

PFAS : Chimie Environnementale, Diagnostics & Identification des Sources de Pollution, Toxicologie et Evaluation des Risques (EQRs), incluent les FTOH



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

PFAS : Chimie Environnementale, Diagnostics & Identification des Sources de Pollution, Toxicologie et Evaluation des Risques (EQRS), incluent les FTOH

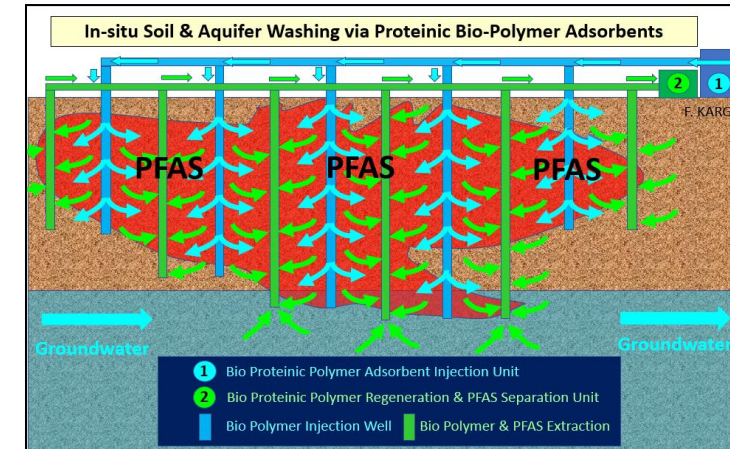
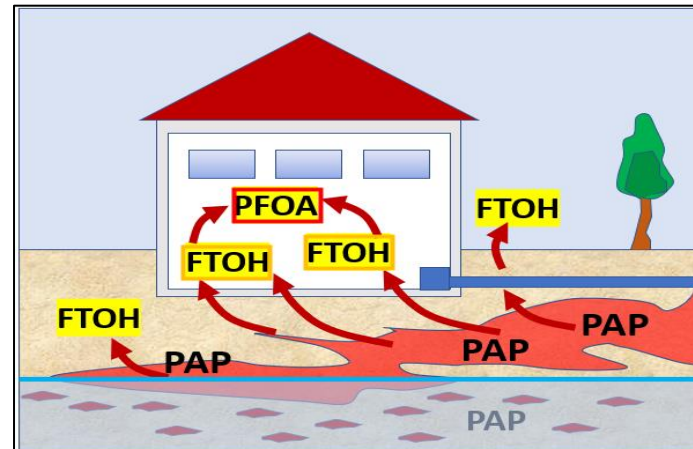
PFAS: Environmental Chemistry, site Investigations, Contamination Source Identification, Toxicology and TERQ Risk Assessments, including FTOH

PFAS : Chimie Environnementale, Diagnostics & Identification des Sources de Pollution, Toxicologie et Evaluation des Risques (EQRS), incluent les FTOH

13/06/2023

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 court des polluants**
- 2. Sources des Contaminations & des Pollutions**
- 3. Chimie environnementale**
- 4. Toxicologie & écotoxicologie & Valeurs limites**
- 5. Investigations & Evaluations des risques (ERS)**
- 6. Identification des Produits commerciaux et sources**



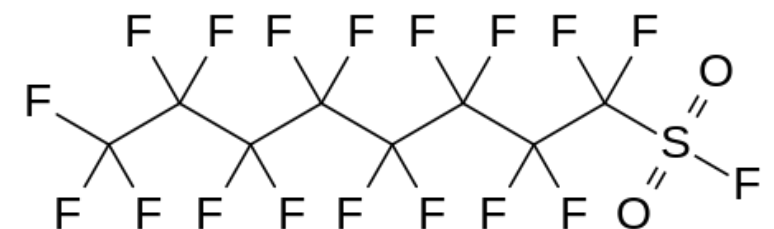
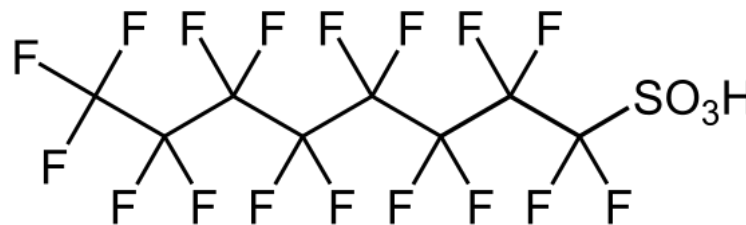
PFAS (PFC, PFT):

- 1. PFAS ? : Description court des polluants**
- 2. Sources des Contaminations & des Pollutions**
- 3. Chimie environnementale**
- 4. Toxicologie & écotoxicologie & Valeurs limites**
- 5. Investigations & Evaluations des risques (ERS)**
- 6. Identification des Produits commerciaux et sources**



PFAS ?

- Il existent **> 9 000 substances** Per- & Polyfluor-akyles (PFAS) en produits synthétiques et **33 familles chimiques** (y compris les **FTOH** volatils)
- PFAS ont été fabriqués industriellement **depuis** des années **1940s**.
- En d'autres, **les PFOA et PFOS** ont été fortement produits et étudiés. Les 2 substances sont très persistents et toxiques.
- Quelques PFAS sont des **POP**: « Persistent Organic Pollutants » et bannies par la Convention de Stockholm, comme **PFOA, PFOS & PFOSF** (Perfluoro-octanonic-acid, Perfluoro-octane-sulfonic-acid & Perfluoro-octane-sulfonyl fluorine).



PFAS (PFC, PFT):

1. PFAS ? : Description court des polluants
2. Sources des Contaminations & des Pollutions
3. Chimie environnementale
4. Contexte réglementaire & Valeurs limites
5. Investigations & Evaluations des risques (ERS)
6. Identification des Produits commerciaux et sources



Production & Applications depuis 1960

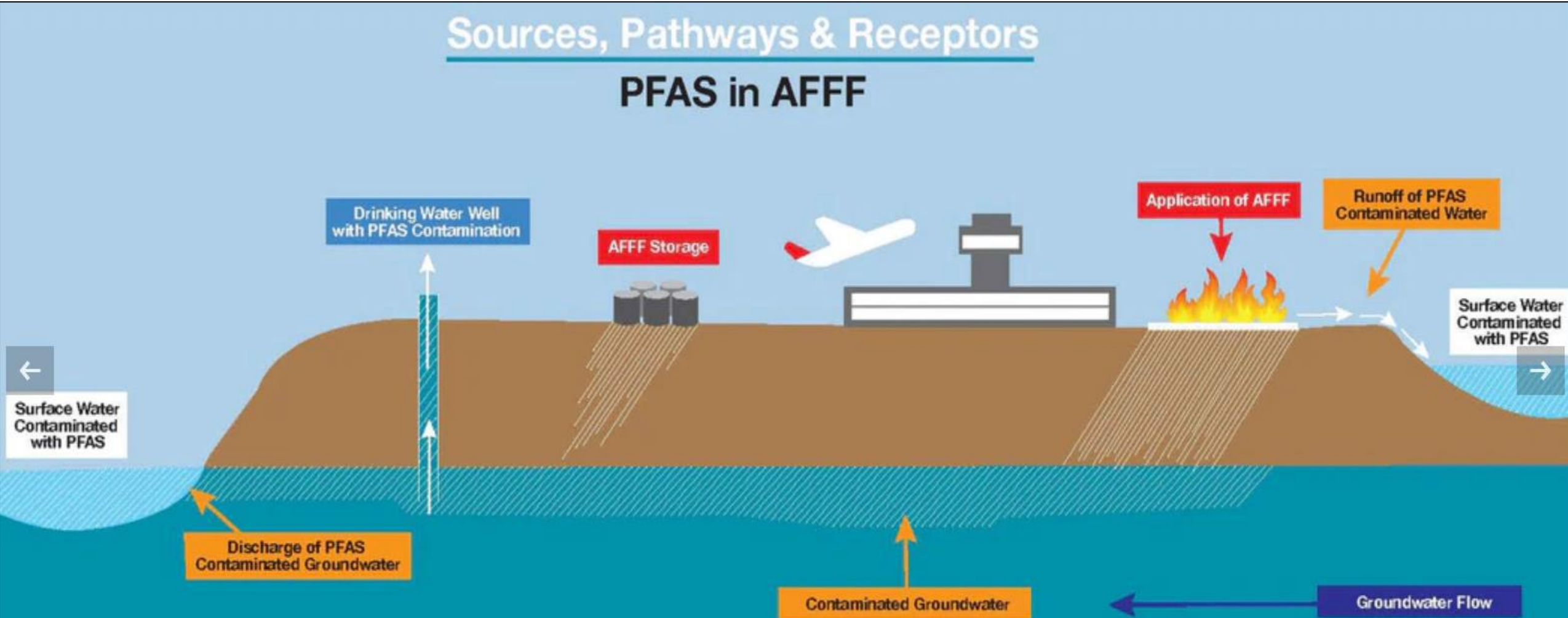
- Galvanisation
- Production des Textiles
- Food Packaging (Polymers)
- Production des Papiers & Cartons
- Raffineries, Industrie Photographique & incres
- Matériel de Construction (Bétons):
par ex. C₈-C₂₀-gamma-omega-perfluoro Thiols)
- Peintures, Encres & Laces
- Modules électroniques & semi-conducteurs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



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



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



Quelle: Spiegel Online 19.11.2016 / KTVU-TV / AP

**PFAS: Pollutions des Eaux Souterraines
à Düsseldorf**



Foto: Landeshauptstadt Düsseldorf

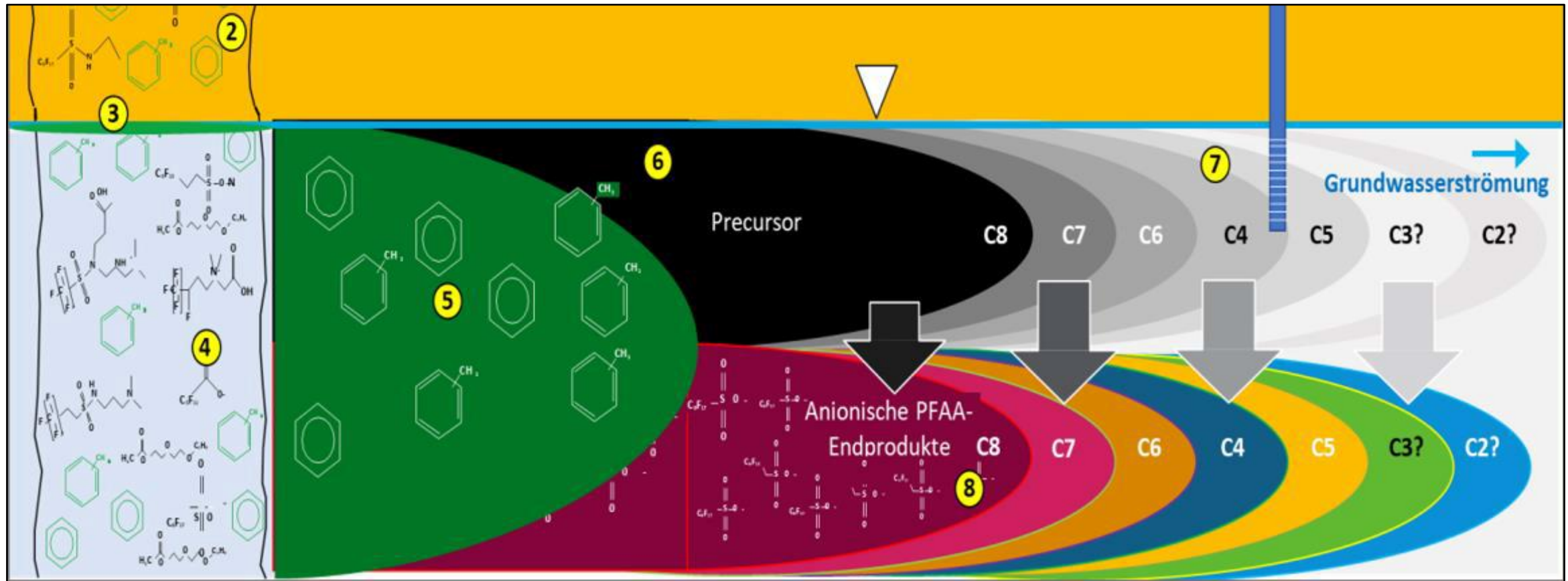
PFAS (PFC, PFT):

1. **PFAS ?**: Description court des polluants
2. **Sources des Contaminations & des Pollutions**
3. **Chimie environnementale**
4. **Contexte réglementaire & Valeurs limites**
5. **Investigations & Evaluations des risques (ERS)**
6. **Identification des Produits commerciaux et sources**

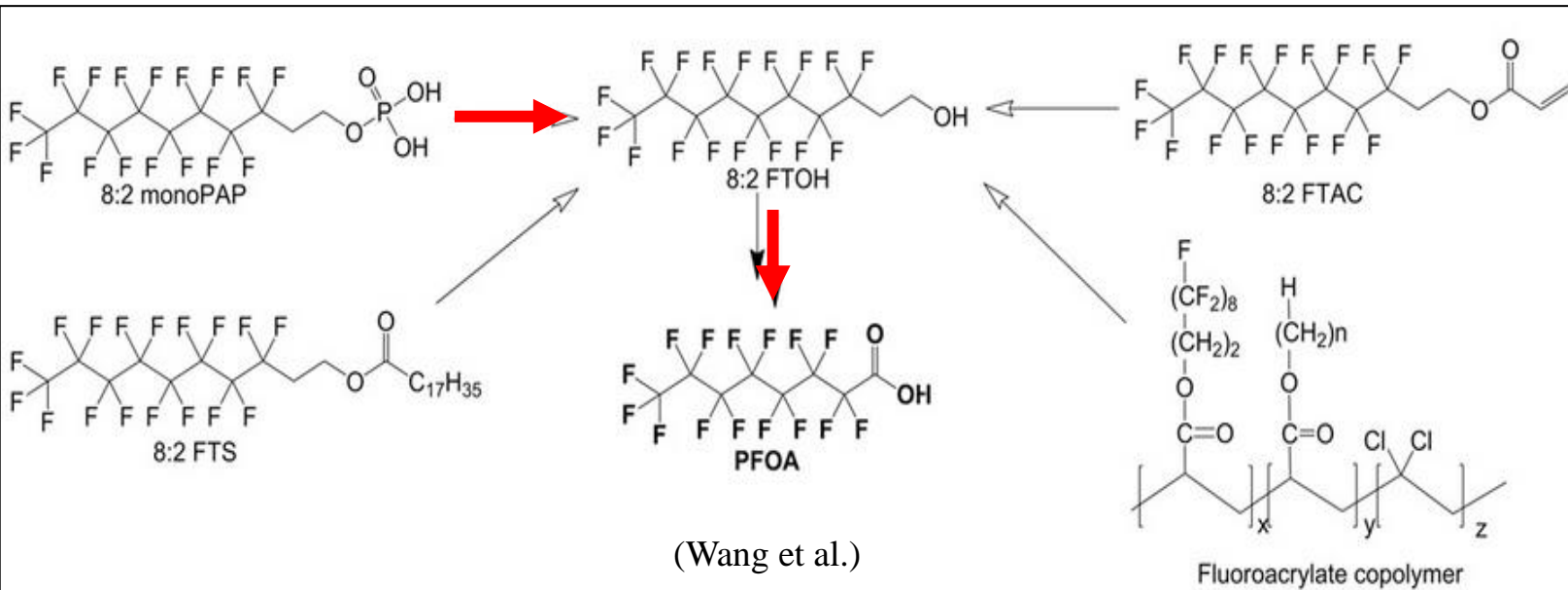


PFAS : Chimie environnementale

Schema de Biotransformation des PFAS polyfluorés → vers des PFAS perfluorés
(Hurst 2017 & UBA 2020)



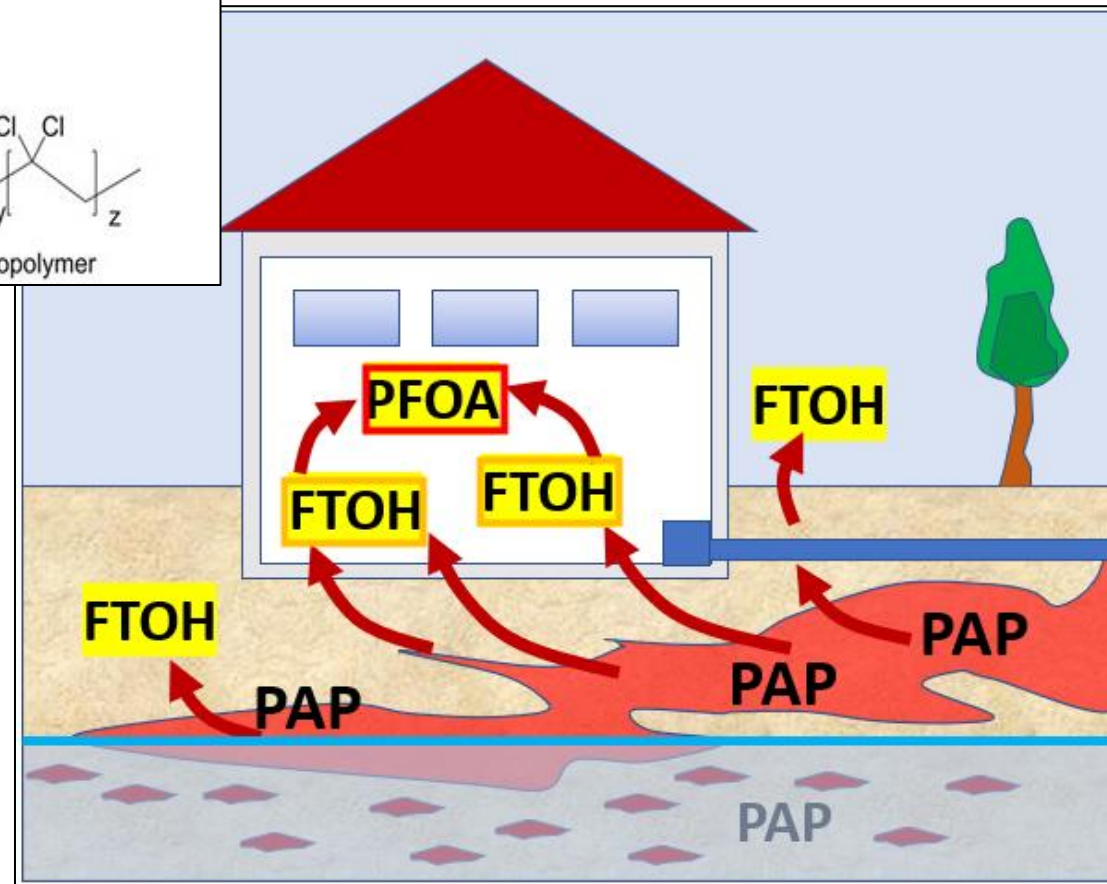
FTOH volatils dans les gaz du sol et l'air ambiant



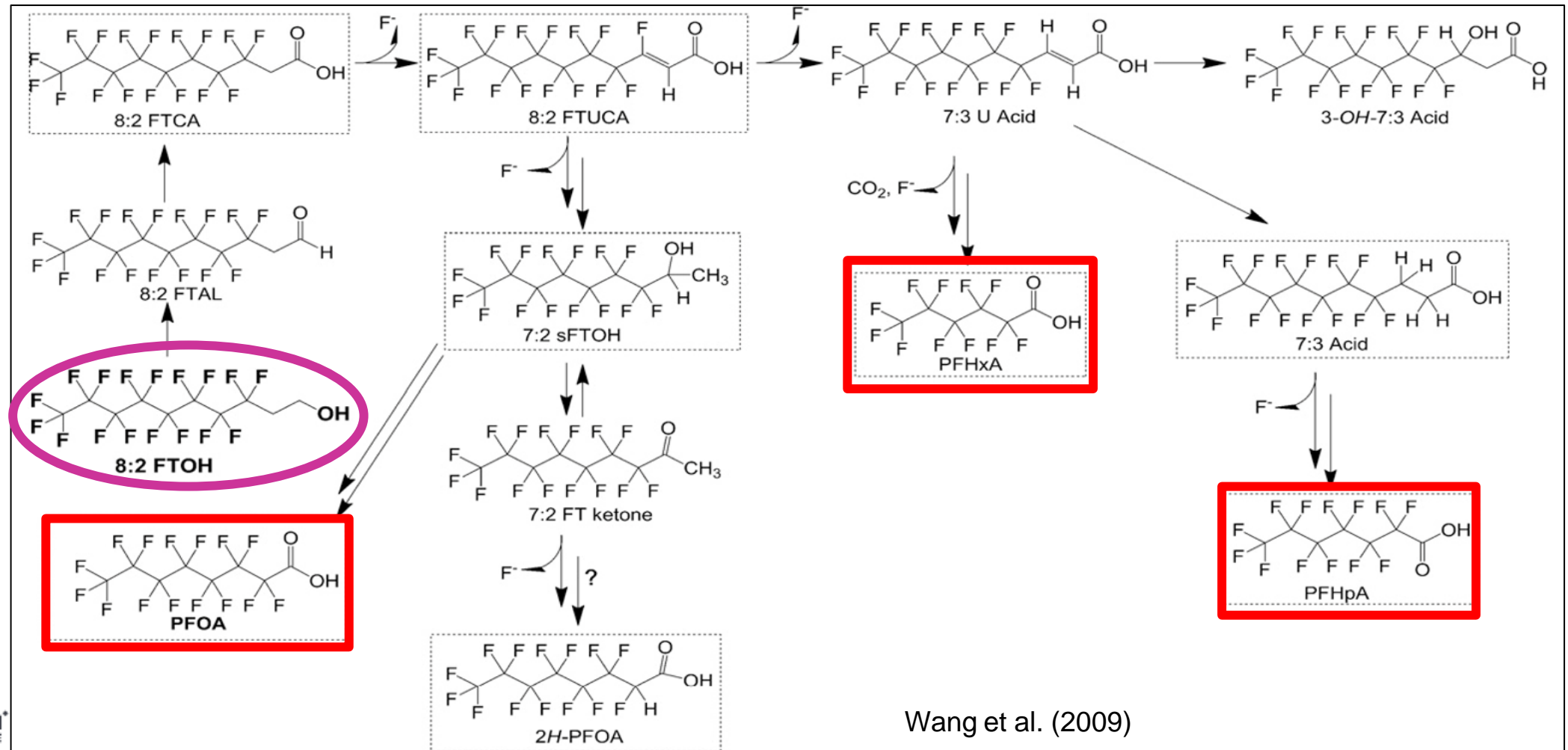
PFAS : Mécanismes de biotransformations:

→ par ex.: PAP → FTOH → PFOA, etc.

FTOH: Alcools Fluortélomères



Biotransformation des Alcools Fluorotélomeres et formation d'autres PFAS Acides carboxyliques perfluorés PFAS → PFOA, PFHxA, PFHpA, 2H-PFOA & Acide 7:3 (7:3 FTCA)



Wang et al. (2009)

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

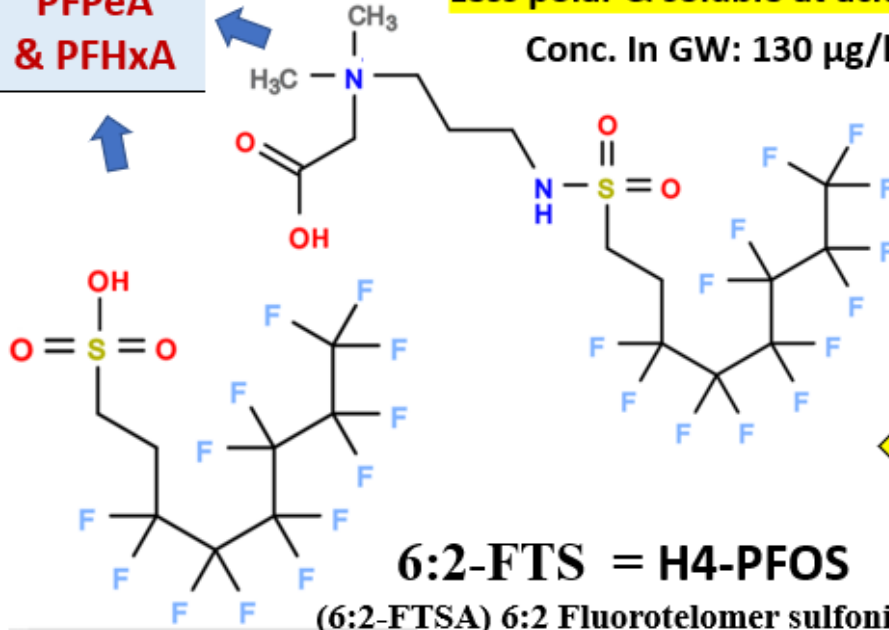
1-Propanaminium, N-(carboxymethyl)-N,N-dimethyl-3-[[[3,3,4,4,5,5,6,6,7,7,8,8,8-tridecafluorooctyl)sulfonyl]amino] and inert salt

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-FTS = H4-PFOS

(6:2-FTSA) 6:2 Fluorotelomer sulfonic acid

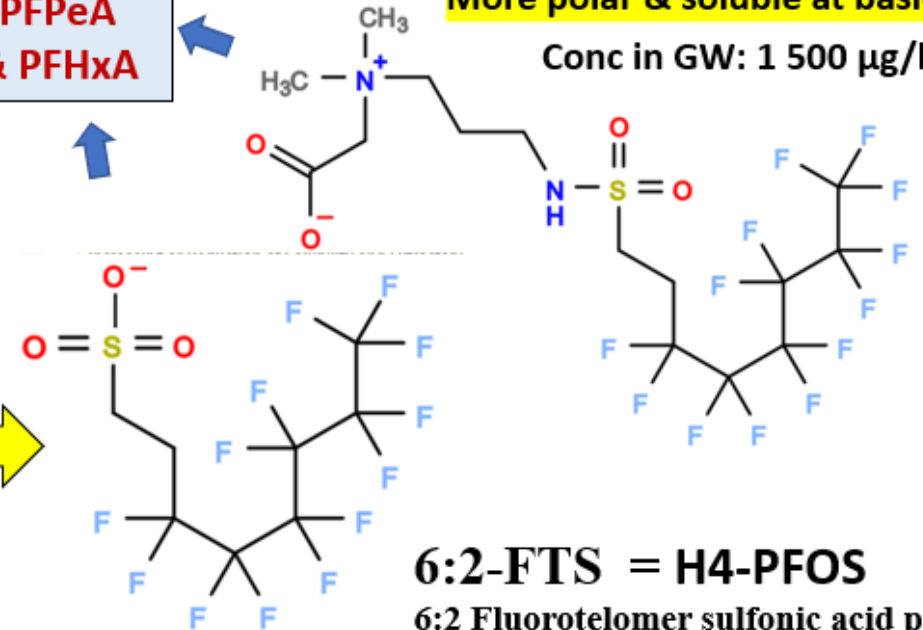
6:2-FT(S)AB = Capstone B (Fire Fighting Foam)

6:2 Fluorotelomer sulfonamido propyl betaine inert salt

**PFPeA
& PFHxA**

More polar & soluble at basic pH

Conc in GW: 1 500 µg/l



6:2-FTS = H4-PFOS

6:2 Fluorotelomer sulfonic acid polar

PFAS (PFC, PFT):

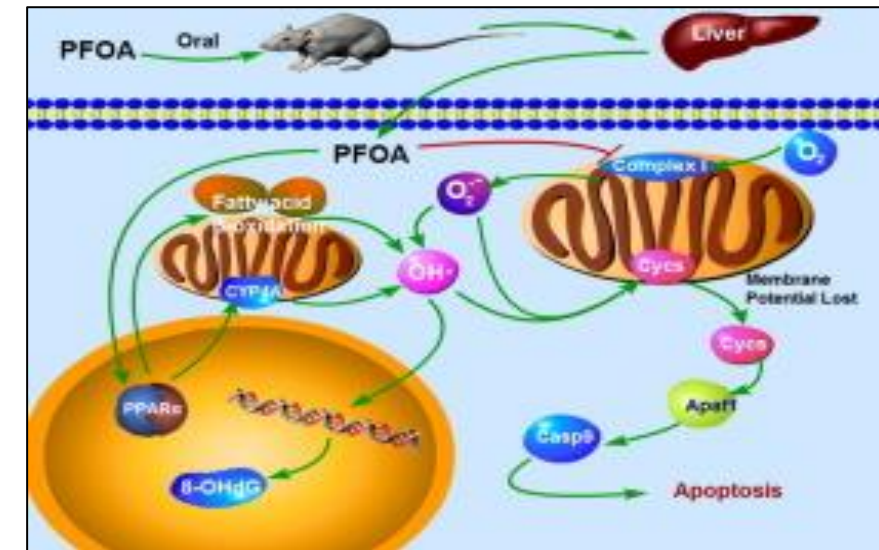
1. **PFAS ?**: Description court des polluants
2. **Sources des Contaminations & des Pollutions**
3. **Chimie environnementale**
4. **Toxicologie & écotoxicologie & Valeurs limites**
5. **Investigations & Evaluations des risques (ERS)**
6. **Identification des Produits commerciaux et sources**



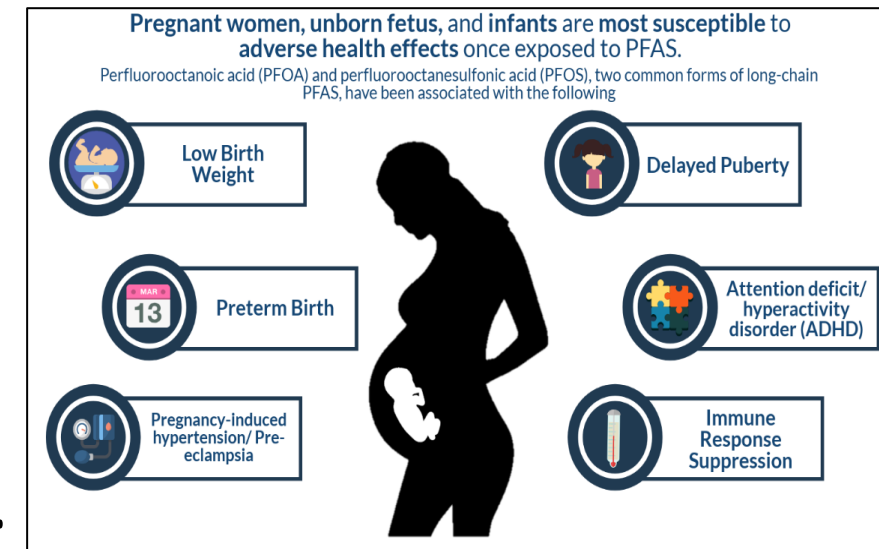
Toxicologie :

Par ex. PFOA et PFOS:

- **Perturbations endocriniennes** (sur la production d'hormones stéroïdes et la diminution des taux de testostérone...): PFOS + FTOH (Alcools fluoro-télomériques),
- **Cancérogénicité**: Développements du Cancer des Seins & Testicules (PFOA...),
- **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.

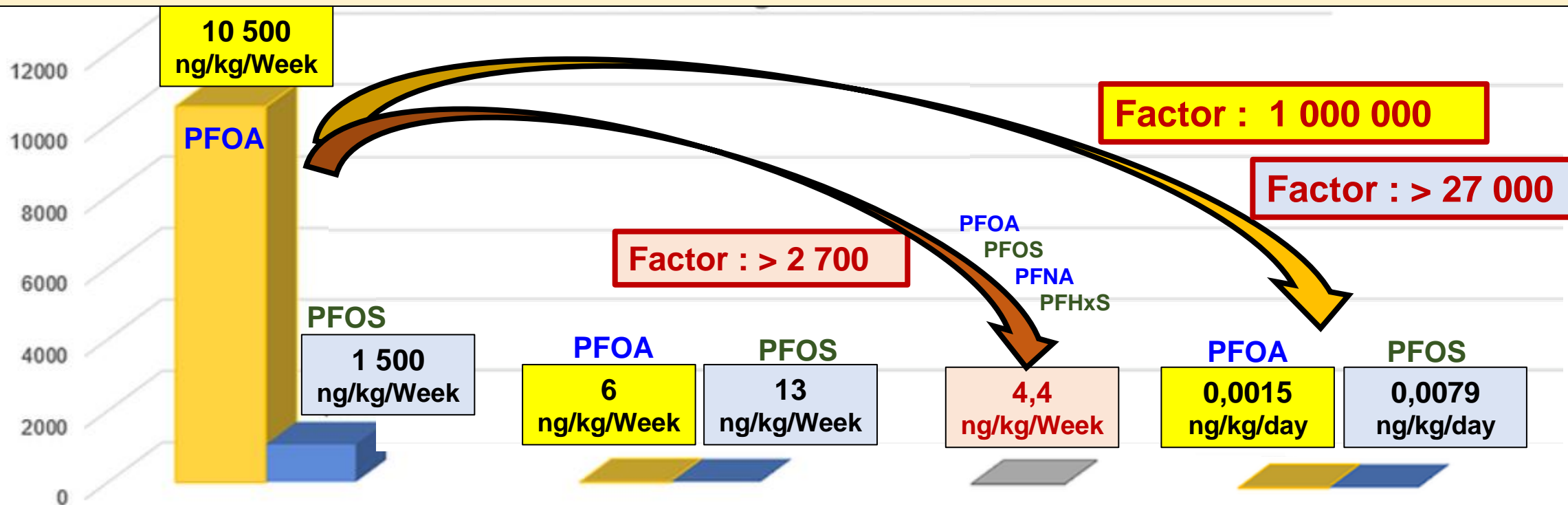


Molecular mechanisms of PFOA-induced Toxicity



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

TWI & TDI: Tolerable Weekly & Daily Intake: 2008 – 2020 & 2022



Réglementation : Concentrations & Expositions limites

- La Directive 2013/39/UE du 12/08/2013 cadre sur l'eau européenne (DCE), fixe pour le **PFOS & dérivés** (et pour d'autres substances prioritaires) une Normes de Qualité Environnementale (NQE-CMA) de
 - 0,65 ng/l pour les Eaux superficielles et
 - 0,13 ng/l pour les Eaux du milieu marin (et des NQE-CMA: Concentrations Maximales Admissibles)
- Limites dans les aliments: Nouveau Règlement (UE) 2022/2388 applicable à partir du 01/01/2023.
- VTR: Une *Dose hebdomadaire tolérable (DHT)* de 4,4 ng/kg/Sem. (ou Dose Journalier Tolérable de (DJT) : <https://www.efsa.europa.eu/fr/news/pfas-food-efsa-assesses-risks-and-sets-tolerable-intake>)
 - 0,63 ng/kg/j pour des PFAS : PFOA, PFOS, PFNA & PFHxS: EFSA : 17/09/2020
- En Allemagne: Valeurs limites pour les eaux souterraines et de l'eau potable. Les Länder exigent des investigations & dépollutions systématiques de sites pollués et des ESO (jusqu'à
 - 0,06 µg/l en PFNA par. ex.).



PFAS (PFC, PFT):

- 1. PFAS ? : Description court des polluants**
- 2. Sources des Contaminations & des Pollutions**
- 3. Chimie environnementale**
- 4. Toxicologie & écotoxicologie & Valeurs limites**
- 5. Investigations & Evaluations des risques (ERS)**
- 6. Identification des Produits commerciaux et sources**



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**
- **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 ambiant (ERP: Ecoles, Crèches, etc.)**



Paramètres pour les Analyses des PFAS recommandés (min.)

N°	Polluant PFAS de base	Synonyme	VTRs existantes	Directive Européenne 2020/2184 Eau potable	N°	Polluant PFAS de base	Synonyme	VTRs existantes	Directive Européenne 2020/2184 Eau potable
1	Acide perfluoro-butanoïque	PFBA	Oui	Oui	17	Perfluoro-heptane sulfonique	PFHpS	Oui	Oui
2	Acide perfluoro-pentanoïque	PFPeA	Oui	Oui	18	Perfluoro-octane-sulfonique	PFOS	Oui	Oui
3	Acide perfluoro-hexanoïque	PFHxA	Oui	Oui	20	Perfluoro-nonane sulfonique	PFNS	Oui	Oui
4	Acide perfluoro-heptanoïque	PFHpA	Oui	Oui	21	Perfluoro-decane sulfonique	PFDS	Oui	Oui
5	Acide perfluoro-octanoïque	PFOA	Oui	Oui	22	Perfluoroundecane sulfonique	PFUnDS	Oui	Oui
6	Acide perfluoro-nonanoïque	PFNA	Oui	Oui	23	Perfluorododecane sulfonique	PFDoDS	Oui	Oui
7	Acide perfluoro-decanoïque	PFDA	Oui	Oui	24	Perfluorotridecane sulfonique	PFTriDS	Oui	Oui
8	Acide perfluoro-undecanoïque	PFUnDA	Oui	Oui	25	Acide H4-polyfluoro-octane-sulfonique	H4-PFOSA	associé au PFOS	Non
9	Acide perfluoro-dodecanoïque	PFDoDA	Oui	Oui	26	Perfluoro-octane-sulfonamide	PFOSA	Oui	Non !
10	Acide perfluoro-tridecanoïque	PFTriDA	Oui	Oui	27	6:2 Fluorotélomère alcool	6:2-FTOH	Oui	Non !
11	Acide perfluoro-tetradecanoïque	PFTeDA	Oui	Non	28	8:2 Fluorotélomère alcool	8:2-FTOH	Oui	Non !
12	Acide perfluoro-hexadecanoïque	PFHxDA	Oui	Non	29	Acide Hexafluoro-propylèneoxydimer	HFPO-DA	Oui	Non
13	Acide perfluoro-octadecanoïque	PFOcDA	Oui	Non	30	Acide 3H-perfluoro-3-[(3-methoxy-propoxy) propanoïc	ADONA	Oui	Non
14	Perfluoro-butane-sulfonique	PFBS	Oui	Oui	31	Capstone B (Propanamonium-N-carboxylmethyl-N,N-diméthyle-3 tridecafluorooctyl-sulfonyl-amine)	6:2 FTAB	Non	Non
15	Perfluoro-pentane sulfonique	PFPeS	Oui	Oui	32	6:2 Fluortelomer-acide	6:2 FTS	Non	Non
16	Perfluoro-hexane sulfonique	PFHxS	Oui	Oui					

Les PFAS en Jaune et orange ne sont pas (encore) intégrés dans la liste de la Directive Européenne 2020/2184 concernant l'eau potable

VTR internationales (env. 170)

- 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
- Wieneke et al. 2020 :** Toxicological Equivalence factors on PFOA RfD

Substance	Cancerogen / not cancerogen	Chronic toxicological value			Species	Sigle	Security Factor	Organization
		Exposure path	Target organ	Value				
PFBA	NC	oral	Hepatic	2,9 µg/kg/d	Rate	RfD	NOAEL / 2400	TCEQ 2016
		inhalation	Hepatic	10 µg/m ³	Rate	RfC	from oral value	TCEQ 2016
PFPeA	NC	oral	Hepatic	3,8 µg/kg/d	Rate	RfD	same than PFHxS LOAEL/(263*300)	TCEQ 2016
PFHxA	NC	oral	Hepatic	3,8 µg/kg/d	Rate	RfD	same than PFHxS LOAEL/(263*300)	TCEQ 2016
PFHpA	NC	oral	Hepatic	25 ng/kg/d	Rate	DJT	Extrapolation of DJT of Health Canada	ANSES 2017
PFOA	NC	oral	Hematologic	0,86 ng/kg/d	Rate	TDI	BMDL5	UBA 2020 BfR & EFSA 2018
			Hepatic, Mammar, Hematologic	12 ng/kg/d	Mice	RfD	LOAEL (81*100)	TECQ 2016
		inhalation	Hepatic	4,1 ng/m ³	Rate	RfC	NOAEL / (81*3000)	TCEQ 2016
	C	oral	Testicular tumors	2,52 (mg/kg/d) ⁻¹	Epidemio	SF	-	New Jersey 2017
PFNA	NC	oral	Hematologic	2,5 ng/kg/d	Mouse	RfD	NOAEL / 300	EPA IRIS 2019 New Hampshire DES 2019
		inhalation	Lung, respiratory system	28 ng/m ³	Rate	RfC	NOAEL / (81*30 000)	EPA IRIS 2019 TCEQ 2018
PFDA	NC	oral	Hepatic	15 ng/kg/d	Rate	RfD	NOAEL / (81*1000)	TCEQ 2016
		inhalation		53 ng/m ³	Rate	RfC	from oral value	TCEQ 2016
PFBS	NC	oral	Hematologic and renal	1,4 µg/kg/d	Rate	RfD	NOAEL / (142*300)	TCEQ 2016
		inhalation		4,9 µg/m ³	Rate	RfC	from oral value	TCEQ 2016
PFHxS	NC	oral	Hematologic and thyroidal	3,8 µg/kg/d	Rate	RfD	LOAEL / (263*300)	TCEQ 2016
		inhalation		13 ng/m ³	Rate	RfC	from oral value	TCEQ 2016
PFHpS	NC	oral	Hepatic	0,43 ng/kg/d	Rate	TDI	Potency Factor : 0,6-2	UBA 2020, EFSA 2018, BfR 2018
PFOS	NC	oral	Hepatic	1,86 ng/kg/d	Monkey	TDI	NOAEL	UBA 2020 BfR & EFSA 2018
		inhalation	Thyroidal, neurological and foetal development	81 ng/m ³	Rate	RfC	from oral value (23 ng/kg/j)	TCEQ 2016
PFOSA	NC	oral	Mammary glands	12 ng/kg/d	Mice	RfD	Same than PFOA NOAEL/(81*300)	TCEQ 2016
		inhalation		4,1 ng/m ³	Rate	RfC	same than PFOA NOAEL/(81*3000)	TCEQ 2016

PFAS : Chimie Environnementale, Diagnostics & Identification des Sources de Pollution, Toxicologie et Evaluation des Risques (EQRS), incluent les FTOH

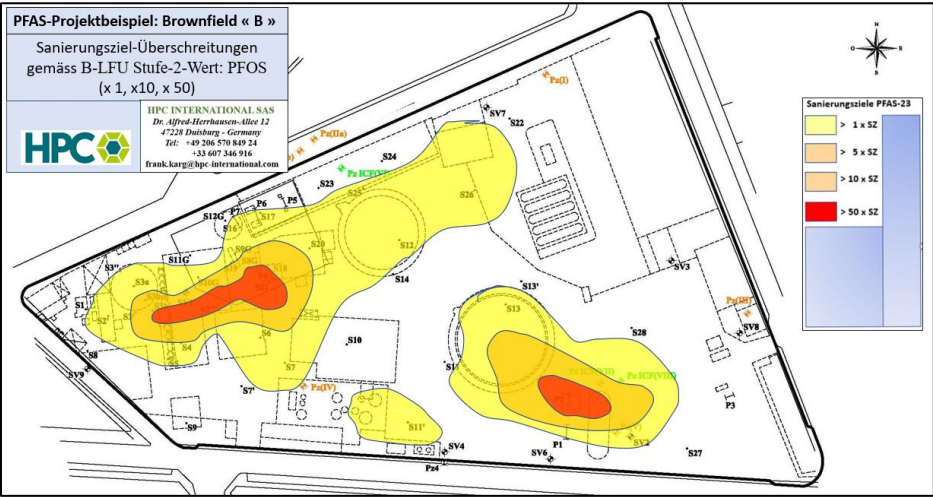
No	<u>TRD: Toxicological Reference Dose</u> <u>Choice Criteria</u>	Appreciation			
		Favorable	Correct	Not favorable	Exclusion
1	Variability of indicated TRD	(+/- 0 %)	≤ (+/- 30 %)	> (+/- 30 %)	
2	Class (potential) Carcinogenic: EC: Class 3/ US-EPA: Class B2, C / IARC: Group 1	3 Organisms : CE, US-EPA, 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	Mamifer	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	Non		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	Non		Yes	
13b	Transposition: Animal to Human	Non	Yes		
13c	Transpositions : From in-Vitro	Non		Yes	
13d	Transpositions : From in-Silico	Non		Yes	
14	Study time-representatively	≥ chronic (> 180 d)	sub-chronic (90 d) to chronic (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	

VTR : Facteurs d'équivalence de toxicité

Exemple: W. Bil et al. (2020):

**RPF : Relative Potency Factors,
Basés sur une Equivalence
toxicologique par rapport
au PFOA**

Zones à besoin de gestion (par ex. site “P”):



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.

Quelques VTR des FTOHs

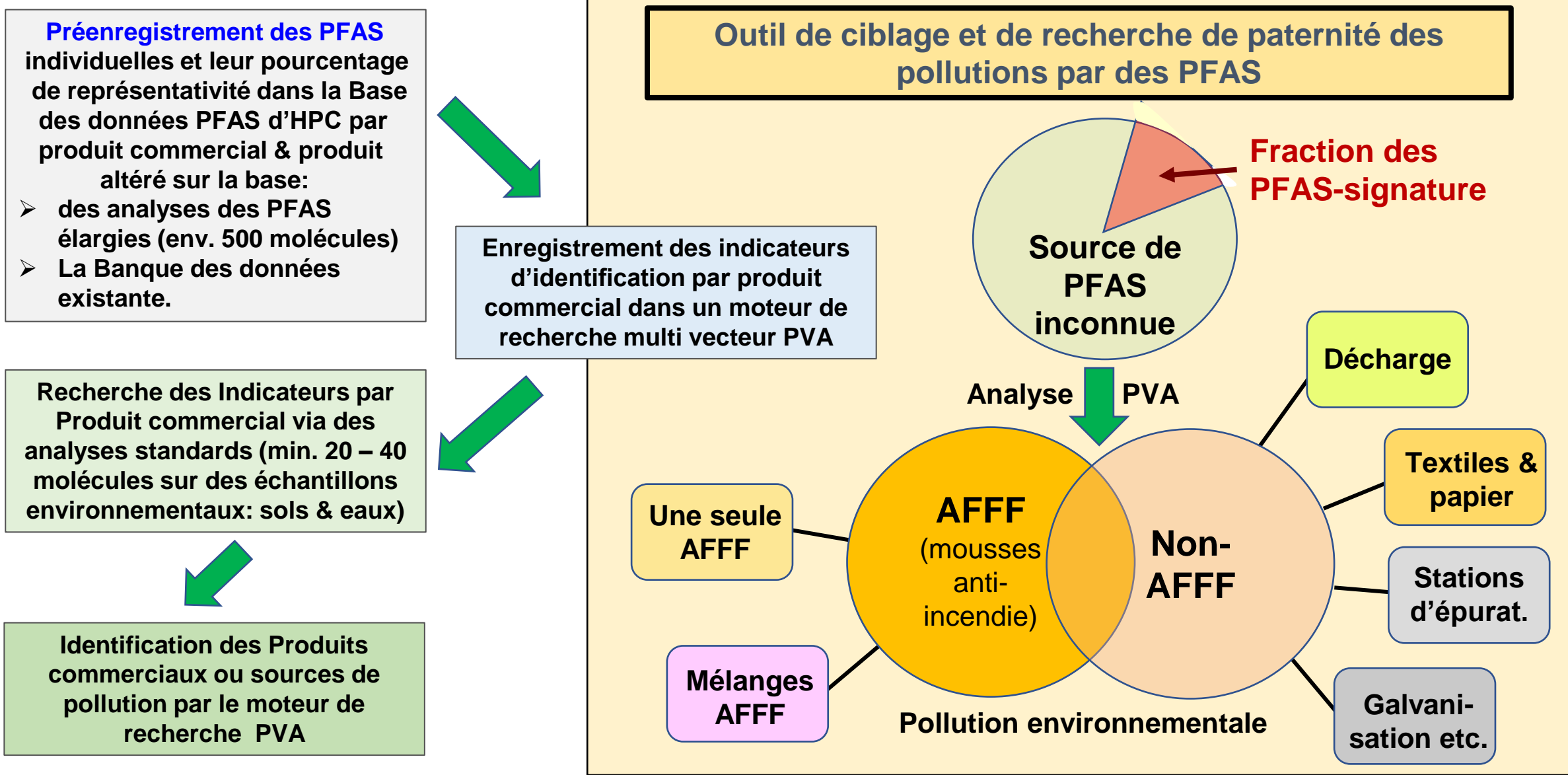
Compound	Inhalation Systemic	Ingestion Systemic	Con-sidered Effect	Tests	Uncertainty (Security) Factor	Reference
6:2 FTOH: Fluorotelomer alcohol	Transposition from RfD to RfC for ex. by 20 m3/d Inhalation	RfD (based on PFOA TDI: 6 ng/kg/week: 0,86 ng/kg/d / RPF 0,02): 43 ng/kg/d	Hepato-toxic	Rat	Relative Potency Factor: RPF = 0,02	Bil et al. 2020: (RfD based on PFOA TDI: UBA 2020, EFSA 2018 & BfR 2018)
8 : 2 FTOH: Fluorotelomer alcohol	Transposition from RfD to RfC for ex. by 20 m3/d Inhalation	RfD (based on PFOA TDI: 6 ng/kg/week: 0,86 ng/kg/d / RPF 0,04): 21,5 ng/kg/d	Hepato-toxic	Rat	Relative Potency Factor: RPF = 0,04	Bil et al. 2020: (RfD based on PFOA TDI: UBA 2020, EFSA 2018 & BfR 2018)
8 : 2 FTOH: Fluorotelomer Alcohol	RfC : 1,5 x 10⁶ pg/kg/d	RfD assimilated to PFOA as biotransformation end-product: 1,5 µg/kg/d	Hepato-toxic	Rat		SLU 2017 (Ingestion based on EFSA 2018)

PFAS (PFC, PFT):

1. PFAS ? : Description court des polluants
2. Sources des Contaminations & des Pollutions
3. Chimie environnementale
4. Toxicologie & écotoxicologie & Valeurs limites
5. Investigations & Evaluations des risques (ERS)
6. **Identification des Produits commerciaux et sources**

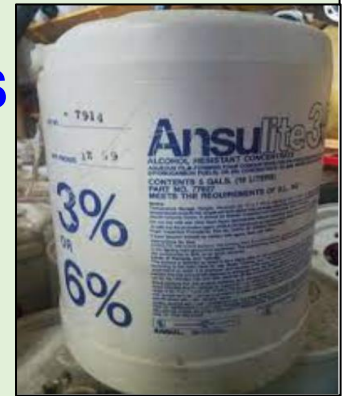


PFAS: Identification des produits et sources d'origine des pollutions en utilisant « Liste PFAS-signature »



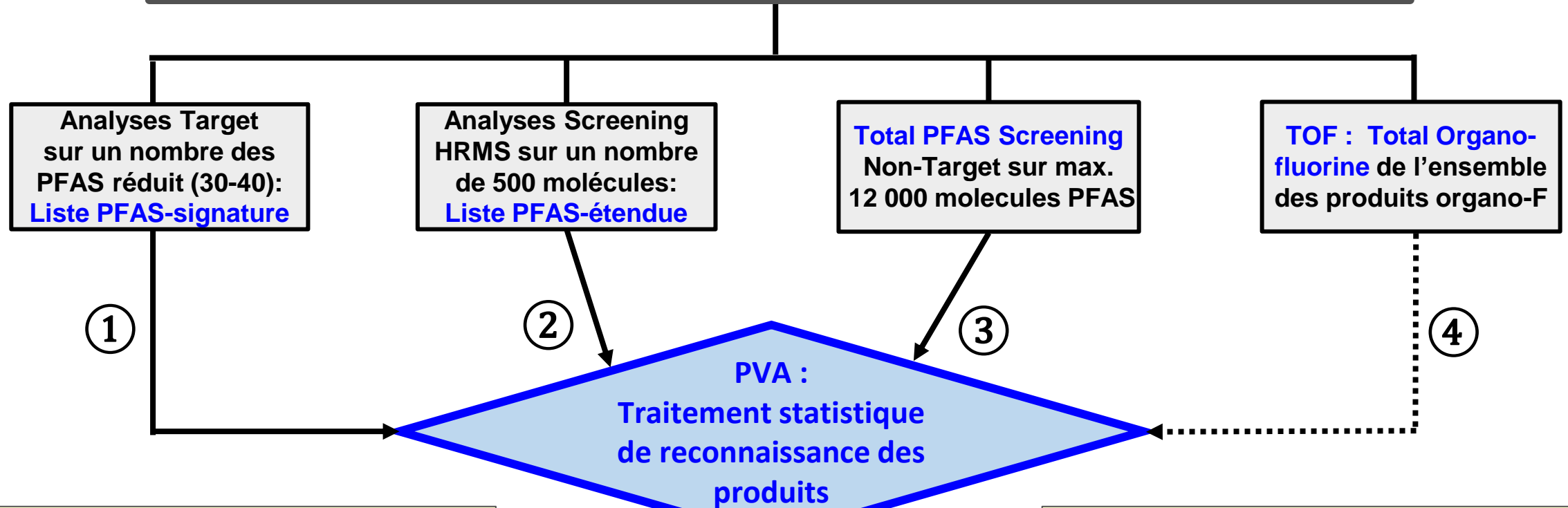
Identification de la paternité des produits commerciaux & des sources de pollution des PFAS:

- A. **Collecte et analyse d'échantillons des produits commerciaux contenant les PFAS :**
→ Permanent (en cours)
- B. **Analyses chimiques afin de caractériser le spectre de la présence de PFAS dans les produits commerciaux :** Signature chimique suffisamment représentative : Non-target (max. 500 PFAS ou N.T. HRMS sur 9 000 à 12 000 PFAS max.) : → Permanent (en cours) et sur mesure
- E. **Elargissement de la base de données (Data Bank) des spectres PFAS des produits commerciaux :** → Permanent (en cours)
- F. **Etudes du comportement des PFAS dans l'environnement par tests aux lysismètres et bactéries de bio-transformation des PFAS poly-fluorés à intégrer dans la Data Bank** → Permanent (en cours) et sur mesure
- H. **Outil informatique de recherche de paternité des pollutions par des produits commerciaux PFAS** (sur la base de la Data-Bank : E & F)
→ Permanent



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

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



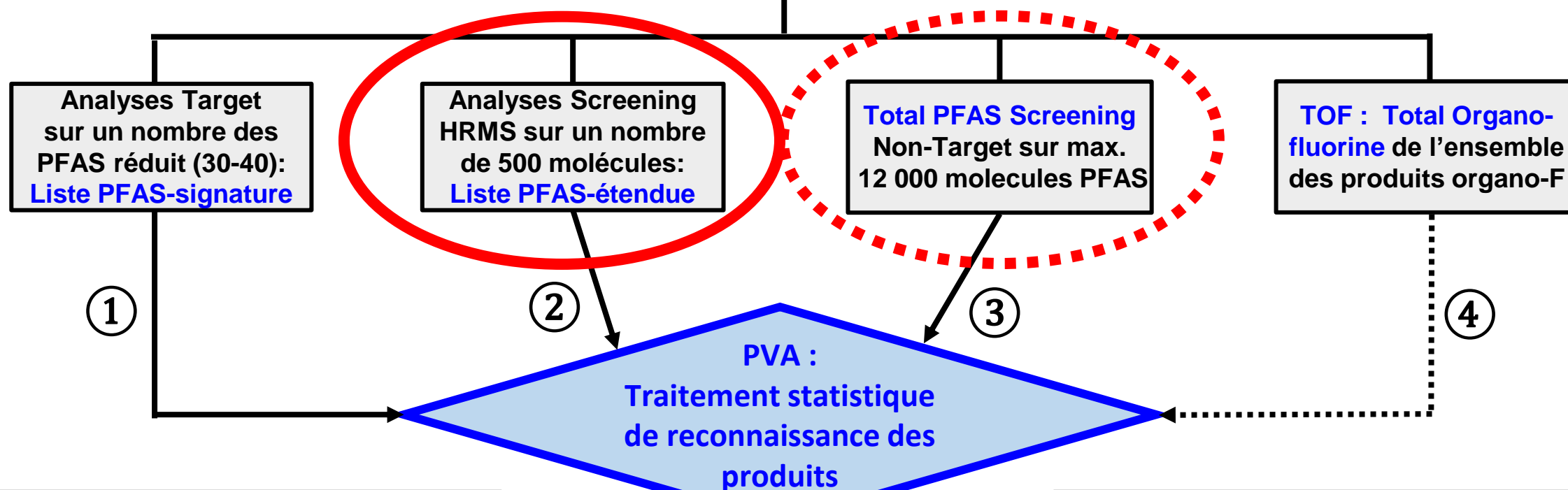
- ① Analyses de la « Liste PFAS Signature » à soumettre au PVA.
- ② Entrée des données d'identifications des analyses « Liste PFAS-étendue »
- ③ Entrée des données d'identifications des analyses du Screening Total des PFAS très détaillés (uniquement pour des Spectres des PFAS individuels par produit 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 - ADP.
- 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



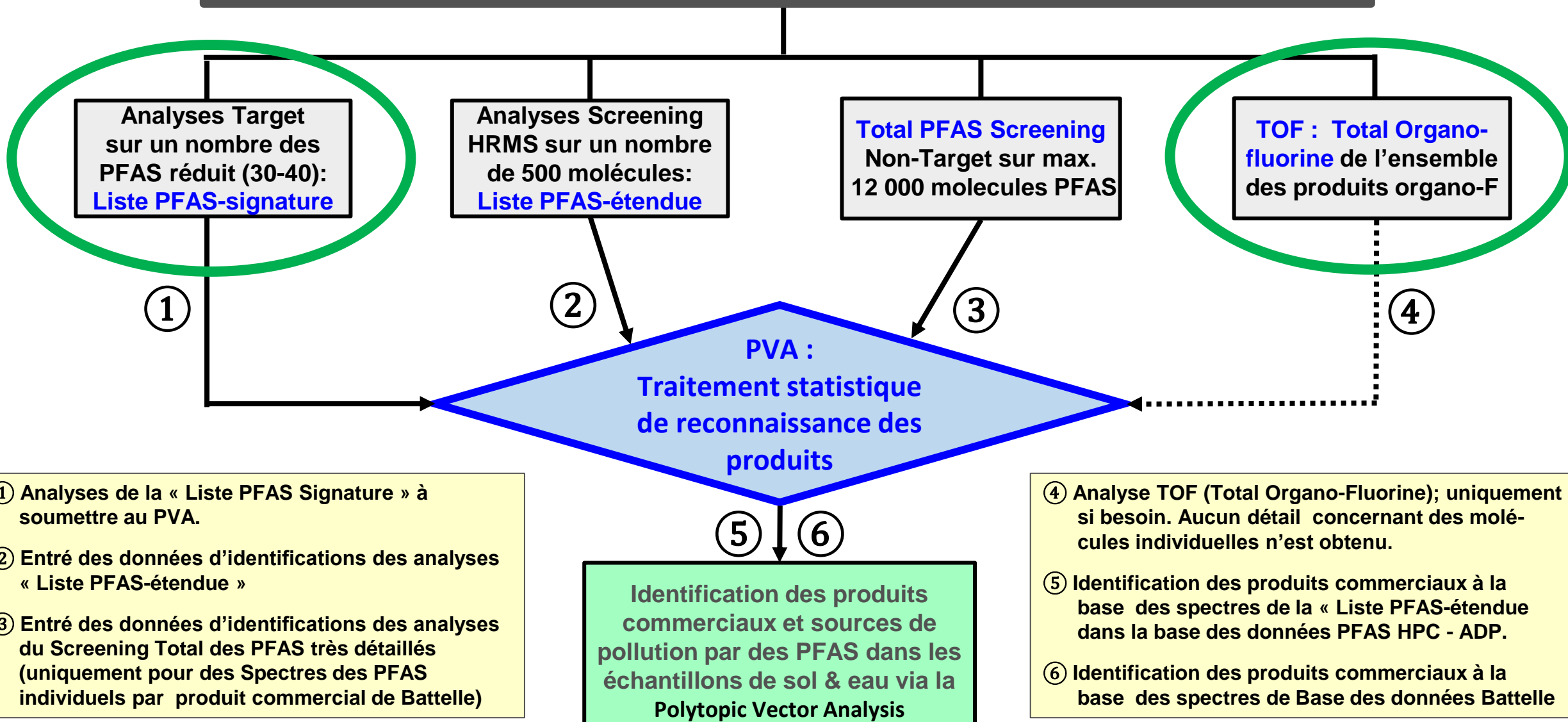
- ① Analyses de la « Liste PFAS Signature » à soumettre au PVA.
- ② Entrée des données d'identifications des analyses « Liste PFAS-étendue »
- ③ Entrée des données d'identifications des analyses du Screening Total des PFAS très détaillés (uniquement pour des Spectres des PFAS individuels par produit 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 - ADP.
- ⑥ Identification des produits commerciaux à la base des spectres de Base des données Battelle

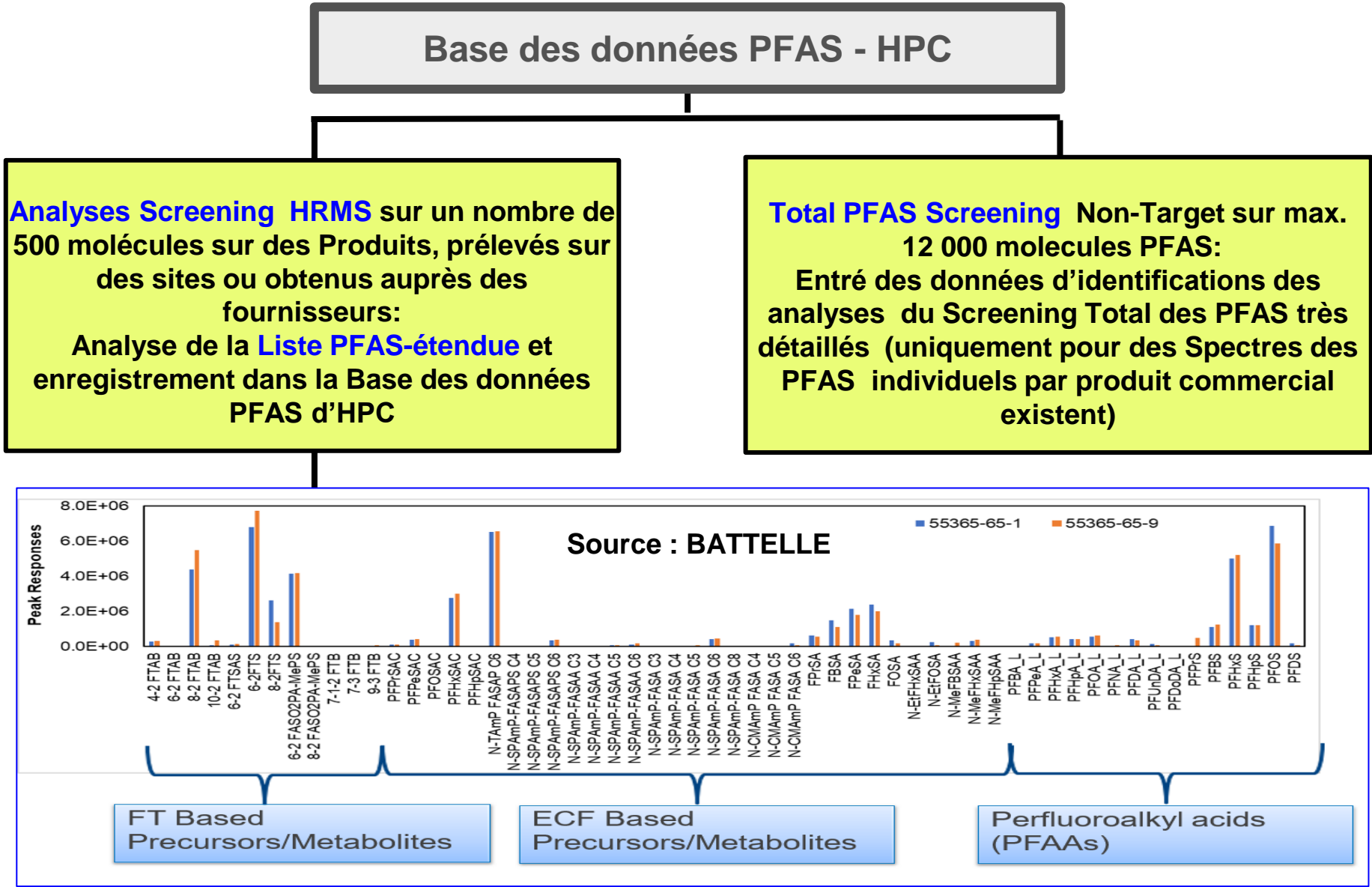
Identification des produits commerciaux et sources de pollution par des PFAS dans les échantillons de sol & eau via la Polytopic Vector Analysis

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

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



PFAS: Identification des produits et sources d'origine des pollutions en utilisant « Liste PFAS-signature » (nombre des paramètres réduits)



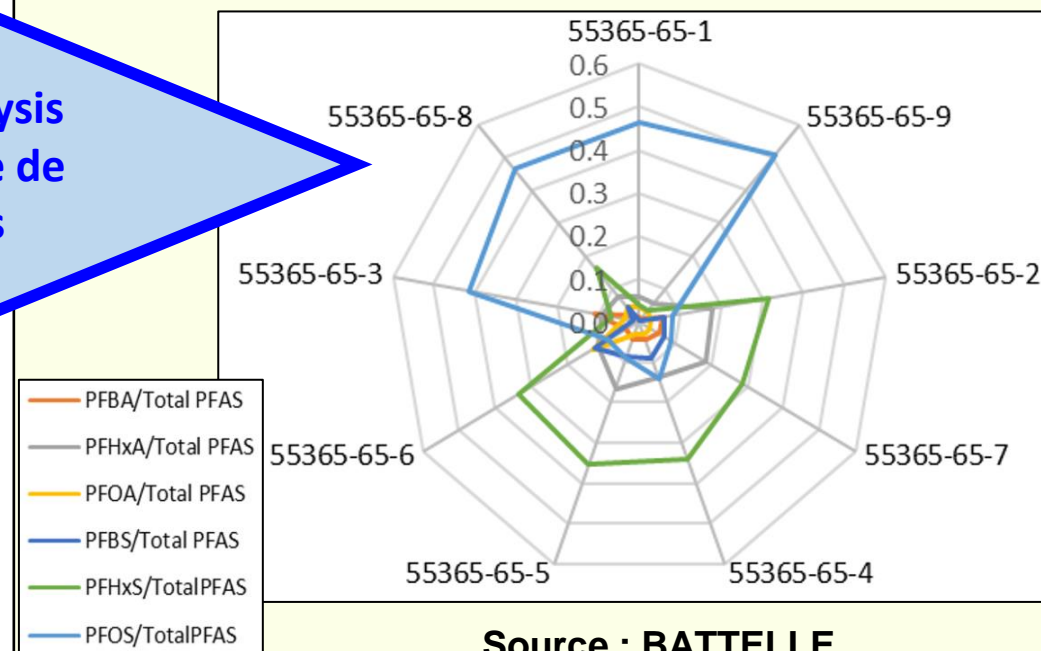
PFAS: Identification des produits et sources d'origine des pollutions en utilisant « Liste PFAS-signature » (nombre des paramètres réduits)

Outil de ciblage et de recherche de paternité des pollutions par des PFAS

- **Identification des produits commerciaux** et sources de pollution par des PFAS dans les échantillons de sol & eau via une « Liste PFAS-signature ».
- **PVA: Polytopic Vector Analysis** pour la discrimination des sources d'AFFF des sources non-AFFF.
- Application de **l'Intelligence Artificielle** par « Machine Learning ».
- **Identification des produits commerciaux d'origine** à partir de **leurs spectres HRMS** de la « Liste PFAS-étendue » enregistrés. (Base des données PFAS d'HPC) par ex. sur la base de "The Unscrambler X" (Software Product for multivariate data analysis) ou "Pirouette" etc.

PVA :
Polytopic Vector Analysis
Traitement statistique de
reconnaissance des
produits

Analyse statistique de multi-vecteurs :
Exemple: Visualisation d'identification d'un produit commercial de PFAS à partir une « Liste PFAS-signature ».

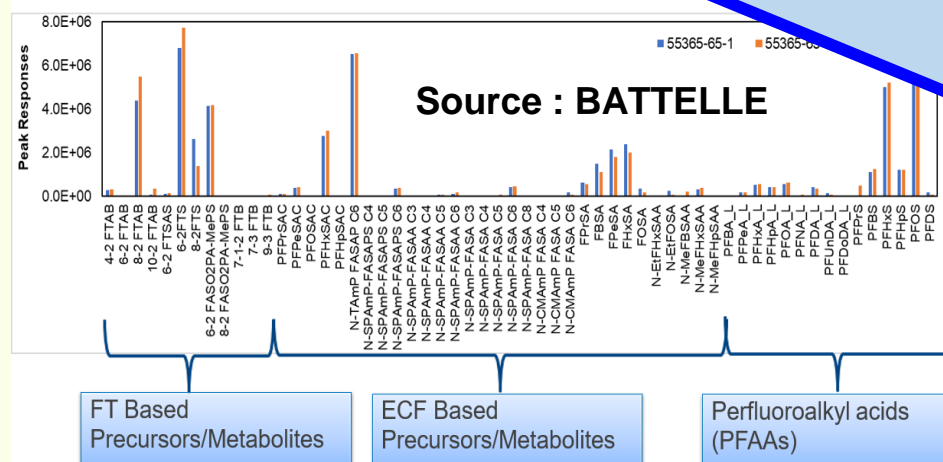


PFAS: Identification des produits et sources d'origine des pollutions en utilisant « Liste PFAS-signature » (nombre des paramètres réduits)

Outil de ciblage et de recherche de paternité des pollutions par des PFAS

Recherche de paternité des pollutions PFAS:

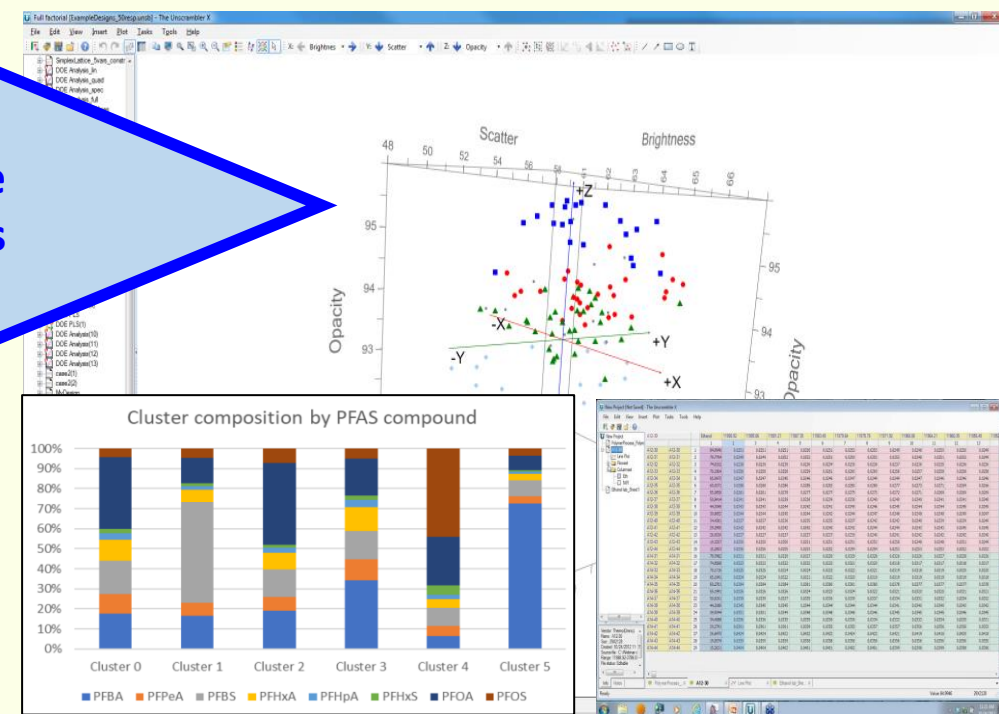
- **Base d'analyse PVA:** Polytopic Vector Analysis : Etalons d'identification par HRMS : **High Resolution Mass Spectrometry**.
- **Exemple :** Recensement des PFAS individuels d'un produit commercial (Liste PFAS-étendue).



PVA :
Traitement statistique de reconnaissance des produits

Analyse statistique de multi-vecteurs :

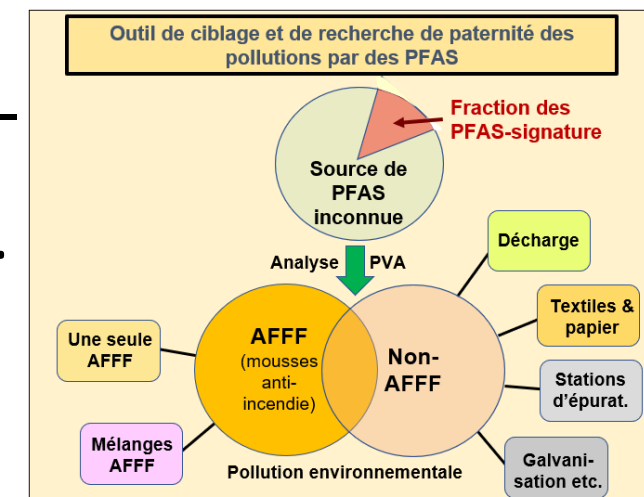
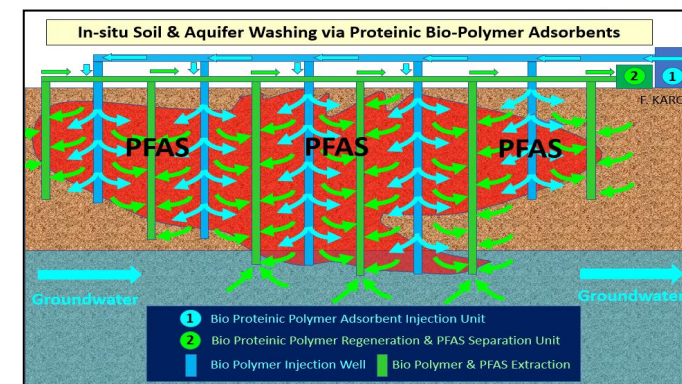
Exemple: Visualisation d'identification 3D:



Conclusion :

Contact: frank.karg@hpc-international.com

- Il existe plus que 9 000 (à 12 000) 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,
- Les PFAS polyfluorés sont bio-transformés en PFAS perfluorés 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....
- Des investigations des sites et des évaluations des risques sont nécessaires !
- Des analyses chimiques existent pour le TOF : Total Organo-fluorine, les analyses Non-Target réduites (env. 500 PFAS), les HRMS Non-Target (9 000 – 12 000 PFAS) et Analyses Target (20 – 40 PFAS) permettant d'identifier des Produits commerciaux à l'origine des pollutions ou de la Conformité: par ex. selon la Directive EU pour l'eau potable.
- Les dépollutions sont difficiles mais possibles, suite à des études de faisabilité technico-économiques



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 / Phone: +33 607 346 916

