \cdot \frac{Ex}{Ve} \cdot Fexa \cdot Fexj \cdot Fexv$$

DJE_{inh} = Dose journalière d'exposition [mg/kg/j]

Ca = Concentration en polluant dans l'air [mg/m³]

Q_{inh} = Quantité inhalée d'air [m³/j], distincte entre adultes (Q_{inh}(a)) et enfants (Q_{inh}(e)).

P(a) = Poids corporel d'un adulte [70 kg]

P(e) = Poids corporel d'un enfant [15 kg]

Fa = Facteur d'absorption d'un polluant (à défaut : 100 % = [1])

Ex = Exposition totale par adulte ou enfant [a]

Ve = Années de la vie entière par adulte ou enfant [a]. En cas d'exposition aux substances avec seuil : Ve = Ex [a]

Fexa = Fréquence d'exposition annuelle [j/365j]

Fexj = Fréquence d'exposition journalière [hrs/24 hrs]

Fexv = Fréquence d'exposition pendant la vie [a/vie]

Quantification des risques et vérification des risques acceptables:

**Circulaire du Ministère chargé de l'Environnement du 19/04/2017/
Modalités de gestion et de réaménagement des sites pollués :**

- **Risques sanitaires acceptables** provoqués par des substances avec des effets toxiques à seuil de dose :

QR ou QD (Quotient de Risque ou de Danger) : $DJE / DJT < 1$

- **Risques sanitaires acceptables** provoqués par des substances avec des effets toxiques sans seuil de dose (par exemple risque cancérogène) :

ERI (Excès de risque individuel): $DJE \bullet ERU < 10^{-5}$

Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires



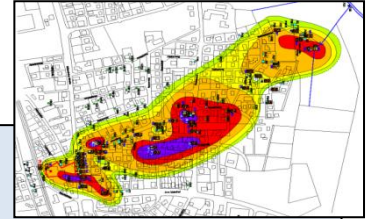
Les Effets avec seuil de dose :

- Il s'agit des **effets toxicologiques systémiques** (neurotoxicité, hépatotoxicité, néphrotoxicité, etc.), **non-génotoxiques**.
- Dans ce cas, les **Doses Journalières d'Exposition (DJE)** sont divisées par la **VTR**, sous forme de **DJT** (Dose journalière Tolérable), exprimée par ex. en [mg/kg/j], soit :

DJE (mg/kg/j) / DJT (mg/kg/j) = QR (Quotient de Risque) ou QD (Quotient de Danger)

- Le QR (ou QD) doit rester inférieur à « 1 », **sinon le risque est considéré comme**
→ non-acceptable.

Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires



Les Effets sans seuil de dose :

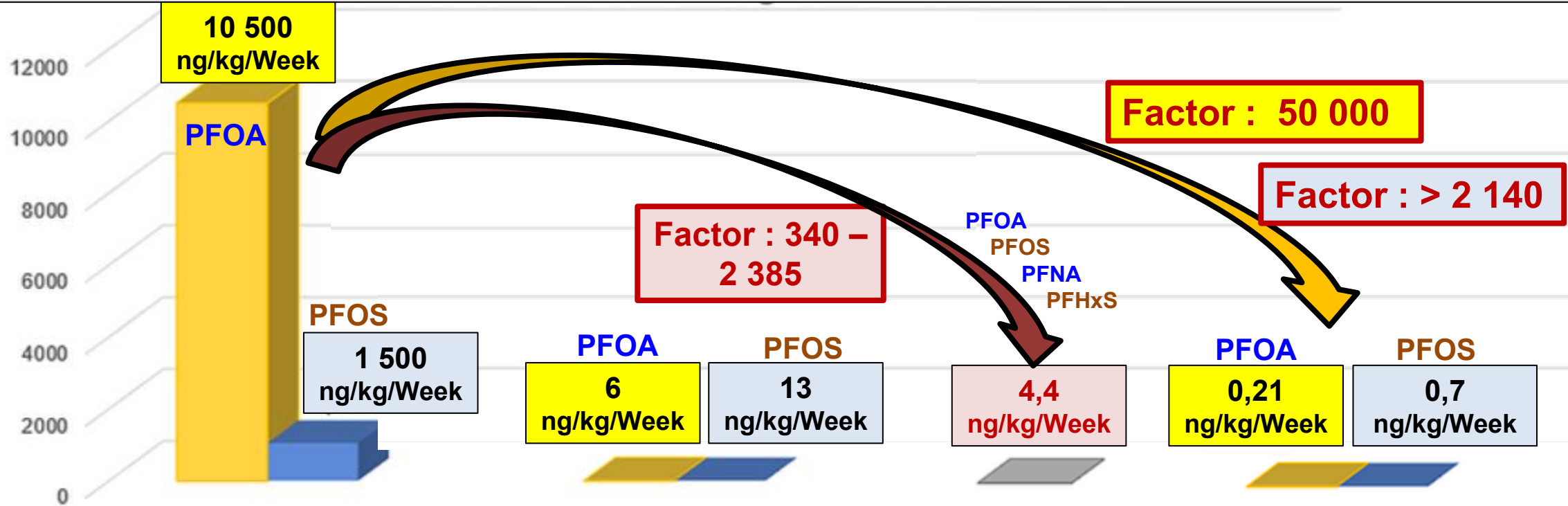
- En général, il s'agit des **effets génotoxiques (cancérigènes, mutagènes et tératogènes)** à l'exception des effets épigénétiques.
- Dans ce cas, les **Doses Journalières d'Exposition (DJE)** sont **multipliées par la VTR**, (sous forme d'Excès de Risque Unitaire : ERU) ou Slope Factor : SF ou Unit Risk: UR), exprimés par ex. en $[(\text{mg/kg/j})^{-1}]$, soit :

$$\text{ERU } [(\text{mg/kg/j})^{-1}] \bullet \text{DJE (mg/kg/j)} = \text{ERI (-) : Excès de Risque Individuel}$$

- L'ERI doit rester inférieur à « 10^{-5} », **sinon le risque est considéré comme**
→ non-acceptable.

VTR: EFSA & US-EPA : PFOA & PFOS : Consideration of Higher Toxicity

TWI & TDI: Tolerable Weekly & Daily Intake: 2008 – 2020 & 2024



VTR internationales : 1/2

- ANSES:** Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail / France (2017)
- ATSDR:** Agency for Toxic Substances and Disease Registry
- EFSA:** European Food and Safety Authority (EC)
- IRIS :** Integrated Risk Information of Substances (U.S.-EPA)
- UBA :** Umweltbundesamt (Germany)
- BfR:** Bundesinstitut für Risikobewertung (Germany)
- OEHHA :** Office of Environmental Health Hazard Assessment
- WHO:** World Health Organization (OMS)
- RIVM :** Netherlands Environmental & Health Institute
- MDHHS:** Michigan Department of Health and Human Services, Division of Environmental Health
- TCEQ:** Texas Commission on Environmental Quality
- NJ-DWQIHES:** New Jersey Drinking Water Quality Institute Health Effects Subcommittee
- Bil, W. et al. 2020 :** Toxicological Equivalence factors on PFOA RfD
- SLU:** Swedish University of Agricultural Sciences

Subst.	CAS Nr.	Cancero-genic / not can-cero-genic	Chronic toxicological value			Testing Species / Study Type	Sigle	Security Factor & Origin	Organi-sation
			Exposure pathway	Target organ	Value				
PFBA	375-22-4	NC	oral	Hepatic	1 µg/kg/d	Rate	RfD	POD _{HED} / 900	TCEQ 2023 US-EPA IRIS 2022
			inhalation	Hepatic	3,5 µg/m ³	Rate	RfC	from oral value	TCEQ 2023
PFPeA	2706-90-3	NC	oral	Hepatic	0,5 µg/kg/d	Rate	RfD	POD _{HED} / 90	TCEQ 2023
PFHxA	307-24-4	NC	oral	Hepatic	0,5 µg/kg/d	Rate	RfD	POD _{HED} / 90	TCEQ 2023 US-EPA IRIS 2023
PFHpA	375-85-9	NC	oral	Hepatic	25 ng/kg/d	Rate	DJT	Extrapolation of DJT of Health Canada	ANSES 2017 TCEQ 2023
PFOA	335-67-1	NC	oral	Hematologic	0,86 ng/kg/d	Rate	TDI	BMDL 5	UBA 2023 BFR & EFSA 2018
				Hepatic, Mammar, Hematologic	12 ng/kg/d	Mice	RfD	LOAEL / (81 * 300)	TCEQ 2023
				Immune, develop-mental and cardio-vascular	0,03 ng/kg/d	Epidemi-ologic	RfD	Several studies	US-EPA 2024 [7]
			inhalation	Hepatic	4,1 ng/m ³	Rate	RfC	NOAEL / (81 * 3 000)	TCEQ 2023
		C	oral	Testicular tumors	2,52 x 10 ⁻⁶ (ng/kg/d) ⁻¹	Epidemi-ologic	SF	-	New Jersey 2017
				Renal Cell Carcinoma	0,0293 (ng/kg/d) ⁻¹	Epidemi-ologic	SF	-	US-EPA 2024 [7]
PFNA	375-95-1	NC	oral	Hematologic	2,5 ng/kg/d	Mouse	RfD	NOAEL / 300	US-EPA IRIS 2019 / New Hampshire DES 2019
			inhalation	Lung, respiratory system	28 ng/m ³	Rate	RfC	NOAEL / (81 * 30 000)	US-EPA IRIS 2019 TCEQ 2023
PFBS	375-73-5	NC	oral	Hematologic and renal	1,4 µg/kg/d	Rate	RfC	NOAEL / (142*300)	TCEQ 2023
			inhalation		4,9 µg/m ³	Rate	RfC	from oral value	TCEQ 2023

VTR internationaux : 2/2

ANSES: Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail / France (2017)

ATSDR: Agency for Toxic Substances and Disease Registry

EFSA: European Food and Safety Authority (EC)

IRIS : Integrated Risk Information of Substances (U.S.-EPA)

UBA : Umweltbundesamt (Germany)

BfR: Bundesinstitut für Risikobewertung (Germany)

OEHHA : Office of Environmental Health Hazard Assessment

WHO: World Health Organization (OMS)

RIVM : Netherlands Environmental & Health Institute

MDHHS: Michigan Department of Health and Human Services, Division of Environmental Health

TCEQ: Texas Commission on Environmental Quality

NJ-DWQIHES: New Jersey Drinking Water Quality Institute Health Effects Subcommittee

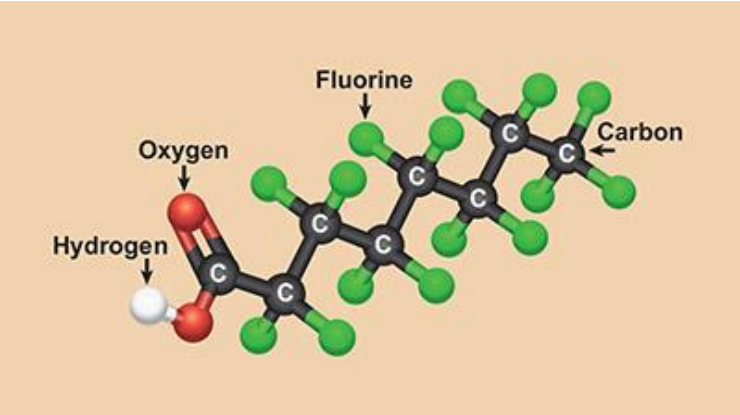
Bil, W. et al. 2020 : Toxicological Equivalence factors on PFOA RfD

SLU: Swedish University of Agricultural Sciences

Subst.	CAS Nr.	Cancero-genic / not can-cero-genic	Chronic toxicological value			Testing Species / Study Type	Sigle	Security Factor & Origin	Organi-sation
			Exposure pathway	Target organ	Value				
PFDA	335-76-2	NC	oral	Hepatic	15 ng/kg/d	Rate	RfD	LOAEL / (81 * 1 000)	TCEQ 2023
				Immune / developmental	0,002 ng/kg/d	Rate	RfD	BMDL / 30	US-EPA IRIS 2024
			inhalation	Hepatic	53 ng/m ³	Rate	RfC	from oral value	TCEQ 2023
PFHxS	355-46-4	NC	oral	Hematologic and thyroïdal	3,8 ng/kg/d	Rate	RfC	LOAEL / (263*300)	TCEQ 2023
			inhalation		13 ng/m ³	Rate	RfC	from oral value	TCEQ 2023
PFHpS	375-92-8	NC	oral	Hepatic	0,43 ng/kg/d	Rate	TDI	Potency Factor : 0,6-2	UBA 2020, EFSA 2018, BfR 2018
PFOS	1763-23-1	NC	oral	Hepatic	1,86 ng/kg/d	Monkey	TDI	NOAEL	UBA 2020 BfR & EFSA 2018
				Decreased birth weight and increased cholesterol	0,1 ng/kg/d	Human epidemiologic	RfD	POP / 10	US-EPA 2024
			inhalation	Thyroidal, neurological and foetal development	81 ng/m ³	Rate	RfC	from oral value (23 ng/kg/j)	TCEQ 2023
		C	oral	Hepatic	39,5 (mg/kg/d) ⁻¹	Rate	SF	-	US-EPA 2024
PFOSA	754-91-6	NC	oral	Mammary glands	12 ng/kg/d	Mice	RfD	As PFOA: NOAEL / (81 * 300)	TCEQ 2023
			inhalation		4,1 ng/m ³	Rate	RfC	As PFOA NOAEL/ (81 * 3 000)	TCEQ 2023
6:2-FTOH	647-42-7	NC	oral	Hepatotoxic	43 ng/kg/d	Rate	RfD	RPF based on PFOA's RfD x 0,02	RIVM / Bil et al. 2020 & 2021
8:2-FTOH	678-39-7	NC	oral	Hepatotoxic	21,5 ng/kg/d	Rate	RfD	RPF based on PFOA's RfD x 0,04	RIVM / Bil et al. 2020 & 2021
			oral		1,5 x 10 ³ ng/kg/d	Rate	RfD	RfD assimilated to PFOA transformation Product 8:2-FTOH & Inhalation: 20 m ³ /d	SLU 2018 (Sweden) (Ingestion based on EFSA 2008)

VTR : Facteurs d'équivalence de toxicité
Exemple: W. Bil et al. (2020-2021):

**RPF : Relative Potency Factors,
Basés sur une Equivalence toxi-
cologique par rapport au PFOA**



**Attention: Les RPFs sont seule-
ment utilisables pour
l'hépatotoxicité !**

Per- and polyfluorinated congeners	RPF
Sulfonic acids	
PFBS	0.001
PFPeS*	$0.001 \leq \text{RPF} \leq 0.6$
PFHxS	0.6
PFHpS*	$0.6 \leq \text{RPF} \leq 2$
PFOS	2
PFDS*	2
Carboxylic acids	
PFBA	0.05
PFPeA*	$0.01 \leq \text{RPF} \leq 0.05$
PFHxA	0.01
PFHpA*	$0.01 \leq \text{RPF} \leq 1$
PFOA	1
PFNA	10
PFDA*	$4 \leq \text{RPF} \leq 10$
PFUnDA	4
PFDODA	3
PFTTrDA*	$0.3 \leq \text{RPF} \leq 3$
PFTeDA	0.3
PFHxDA	0.02
PFODA	0.02
Ether carboxylic acids	
HFPO-DA	0.06
ADONA	0.03
Telomer alcohols	
6:2 FTOH	0.02
8:2 FTOH	0.04

^a RPF values using relative liver weight increase as input. RPFs are presented for 14 perfluoroalkyl acids (PFAAs) and two PFAA precursors (the telomer alcohols).

*RPF based on read-across.

Abkürzung	Substanz	CAS-Nummer	TEF
PFBA	Perfluorbutansäure	375-22-4	0.05
PFPeA	Perfluorpentansäure	2706-90-3	0.05
PFHxA	Perfluorhexansäure	307-24-4	0.01
PFHpA	Perfluorheptansäure	375-85-9	1
PFOA	Perfluoroctansäure	335-67-1	1
PFNA	Perfluornonansäure	375-95-1	10
PFDA	Perfluordecansäure	335-76-2	10
PFUnDA	Perfluorundecansäure	2058-94-8	4
PFDoDA	Perfluordodecansäure	307-55-1	3
PFTTrDA	Perfluortridecansäure	72629-94-8	3
PFTeDA	Perfluortetradecansäure	376-06-7	0.3
PFHxDA	Perfluorhexadecansäure	67905-19-5	0.02
PFODA	Perfluoroctadecansäure	16517-11-6	0.02
PFBS	Perfluorbutansulfonsäure	375-73-5	0.001
PFPeS	Perfluorpentansulfonsäure	2706-91-4	0.6
PFHxS	Perfluorhexansulfonsäure	355-46-4	0.6
PFHpS	Perfluorheptansulfonsäure	375-92-8	2
PFOS	Perfluoroctansulfonsäure	1763-23-1	2
PFDS	Perfluordecansulfonsäure	335-77-3	2
HFPO-DA (GenX)	Perfluor(2-propoxypropansäure)	62037-80-3	0.06
ADONA	Perfluoro-4,8-dioxa-3H-nonansäure	958445-44-8	0.03
6:2-FTOH	6-2 Fluortelomeralkohol	647-42-7	0.02
8:2-FTOH	8-2 Fluortelomeralkohol	678-39-7	0.04
Capstone B	Capstone B	34455-29-3	0.001
Capstone A	Capstone A	80475-32-7	0.05
PFOSA (=FOSA)	Perfluoroctansulfonamid	754-91-6	2
4:2-FTS	4:2-Fluortelomer-sulfonsäure	757124-72-4	0.2
6:2-FTS	6:2-Fluortelomer-sulfonsäure	27619-97-2	0.2
8:2-FTS	8:2-Fluortelomer-sulfonsäure	39108-34-4	1
PFNS	Perfluornonansulfonsäure	68259-12-1	10
EtFOSA	N-Ethylperfluoroctansulfonamid	4151-50-2	2
MeFOSA	N-Methylperfluoroctansulfonamid	31506-32-8	2
EtFOSAA	N-Ethylperfluoroctansulfonamidoessigsäure	2991-50-6	2
MeFOSAA	N-Methylperfluoroctansulfonamidoessigsäure	2355-31-9	2

VTR / TEF : Suisse (2024)

Facteurs d'Equivalence de toxicité



Critères de
choix des VTR

Question des PFAS, Per- & Polyfluoro-Alkyl Substances

Mesures et évaluations des risques des expositions par des PFAS dans l'air ambiant, EORS comme outil de la protection de la santé humaine

Pollutions environnementales et Risques pour la Santé

Mesures et évaluations des risques des expositions par des PFAS dans l'air ambiant, EORS comme outil de la protection de la santé humaine



No	TRD: Toxicological Reference Dose Choice Criteria	Appreciation			
		Favorable	Correct	Not favorable	Exclusion
1	Variability of indicated TRD	(+/- 0 %)	≤ (+/- 30 %)	> (+/- 30 %)	
2	Class (potential) Carcinogenic: EC: Class 3/ US-EPA: Class B2, C / IARC: Group 1	3 Organisms : CE, US-EPA, IARC, etc.	2 Organisms	1 Organisms	
3	Several Organisms shows similar TRD (+/- 50 %)	> 3 Organisms	2 Organisms	1 Organism	
4	Age of base Study	≤ 15 a	15 – 25 a	< 25 a	
5	Mechanistic toxicological basement Study (for ex. Genotoxicity):	Epidemiology	Mammal	In-Vitro / In-silico	
6	Basement Study : Klimisch Quality Criteria	Class 1	Class 2	Class 3	Class 3
7	Verified Purity of Compound	Yes	< 95 %	No	
8	Excipient potentially toxic	No		Yes	
9	Presence of population without exposure (test witness)	Yes		No	
10	General Quality Criteria (Klimisch) of toxicological effect studies	Standardized Study (OCDE, UE, US EPA, FDA, etc.)	Standardized Study without Details, but correctly documented	Document insufficient for evaluation, systematic deficiencies	
11	POD : Point of Departure	Quantified Epidemiological Data, BMLD, etc. (PBPK)	NOAEL sensitive NOAEL	LOAEL sensitive, LOAEL, Other	
12	Uncertainty (or Assessment) Factors	1 – 100	> 100 – 1000	> 1 000 – 10 000	> 10 000
13a	Transpositions: Between Exposure Pathways	No		Yes	
13b	Transposition: Animal to Human	No	Yes		
13c	Transpositions : From in-Vitro	N		Yes	
13d	Transpositions : From in-Silico	No		Yes	
14	Study time-representatively	≥ chronic (> 180 d)	sub-chronic (90 d) to c hronic (180 d)	< sub-chronic (< 90 d)	
15	Integration of bio-disponibility / Bio-resorption capacity (ex.: DIN 19 738)	Yes	Not known (100 %)	Known, but not considered	

Evaluation des Mélanges des PFAS

Les effets de mélange des polluants (« *Combined Exposure to multiple Chemicals* ») sont considérés depuis 2009 par l'IPCS & OMS (WHO) etc. via une additivité des doses d'exposition et des risques, si les effets toxicologiques sont similaires ou les mêmes.

Les exceptions sont :

- les Synergies (interaction) qui montrent des effets toxicologiques plus importants que l'additivité des doses ou
- les Antagonismes (interaction) qui provoquent des effets toxicologiques moins importants que l'additivité des doses.



Une différence doit être faite entre :

- A. l'exposition agrégée (« Aggregate Exposure ») aux polluants individuels par l'ensemble des voies d'exposition,
 - B. l'exposition cumulée (« Cumulative Exposure ») évaluant un risque combiné par plusieurs polluants.
- Il faut identifier les polluants montrant les mêmes mécanismes toxicologiques (ou organes cibles). Ces groupes de polluants sont appelés les « MOA : Common Toxic Mode of Action ».

Addition pour chaque groupe MOA, par ex. via l'application suivante :

$$\sum_{i=1}^n QD_i = \sum_{i=1}^n \frac{DJE_i}{VTR_i}$$

Quotient de Risque : QR

= Exposition 1 (DJE)/DJT + Exposition 2 (DJE)/DJT +

Excès de Risque Individuel : ERI

= Exposition 1 (DJE) • ERU + Exposition 2 (DJE) • ERU +


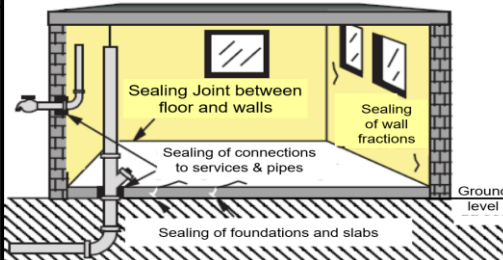
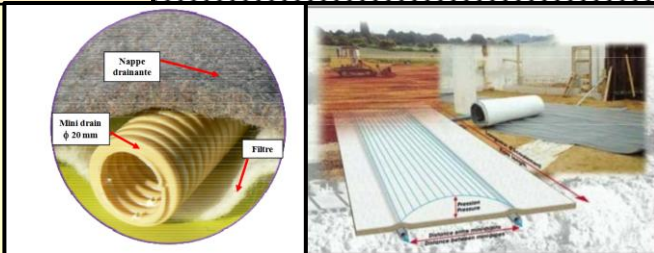
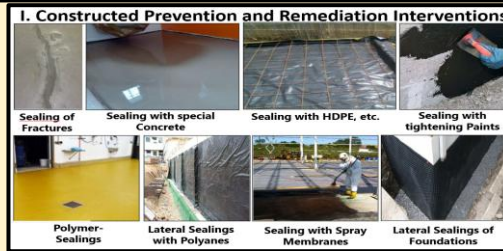
Inhalation : Exemples des taux de respirations (ALMBL 2000 ou CIBLEX):

Taux de respiration, selon l'âge et des activités physiques (ALMBL 2000 et INVS - CIBLEX)							
Age	< 1	1 – 3	4 - 6	7 - 9	10 - 14	15 - 19	20 - 75
Repos (m ³ /j)	1,9	3,8	7,6	11	15	17	17
Activité faible (m ³ /j)	3,8	7,6	15	23	30	34	34
Activité moyenne (m ³ /j)	7,6	15	30	46	61	68	68
Activité intense (m ³ /j)	13	27	53	80	106	120	120

PFAS (PFC, PFT):

1. PFAS ? : Description des polluants
2. Sources des Contaminations & des Pollutions
3. Chimie environnementale
4. Toxicologie & écotoxicologie
5. Contexte réglementaire & Valeurs limites
6. Investigations & Evaluations des risques (ERS)
7. Traitements, Dépollution & Décontamination

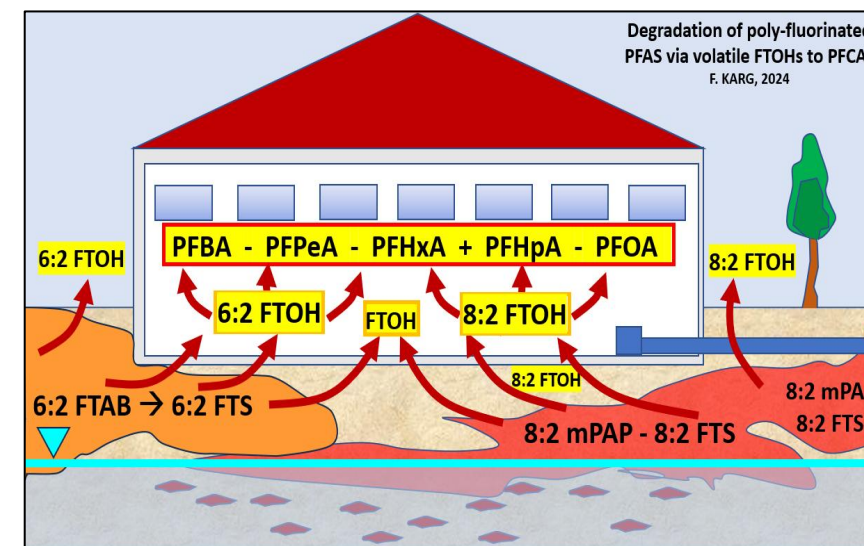


PFAS: Soil gas (vapor) and Ambien Air					
Matrix	Technology		Advantage	Inconvenient	Remarks
25. Soil gas	In-situ: ➤ <u>Soil Vapor Extraction (SVE):</u> HPC International		Efficient for volatile PFAS as 6:2-FTOH, 8:2-FTOH, TFA, etc.	Needs technical-economic Feasibility Study (Sub soil Permeabilities, etc.)	Standard Remediation Technology.
26.Ambient Air	In-situ: ➤ <u>Sub Slab Extraction (under Foundations):</u> HPC International		Efficient for volatile PFAS as 6:2-FTOH, 8:2-FTOH, TFA, etc.	Needs technical-economic Feasibility Study (Sub soil Permeabilities, etc.)	Standard Remediation Technology.
27. Soil gas & Ambient Air	In-situ: ➤ <u>Gas drainages (under Foundations):</u> HPC International		Efficient for volatile PFAS as 6:2-FTOH, 8:2-FTOH, TFA, etc.	Needs technical-economic Feasibility Study (Sub soil Permeabilities, etc.)	Standard Remediation Technology.
28. Soil gas & Ambient Air	In-situ: ➤ <u>Building Sealings):</u> HPC International		Efficient for volatile PFAS as 6:2-FTOH, 8:2-FTOH, TFA, etc.	Needs technical-economic Feasibility Study (Sub soil Permeabilities, etc.)	Standard Remediation Technology.

Conclusion :

Contact: frank.karg@hpc-international.com

- Il existe plus que 9 000 composés PFAS + env. 700 COV & COHV
- Les PFAS sont très solubles mais aussi bio-accumulables
- Les substances per- et polyfluoroalkyles (PFAS) sont en majorité non-volatiles, à l'exception des FTOH : Alcools fluorotélomères et autres...
- Les PFAS polyfluorés sont bio-transformés en PFAS perfluorés stables
- Il existe des milliers de sites & bâtiments pollués par les PFAS: sites de lutte contre l'incendie (comme sur les aéroports...), sites industriels, terres agricoles avec boues de STEP....
- Les eaux souterraines sont immédiatement affectées (y compris l'eau potable). Les gaz du sol et l'air ambiant sont à investiguer.
- Les évaluations quantitatives des risques (EQRS) avec une adaptation des paramètres d'expositions réelles sont nécessaires concernant les PFAS volatils (FTOHs, etc.) !
- Les mesures correctives applicables existent pour les gaz du sol et l'air ambiant : étanchéifications, drainages des gaz, ventilation, Venting (SVE), dépollution des sources des PFAS et COV & COHV.



Management des pollutions PFAS: Per- & Polyfluoro-Alkyl Substances:
Santé - Environnement

Merci !

Questions ? Remarques ?

Dr. (PhD) Frank Karg / Scientific Director of HPC-Group (INOGEN JV) and
CEO-President of HPC INTERNATIONAL / France & Germany etc.

Email: frank.karg@hpc-international.com / Phone: +33 607 346 916

