

# Gestion des PFAS: Per- & Polyfluoro-Alkyl Substances: Pollutions environnementales et Risques pour la Santé



**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](mailto:frank.karg@hpc-international.com)

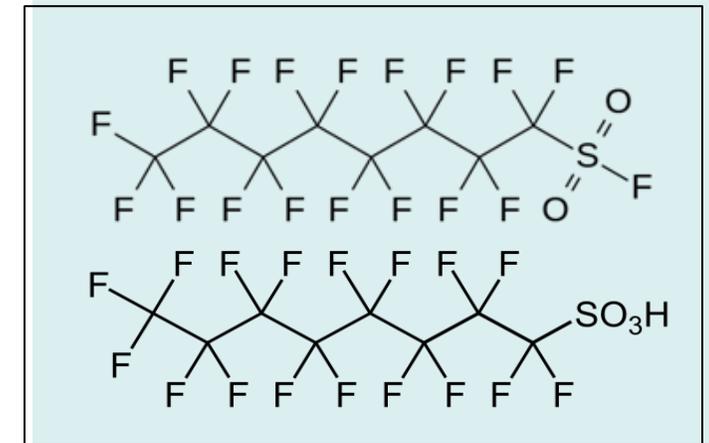
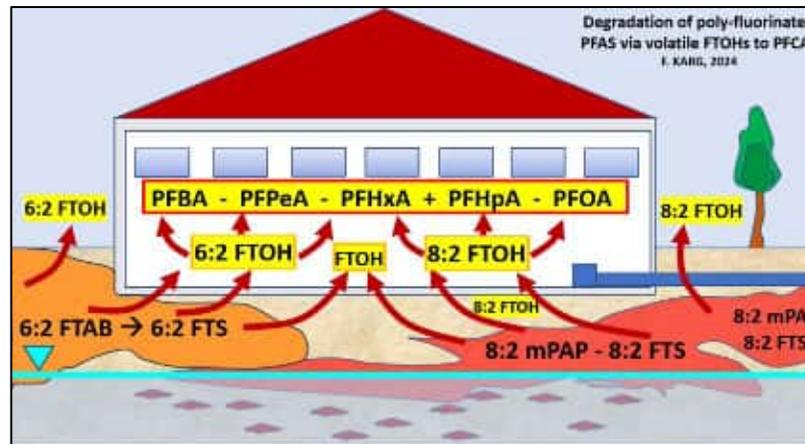
# L'importance de l'identification et de la différenciation des Sources PFAS dans les eaux souterraines via la Multi-Vector-Analyse sur la base de l'Intelligence Artificielle dans le cadre des Expertises judiciaires

## The importance of Identifying and Differentiating PFAS Sources in Groundwater via Multi-Vector-Analysis, based on Artificial Intelligence in the context of Forensic Expertise

Frank KARG, Philippe GIRARD, Ulrike HINTZEN, Lucie ROBIN-VIGNERON /

HPC INTERNATIONAL / France, Germany, Suisse, Hungary, Balkan, etc.

Email: [frank.karg@hpc-international.com](mailto:frank.karg@hpc-international.com) / Tél:+33 607 346 916



**PFAS**

Le Gouvernement lance un plan d'action interministériel pour limiter les risques associés aux PFAS  
06/04/2024

Alerte aux « polluants éternels » dans des rivières et étangs d'Ille-et-Vilaine

Industrie Polluants éternels : 34 communes du Rhône portent plainte pour « mise en danger de la vie

**PFAS** Que sont les PFAS, ces polluants retrouvés dans les rivières du Finistère ?

franceinfo: vidéos radio jt émissions  
15/01/2024

Midi Libre 06/02/2024  
Un "record du monde" de rejets de polluants éternels mesuré à Salindres : Générations futures accuse les autorités locales d'inaction

LCP 06/02/2024  
POLLUANTS ÉTERNELS : UN RAPPORT ALERTE SUR LA NÉCESSITÉ D'INTERDIRE "URGEMMENT" LES REJETS INDUSTRIELS CONTENANT DES PFAS

"PFAS" dans l'eau potable : 166 000 habitants concernés dans la région, l'ARS passe en "phase active"



**PFAS** «Polluants éternels» : l'eau du robinet contaminée chez plus de 160 000 habitants en Auvergne Rhône-Alpes

LCP ASSEMBLÉE NATIONALE

NICOLAS THIERRY STOP PFAS  
CONFÉRENCE DE PRESSE : LES PFAS, UN POISON

ici  
En octobre dernier, l'ARS se retrouvait dans la tourmente autour de pollution supposée de la qualité de l'eau du robinet dans la Région. En guise de réponse, quatre mois après, elle annonce plus de 320 tests et de prélèvements autour des PFAS, les très controversés polluants éternels.

**PFAS** Sud Ouest  
Contamination aux PFAS : le problème de santé publique qui enfle, qui enfle

Centre Presse.fr  
L'eau du robinet impropre à la consommation en France : ce mail interne de l'ARS qui jette le trouble

pourquoi docteur  
07/02/2024  
PFAS : contamination record de l'eau de deux villes proches d'une usine

ars  
Contrôle

actuLyon 19/03/2024  
Polluants éternels : la Métropole de Lyon porte plainte contre deux entreprises  
La Métropole écologiste de Lyon a annoncé, ce mardi 19 mars 2024, le dépôt d'une plainte contre les sociétés Arkema et Daikin, soupçonnées de

franceinfo: 21/03/2024  
PFAS : des "polluants éternels" r... des personnes testées, selon une...  
Les cheveux de 152 personnes ont été analysés dans une campagne menée par le député écologiste Nicolas Thierry et la députée communiste Mélanie Laurent y ont participé.

PFAS : Surveillance des eaux en Auvergne Rhône-Alpes  
Les PFAS dans l'environnement

LE PROGRES 04/03/2024  
Pollution aux PFAS : la consommation des fruits et légumes à Oullins-Pierre Bénite déconseillée par la préfecture  
Les fruits et légumes provenant des potagers aux alentours de l'usine Arkema pourraient contenir des taux importants de polluants chimiques cancérigènes pour l'homme.

ouest france  
Actualité Nos partenaires Régions Communes Sport JO 2024  
**Alerte aux « polluants éternels » dans des rivières et étangs d'Ille-et-Vilaine**  
Trois associations - Vitré-Tuvalu, Aube la...

franceinfo: vidéos radio jt  
3 Auvergne Rhône-Alpes  
"PFAS" dans l'eau potable : 166 000 habitants concernés dans la région, l'ARS passe en "phase active"

ici  
En octobre dernier, l'ARS se retrouvait dans la tourmente autour de pollution supposée de la qualité de l'eau du robinet dans la Région. En guise de réponse, quatre mois après, elle annonce plus de 320 tests et de prélèvements autour des PFAS, les très controversés polluants éternels.

actuLyon  
19/03/2024  
Polluants éternels : la Métropole de Lyon porte plainte contre deux entreprises  
La Métropole écologiste de Lyon a annoncé, ce mardi 19 mars 2024, le dépôt d'une plainte contre les sociétés Arkema et Daikin, soupçonnées de

LIBÉRIAN  
GOUVERNEMENT  
Liberté  
Egalité  
Fraternité  
**PFAS**

# Plan d'actions interministériel sur les PFAS

Avril 2024

**Action 21 : Renforcer la recherche - Améliorer les connaissances sur les propriétés physico-chimiques, les mécanismes de mobilité, le transfert et la dégradation**

FRANCE NATION VERTE  
Agir · Mobiliser · Accélérer

Le Gouvernement lance un plan d'action ministériel pour limiter les risques associés  
06/04/2024  
**PFAS** Que sont les PFAS, ces polluants retrouvés dans les rivières du Finistère ?  
Alors qu'à Plabennec (Finistère)...

LCP  
06/02/2024  
**POLLUANTS ÉTERNELS : UN RAPPORT ALERTE SUR LA NÉCESSITÉ D'INTERDIRE "URGEMMENT" LES REJETS INDUSTRIELS CONTENANT DES PFAS**

LCP ASSEMBLÉE NATIONALE  
NICHOLAS THIERRY STOP PFAS  
CONFÉRENCE DE PRESSE : LES PFAS, UN POISON

pourquoi docteur  
07/02/2024  
PFAS : contamination record de l'eau de deux villes proches d'une usine

ars  
LE PROGRES  
04/03/2024  
**PFAS** Pollution aux PFAS : la consommation des fruits et légumes à Oullins-Pierre Bénite déconseillée par la préfecture  
Les fruits et légumes provenant des potagers aux alentours de l'usine Arkema pourraient contenir des taux importants de produits chimiques cancérigènes pour l'homme.

21/03/2024

Les PFAS en Auvergne R

## 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



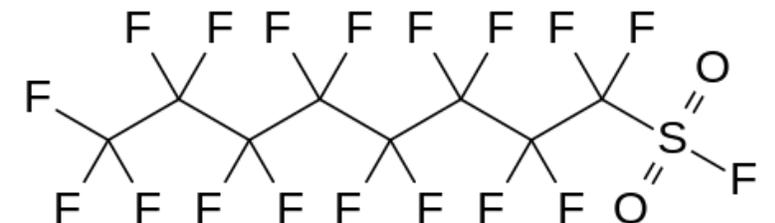
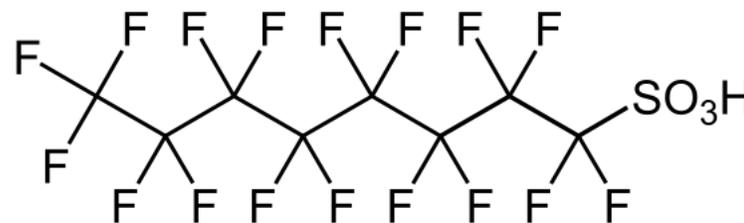
# Management of PFAS: Per- & Polyfluoro-Alkyl Substances: Environmental Contaminations & Health Risk

## ***PFAS 1<sup>st</sup> Classification:***

Characteristics	PFAS Polymers	PFAS Monomers
Chemical Reactivity:	none	important
Environmental Mobility:	none	Soluble and some volatile (FTOHs, etc.)
Solubility & Bio-disponibility:	none	Strong
Environmental Chemistry:	Strongly inert	Biotransformation of poly-fluorinated to per-fluorinated PFAS, pH & Eh dependent
Bioaccumulation:	none	Yes; compound dependent
Toxicity / Ecotoxicity:	Strongly inert	Multiple: hepato-, repro-, immuno-, neuro-, hemato-toxicity, etc.
Chemical analogues:	PVC	Vinyl chloride
Societal & Technological Importance:	<p><u>Very strong:</u>                      Medicine equipment, Electronics, Sealings, Confinement of chemicals, Climatization equipment &amp; fridges, Car-industry, Aeronautic &amp; Space Industry, Paints, Papers, Cartridges, etc.</p>	<p>Less strong:                      AFFF (Anti Fire Fighting Foams), Galvanization Additives, etc.</p>

## PFAS ?

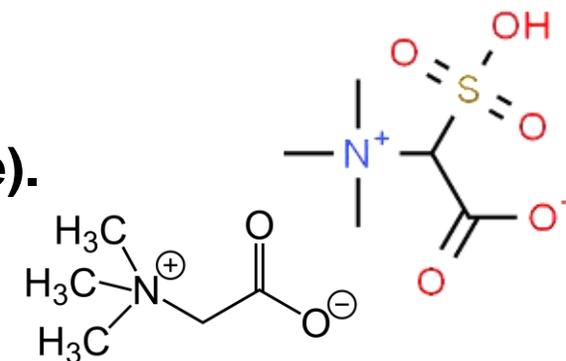
- Il existent **> 9 000 substances** Per- & Polyfluor-akyles (PFAS) en produits synthétiques
- PFAS ont été fabriqués industriellement **depuis** des années **1940s**.
- **PFOA and PFOS** ont été fortement produits et étudiés. Les 2 substances sont très persistents et toxiques pour les organismes, y compris les humains.
- Quelques PFAS sont des **POP**: « Persistent Organic Pollutants » et bannis par la [Convention de Stockholm](#), comme PFOA, PFOS & PFOSF (Perfluoro-octanonic-acid, Perfluoro-octane-sulfonic-acid & Perfluoro-octane-sulfonyl fluorine).



**PFAS comprennent une gamme diversifiée de groupes hydrophiles,**

**→ ce qui explique leur forte solubilité:**

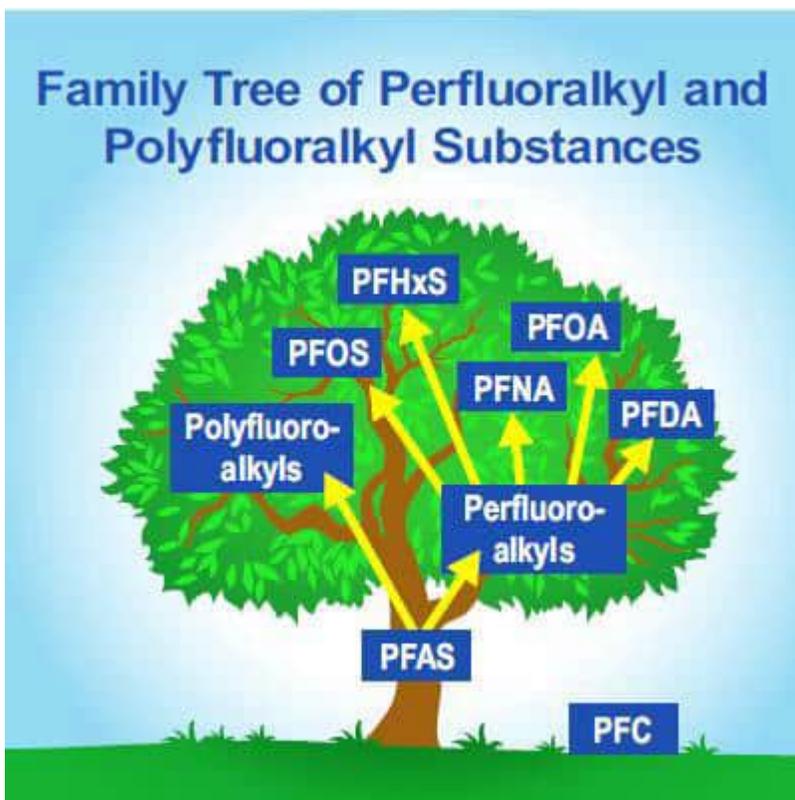
- **Non ioniques** (p. ex. polyéthylène glycols, oligomères d'acrylamide).
- **Anioniques** (p. ex., les sulfonates, les sulfates, les carboxylates et les phosphates).
- **Cationiques** (p. ex., ammonium quaternaire: par ex. Bétaines & Sulfobétaines).



→ **Les produits commerciaux** contiennent principalement **des mélanges.**

→ **Les fluoro-télomères à longue chaîne (> C<sub>8</sub>)** utilisés comme substitués du PFOS (interdit) et du PFOA **sont transformés en PFOA dans le sous-sol.** Les PFAS de chaîne courte (< C<sub>6</sub>) ne peuvent pas être transformés en PFOA ou en PFOS.

## PFAS Classification:



Classement et structure chimique pour les alkyls perfluorés (d'après Buck *et al.* (2011))

Classification et structure chimique		$C_nF_{2n+1}R$ , où $R =$	Exemples (n=8)
Acides alkyls perfluorés (PFAA)  <b>Acides Perfluoro alkyls (PFAA)</b>	Acides carboxyliques alkyls perfluorés (PFCA)	COOH	PFOA (forme acide carboxylique)
	Carboxylates d'alkyls perfluorés (PFCA)	COO <sup>-</sup>	PFOA (forme carboxylate)
	Acides sulfoniques perfluoroalcanes (PFSA)	SO <sub>3</sub> H	PFOS (forme acide)
	Sulfonates de perfluoroalcanes (PFSA)	SO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PFOS (forme sulfonate)
	Acides sulfiniques de perfluoroalcanes (PFSIA)	SO <sub>2</sub> H	Acide sulfinique perfluorooctane (PFOSI)
	Acides phosphoniques alkyls perfluorés (PFPA)	P(=O)(OH) <sub>2</sub>	Acide sulfonique perfluorooctyl (C8-PFPA)
	Acides phosphiniques alkyls perfluorés (PFPIA)	P(=O)(OH)(C <sub>m</sub> F <sub>2m+1</sub> )	Acide phosphinique bis(perfluorooctyl) (C8/C8-PFPIA)
Sulfonates de perfluoroalcanes fluorés (PASF)	SO <sub>2</sub> F	Sulfonate de perfluorooctane fluoré (POSF)	
<b>Sulfonates Perfluoro alkyls (PFASu)</b>			
Sulfonamides de perfluoroalcanes (FASA)	SO <sub>2</sub> NH <sub>2</sub>	Sulfonamide de perfluorooctane (FOSA)	
<b>Sulfonamides Perfluoro alkanes (PFASa)</b>			
Perfluoroalcanoyles fluorés (PAF)	COF	Perfluorooctanoyle fluoré (POF)	
<b>Perfluoro alkanoyles (PAF)</b>			
Iodures alkyls perfluorés (PFAI)	I	Iodure hexyl-perfluoré (PFHxI)	
<b>Perfluoro alkyle iodites (PFAI)</b>			
Aldéhydes alkyls perfluorés (PFAL) et hydrates d'aldéhydes perfluorés (PFAL.H <sub>2</sub> O <sub>s</sub> )	CHO et CH(OH) <sub>2</sub>	Perfluorononanal <sup>7</sup> (PFNAL)	

# Gestion des PFAS: Per- & Polyfluoro-Alkyl Substances: Pollutions environnementales et Risques pour la Santé

**Min:  
33  
Catégories**

1. **Acides Perfluoroalkane-sulfoniques (PFASs),**
2. Perfluoroalkane-sulfonates (sels),
3. Perfluoroalkane-sulfonique-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



# Gestion des PFAS: Per- & Polyfluoro-Alkyl Substances: Pollutions environnementales et Risques pour la Santé

## Production & Applications depuis 1960

- Galvanisation
- Production des Textiles
- Food Packaging (Polymers)
- Production des Papiers & Cartons
- Raffineries, Industrie Photographique & encres
- Matériel de Construction (Bétons):  
par ex. C<sub>8</sub>-C<sub>20</sub>-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....



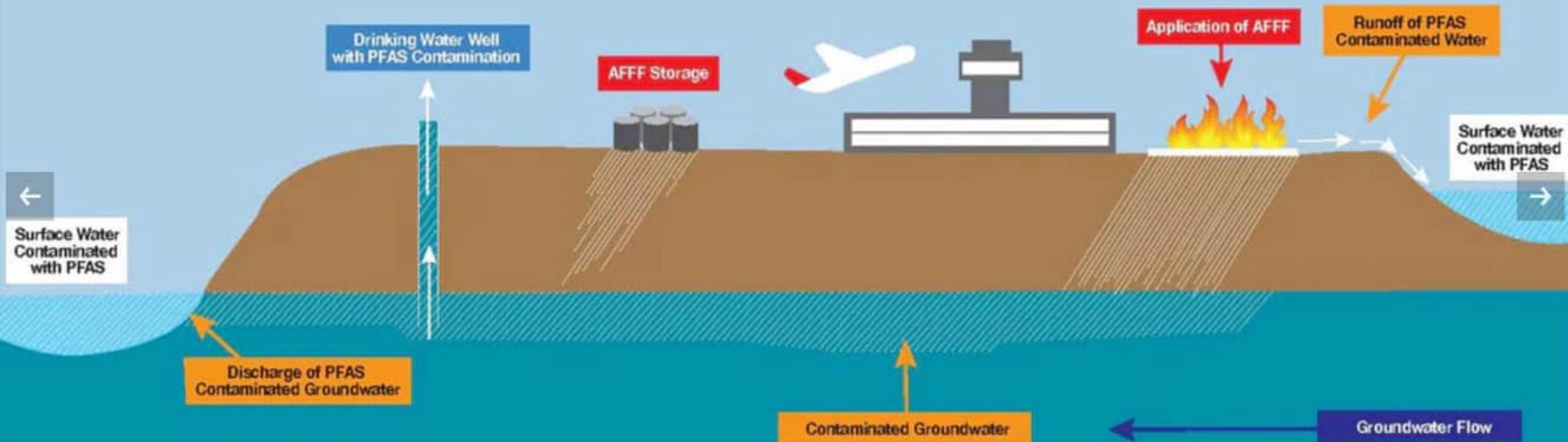
Utilisation des PFAS (AFFF) sur  
l'ancienne Base Aérienne  
BA 103 (700 ha)



## Utilisation des Mousses Anti Incendie (AFFF) sur les Aéroports: Anti Fire Fighting Foams

### Sources, Pathways & Receptors

### PFAS in AFFF



# Gestion des PFAS: Per- & Polyfluoro-Alkyl Substances: Pollutions environnementales et Risques pour la Santé

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

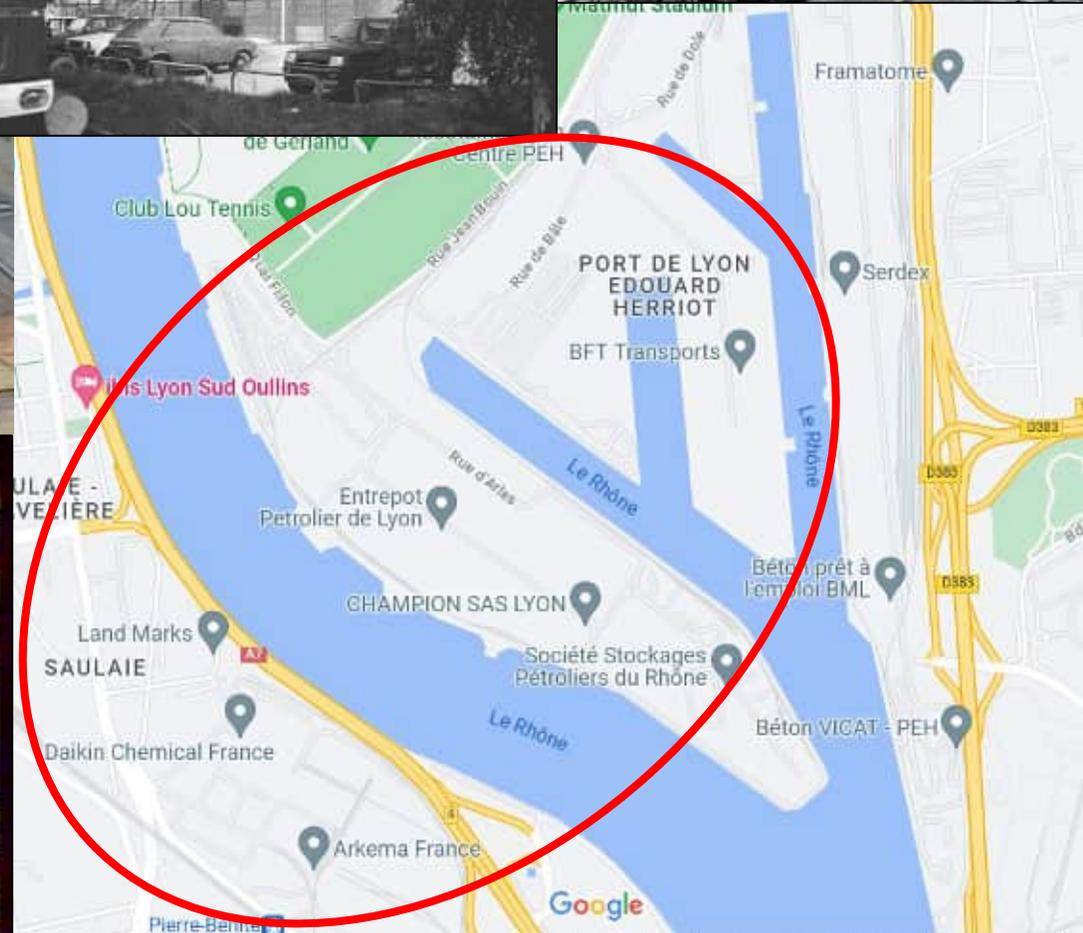


Quelle: Spiegel Online 19.11.2016 / KTVU-TV / AP

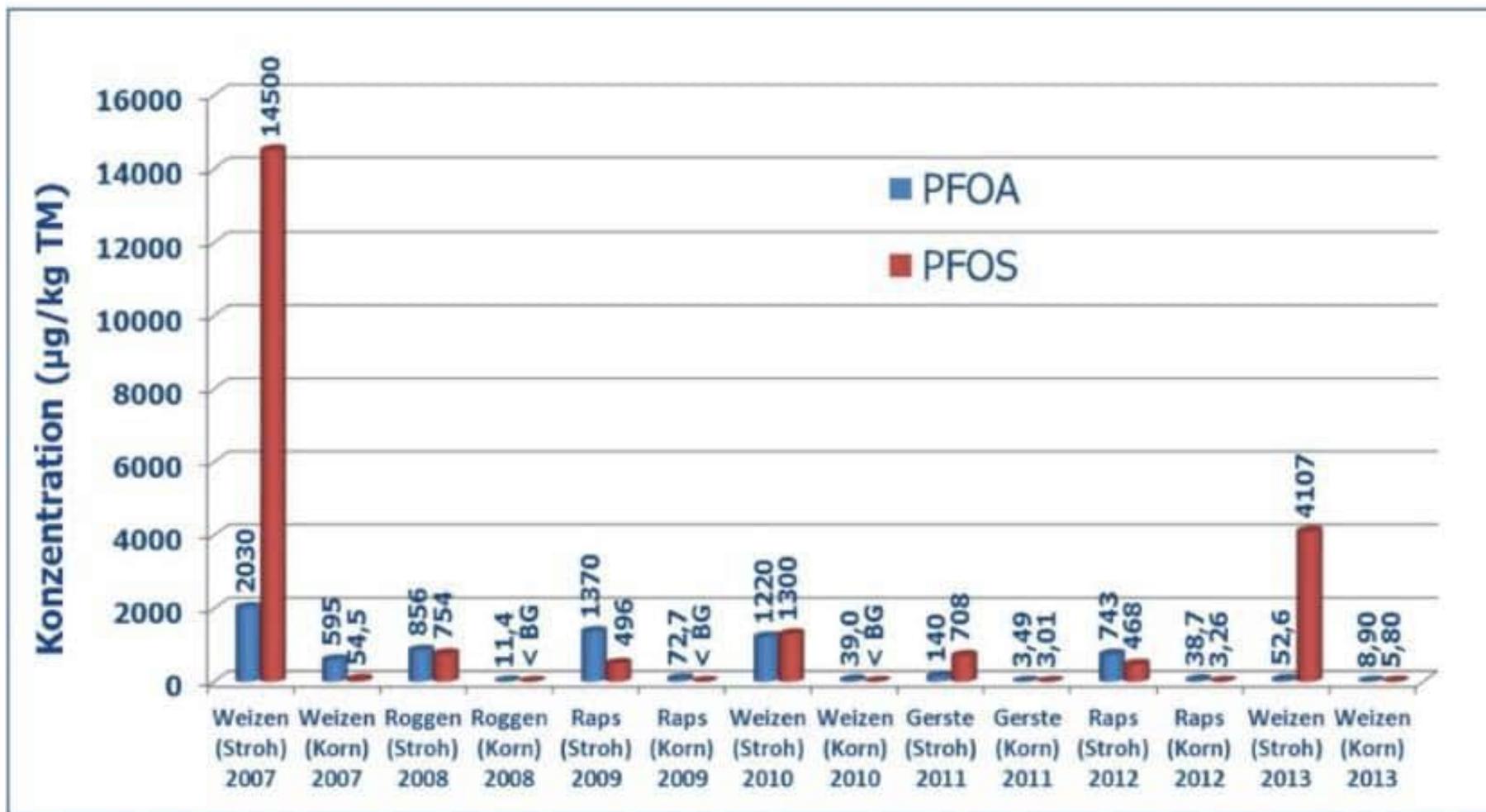
# Gestion des PFAS: Per- & Polyfluoro-Alkyl Substances: Pollutions environnementales et Risques pour la Santé

## Incendie port Edouard-Herriot

1987



## Terrains agricoles après épandage des boues de STEP PFOA & PFOS dans les céréales en Allemagne



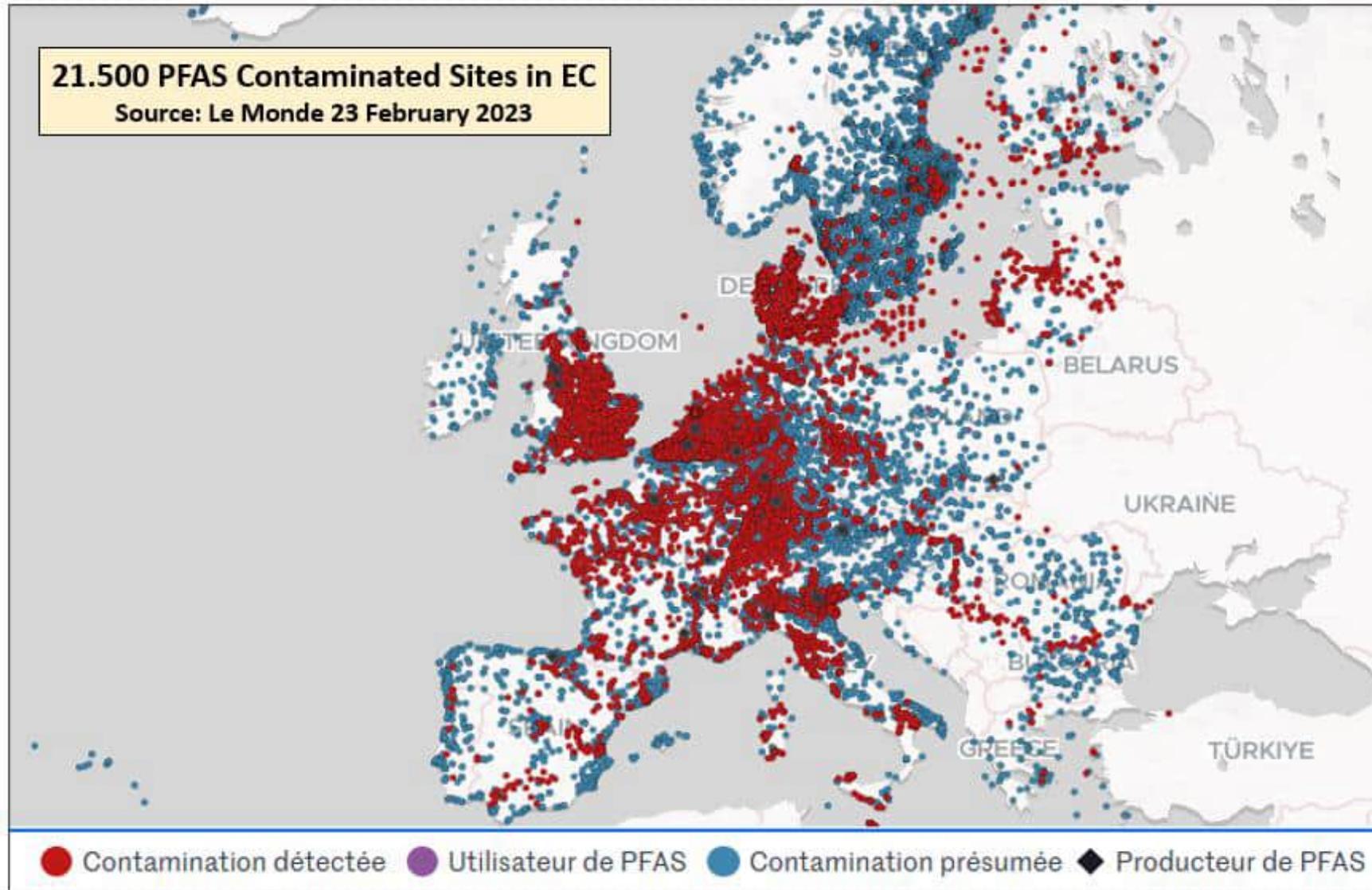
## Sites potentiellement pollués par les PFAS:

- Sites des entraînements anti-incendie (utilisation des mousses anti-incendie)
- Sites des incendies (utilisation des mousses anti-incendie)
- Aéroports, bases aériennes et sites militaires (à partir de 1946)
- Sites industriels de galvanisation (à partir de 1946)
- Sites industriels de production des papiers et cartons « cirés » (à partir de 1946)
- Sites industriels de production des textiles imperméables (à partir de 1946)
- Sites industriels de production et d'utilisation des sprays d'imperméabilisations pour textiles, cuirs, etc. (à partir de 1946)
- Sites industriels de production des emballages alimentaires (à partir de 1946)
- Sites industriels de production des moquettes et tapis contenant des retardateurs des flammes (à partir de 1946)
- Sites industriels de production des tapisseries contenant des retardateurs des flammes (à partir de 1946)
- Sites industriels de production des produits de nettoyage (à partir de 1946)
- Sites industriels de production des éléments électroniques (transistors, platines électroniques, etc.) (à partir de 1946)
- Sites industriels de production des pesticides et biocides (à partir de 1946)
- Sites industriels de production des produits cosmétiques (à partir de 1946)
- Anciens laboratoires de la chimie photographique (à partir de 1946)
- Production et application des Teflons (PTFE, etc.), y compris pour les équipements domestiques et médicales (à partir de 1946)
- Sites industriels de production des plastiques, contenant des retardateurs des flammes (à partir de 1946)
- Sites industriels et manufactures de production des objets et meubles contenant des surfaces lisses en application des PFAS (à partir de 1946)
- Sites ayant reçus des Boues de STEP à partir des années 1950
- Sites pétrolières et de l'industrie chimique, y compris la production et l'application des peintures, des teintures, des encres, des pigments, les cires chimiques et les produits de polissage, Teintureries, Tanneries, etc.. (à partir de 1946)
- Décharges et anciennes décharges municipales etc. (ISDD, ISDND, ISDD, etc.).



# Gestion des PFAS: Per- & Polyfluoro-Alkyl Substances: Pollutions environnementales et Risques pour la Santé

**PFAS:  
la situation  
au début  
2023**

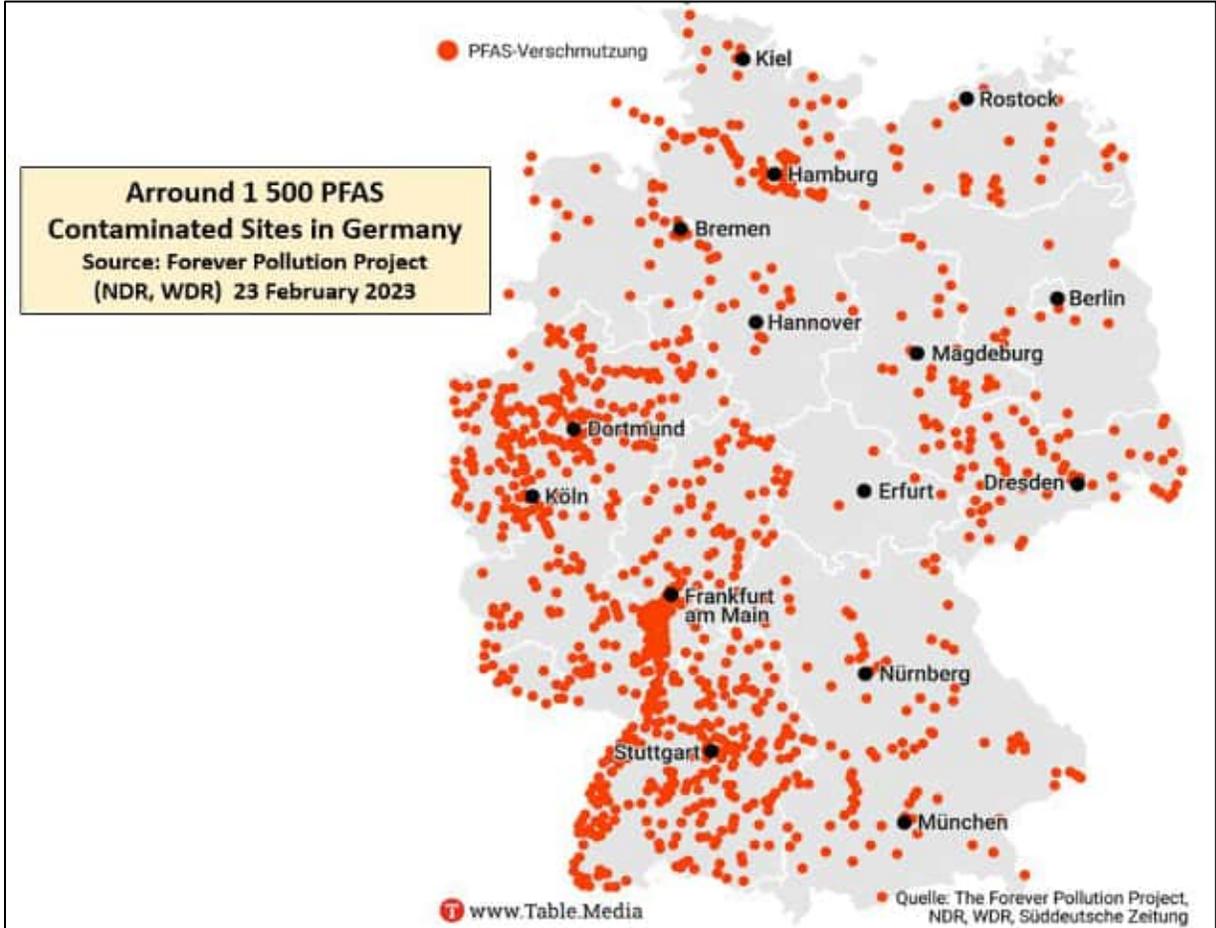
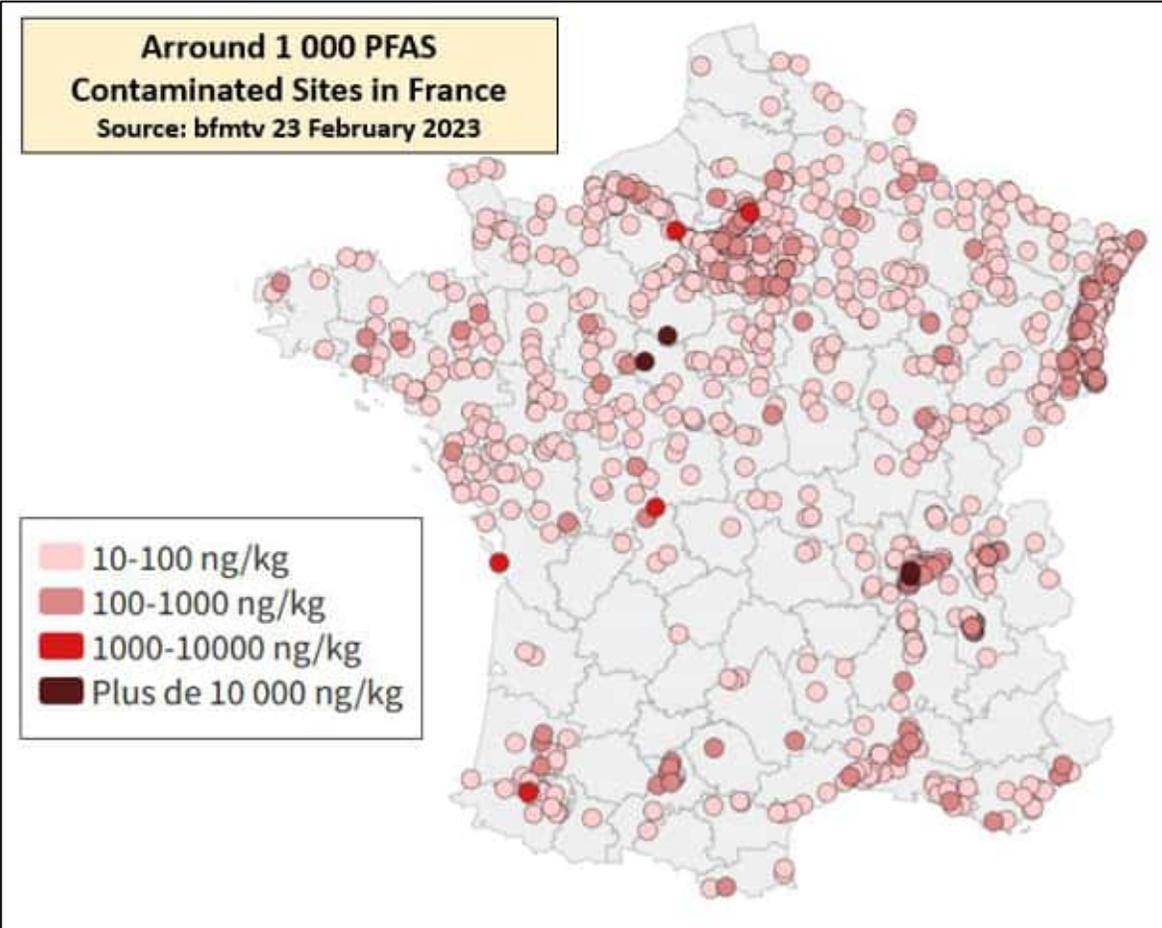


# Gestion des PFAS: Per- & Polyfluoro-Alkyl Substances: Pollutions environnementales et Risques pour la Santé

## PFAS : la situation au début 2023

Env. 1 000 Sites en France

Env. 1 500 Sites en Allemagne





## Le Guide de Gestion SFSE pour les PFAS : Sources de contamination, comportement environnemental, diagnostics de pollution, évaluations des risques et traitements



### Le Guide et Fiches de la SFSE de Management des PFAS :

Afin d'aider les collectivités, industries, bureaux d'études, etc. concernés par la gestion des PFAS, la SFSE a décidé de synthétiser les informations disponibles et d'élaborer un **Guide pratique avec des Fiches thématiques :**

**Fiche 1 : Note chapeau : Connaissances générales; identité et chimie des PFAS**

**Fiche 2 : Cadre réglementaire & juridique des PFAS**

**Fiche 3 : Sources de contamination des PFAS**

**Fiche 4 : Devenir dans l'environnement et biotransformation des PFAS**

**Fiche 5 : Méthodes de prélèvements (sols, eaux souterraines, eaux de surface, gaz du sol, air ambiant, Human Bio-Monitoring)**

**Fiche 6 : Méthodes d'analyses (sols/eaux souterraines/eaux de surface et autres)**

**Fiche 7 : Bruits de fond et recommandations pour la détermination du bruit de fond (base de données)**



## Le Guide de Gestion SFSE pour les PFAS : Sources de contamination, comportement environnemental, diagnostics de pollution, évaluations des risques et traitements



### Le Guide et Fiches de la SFSE de Management des PFAS :

Afin d'aider les collectivités, industries, bureaux d'études, etc. concernés par la gestion des PFAS, la SFSE a décidé de synthétiser les informations disponibles et d'élaborer un **Guide pratique avec des Fiches thématiques** :

**Fiche 8 : Comportement dans l'environnement – Paramètres physico-chimiques (base des données)**

**Fiche 9 : Toxicité & Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR)**

**Fiche 10 : Evaluation des Risques Sanitaires (ERS) et effets toxiques de mélange**

**Fiche 11 : Expositions et Données de bio-monitoring humain (HBM)**

**Fiche 12 : Méthodes d'assainissement - dépollution des sols**

**Fiche 13 : Méthodes d'assainissement - dépollution des eaux souterraines**

**Fiche 14 : Méthodes d'assainissement des gaz du sol et de l'air ambiant**

Activité sur site depuis 1946	Usages du site et score							
	Crèche & école	Résidentiel avec jardin individuel	Résidentiel collectif avec jardin collectif	ERP autres	Aire de jeux	Production alimentaire	Commercial	Industriel
Entraînements anti-incendie	16	15	14	13	12	11	10	15
Aéroport ou base aérienne site militaire	15	14	13	12	11	10	9	14
Site d'incendie et utilisation des AFFF	14	13	13	12	11	10	9	14
Galvanisation électrochimique	14	13	12	11	10	9	8	13
Papiers ou cartons « cirés »	13	12	11	10	9	8	7	12
Textiles imperméables	13	12	11	10	9	8	7	12
Sprays, peintures, laques d'imperméabilisation	13	12	11	10	9	8	7	12
Production et application des Teflons (PTFE, etc.)	13	12	11	10	9	8	7	12
Sites pétroliers et de l'industrie chimique et/ou production et applications des peintures, des teintures, des encres, des pigments, les cires chimiques et les produits de polissage	13	12	11	10	9	8	7	12
Applications des solvants (garages, pressings, blanchisseries, etc.)	13	12	11	10	9	8	7	12
Décharges et anciennes décharges (ISDnD, ISDND, ISDD, etc.)	12	11	10	9	8	7	6	11
Teinturerie et tannerie	12	11	10	9	8	7	6	11
Moquettes, tapis, tissus et plastiques avec des retardateurs de flammes	11	10	9	8	7	6	5	10
Production d'objets et meubles contenant des surfaces brillantes	10	9	8	7	6	5	4	9
Produits de nettoyage	10	9	8	7	6	5	4	9
Chimie photographique	10	9	8	7	6	5	4	9
Éléments électroniques	9	8	7	6	5	4	3	8
Pesticides et biocides	9	8	7	6	5	4	3	8
Produits cosmétiques	8	7	6	5	4	3	2	7
Sites ayant reçus des Boues de STEP	7	6	5	4	3	2	1	10

**Matrice de hiérarchisation de la priorité des Sites à investiguer : Air Ambient & Gaz du Sol (FTOH), Sols & Eaux souterraines, Bioaccumulation**

- Si les PFAS existent seulement en amont hydrologique ou hydrogéologique : Score x 0,5
- Si existant sur site un évènement d'incendie au préalable : Score x 2
- S'il existe d'autres polluants volatils sur site (BTEX, HC5-16, COHV...) : Score x 1,5

**Guide-Fiches PFAS de la SFSE**

**Fiche 3 :  
Hiérarchisation des sources des pollutions  
Exemple de la ville de Lyon concernant les ERP sensibles**

- Frank KARG / SFSE – HPC INTERNATIONAL (rédaction)
- Jean-François HEILIER / SFSE – SPAQuE (rédaction)
- Florence PRADIER / SFSE – Ville de Lyon – Service Santé-Environnement (rédaction)
- Ombeline TRIAU / SFSE – Ville de Lyon – Service Santé-Environnement (rédaction)
- Christophe ROUSSELLE / SFSE – ANSES (relecture)

Activité sur site depuis 1946

Scores pour la catégorie « Crèche & école »

Entraînements anti-incendie	16
Aéroport ou base aérienne site militaire	15
<b>Site d'incendie et utilisation des AFFF</b>	<b>14/2=7</b>
Galvanisation électrochimique	14
Papiers ou cartons « cirés »	13
Textiles imperméables	13
Sprays, peintures, laques d'imperméabilisation	13
Production et application des Teflons (PTFE, etc.)	13
<b>Sites pétroliers et de l'industrie chimique et/ou production et applications des peintures, des teintures, des encres, des pigments, les cires chimiques et les produits de polissage</b>	<b>13x1,5=19,5</b>
Applications des solvants (garages, pressings, blanchisseries, etc.)	13
Décharges et anciennes décharges (ISDD, ISDND, ISDD, etc.)	12
Teinturerie et tannerie	12
Moquettes, tapis, tissus et plastiques avec des retardateurs de flammes	11
Production d'objets et meubles contenant des surfaces brillantes	10
Produits de nettoyage	10
Chimie photographique	10
Éléments électroniques	9
Pesticides et biocides	9
Produits cosmétiques	8
Sites ayant reçus des Boues de STEP	7
<b>Total :</b>	<b>26,5</b>

**Exemple de la Ville de Lyon :  
École située sur un site d'une  
ancienne teinturerie  
et usages des solvants ou essences**

- Si les PFAS existent seulement en amont hydrologique ou hydrogéologique : Score x 0,5
- Si existant sur site un évènement d'incendie au préalable : Score x 2
- S'il existe d'autres polluants volatils sur site (BTEX, HC5-16, COHV...) : Score x 1,5

**En total 13 sur 102  
écoles et crèches  
sont à considérer  
prioritaires.**

- Frank KARG / SFSE – HPC INTERNATIONAL (rédaction)
- Jean-François HEILIER / SFSE – SPAQuE (rédaction)
- Florence PRADIER / SFSE – Ville de Lyon – Service Santé-Environnement (rédaction)
- Ombeline TRIAU / SFSE – Ville de Lyon – Service Santé-Environnement (rédaction)
- Christophe ROUSSELLE / SFSE – ANSES (relecture)

## PFAS (PFC, PFT):

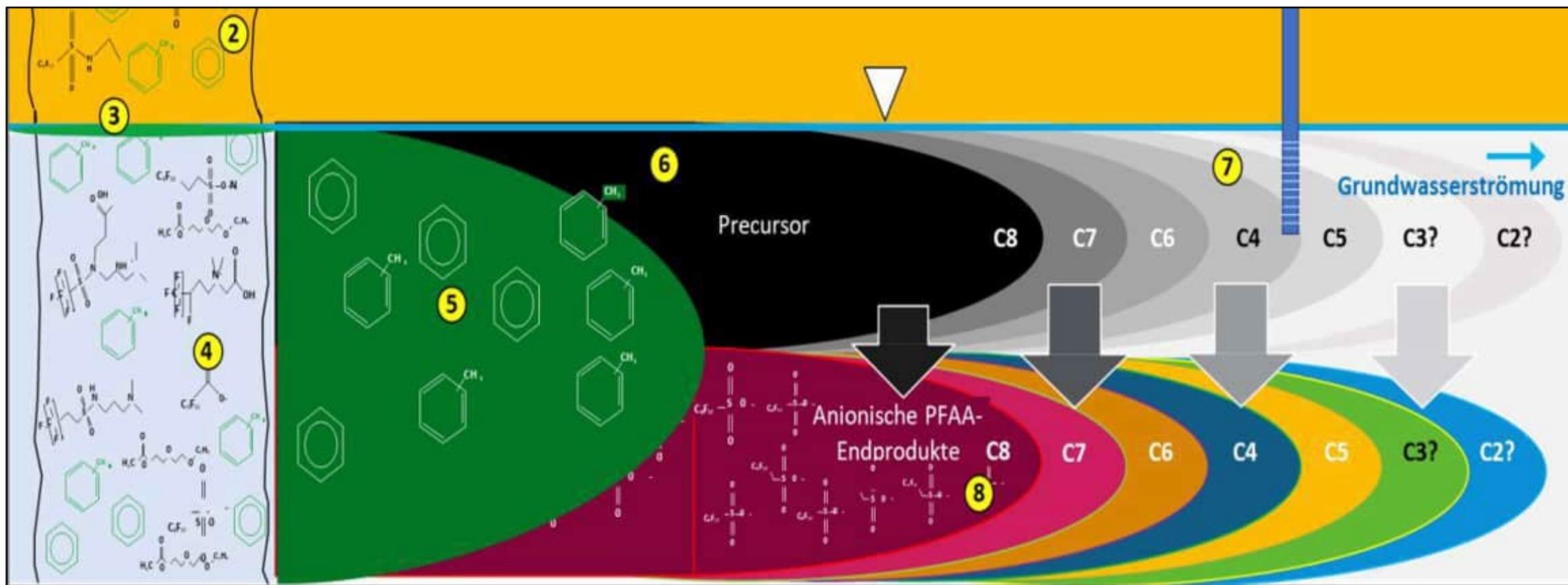
1. PFAS ? : Description des polluants
2. Sources des Contaminations & des Pollutions
3. Chimie environnementale
4. Toxicologie & écotoxicologie
5. Contexte réglementaire & Valeurs limites
6. Investigations & Evaluations des risques (ERS)
7. Traitements, Dépollution & Décontamination



## PFAS : Chimie environnementale

### Schema de Biotransformation des PFAS polyfluorés vers des PFAS perfluorés

(Hurst 2017 & UBA 2020)



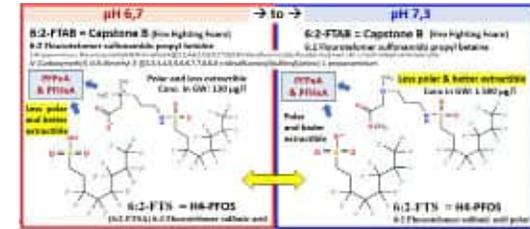
## PFAS : Chimie Environnementale

PFAS Polymères

PFAS Monomères



- Si les « Précurseurs" (PFAS polyfluorés) ne sont pas pris en compte par des investigations, une évaluation des risques sanitaires ( E Q R S ) peut conclure que les PFAS perfluorés ne sont pas complètement (encore) présents.
- La biotransformation des Précurseurs peut conduire à la formation de nouveaux acides perfluorés.
- Ces nouvelles formations issues de la biotransformation des PFAS polyfluorés doivent être prises en compte dans une analyse des risques, car les PFAS perfluorés deviennent de plus en plus présents au fil du temps.
- Une entrée de ces polluants solubles dans les eaux souterraines peut provoquer de très longs panaches de polluants qui, lors de la surveillance des eaux souterraines, montrent une présence plus en plus forte de composés PFAS perfluorés stables.

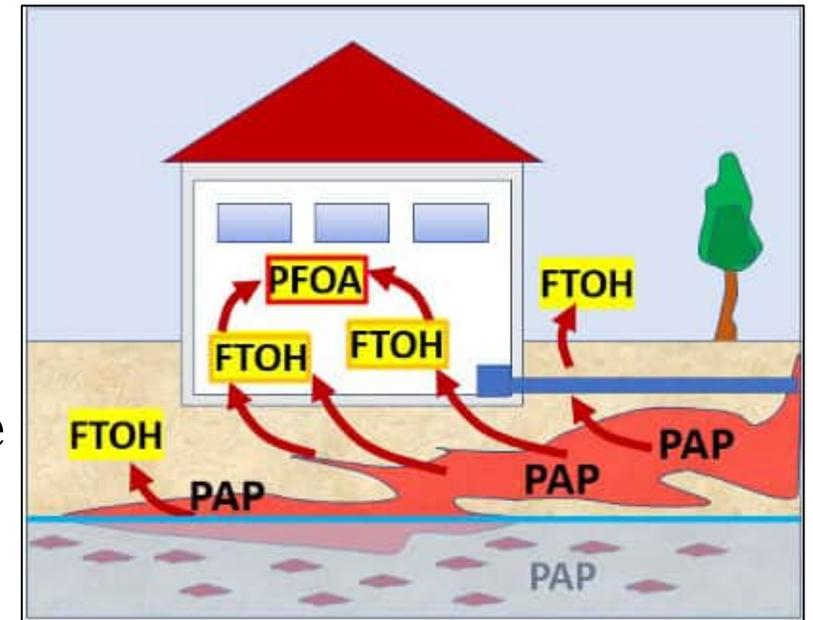


## PFAS : Chimie Environnementale

### Mécanismes de Biotransformations des PFAS:

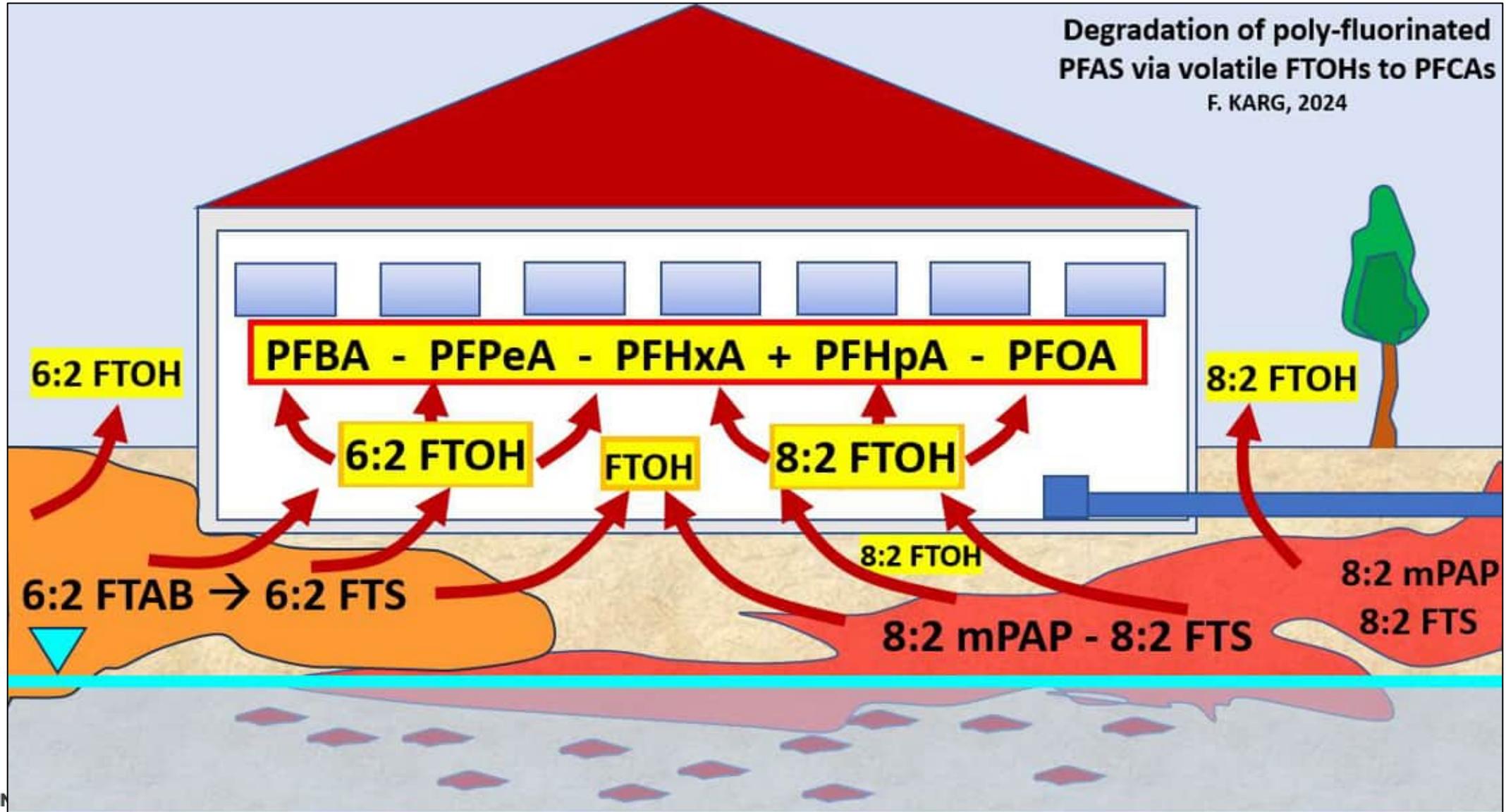
→ → par ex.: PAP → FTOH → PFOA, etc.:

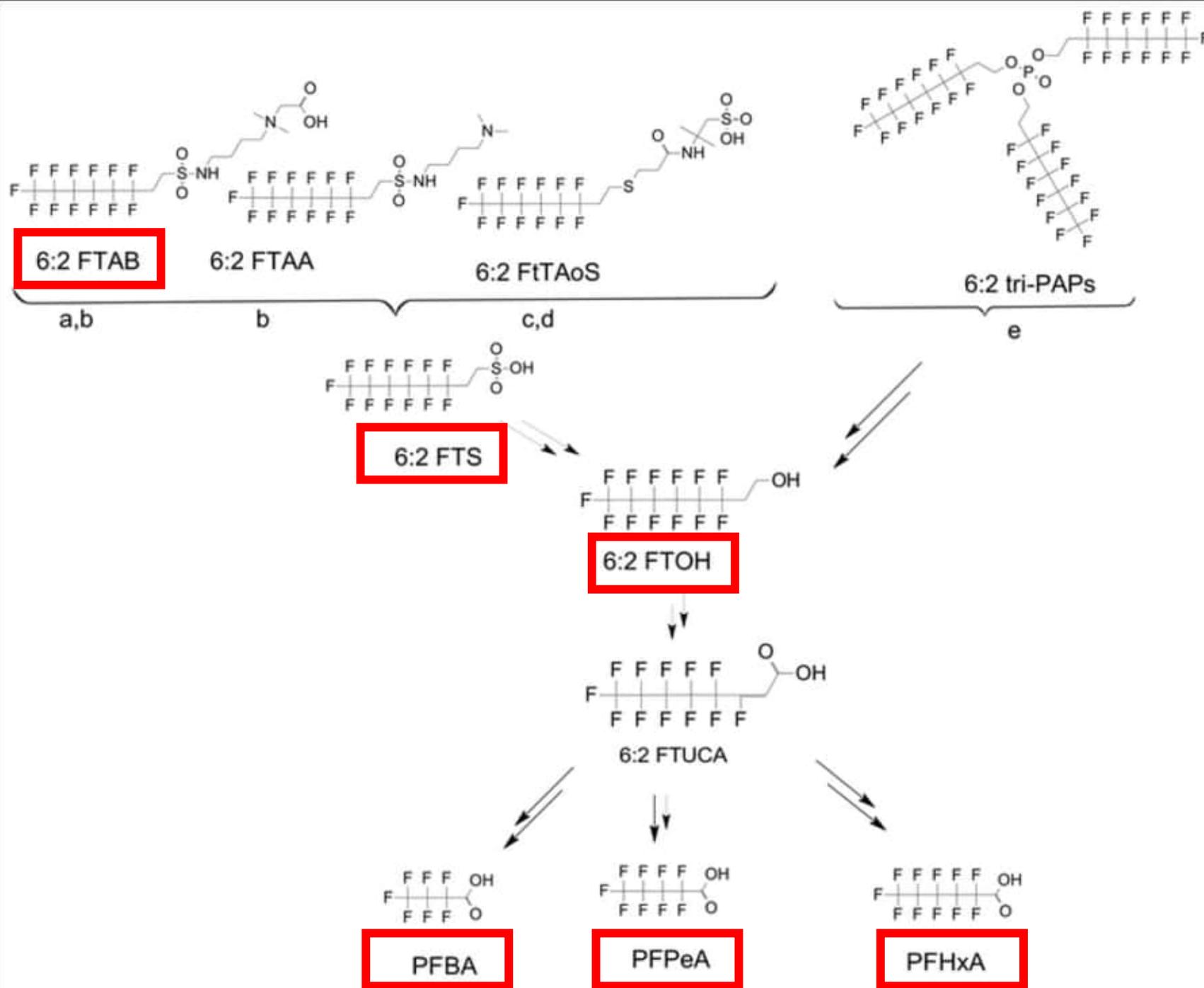
- Dans les composés polyfluorés, il existe un processus de transformation fondamental dans lequel les atomes de carbone terminaux non-fluorés sont séparés.
- Cette dégradation partielle est relativement rapide. Les alkylphosphates polyfluorés (PAP), les esters d'acide carboxylique de fluorotélomères, etc. **peuvent être décomposés en alcools fluorotélomères volatils (FTOH)**, tels que le 6:2-mono-PAP & 6:2-di-PAP envers le 6:2-FTOH.
- **Les FTOH sont transformés microbiologiquement en PFAS perfluorés stables.** Par exemple; le 6:2-FTOH est bio-transformé en PFH<sub>x</sub>A et PFPeA et le 8:2-FTOH en PFOA, PFHpA, PFH<sub>x</sub>A, PFPeA et 2H-PFOA .....



# Gestion des PFAS: Per- & Polyfluoro-Alkyl Substances: Pollutions environnementales et Risques pour la Santé

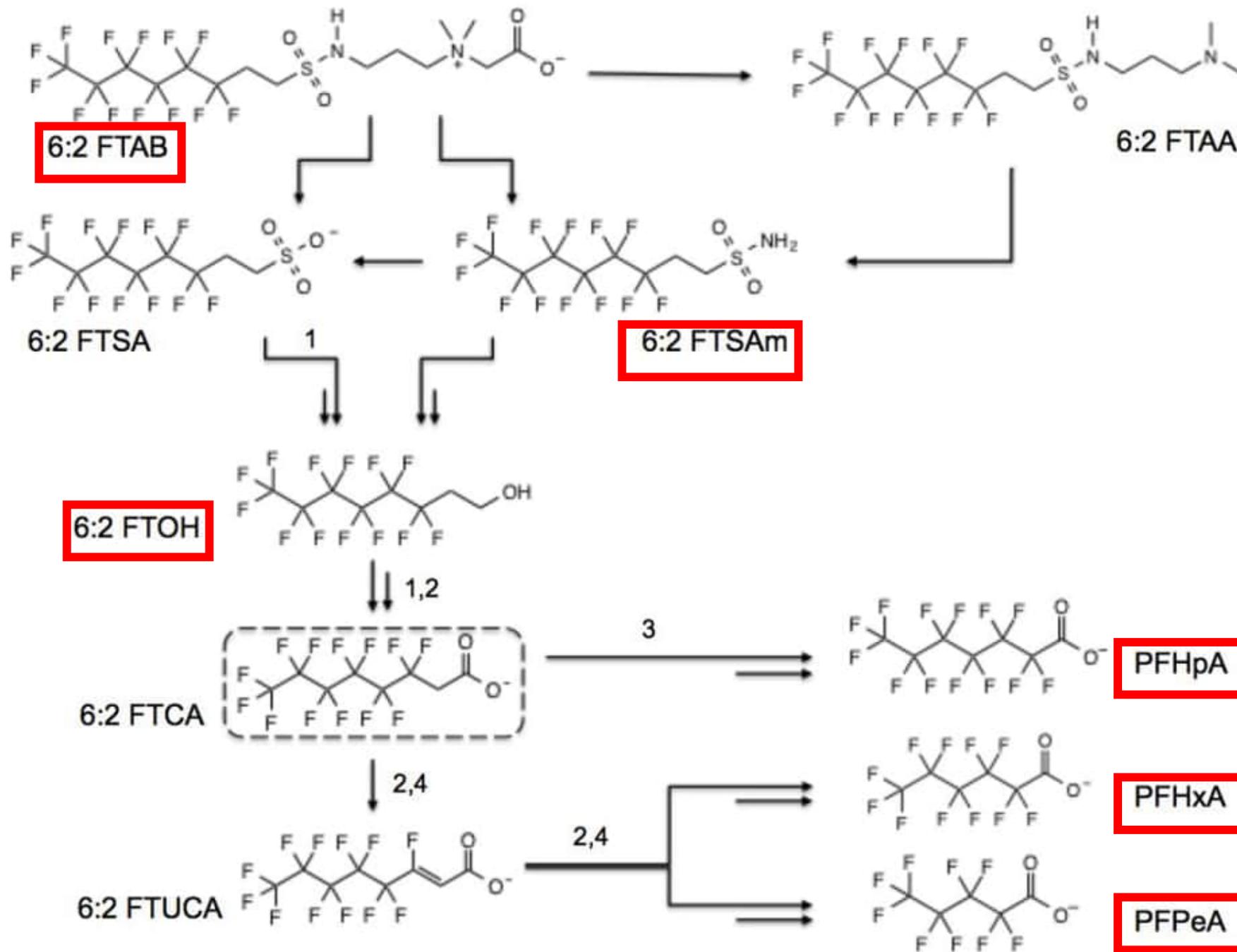
Degradation of poly-fluorinated  
PFAS via volatile FTOHs to PFCAs  
F. KARG, 2024





**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**

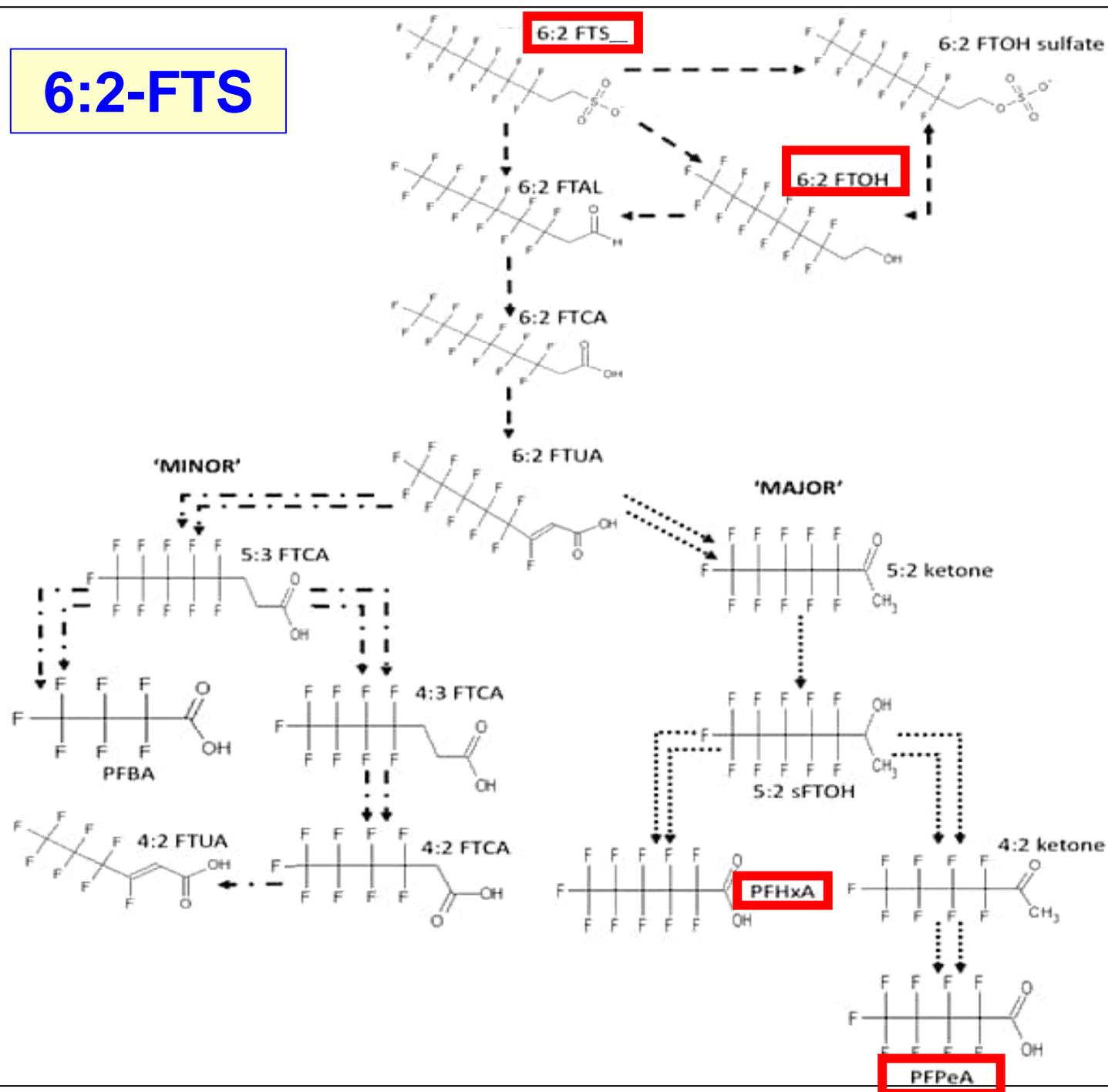
(LaFond et al. 2023, D.M.J. Shaw et al. 2019 ,Ying Shi, 2018 et V. Mendez et. al. 2022)



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

(Lennard John Trouborst:  
2016)

# 6:2-FTS



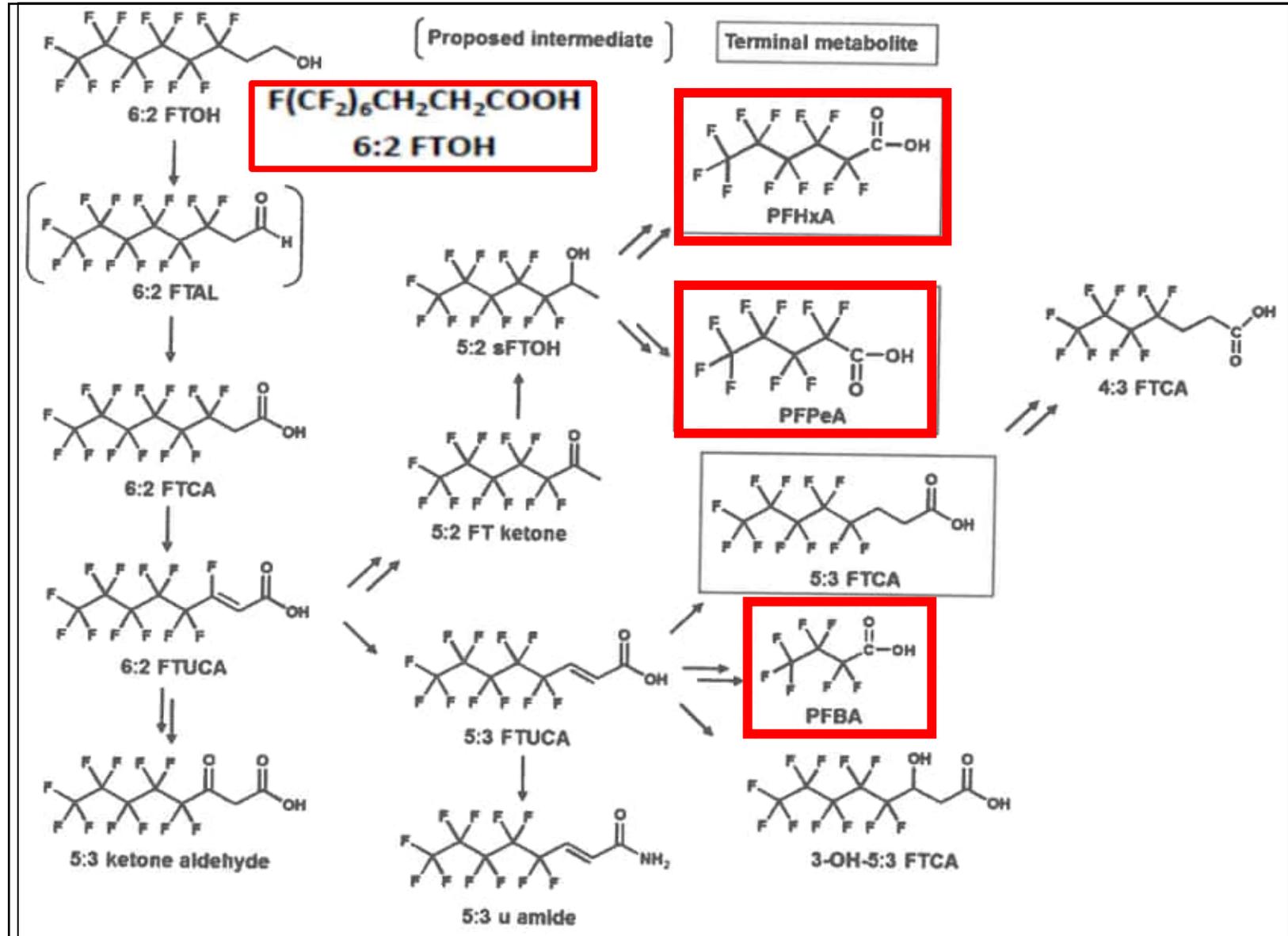
## Biotransformation du 6:2-FTS

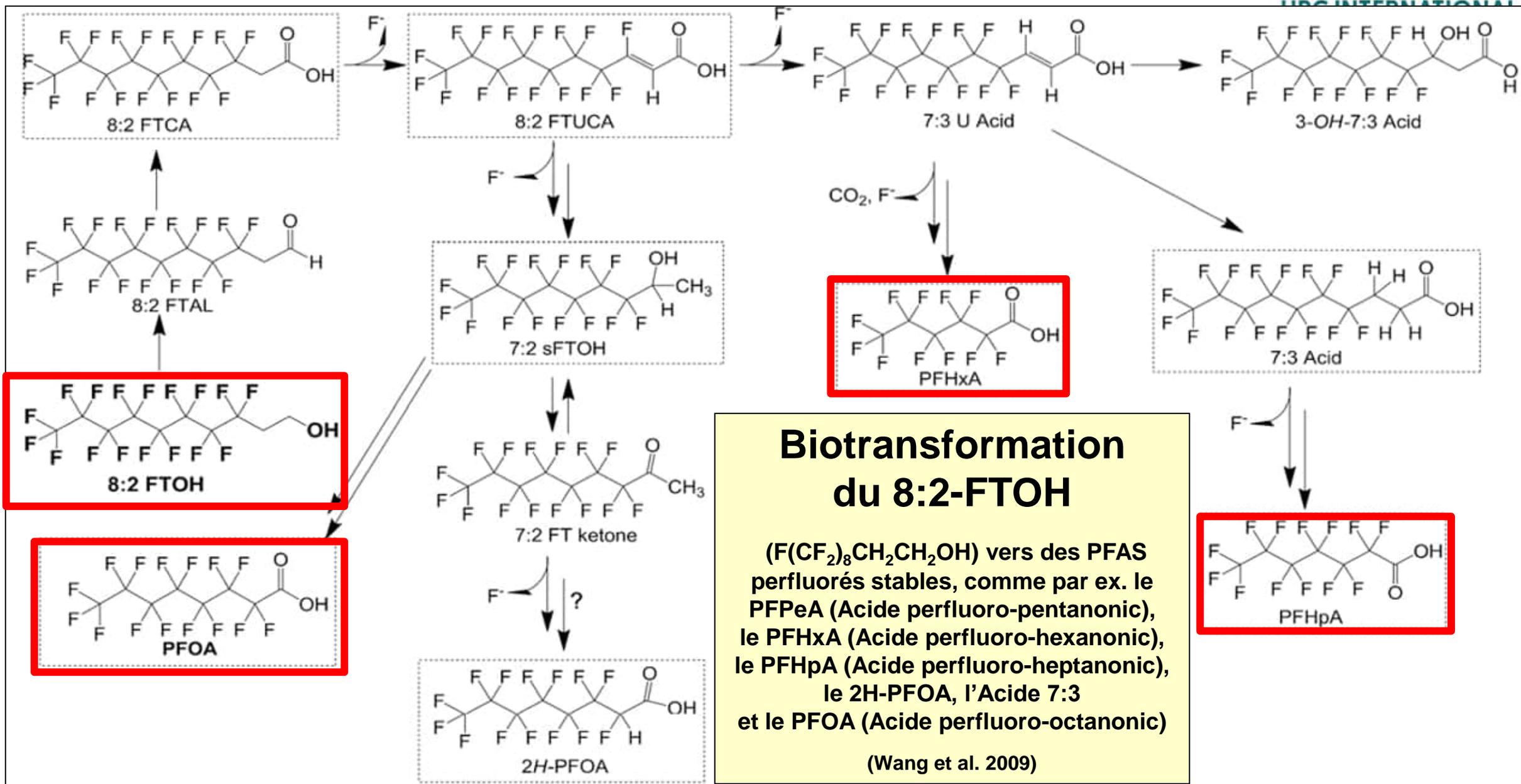
vers des PFAS perfluorés stables, comme par ex.:  
le PFBA (Acide perfluorobutanonique), le PFPeA (Acide perfluoropentanonique),  
le PFHxA (Acide perfluorohexanonique)

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

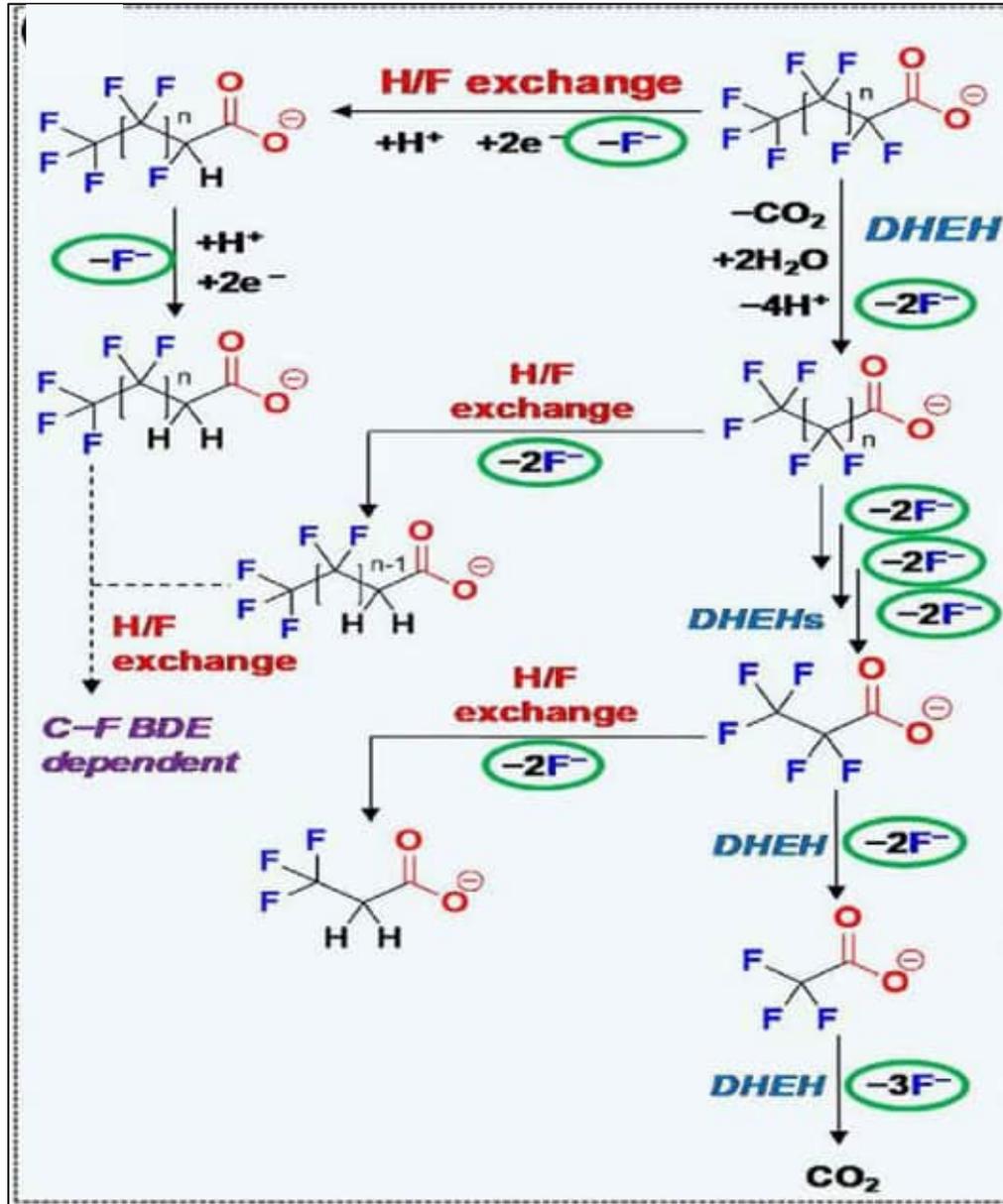
# PFAS : Chimie Environnementale

Biotransformation  
du Fluorotelomer  
alcohol: 6:2 FTOH  
to  
PFHxA, PFPeA,  
PFBA  
& 5:3-FTCA





# Gestion des PFAS: Per- & Polyfluoro-Alkyl Substances: Pollutions environnementales et Risques pour la Santé



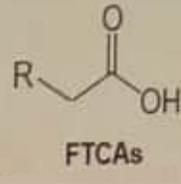
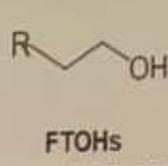
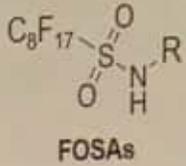
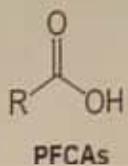
**Photochemical  
defluorination  
of PFBA to TFA**  
(Bentel et al. 2019 & Masruck, A. et al. 2020)



## PFAS : Chimie Environnementale

### Autres PFAS volatils

- **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-méthylacrylates** (par ex. 4:2-FTMAC, 6:2-FTMAC, 8:2-FTMAC, 10:2-FTMAC),
- **PFADiI: Perfluoroalkyl-di-iodites** (par ex. PFBuDiI, PFH<sub>x</sub>DiI, PFODiI),
- **TFMB: Trifluorométhylbenzenes** (z.B. BTFM<sub>BB</sub>: 1-Brom-3,5-bis(trifluoro-méthyl)benzene).



# Gestion des PFAS: Per- & Polyfluoro-Alkyl Substances: Pollutions environnementales et Risques pour la Santé

## Increasing or Reduction of Solubility and Extractability of some PFAS-Fluorotelomers

Erhöhung bzw. Erniedrigung der Polarität & Löslichkeit einiger PFAS-Fluortelomere

Example: Sea water Impact to Groundwater (HH): Analyses by DIN 38407-42 (solid-liquid extraction) F. KARG 

**Acid**

**pH 6,7**

→ to →

**pH 7,3**

**Basic**

**6:2-FT(S)AB = Capstone B (Fire Fighting Foam)**

6:2 Fluorotelomer sulfonamido propyl betaine

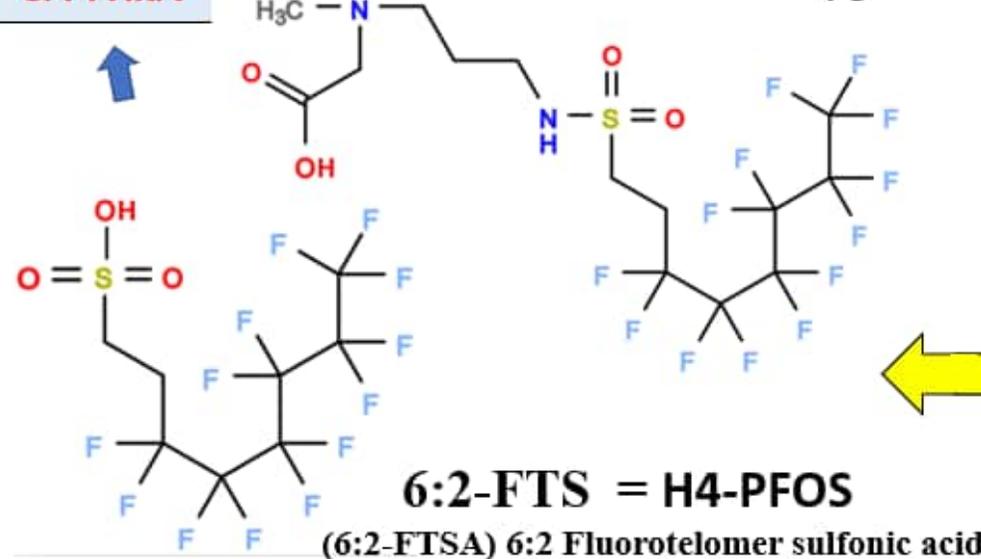
1-Propanaminium, N-(carboxymethyl)-N,N-dimethyl-3-[[[3,3,4,4,5,5,6,6,7,7,8,8,8-tridecafluorooctyl)sulfonyl]amino] and inert salt

N-(Carboxymethyl)-N,N-dimethyl-3-[[[3,3,4,4,5,5,6,6,7,7,8,8,8-tridecafluorooctyl)sulfonyl]amino]-1-propanaminium and inert salt

**PFPeA & PFHxA**

**Less polar & soluble at acid pH**

Conc. In GW: 130 µg/l



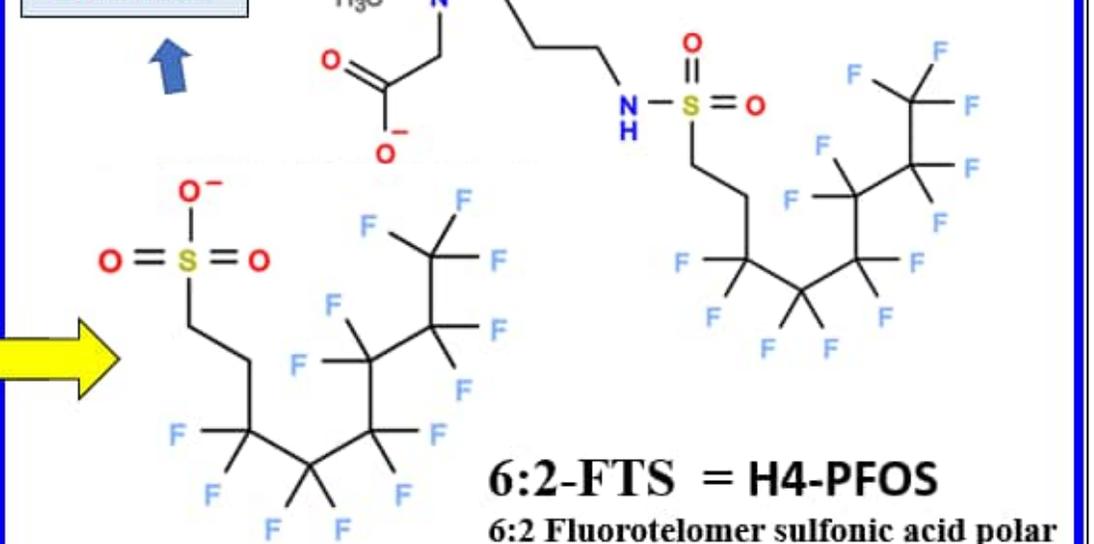
**6:2-FT(S)AB = Capstone B (Fire Fighting Foam)**

6:2 Fluorotelomer sulfonamido propyl betaine inert salt

**PFPeA & PFHxA**

**More polar & soluble at basic pH**

Conc in GW: 1 500 µg/l



## 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



## Investigations et évaluations des risques :

- A éviter, que certains **outils d'échantillonnage** et équipements de laboratoire puissent ajouter des PFAS à des échantillons, notamment via le poly-tétrafluoro-éthylène (PTFE),
- Il faut tenir compte de la **biotransformation** potentielle des PFAS dans l'environnement **pour en créer** davantage des PFOS persistants comme **l'PFOA en particulier**.
- Les analyses doivent être réalisées par **Chromatographie Liquide-Spectrométrie de Masse (LC-SM): DIN 38407-42, ASTM 7979, ISO 21675. Top Assay** pour identifier l'ensemble des PFAS Poly-fluorés par oxydation vers des Acides carboxyliques per-fluorés
- **Pour l'évaluation des risques**, des données toxicologiques (VTR) sont à chercher et à actualiser en niveau international.
- Dans le cas des **FTOH dans les Gaz du sol**, recommandation pour les investigations de **l'Air ambient (ERP: Ecoles, Crèches, etc.)**



# Paramètres pour les Analyses des PFAS recommandés (min.)

PFAS	LQ Eaux	CAS	VTR	Dir. CE EP2020/ 2184	AM 20/06/23 France	PFAS	LQ Eaux	CAS	VTR	Dir. CE EP2020/ 2184	AM 20/06/23 France
PFBA (acide perfluorobutanoïque)	ng/l	1	375-22-4			MeFOSA ramifié (N-méthylperfluoro-n-octanesulfonamide) (MePFOSA)	ng/l	1	31506-32-8		
PFPeA (acide perfluoropentanoïque)	ng/l	5	2706-90-3			MeFOSA totale (N-méthylperfluoro-n-octanesulfonamide) (MePFOSA)	ng/l	1	31506-32-8		
PFHxA (acide perfluorohexanoïque)	ng/l	1	307-24-4			8:2 DiPAP (8:2 polyfluoroalkyl phosphate diester)	ng/l	1	678-41-1		
PFHpA (acide perfluoroheptanoïque)	ng/l	1	375-85-9			HFPO-DA (acide hexafluoropropyleneoxide dimer) Gen X	ng/l	1	13252-13-6		
PFOA linéaire (acide perfluorooctanoïque)	ng/l	1	335-67-1			EtFOSA linéaire (N-éthylperfluorooctanesulfonamide) (EtPFOSA)	ng/l	1	4151-10-9		
PFOA ramifié (acide perfluorooctanoïque)	ng/l	1	335-67-1			EtFOSA ramifié (N-éthylperfluorooctanesulfonamide) (EtPFOSA)	ng/l	1	4151-10-9		
PFOA totale (acide perfluorooctanoïque)	ng/l	1	335-67-1			EtFOSA totale (N-éthylperfluorooctanesulfonamide) (EtPFOSA)	ng/l	1	4151-10-9		
PFNA (acide perfluorononanoïque)	ng/l	1	375-95-1			MeFBASA (perfluorobutanesulfonamide(N-méthyl)acetate)	ng/l	1	31506-32-8		
PFDA (acide perfluorodécanoïque)	ng/l	1	335-76-2			9CI-PF3ONS (acide 9-chlorohexadecafluoro-3-oxanonane-1-sulfonique)	ng/l	1	73606-19-6		
PFUnDA (acide perfluoroundécane)	ng/l	1	2058-94-8			4H-PFUnDa (acide 2H,2H,3H,3H,-perfluoroundécane sulfonique)	ng/l	5	34598-33-9		
PFDODA (acide perfluorododécane)	ng/l	2	307-55-1			8:2 FTUCA (acide 2H-perfluoro-2-décanoïque sulfonique)	ng/l	1	70887-84-2		
PFTTrDA (acide perfluorotridecanoïque)	ng/l	1	72629-94-8			DONA (acide 4,8-dioxa-3H-perfluorodécanoïque sulfonique)	ng/l	1	919005-14-4		
PFTeDA (acide perfluorotétradécane)	ng/l	1	376-06-7			MeFBSA (n-méthylperfluorobutanesulfonamide)	ng/l	1	68298-12-4		
PFHxDA (acide perfluorohexadécane)	ng/l	2	67905-19-5			PFBSA (perfluorobutanesulfonamide)	ng/l	1	30334-69-1		
PFODA (acide perfluorooctadécane)	ng/l	1	16517-11-6			PFECHS (perfluorocyclohexanesulfonamide)	ng/l	1	646-83-3		
PFBS (acide perfluorobutane sulfonique)	ng/l	1	375-73-5			PFBSA (perfluorobutane sulfonique)	ng/l	1	68259-12-1		
PFPeS (acide perfluoropentane sulfonique)	ng/l	1	2706-91-4			PFBSA (perfluorobutane sulfonique)	ng/l	1	68259-12-1		
PFHxS linéaire (acide perfluorohexane sulfonique)	ng/l	1	355-46-4			PFBSA (perfluorobutane sulfonique)	ng/l	1	68259-12-1		
PFHxS ramifié (acide perfluorohexane sulfonique)	ng/l	1	355-46-4			PFBSA (perfluorobutane sulfonique)	ng/l	1	68259-12-1		
PFHxS totale	ng/l	1	355-46-4			PFBSA (perfluorobutane sulfonique)	ng/l	1	68259-12-1		
PFHpS (acide perfluoroheptane sulfonique)	ng/l	1	375-92-8			PFBSA (perfluorobutane sulfonique)	ng/l	1	68259-12-1		
PFOS linéaire (acide perfluorooctane sulfonique)	ng/l	1	1763-23-1			PFBSA (perfluorobutane sulfonique)	ng/l	1	68259-12-1		
PFOS ramifié (acide perfluorooctane sulfonique)	ng/l	1	1763-23-1			PFBSA (perfluorobutane sulfonique)	ng/l	1	68259-12-1		
PFOS totale (acide perfluorooctane sulfonique)	ng/l	1	1763-23-1			PFBSA (perfluorobutane sulfonique)	ng/l	1	68259-12-1		
PFDS (acide perfluorodécane sulfonique)	ng/l	1	335-77-3			PFBSA (perfluorobutane sulfonique)	ng/l	1	68259-12-1		
4:2 FTS (acide 4:2 fluorotelomer sulfonique) H4-PFOS	ng/l	1	7571-10-9			PFBSA (perfluorobutane sulfonique)	ng/l	1	68259-12-1		
6:2 FTS (acide 6:2 fluorotelomer sulfonique)	ng/l	1	7571-10-9			PFBSA (perfluorobutane sulfonique)	ng/l	1	68259-12-1		
8:2 FTS (acide 8:2 fluorotelomer sulfonique)	ng/l	1	7571-10-9			PFBSA (perfluorobutane sulfonique)	ng/l	1	68259-12-1		
10:2 FTS (acide 10:2 fluorotelomer sulfonique)	ng/l	1	7571-10-9			PFBSA (perfluorobutane sulfonique)	ng/l	1	68259-12-1		
MePFOSAA (acide N-méthylperfluorooctane sulfonamide acétique)	ng/l	1	2355-31-9			PFBSA (perfluorobutane sulfonique)	ng/l	1	68259-12-1		
EtFOSAA (acide N-éthylperfluorooctane sulfonamide acétique)	ng/l	1	2991-50-6			PFBSA (perfluorobutane sulfonique)	ng/l	1	68259-12-1		
PFOSA linéaire (perfluoro-n-octanesulfonamide)	ng/l	2	754-91-6			PFBSA (perfluorobutane sulfonique)	ng/l	1	68259-12-1		
PFOSA ramifié (perfluoro-n-octanesulfonamide)	ng/l	2	754-91-6			PFBSA (perfluorobutane sulfonique)	ng/l	1	68259-12-1		
PFOSA totale (perfluoro-n-octanesulfonamide)	ng/l	2	754-91-6			PFBSA (perfluorobutane sulfonique)	ng/l	1	68259-12-1		
MeFOSA linéaire (N-méthylperfluorooctanesulfonamide) (MePFOSA)	ng/l	1	31506-32-8			PFBSA (perfluorobutane sulfonique)	ng/l	1	68259-12-1		

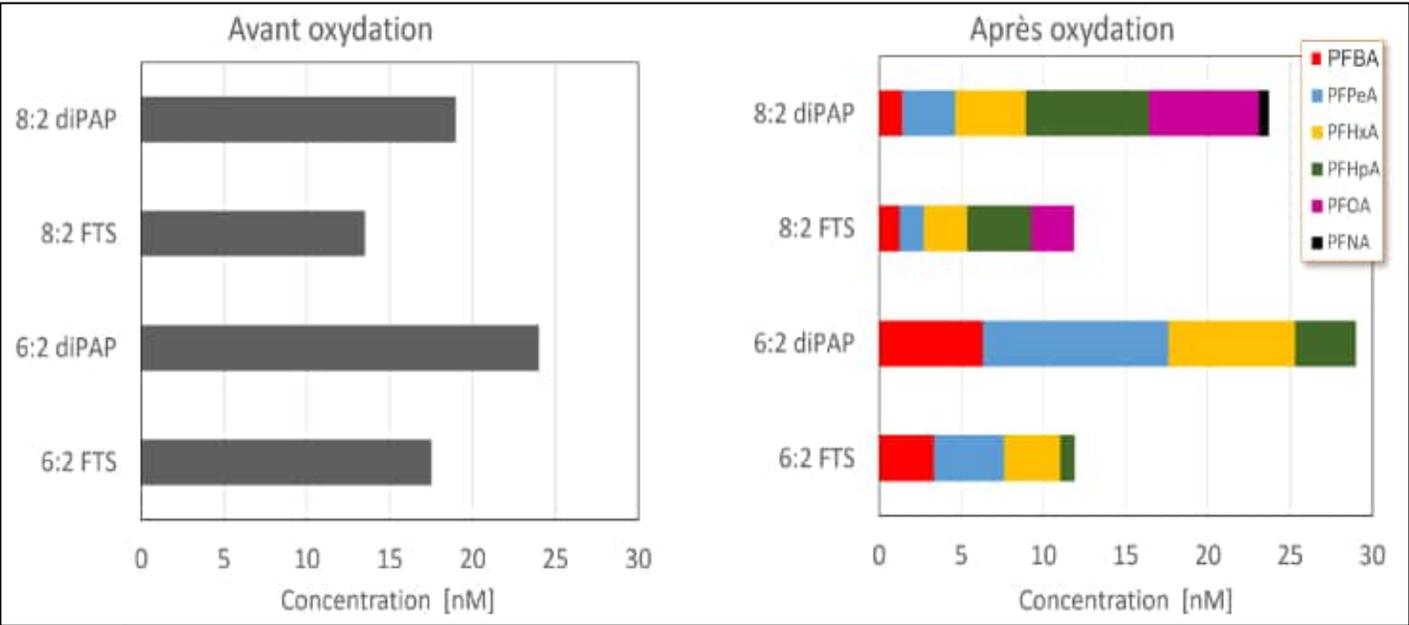
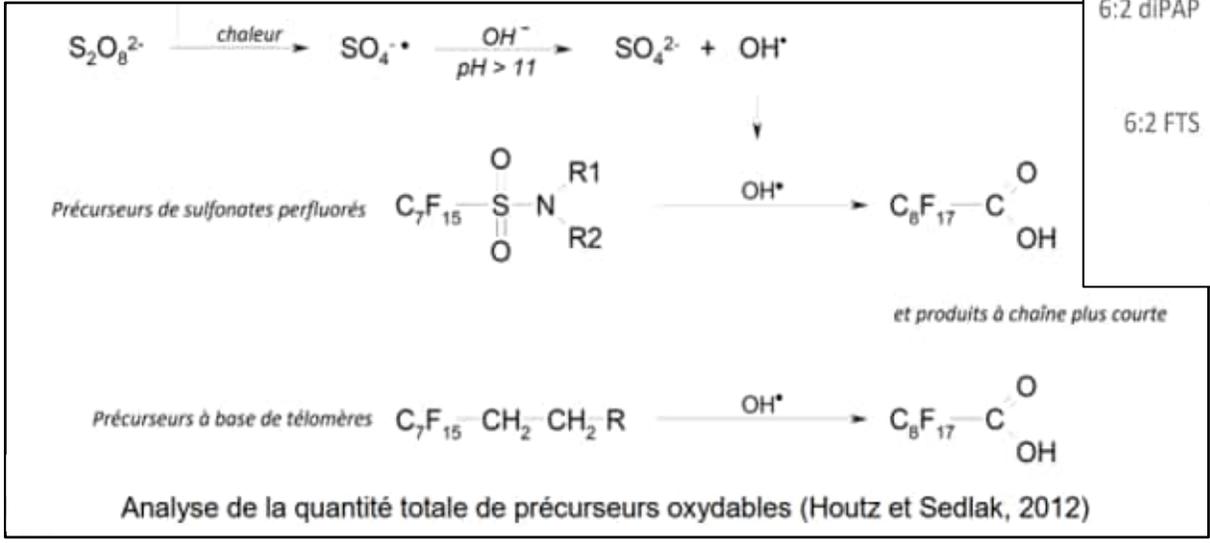
For more information: Please contact the Author: frank.karg@hpc-international.com

Parameters for PFAS Source Identification per AI-MVA (Artificial Intelligence Multivector Analysis)

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

## TOP-Assay: Total Oxidizable Precursor

(Houtz and Sedlak: 2012, Glöckner et al.: 2021)



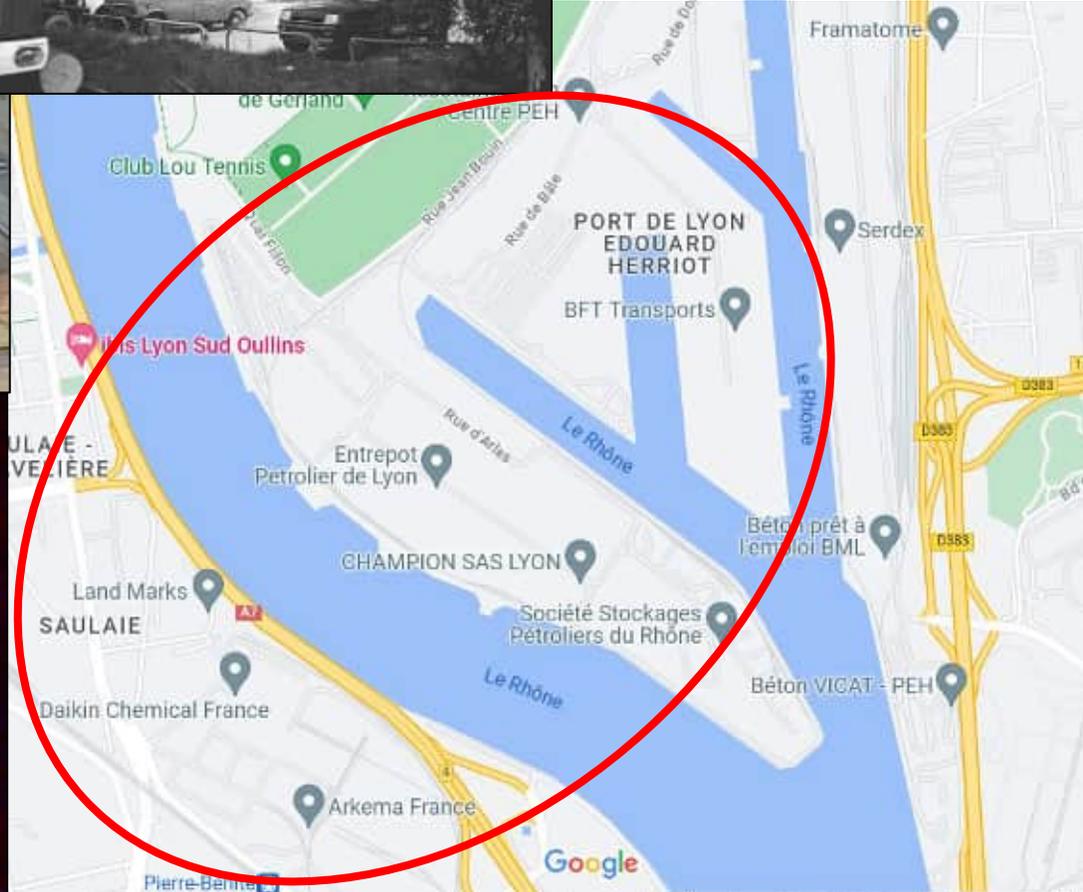
**Quantifier les PFAS poly-fluorés inconnus et leurs Acides carboxyliques perfluorés finaux correspondants à prendre en compte dans une EQRSp.**

# Gestion des PFAS: Per- & Polyfluoro-Alkyl Substances: Pollutions environnementales et Risques pour la Santé

## Incendie: Port Edouard-Herriot : 1987



Nécessité de vérifier la  
qualité des eaux  
souterraines et le Rhône  
(ESO & sédiments)



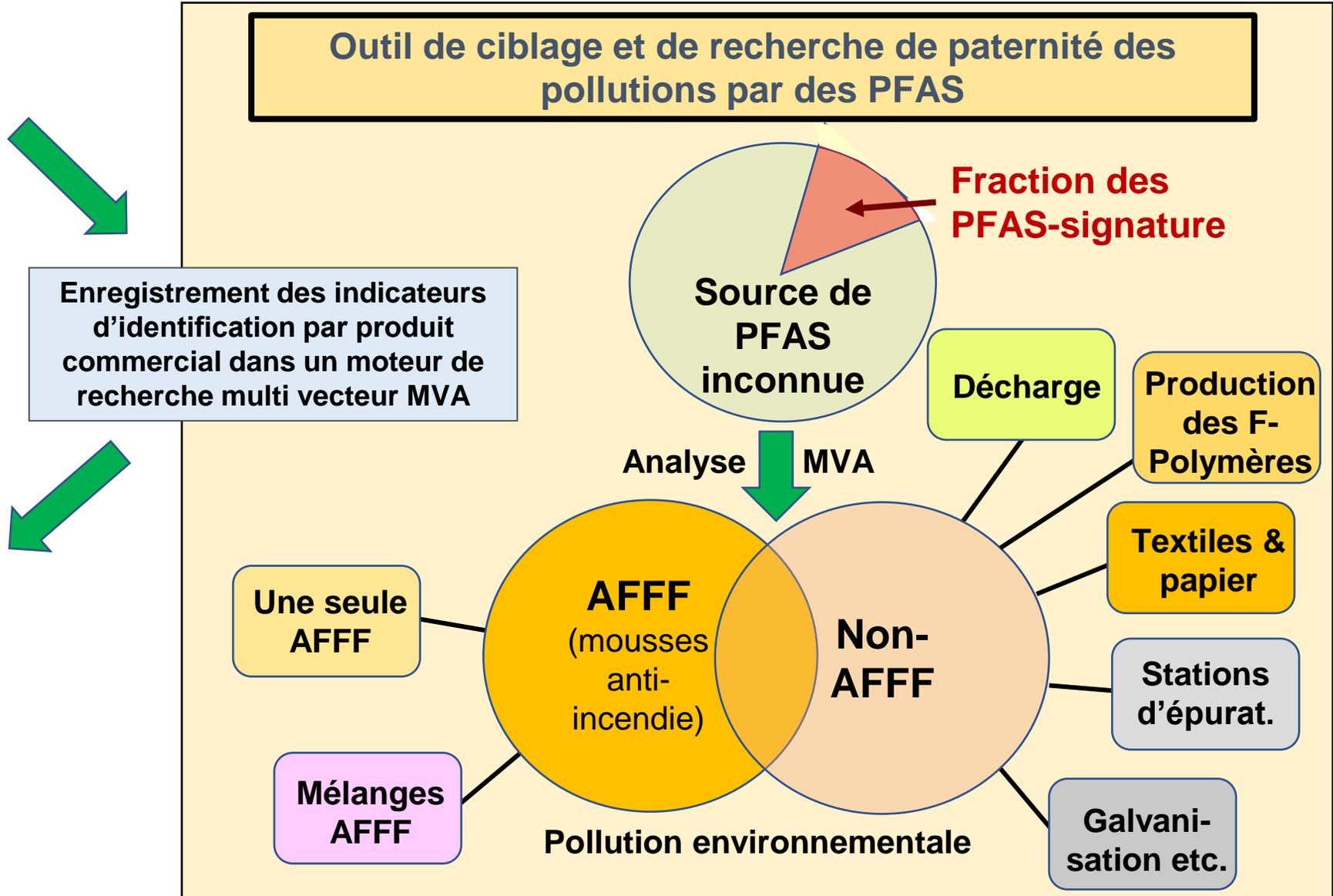
# PFAS: Identification des produits et sources d'origine des pollutions en utilisant « Liste PFAS-signature »

**Préenregistrement des PFAS** individuelles et leur pourcentage de représentativité dans la Base des données PFAS d'HPC par produit commercial & produit altéré sur la base:

- des analyses des PFAS élargies (env. 500 molécules)
- La Banque des données existante.

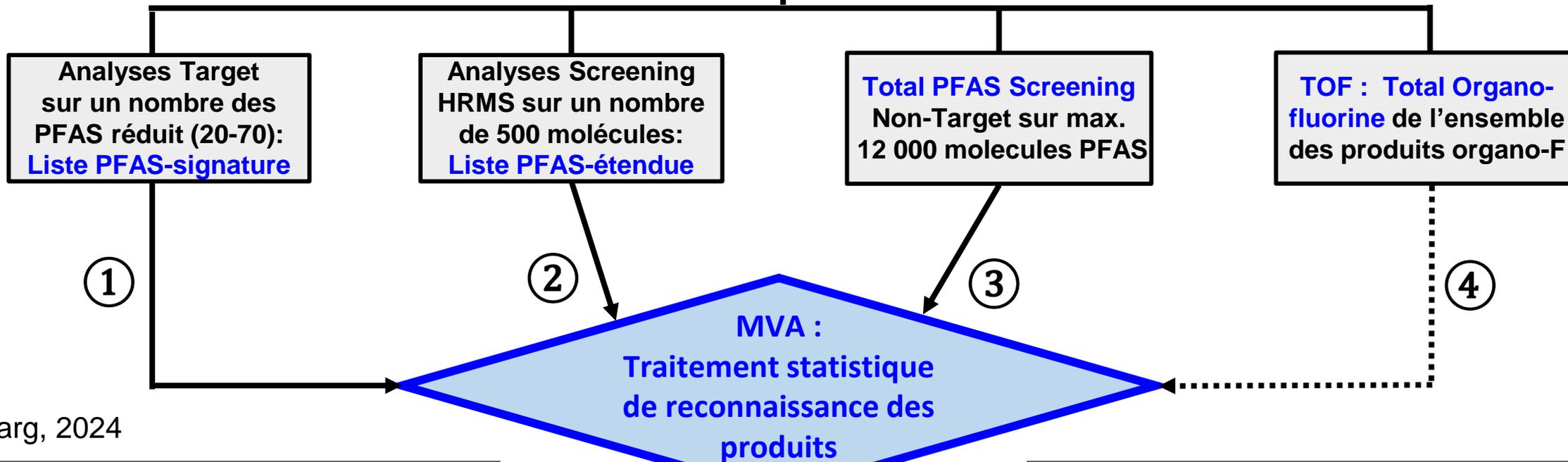
Recherche des Indicateurs par Produit commercial via des analyses standards (min. 20 – 70 molécules sur des échantillons environnementaux: sols & eaux)

Identification des Produits commerciaux ou sources de pollution par le moteur de recherche MVA



# Identification de la paternité des produits commerciaux & des sources de pollution des PFAS

Prélèvements & analyses des sols & eaux: Base des données & Outil



F. Karg, 2024

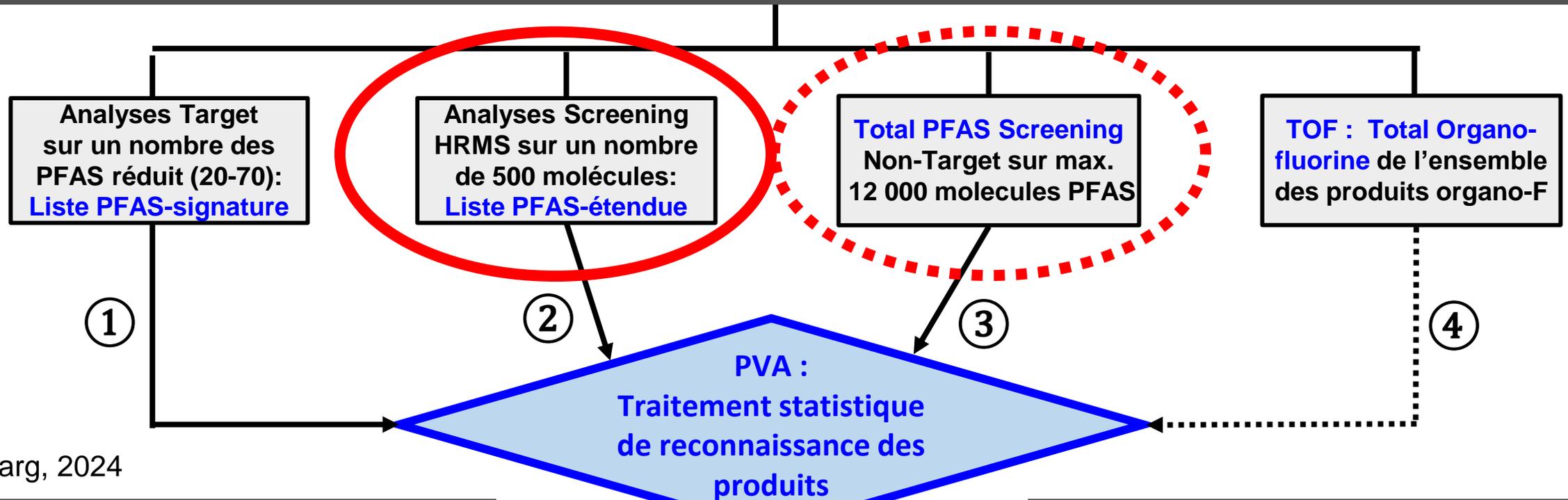
- ① Analyses de la « Liste PFAS Signature » à soumettre au MVA (Multi Vector Analysis).
- ② Entré des données d'identifications des analyses « Liste PFAS-étendue »
- ③ Entré des données d'identifications des analyses du Screening Total des PFAS très détaillés (uniquement pour des Spectres des PFAS individuels par produit commercial de Battelle)

- ④ Analyse TOF (Total Organofluorine); uniquement si besoin. Aucun détail concernant des molécules individuelles n'est obtenu.
- ⑤ Identification des produits commerciaux à la base des spectres de la « Liste PFAS-étendue » dans la base des données PFAS HPC International.
- ⑥ Identification des produits commerciaux à la base des spectres de Base des données Battelle

Identification des produits commerciaux et sources de pollution par des PFAS dans les échantillons de sol & eau via la Polytopic Vector Analysis

# Identification de la paternité des produits commerciaux & des sources de pollution des PFAS: **Pré-enregistrement des spectres PFAS (Data Bank)**

Prélèvements & analyses des sols & eaux: Base des données & Outil : **Enregistrement des étalons**



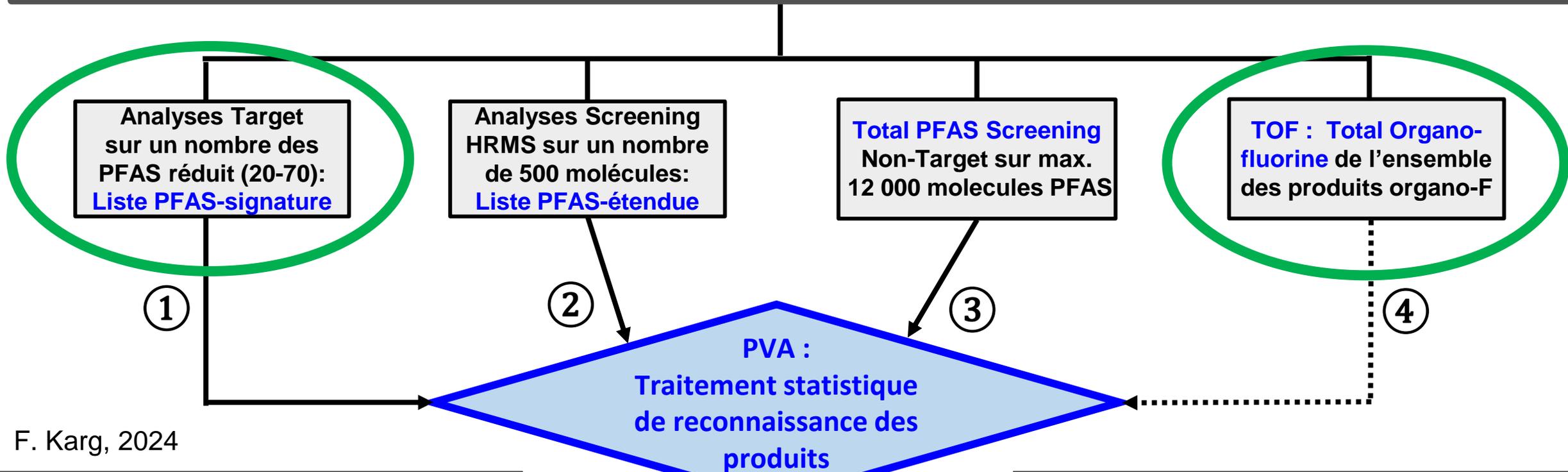
F. Karg, 2024

- ① Analyses de la « Liste PFAS Signature » à soumettre au MVA (Multi Vector Analysis).
- ② Entré des données d'identifications des analyses « Liste PFAS-étendue »
- ③ Entré des données d'identifications des analyses du Screening Total des PFAS très détaillés (uniquement pour des Spectres des PFAS individuels par produit commercial de Battelle)

- ④ Analyse TOF (Total Organo-Fluorine); uniquement si besoin. Aucun détail concernant des molécules individuelles n'est obtenu.
- ⑤ Identification des produits commerciaux à la base des spectres de la « Liste PFAS-étendue dans la base des données PFAS HPC International.
- ⑥ Identification des produits commerciaux à la base des spectres de Base des données Battelle

# Identification de la paternité des produits commerciaux & des sources de pollution des PFAS: Analyses des Echantillons & Identification des sources

Prélèvements & analyses des sols & eaux: Base des données & Outil / **Analyses de routine (+ Top Assay)**



F. Karg, 2024

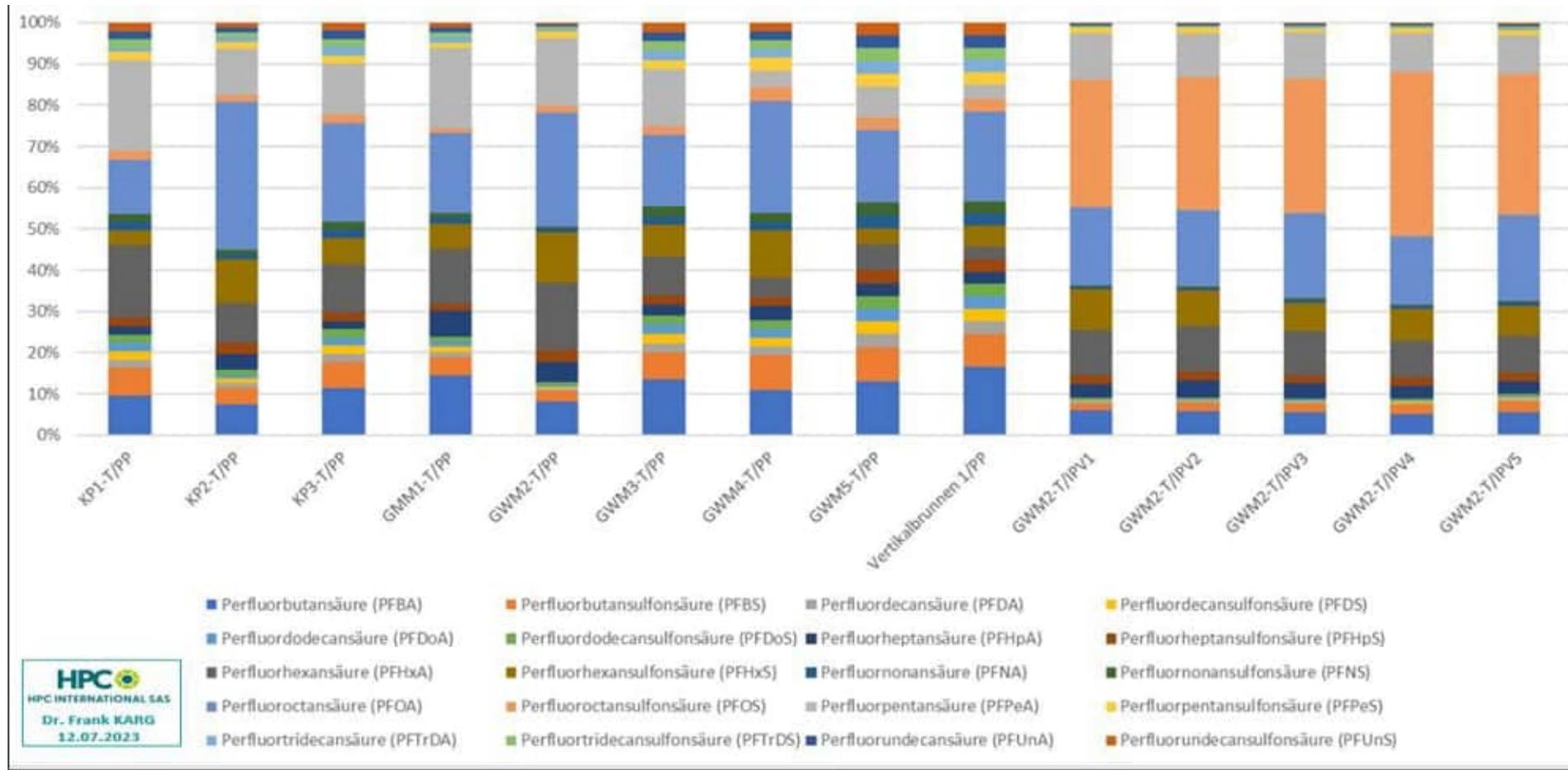
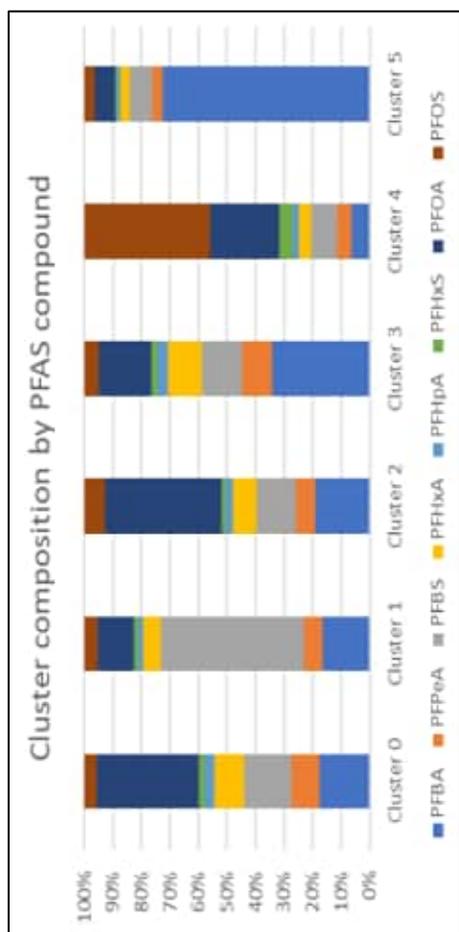
- ① Analyses de la « Liste PFAS Signature » à soumettre au MVA (Multi Vector Analysis).
- ② Entré des données d'identifications des analyses « Liste PFAS-étendue »
- ③ Entré des données d'identifications des analyses du Screening Total des PFAS très détaillés (uniquement pour des Spectres des PFAS individuels par produit commercial de Battelle)

**Identification des produits commerciaux et sources de pollution par des PFAS dans les échantillons de sol & eau via la Polytopic Vector Analysis**

- ④ Analyse TOF (Total Organo-Fluorine); uniquement si besoin. Aucun détail concernant des molécules individuelles n'est obtenu.
- ⑤ Identification des produits commerciaux à la base des spectres de la « Liste PFAS-étendue dans la base des données PFAS HPC International.
- ⑥ Identification des produits commerciaux à la base des spectres de Base des données Battelle

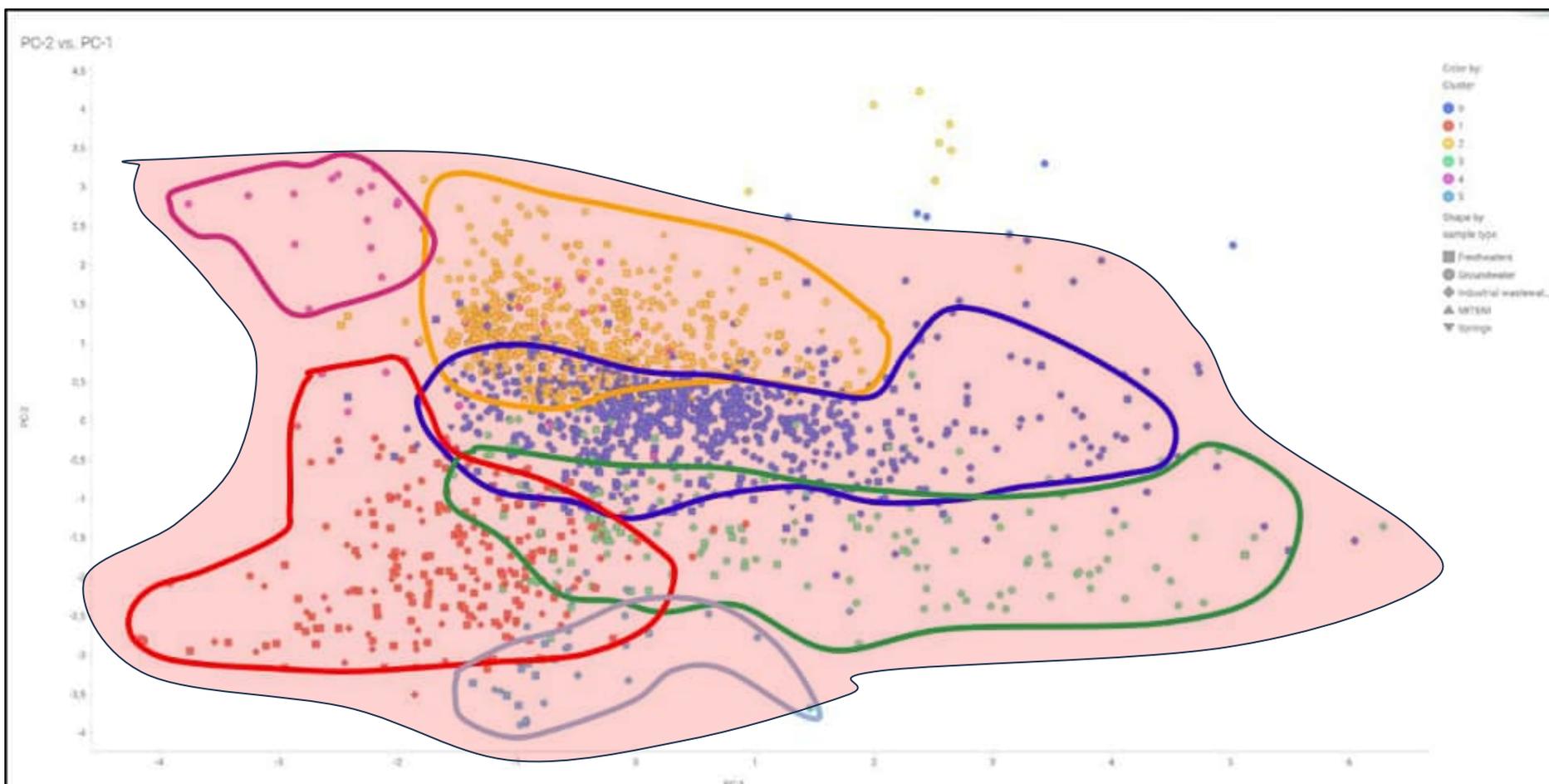
## Investigations et évaluations des risques :

Des analyses des **Clusters PFAS** pourront **identifier les origines** industriels ou des produits ayant provoqués les pollutions environnementales par les PFAS



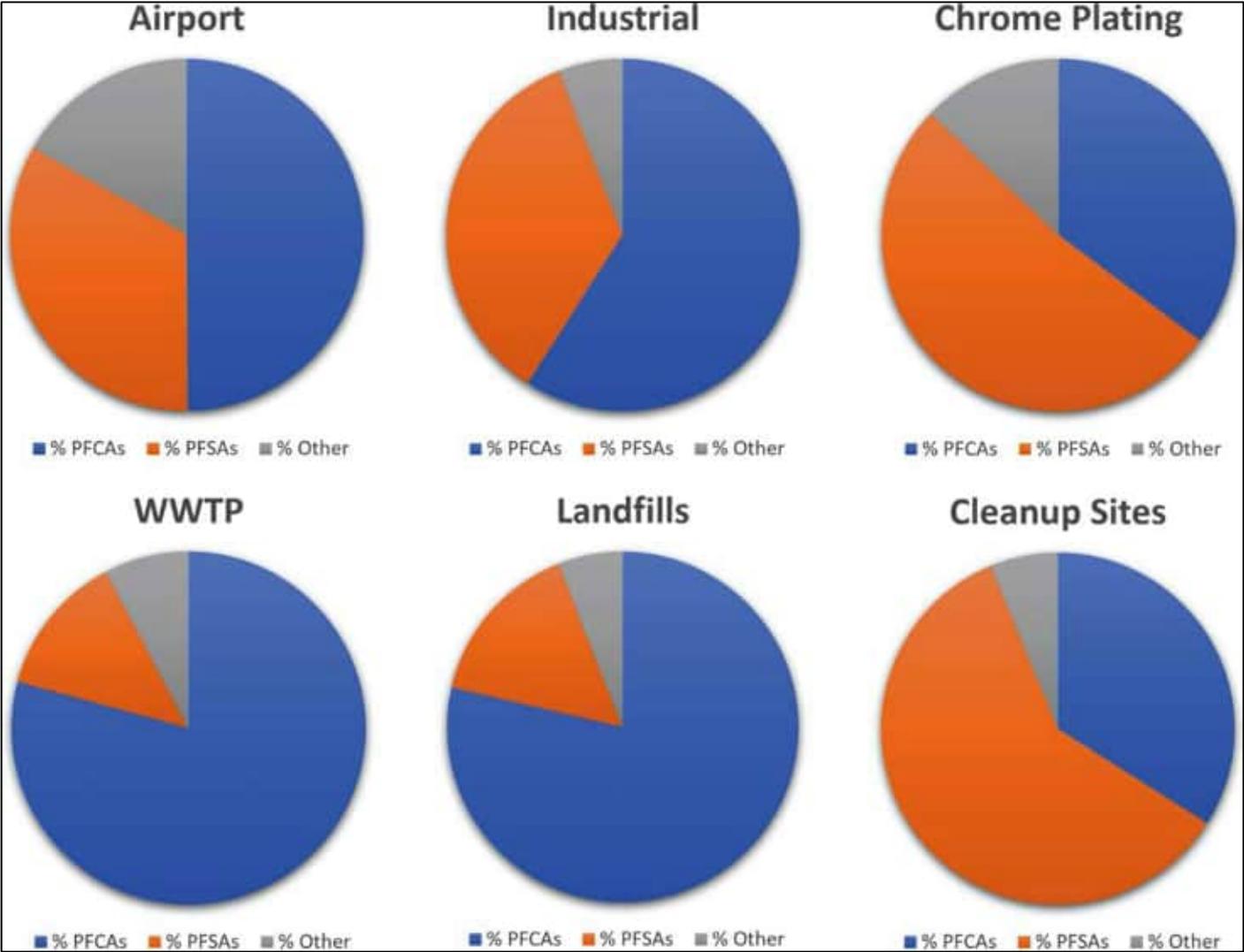
## Identifications et différentiations des source PFAS:

Identification de 6 produits d'origines via des analyses des **Clusters PFAS** (zone de 761 ha et 472 analyses des eaux souterraines et aux superficielles dans le Nord-Est d'Italie).



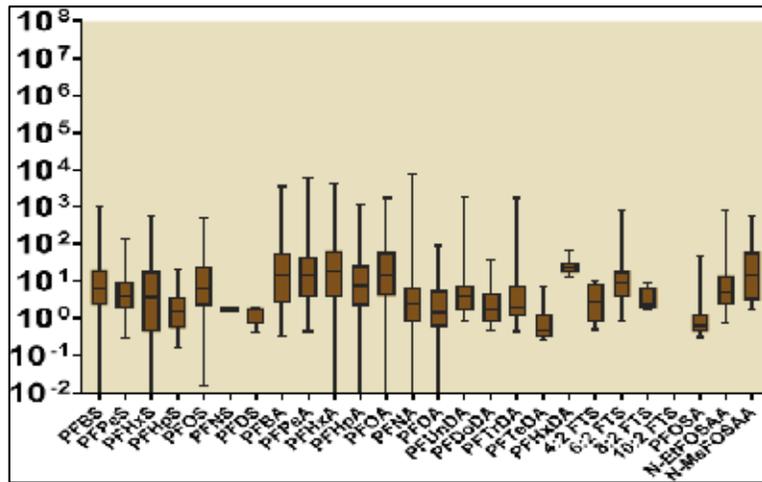
# Gestion des PFAS: Per- & Polyfluoro-Alkyl Substances: Pollutions environnementales et Risques pour la Santé

## PFAS Distributions & Différenciations :

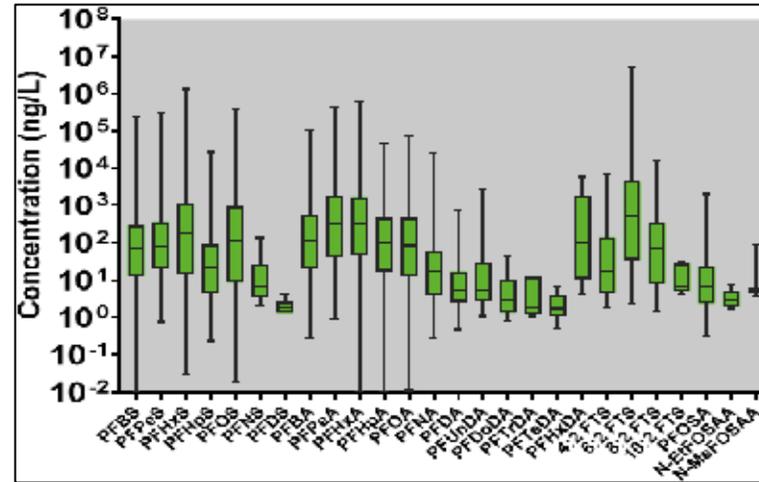


# Identification des Sources PFAS via Polytopic Data Bank et AI-MVA-Tool (Artificial Intelligence Multi-Vector-Analysis)

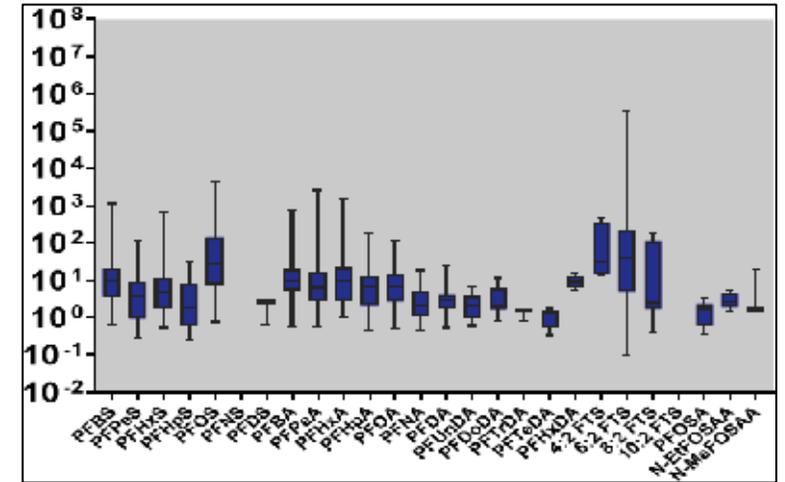
Exemples Statistiques basés sur plus que 800 000 Analyses Environnementales (NAS, 2023)



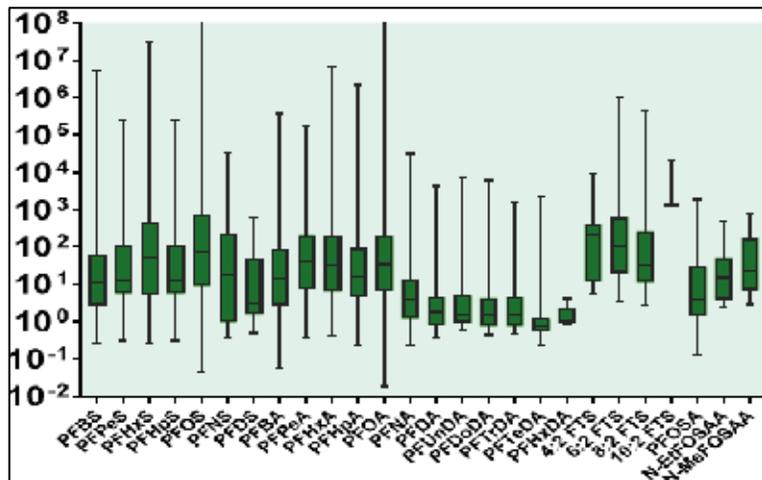
Household Landfills



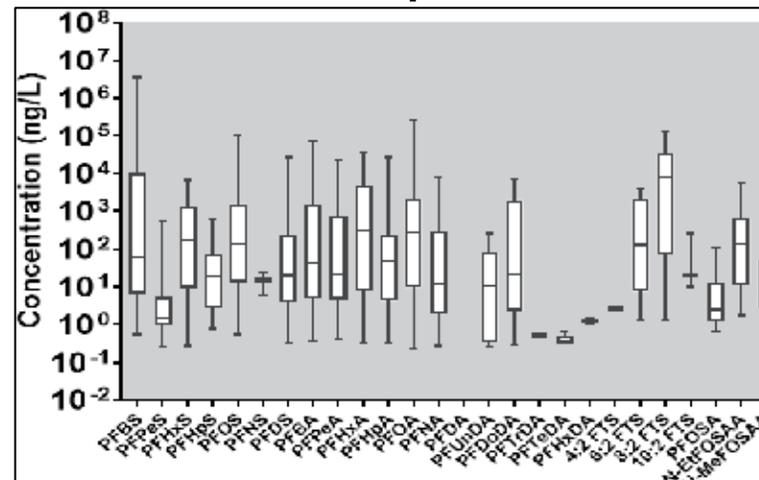
Civil Airports



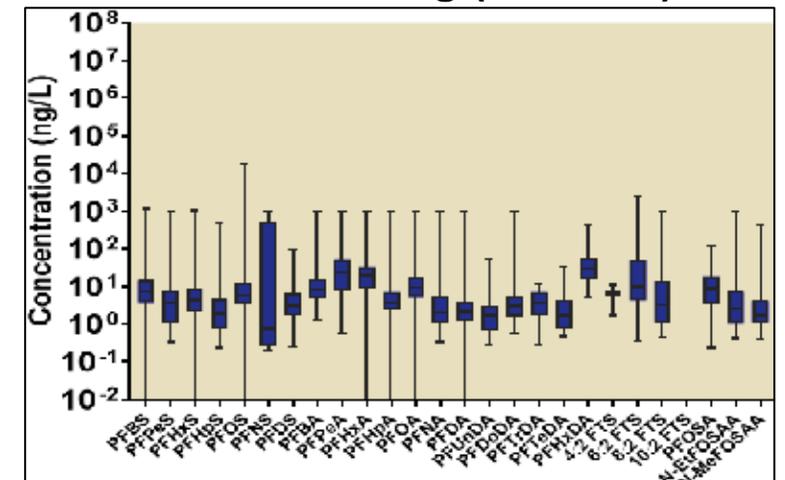
Chrome Plating (Galvanik)



Military Airports



Industrial Sites (Polymers etc.)

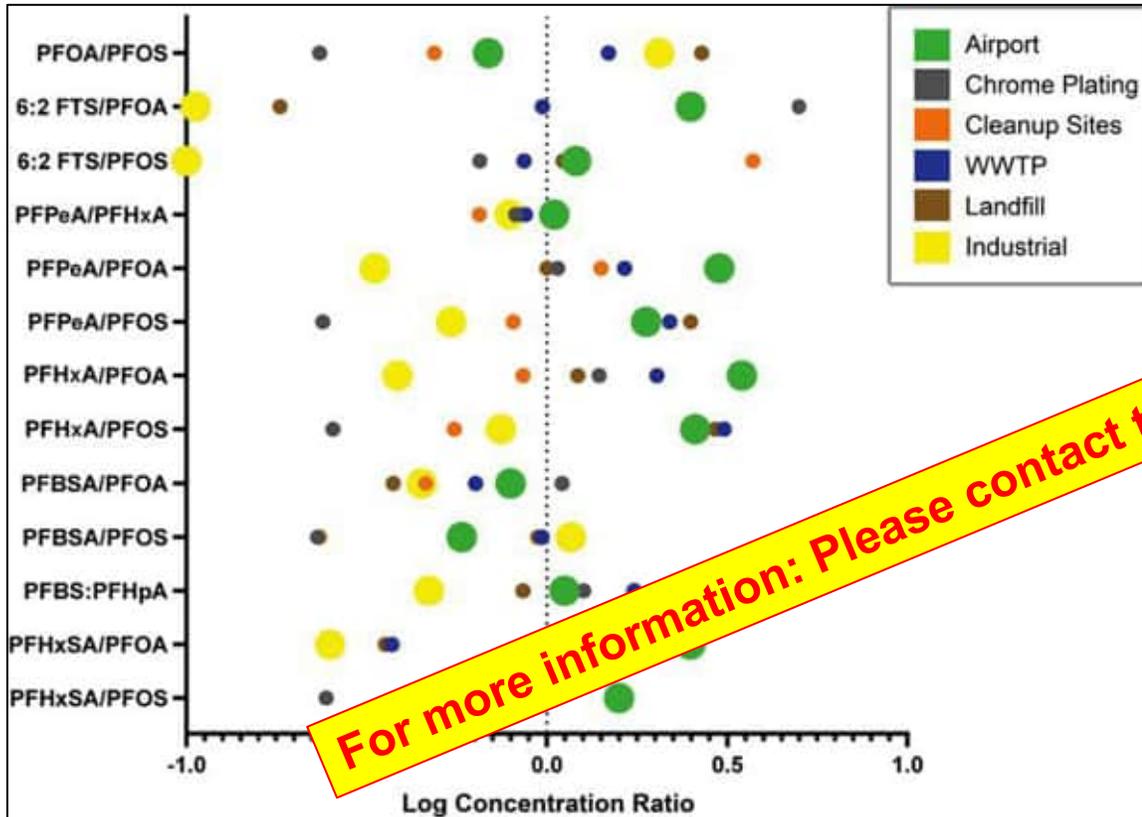


WWTPs (Wastewater & WWTP Sludge)



# Identification des Sources PFAS via Polytopic Data Bank et AI-MVA-Tool (Artificial Intelligence Multi-Vector-Analysis)

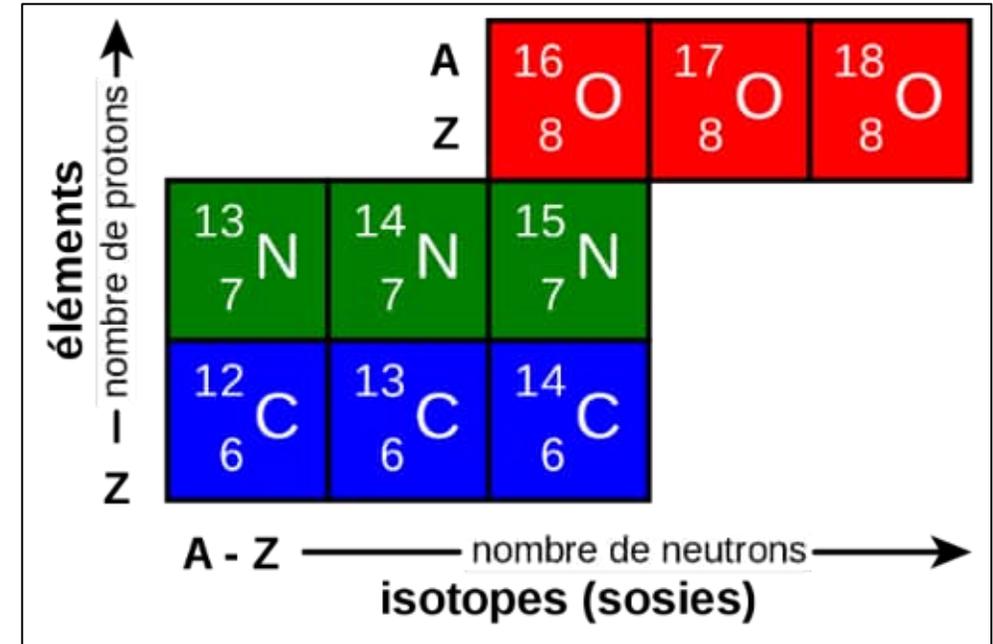
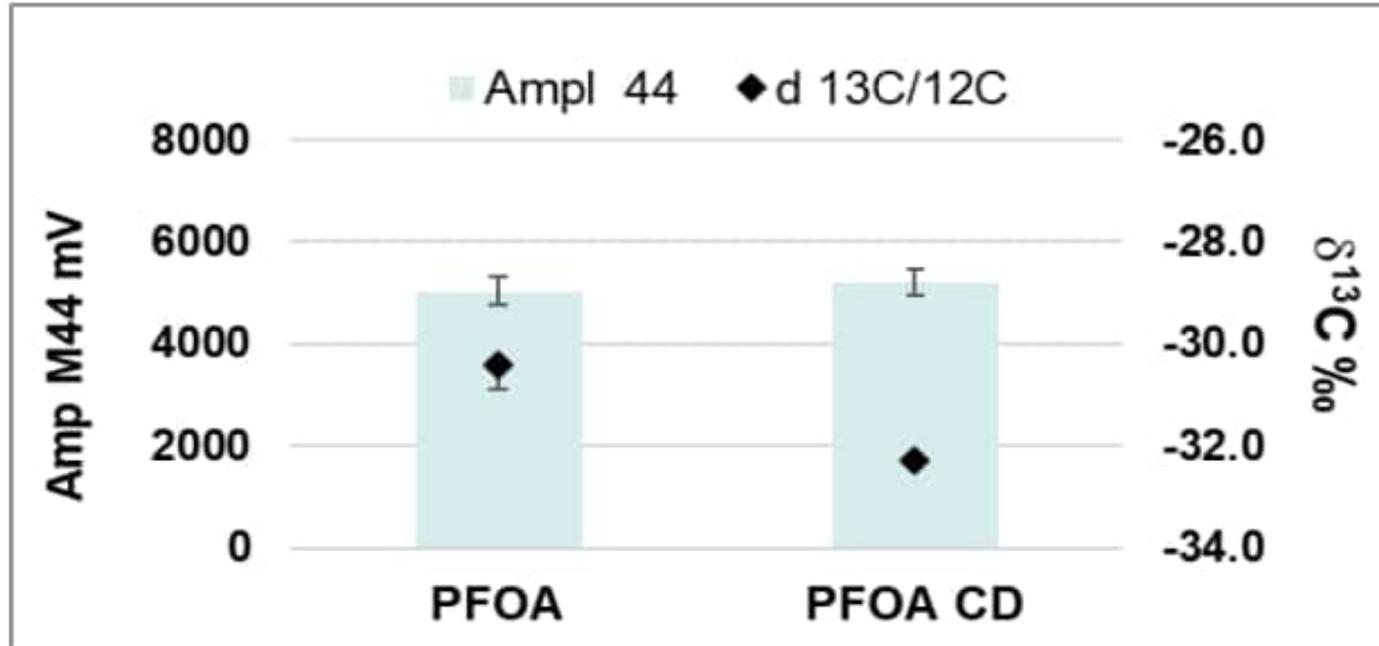
Exemples Statistiques basés sur plus que 800 000 Analyses Environnementales (NAS, 2023)



Ratios des concentrations médianes entre des différents PFCAs and other PFAS

For more information: Please contact the Author: [frank.karg@hpc-international.com](mailto:frank.karg@hpc-international.com)

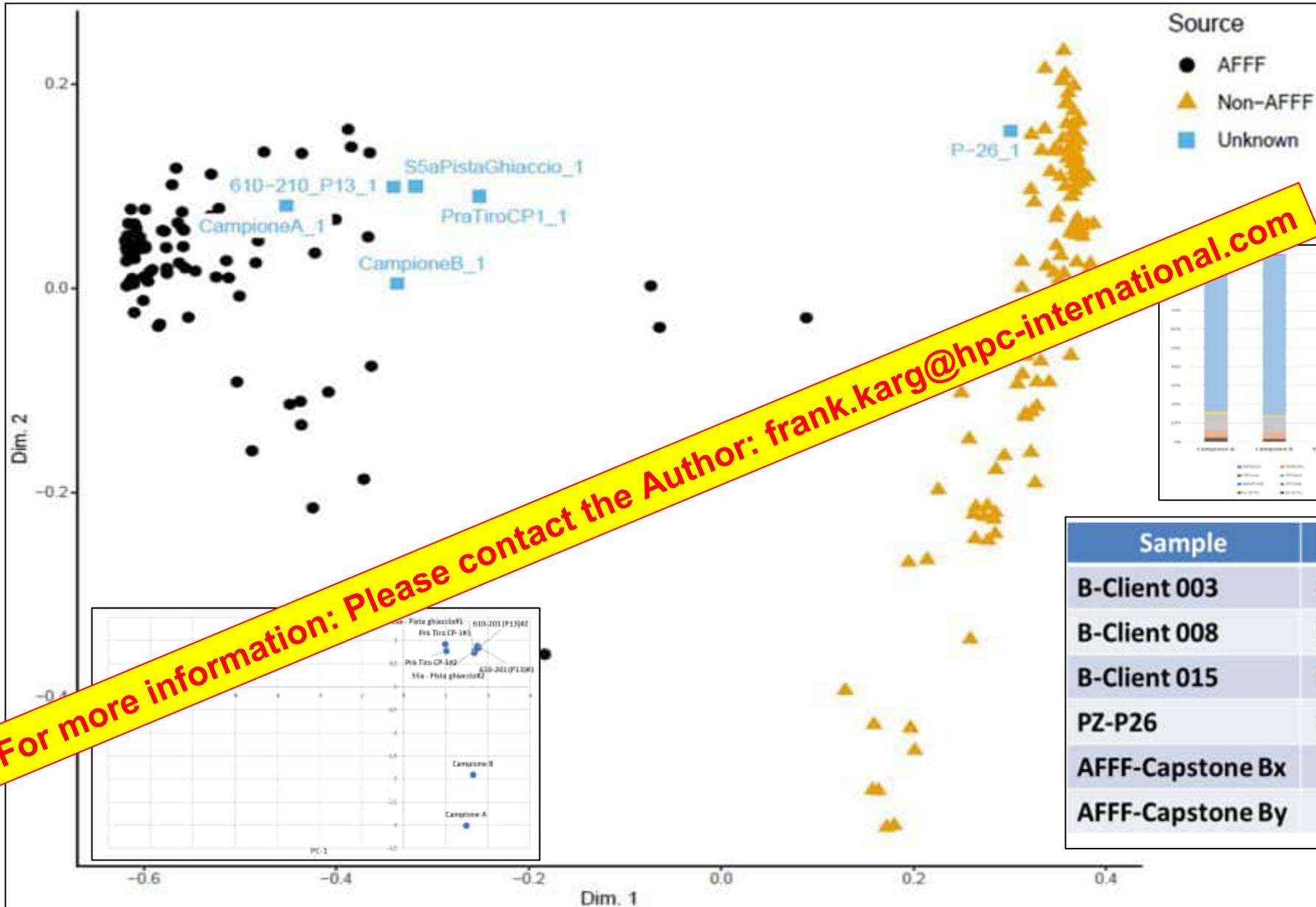
## PFAS-Source-Identification via Isotope Ratios ( $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ):



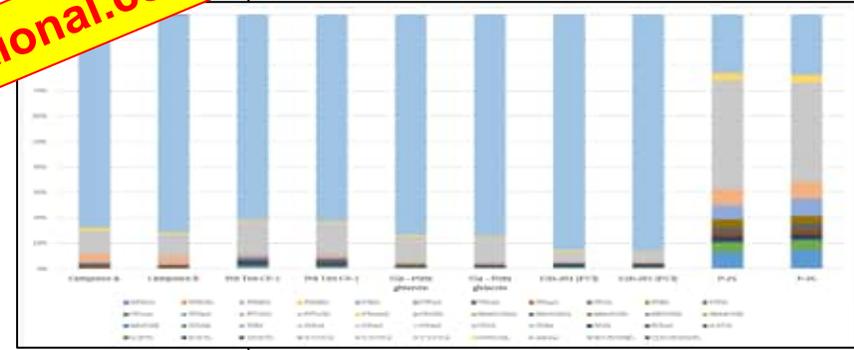
Application  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  Ratios for identification of PFAS Sources: Example of PFOA (Kuntz 2023).  
PFAS Source Identifications with Sulfur-Isotopes for PFOS, etc. is in development.



# Identification des Sources PFAS via Polytopic Data Bank et AI-MVA-Tool (Artificial Intelligence Multi-Vector-Analysis)



Source Differentiation in different Clusters, based on individual Ratios: CH (PFCAs to other PFAS)

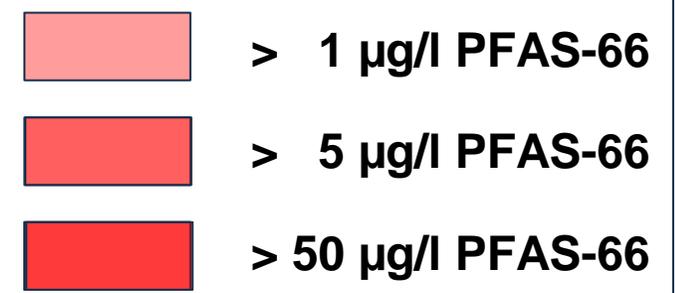


Sample	Type	AFFF	Non-AFFF
B-Client 003	Groundwater	66 %	34 %
B-Client 008	Groundwater	69 %	31 %
B-Client 015	Groundwater	78 %	22 %
PZ-P26	Groundwater	18 %	82 %
AFFF-Capstone Bx	AFFF	85 %	15 %
AFFF-Capstone By	AFFF	96 %	4 %

For more information: Please contact the Author: [frank.karg@hpc-international.com](mailto:frank.karg@hpc-international.com)

**PFAS-66 total  
Presence in  
Groundwater**

Identified PFAS  
Sources S1 – S3



**For more information: Please contact the Author: [frank.karg@hpc-international.com](mailto:frank.karg@hpc-international.com)**

**X Q1**

**X Q2**

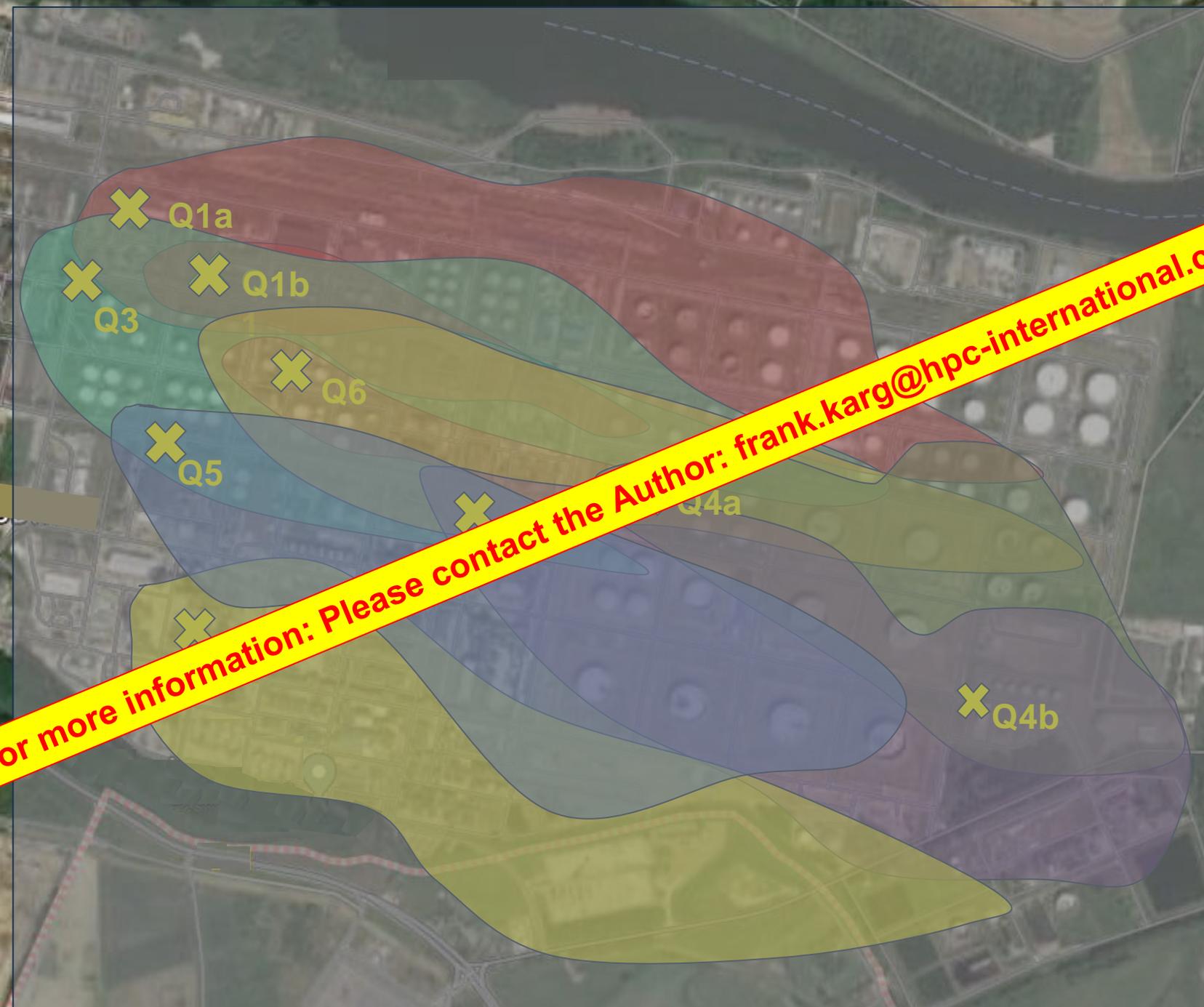


## PFAS-Sources In Groundwater

**MVA-AI: Dominating Clusters:  
Sources S1 – S9**

Q1ab: AFFF	6:2-FTAB, 6:2-FTS, 6:2-FTOH, PFHxA, PFPeA, PFBA, PFOS..
Q2: AFFF 2	6:2-FTS, 6:2-FTAB, 6:2-FTOH, PFHxA, PFPeA, PFOA, PFHxS
Q3: AFFF 3	6:2-FTS, 6:2-FTOH, PFHxA, PFPeA, PFBA, PFHxS, PFBS.
Q4ab: Galv	PFHxA, PFPeA, PFOA, PFBA, PFOS, PFBS, PFHpA, PFBS...
Q5: Landfill	PFBA, PFPeA, PFHxA, PFOA, PFHpA, 8:2-FTOH, 5:3-FTCA..
Q6: Surfact	4:2-FTS, 6:2-FTS, PFHxS, PFBS, 6:2-FTOH, PFHxA....
Q7: Surfact	6:2-FTS, PFHxS, PFBS, 6:2-FTOH, PFHA, PFPeA, PFBA...

**For more information: Please contact the Author: [frank.karg@hpc-international.com](mailto:frank.karg@hpc-international.com)**

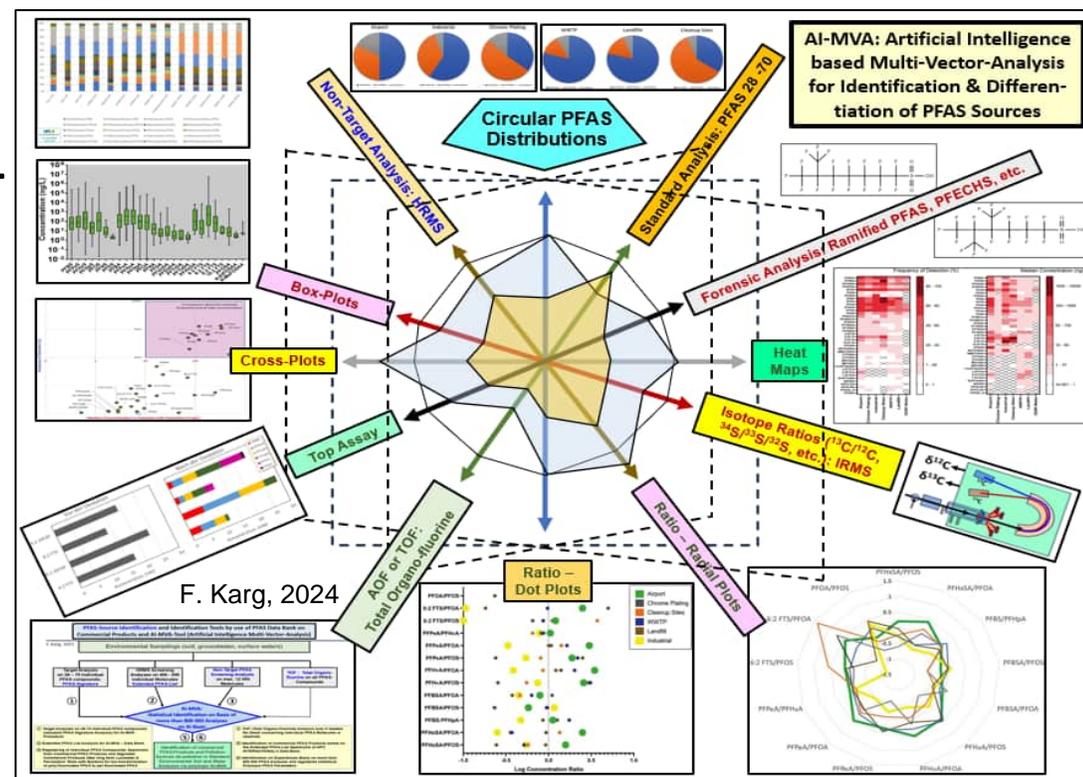


## Conclusion :

- Il existe plus que 9 000 composés PFAS,
- Les PFAS sont très solubles mais aussi bio-accumulables,
- Les substances per- et polyfluoroalkyles (PFAS) sont non-volatils, à l'exception des FTOH volatils : Alcools fluorotélomères, etc.,
- Les PFAS polyfluorés sont bio-transformés en PFAS per-fluorés stables,
- Il existe des milliers de sites pollués par les PFAS: sites de lutte contre l'incendie (comme sur les aéroports...), sites industriels, terres agricoles avec boues de STEP....
- L'application du Top Assay pourra couvrir les PFAS poly-fluorés

MVA-IA

Contact: [frank.karg@hpc-international.com](mailto:frank.karg@hpc-international.com)



- L'identification et différenciation des sources de pollution PFAS est possible et même l'identification des produits commerciaux à l'origine dans les panaches des mélanges de plusieurs sources des PFAS.  
→ Ceci nécessite l'application de la MVA-IA: Multi-Vecteur-Analyse sur base de l'Intelligence Artificielle

## 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, Hungary, Balkan, etc.

Email: [frank.karg@hpc-international.com](mailto:frank.karg@hpc-international.com) / Phone: +33 607 346 916

