



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

CEO of ATLANTIS D. / Scientific Director of HPC-Group International

Tél : +33 (0) 620 401 446 & +33 (0) 607 346 916, Email : frank.karg@atlantis-dd.com frank.karg@hpc-international.com

Nouvelles applications de la MVA, incluent des Multivariances, Multi-Statistiques, Machine Learning, Clustering (IA) et une grande Banque des données des Spectres Enviro-chimiques des Produits Commerciaux (historiques) PFAS, dégradés et non-dégradés pour l'Identification & la Différenciation des Sources des pollutions par les PFAS

New MVA Applications, including Multivariances, Multi-Statistics, Machine Learning, Clustering (AI) and a large Data-Bank of Enviro-chemical Spectrums of (historical) commercial PFAS Products for Identification & Differentiation of PFAS Contamination Sources

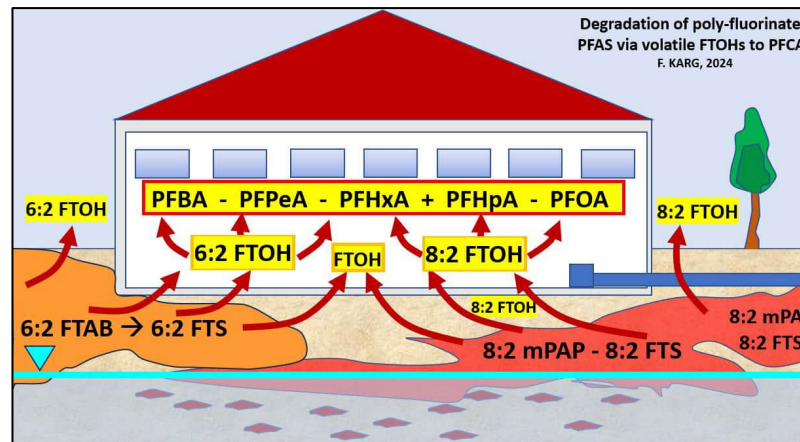
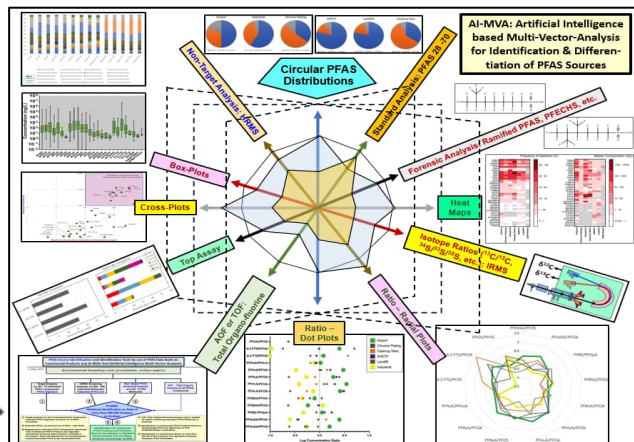
Frank KARG (Dr. rer. nat. / es Sc. / PhD)

: Scientific Director of GINGER Group (HPC International)¹ &
President – CEO of ATLANTIS Développement SAS² – Sworn Court Expert (France)

¹Medical Center Perharidy, 29680 Roscoff, France & Dr. Alfred-Herrhausen-Allee 12, 47228 Duisburg, Germany

² ATLANTIS Développement SAS / 17, rue Edouard Corbière, 29 6809 Roscoff

frank.karg@hpc-international.com & frank.karg@atlantis-dd.com / Phone: +33 607 346 916 & +33 620 401 446



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.

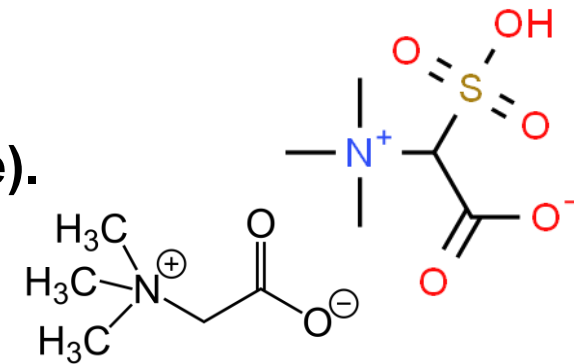
> 9 000 !

Au total, il existe > 9 000 - 15 000 PFAS aux caractéristiques chimiques et physiques différentes.

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**.

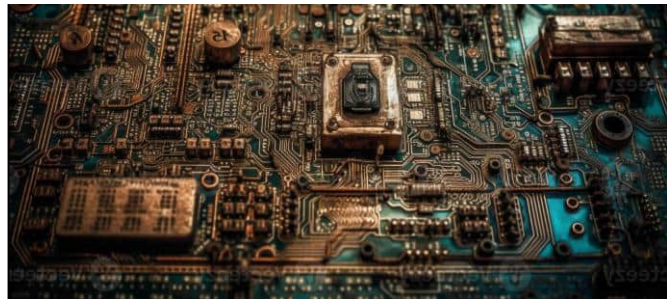
→ **Les fluoro-télomères à longue chaîne** (> C₈) utilisés comme substituts du PFOS (interdit) et du PFOA **sont transformés en PFOA dans le sous-sol.** Les PFAS de chaîne courte (< C₆) ne peuvent pas être transformés en PFOA ou en PFOS.

Production & Applications depuis 1960

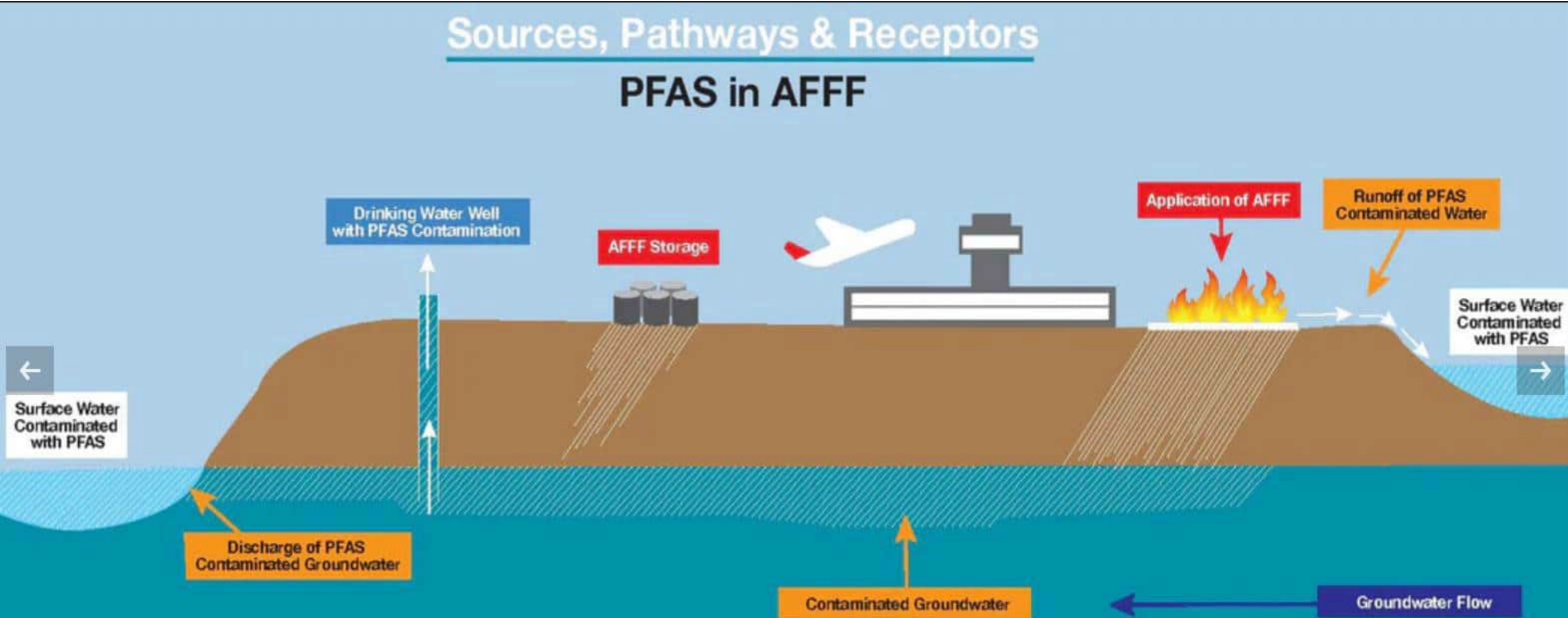
- **Galvanisation**
- **Production des Textiles**
- **Food Packaging (Polymers)**
- **Production des Papiers & Cartons**
- **Raffineries, Industrie Photographique & incres**
- **Matériel de Construction (Bétons):**
par ex. C₈-C₂₀-gamma-omega-perfluoro Thiols)
- **Peintures, Encres & Laces**
- **Modules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



AFFF Use
Airport Fire Fighting Foams
(AFFF): Air Base BA 103



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

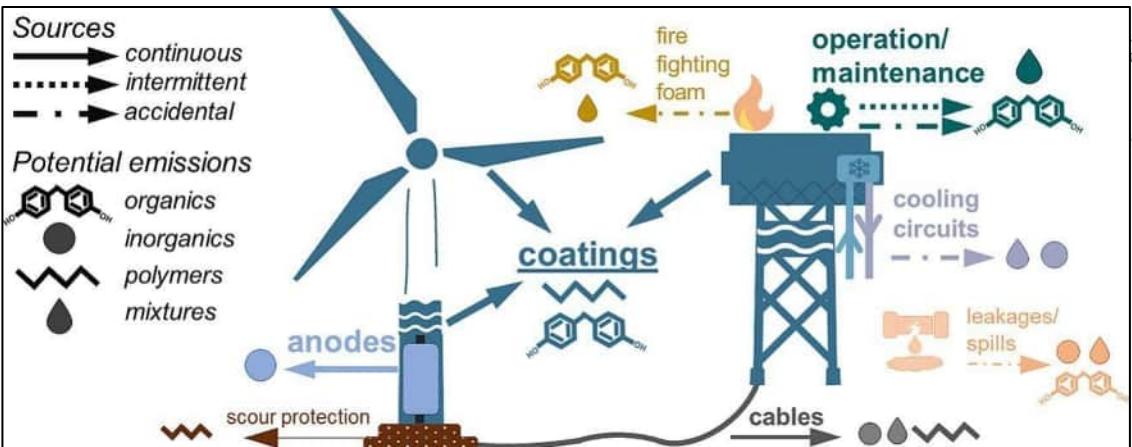
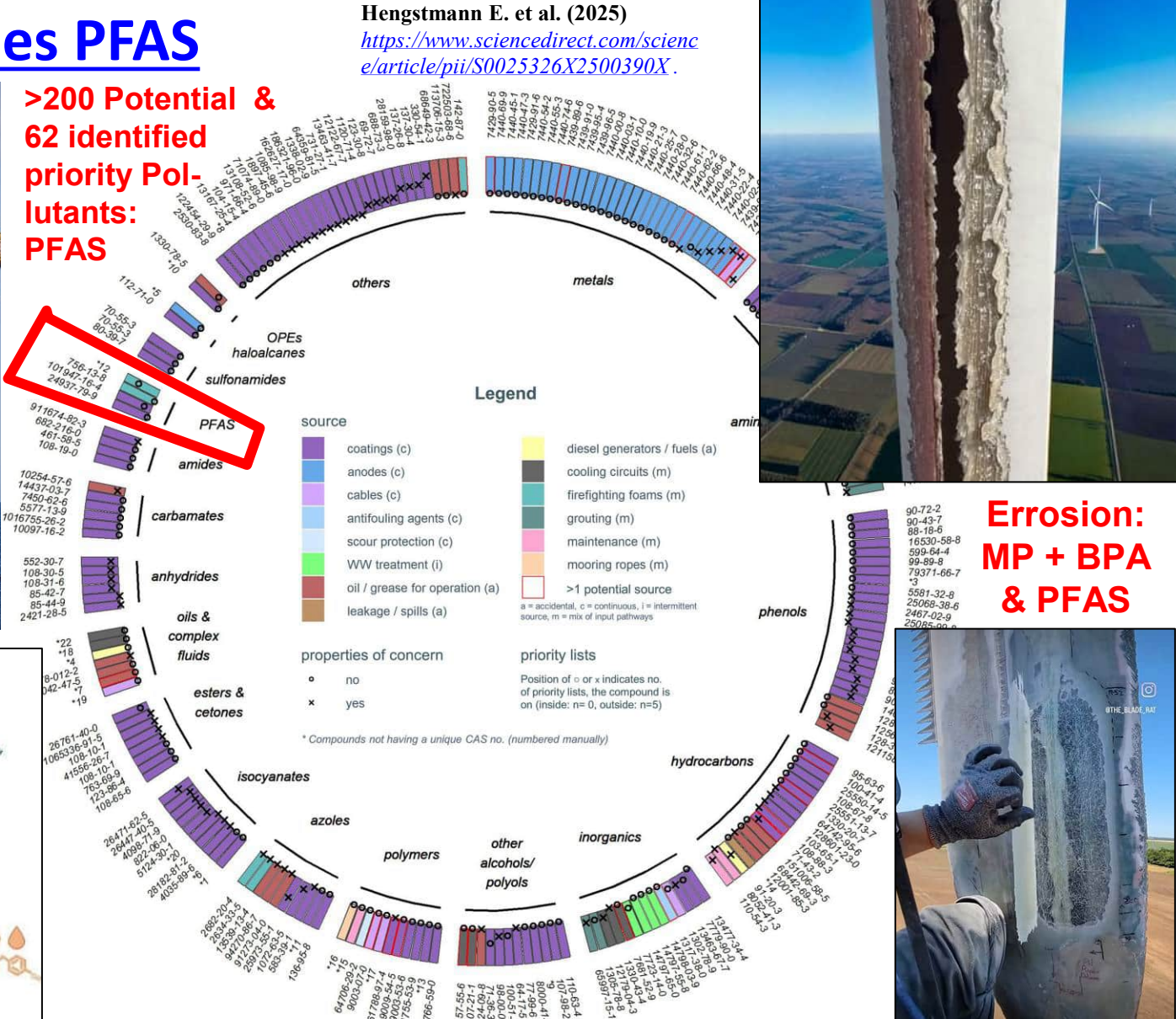


Quelle: Spiegel Online 19.11.2016 / KTVU-TV / AP

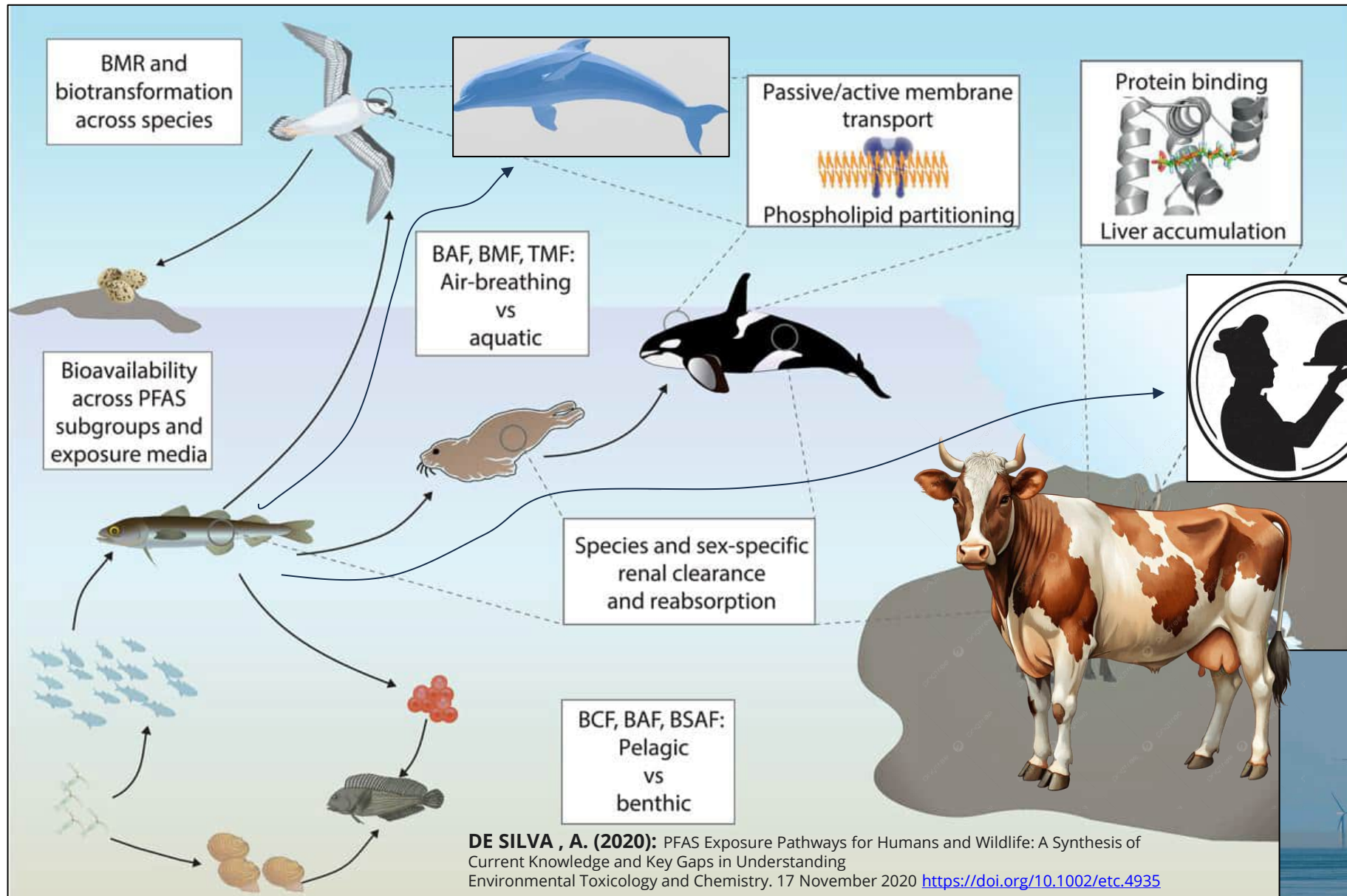
Autres Sources des pollutions par les PFAS



>200 Potential & 62 identified priority Polutants: PFAS

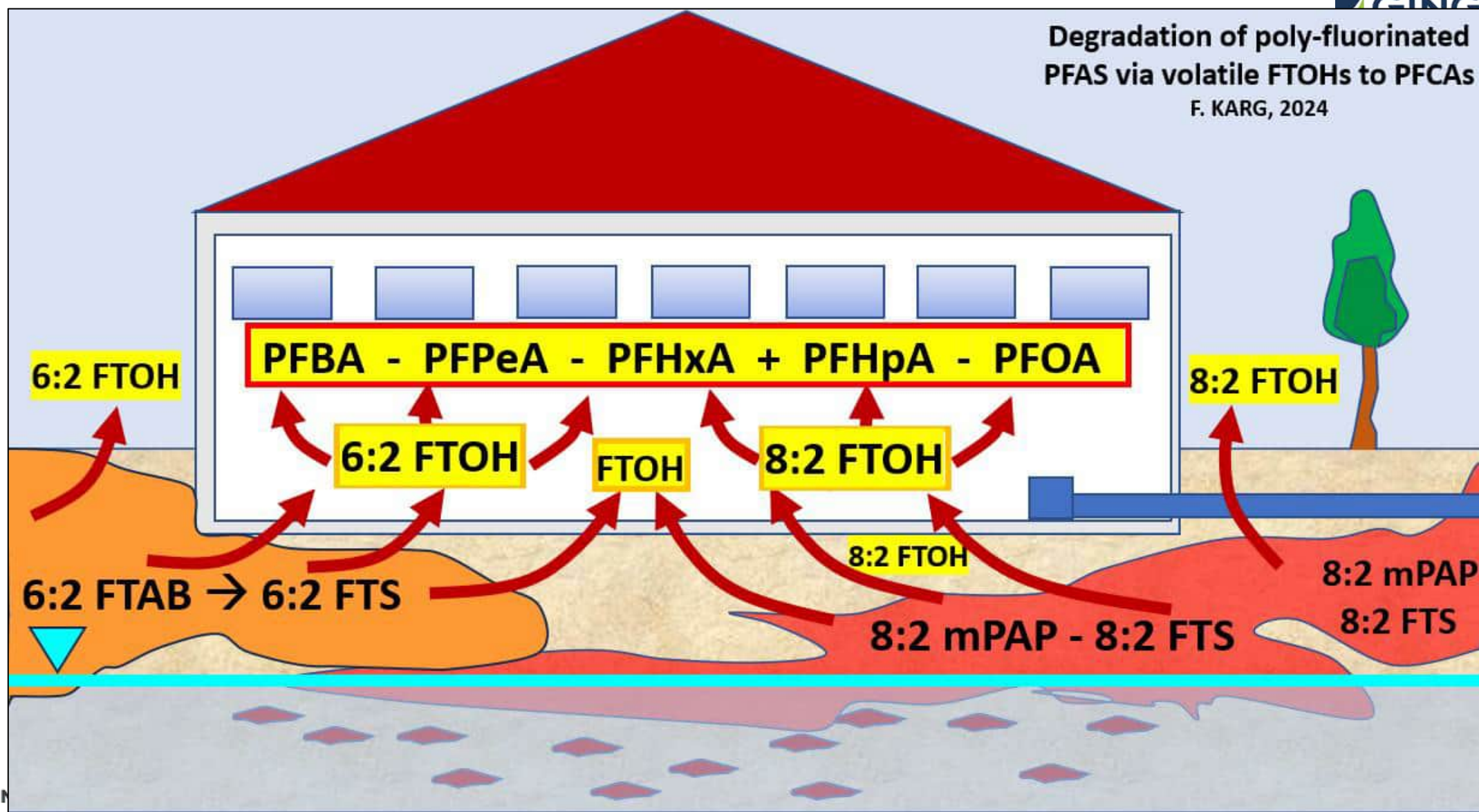


Errosion: MP + BPA & PFAS

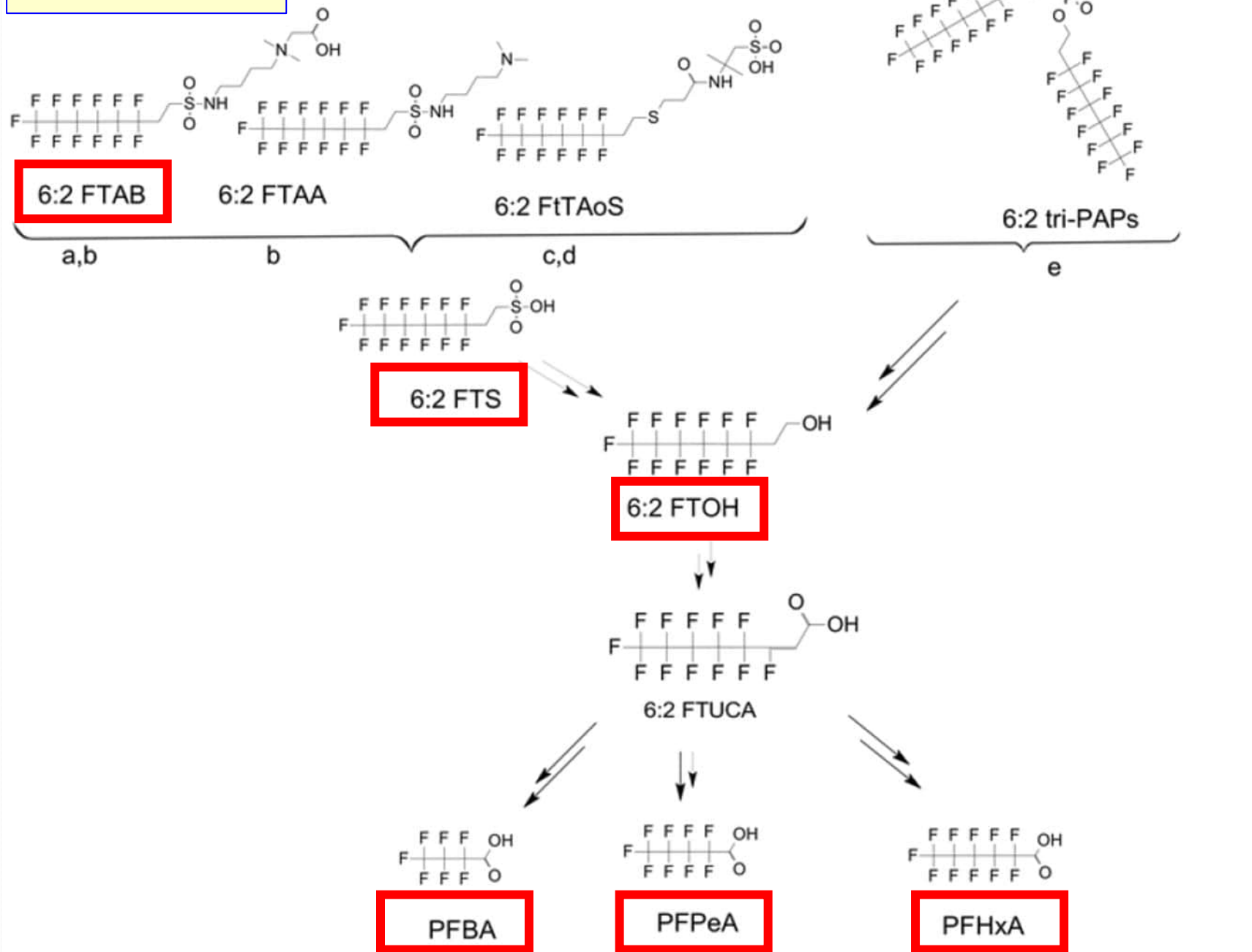


Directive 2013/39/UE du 12/08/2013
cadre sur l'eau européenne (DCE):
PFOS etc. Normes de Qualité Environnementale (NQE-CMA): 0,65 ng/l (Eaux superficielles) et 0,13 ng/l (Eaux marines)





6:2-FTAB



cation &



HPC INTERNATIONAL SAS



**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**

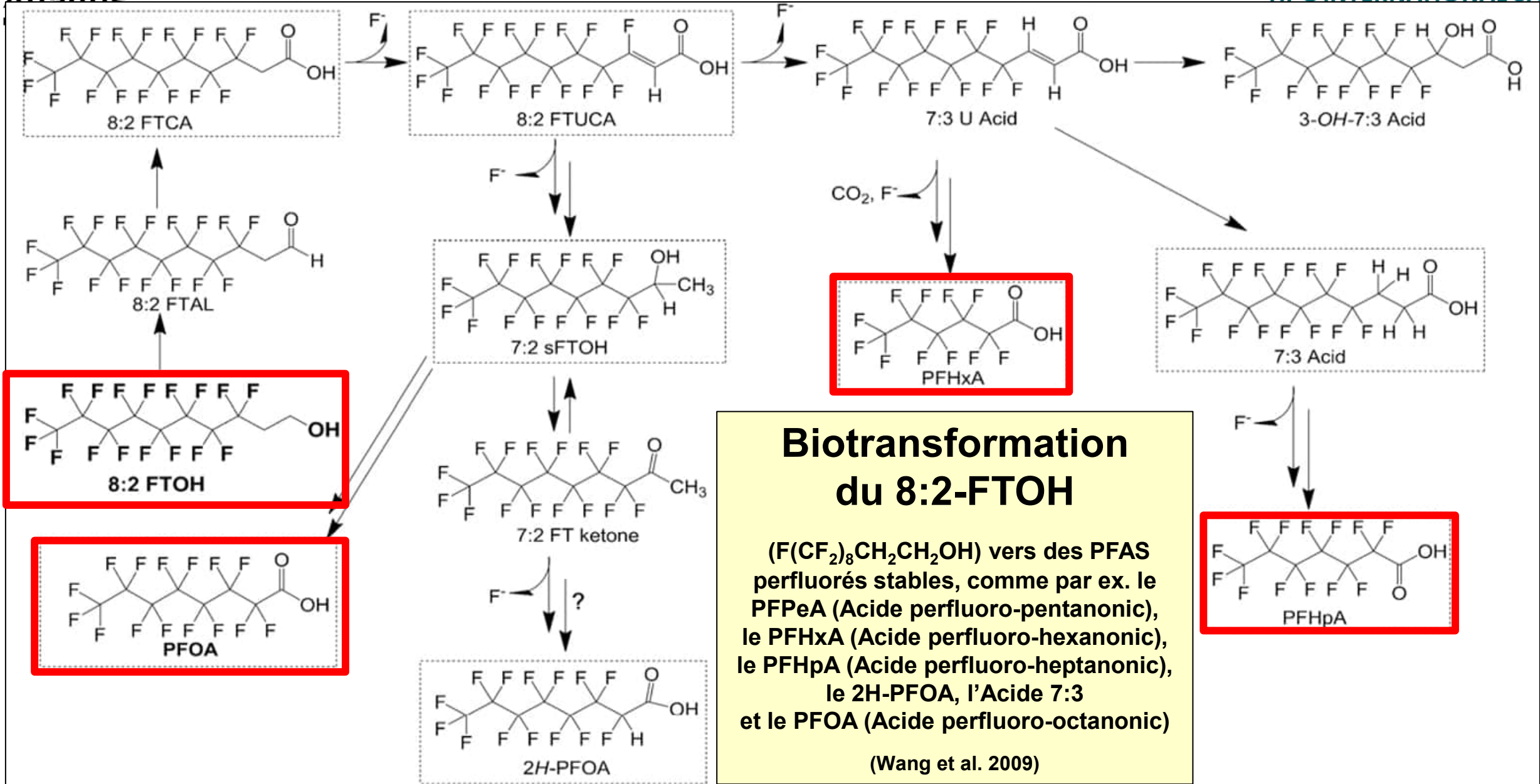
(LaFond et al. 2023, D.M.J. Shaw et al. 2019 ,Ying Shi, 2018 et V. Mendeza et. al. 2022)



New MVA Applications, including Clustering (AI) for Identification & Differentiation of PFAS Contamination Sources



HPC INTERNATIONAL SAS



PFAS: Chimie environnementale

Bio-transformation
du EtFOSE, EtFOSA &
FOSA vers PFOS

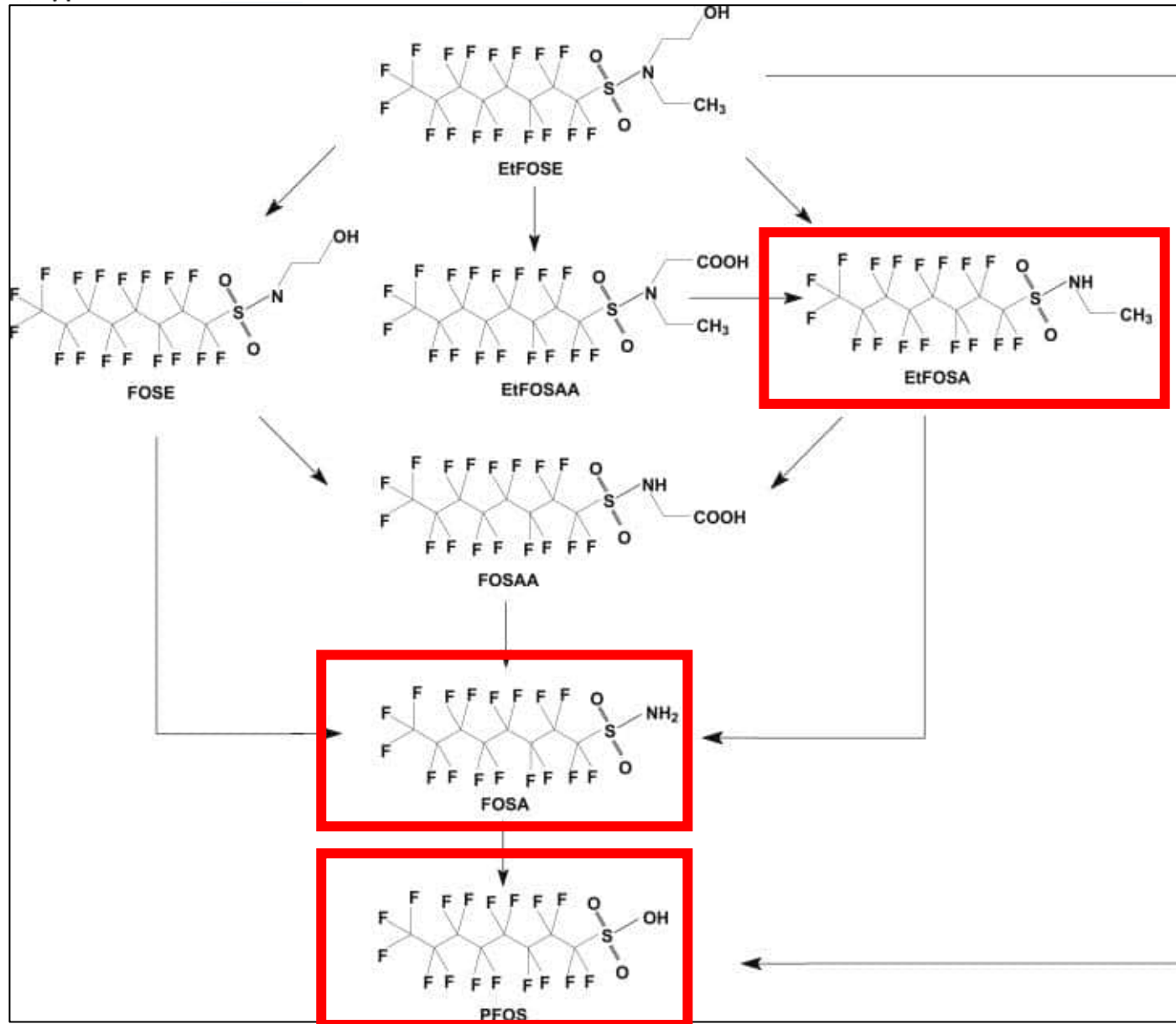
S. Chen et al. 2021

Scotchban FC 807

= 100 % EtFOSA

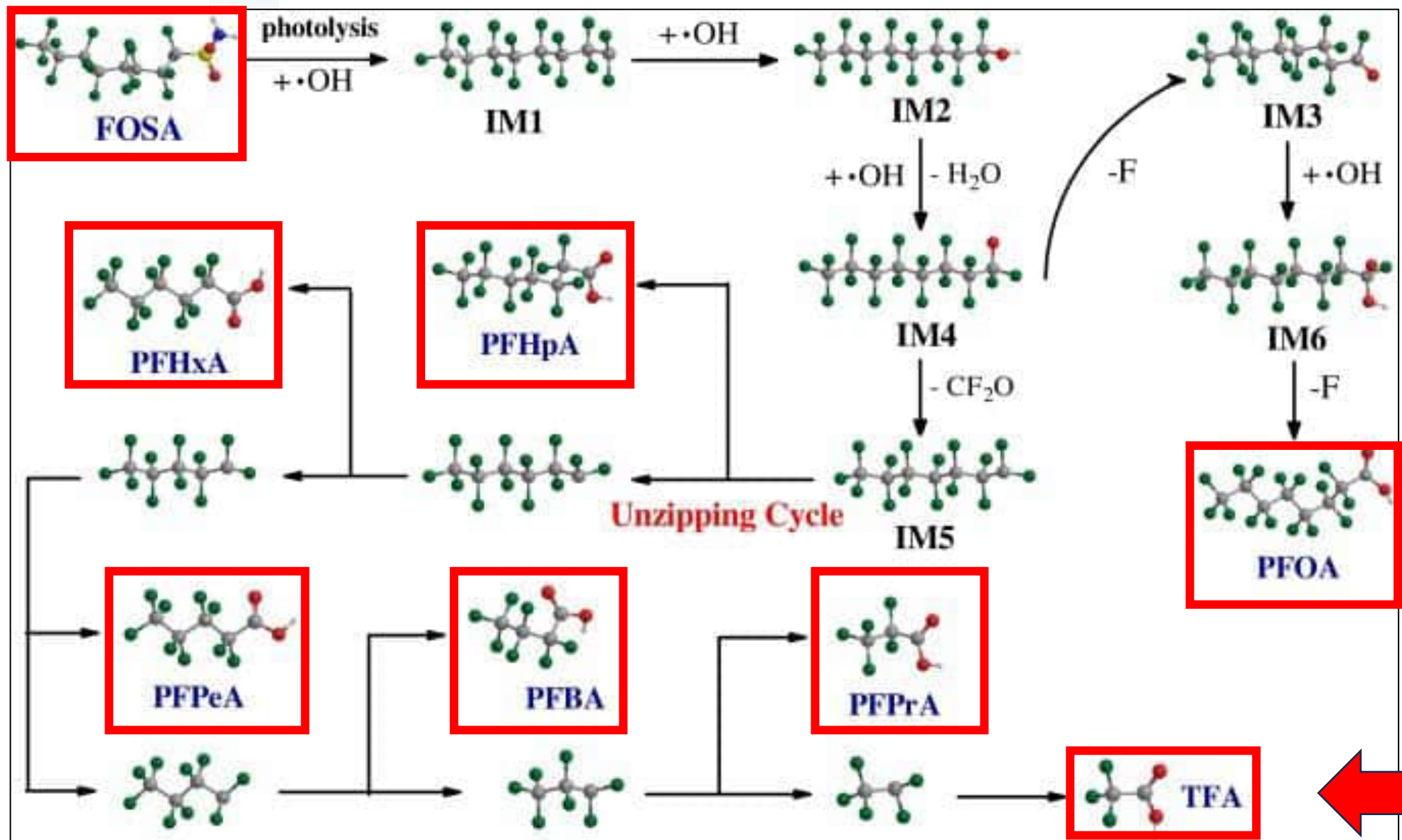
**Impregnation des
papiers et textiles**

PFOS



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

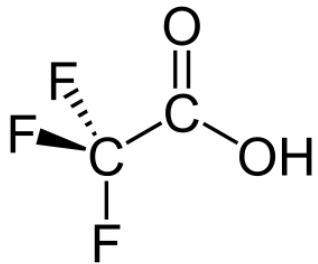
Y. Wang 2020



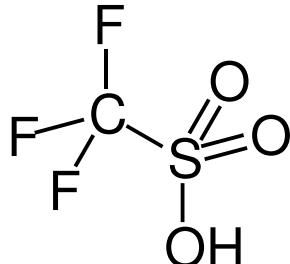
TFA

PFAS : Chimie Environnementale

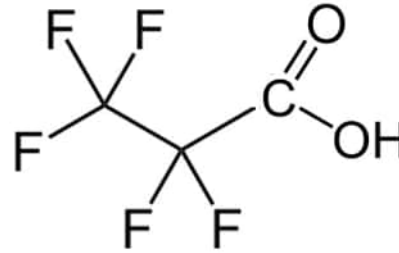
Autres PFAS (semi) volatils



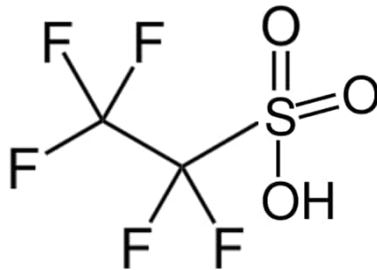
TFA



TFMS

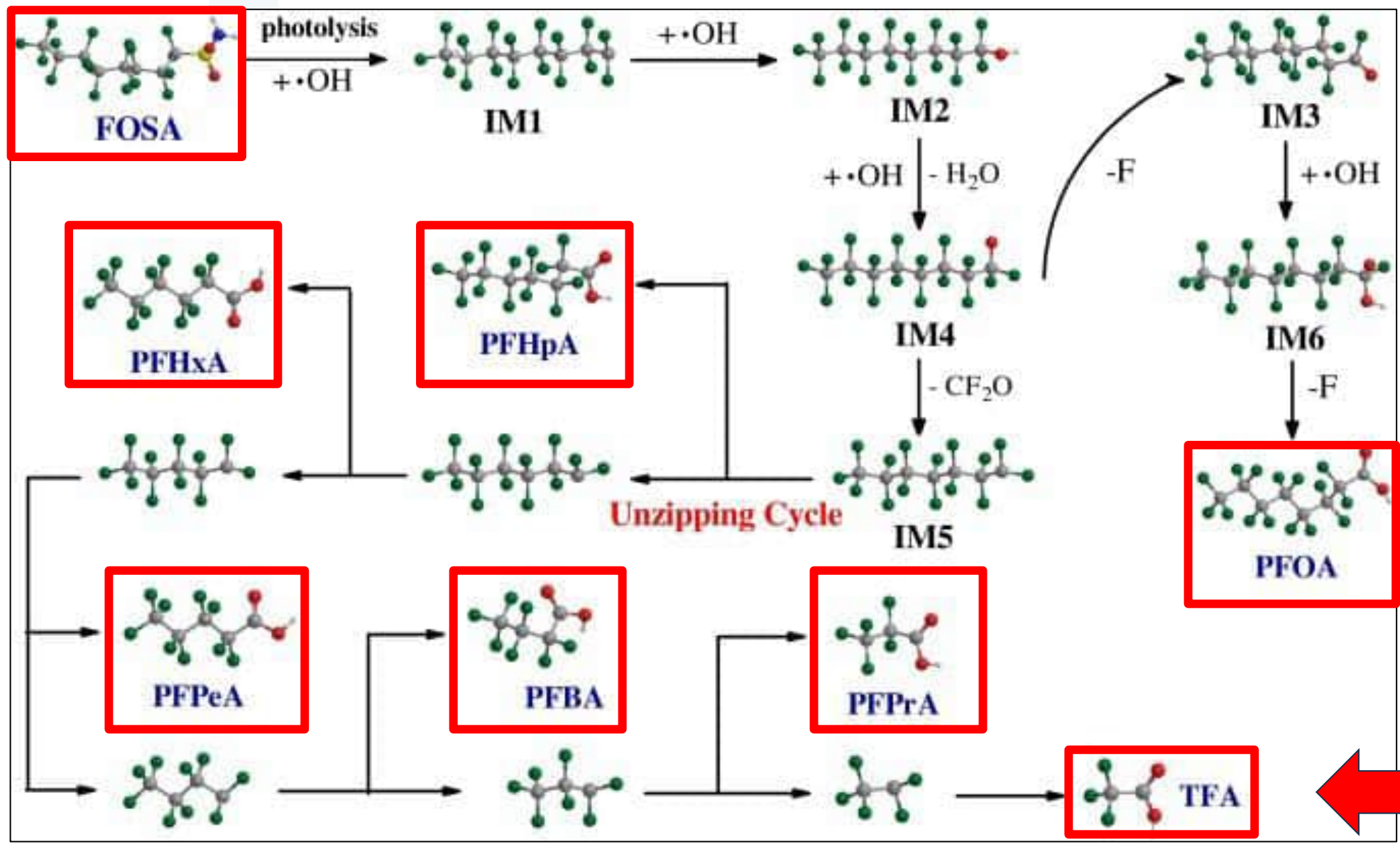


PFPrA



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),



PFAS: Chimie
environnementale

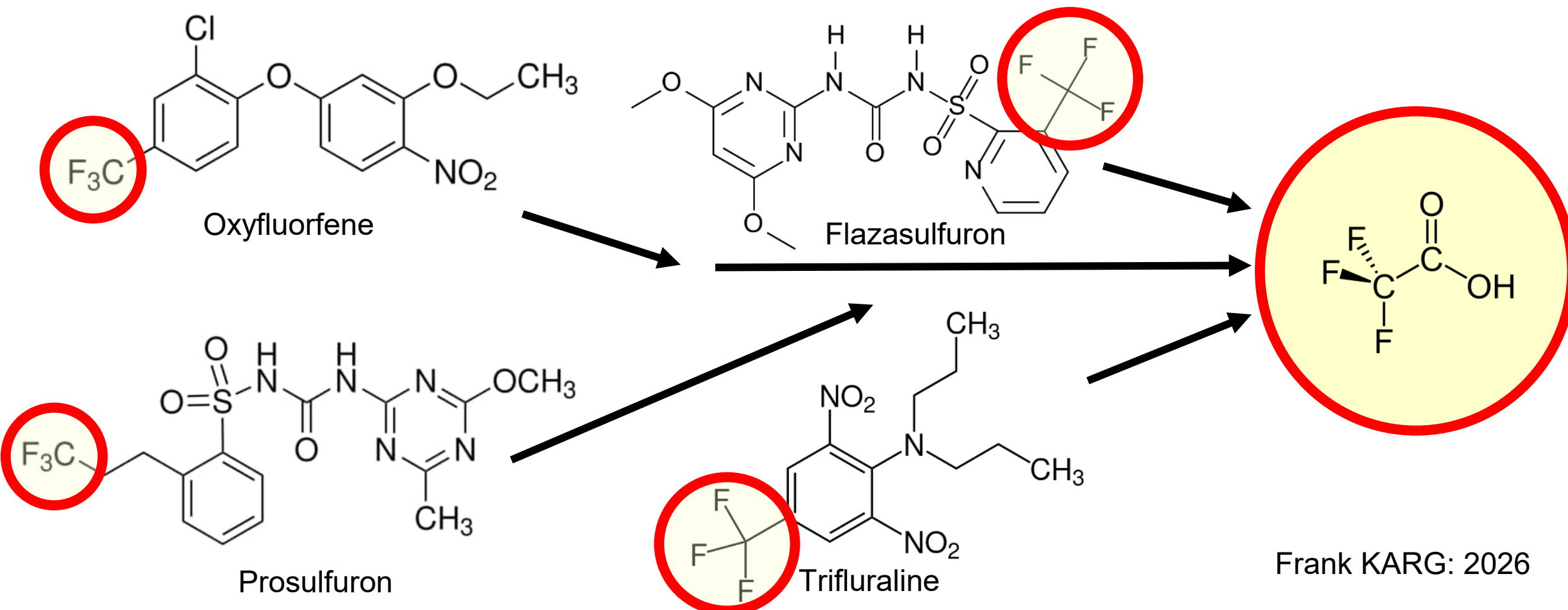
Transformation
photochimique
du FOSA vers
PFOA, PFNA,
PFHpA, PFHxA,
PFPeA, PFBA,
PFPrA, TFA

Y. Wang 2020

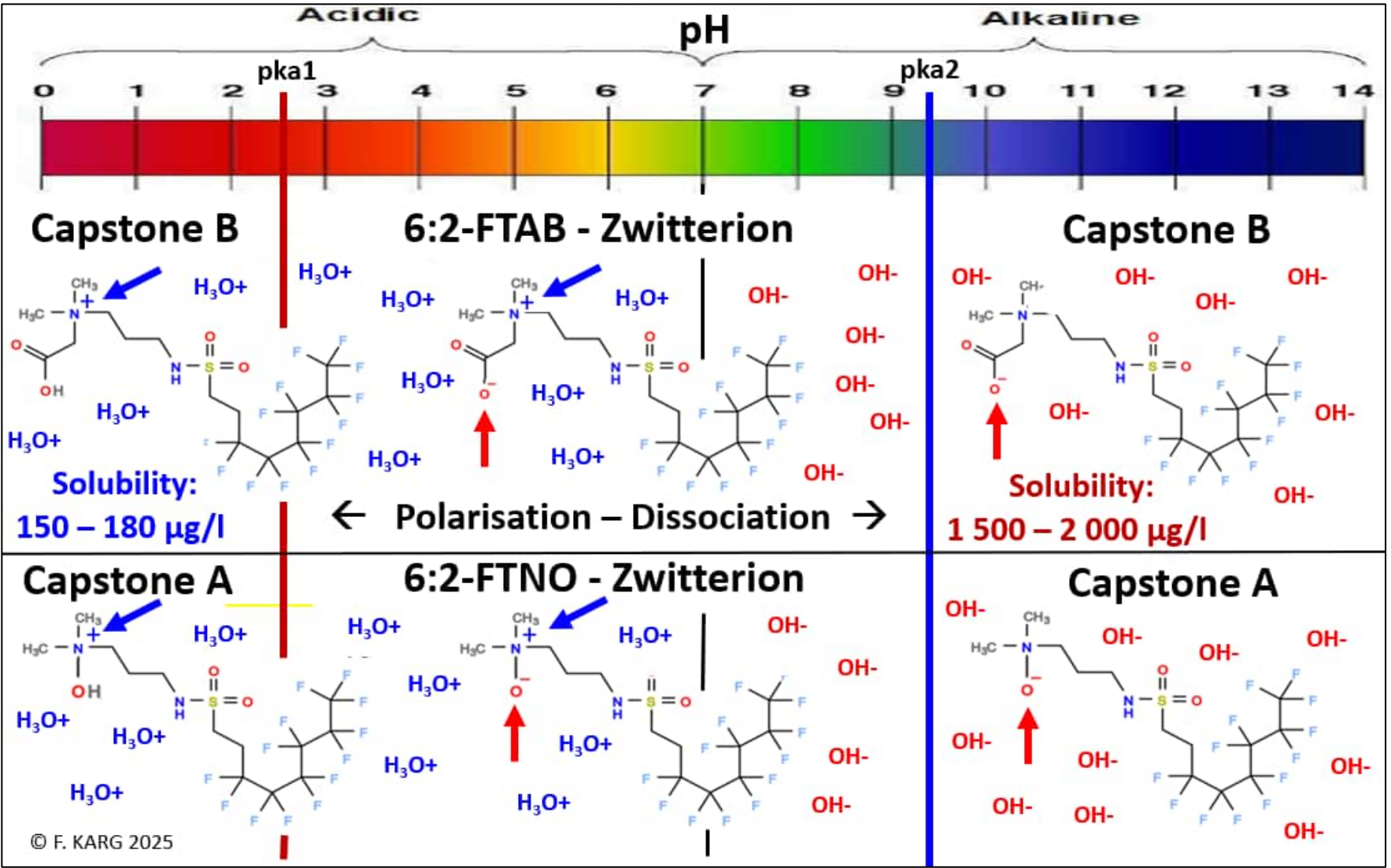
TFA

PFAS : Environmental Chemistry

Creating of TFA by Pesticide Photolysis: Examples



Frank KARG: 2026



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

**Solubilization &
Evaporation
reinforced in
alkaline conditions
Biotransformation
via FTOHs
reinforced in
aerobic conditions**



TOF: Total Organo Fluorine

F. KARG 2025

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

AOF: Adsorbable Organic Fluorine

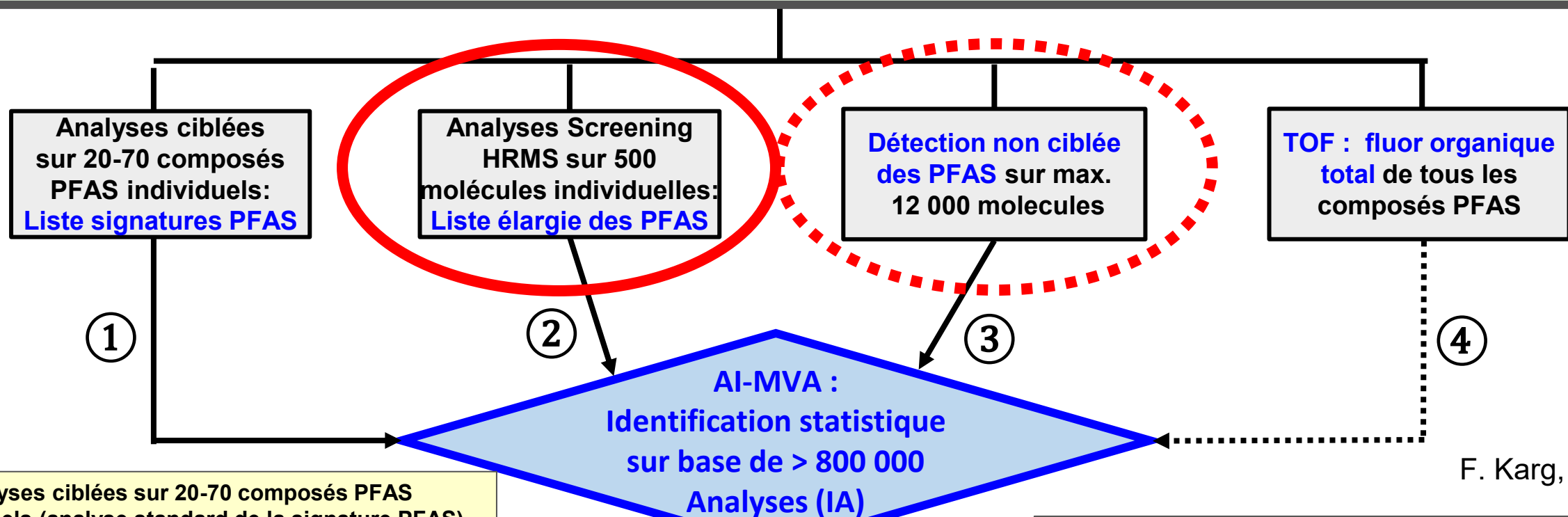
= PFAS Monomers & Polymers +
other organo-fluorine Compounds;
Pesticides, Pharmaceuticals, etc.
→ → *No Compound Identification !*

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)

Prélèvement d'échantillons (sol, eaux souterraines, eaux de surface): **enregistrement des étalons**



F. Karg, 2024

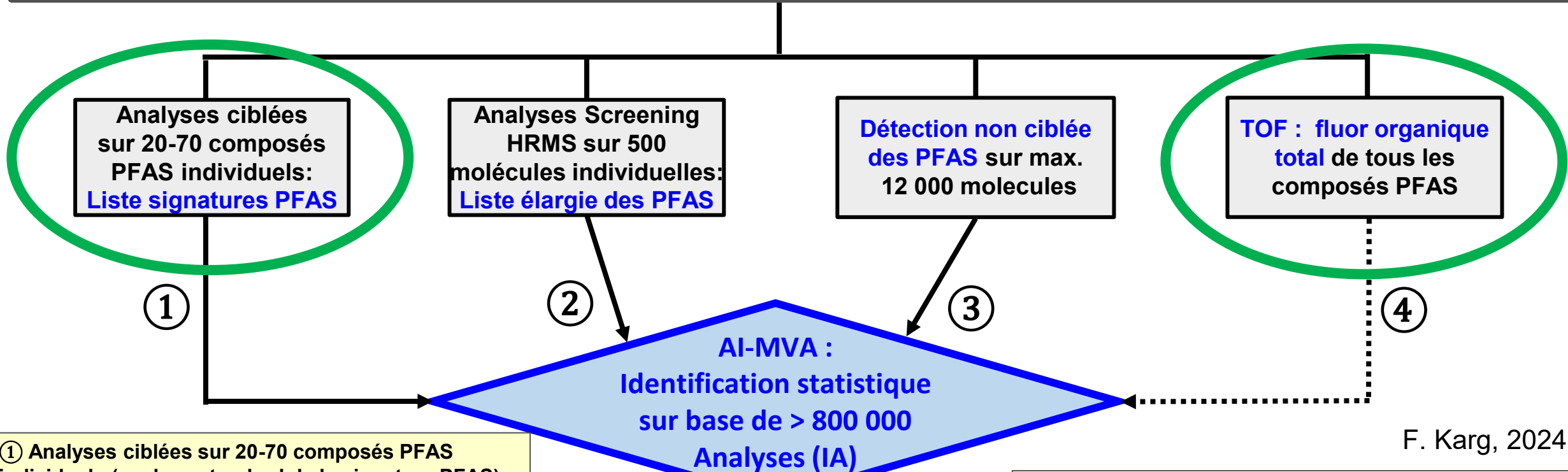
- ① Analyses ciblées sur 20-70 composés PFAS individuels (analyse standard de la signature PFAS) pour l'AI-MVA
- ② Analyse de la liste élargie des PFAS pour l'AI-MVA - Banque de données
- ③ Enregistrement des spectres de composés PFAS individuels provenant de produits PFAS commerciaux et après dégradation (tests lysimétrie & percolation avec bactéries bio-transformatrices des PFAS polyfluorés en PFAS perfluorés).

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

- ④ Analyse TOF (fluor organique total) - uniquement si nécessaire. Pas de détails concernant les molécules individuelles.
- ⑤ Identification des produits commerciaux sur la base des spectres de la « Liste PFAS élargie » de la base de données HPC International.
- ⑥ Identification sur la base de > 800 000 analyses PFAS et de paramètres statistiques enregistrés.

Identification des sources de PFAS et différenciation par AI-MVA: Outil AI-MVA (analyse multi-vectorielle basée sur l'intelligence artificielle)

Prélèvement d'échantillons (sol, eaux souterraines, eaux de surface): **Analyses de routine (+ Top Assay)**



① Analyses ciblées sur 20-70 composés PFAS individuels (analyse standard de la signature PFAS) pour l'AI-MVA

② Analyse de la liste élargie des PFAS pour l'AI-MVA - Banque de données

③ Enregistrement des spectres de composés PFAS individuels provenant de produits PFAS commerciaux et après dégradation (tests lysimétrie & percolation avec bactéries bio-transformatrices des PFAS polyfluorés en PFAS perfluorés).

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

④ Analyse TOF (fluor organique total) - uniquement si nécessaire. Pas de détails concernant les molécules individuelles.

⑤ Identification des produits commerciaux sur la base des spectres de la « Liste PFAS élargie » de la base de données HPC International.

⑥ Identification sur la base de > 800 000 analyses PFAS et de paramètres statistiques enregistrés.

F. Karg, 2024

Paramètres pour les Analyses des PFAS recommandés (min.)

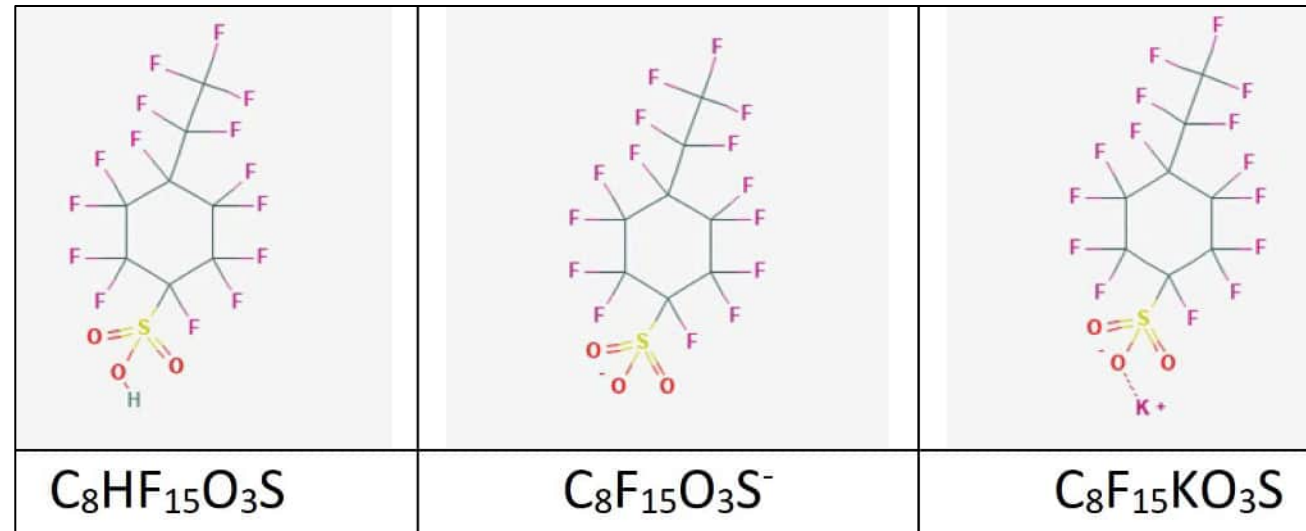
66 + 5 PFAS ultrashorts

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 fluorotelomer sulfonique) H4-PFOS	ng/l	1	757124-72-4			
6:2 FTS (acide 6:2 fluorotelomer sulfonique)	ng/l	1	27619-97-2			
8:2 FTS (acide 8:2 fluorotelomer sulfonique)	ng/l	1	39108-34-4			
10:2 FTS (acide 10:2 fluorotelomer 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 fluorotelomer sulfonamido propyl betaine) Capstone B	ng/l	10	34455-29-3			

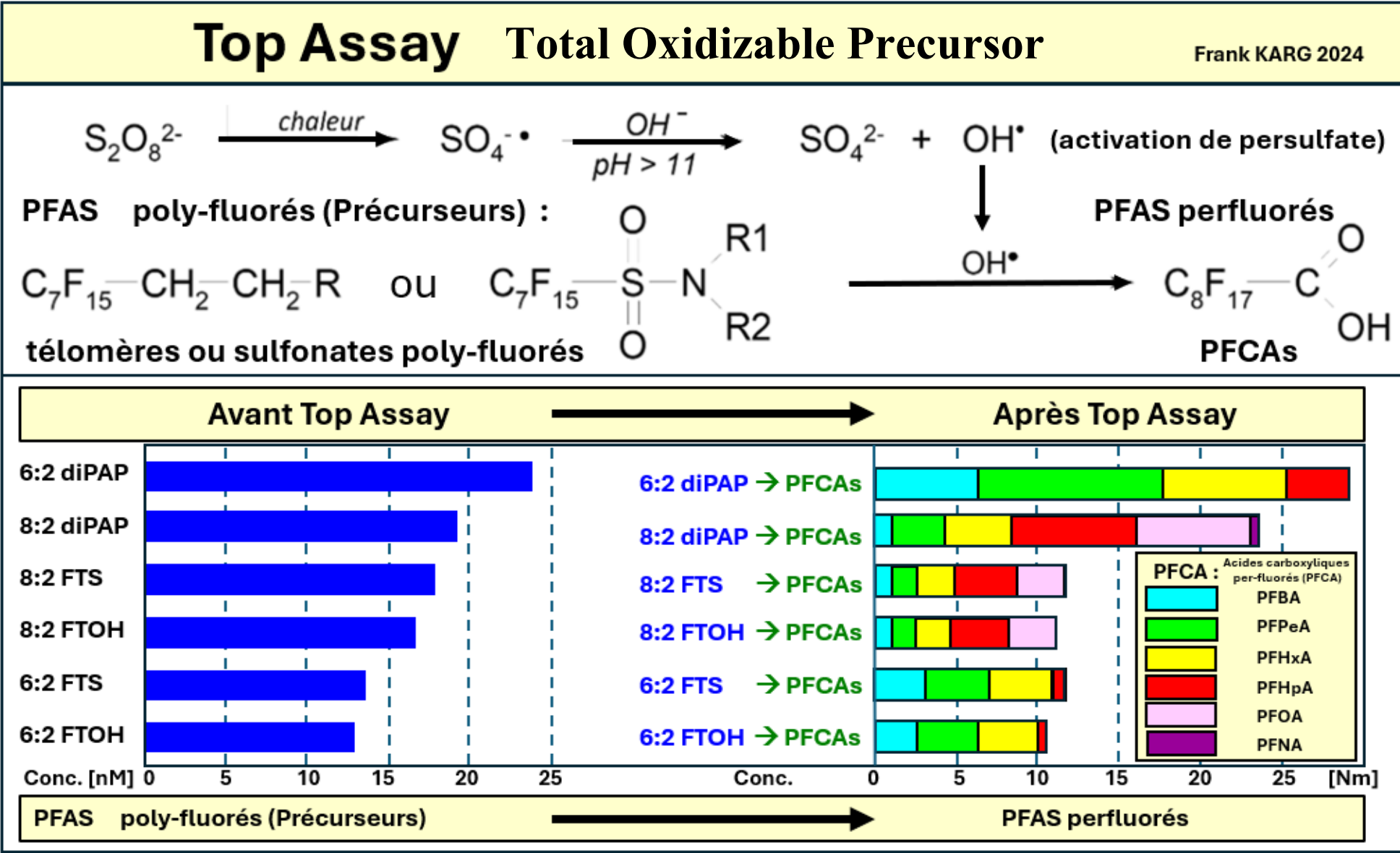
PFAS	LQ Eaux		CAS	VTR	Dir. CE EP2020/ 2184	AM 20/06/23 France
MeFOSA ramifié (N-méthylperfluoro-n-octanesulfonamide) (MePFOSA)	ng/l	1	31506-32-8			
MeFOSA totale (N-méthylperfluoro-n-octanesulfonamide) (MePFOSA)	ng/l	1	31506-32-8			
8:2 DiPAP (8:2 polyfluoroalkyl phosphate diester)	ng/l	1	678-41-1			
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-décane sulfonique)	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 fluorotelemer alcohol) FHET	ng/l	20	647-42-7			
8:2-FTOH (8:2 fluorotelemer 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				

Raisons de non-identification de PFECHS :

- Le PFECHS (Skydrol LD4 = huile hydraulique de l'aviation) existe sous 3 formes chimiques : non-dissociée, dissociée en anion et sous forme de sel (par ex. de Sulfonate de potasse).
- Les formes dissociées et sels ont une certaine solubilité, probablement trop forte pour une extraction organique, pour cette raison des extractions en pH acides (pH5) & alcalin (pH9) sont recommandés avant l'analyse chimique.
- Une trop grande polarité des spéciations chimiques de **PFECHS** (Sulfonate de perfluoroéthyle-cyclohexane) pourra provoquer aussi des effets d'adsorptions sur des matrices organiques (polymères, acides humiques et fulviques), sesquioxides et minéraux argileux, difficilement réversibles en pH neutres (pH7 +/-1,5).
- Des analyses chimiques en pH5 et pH9 sont à recommander.



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



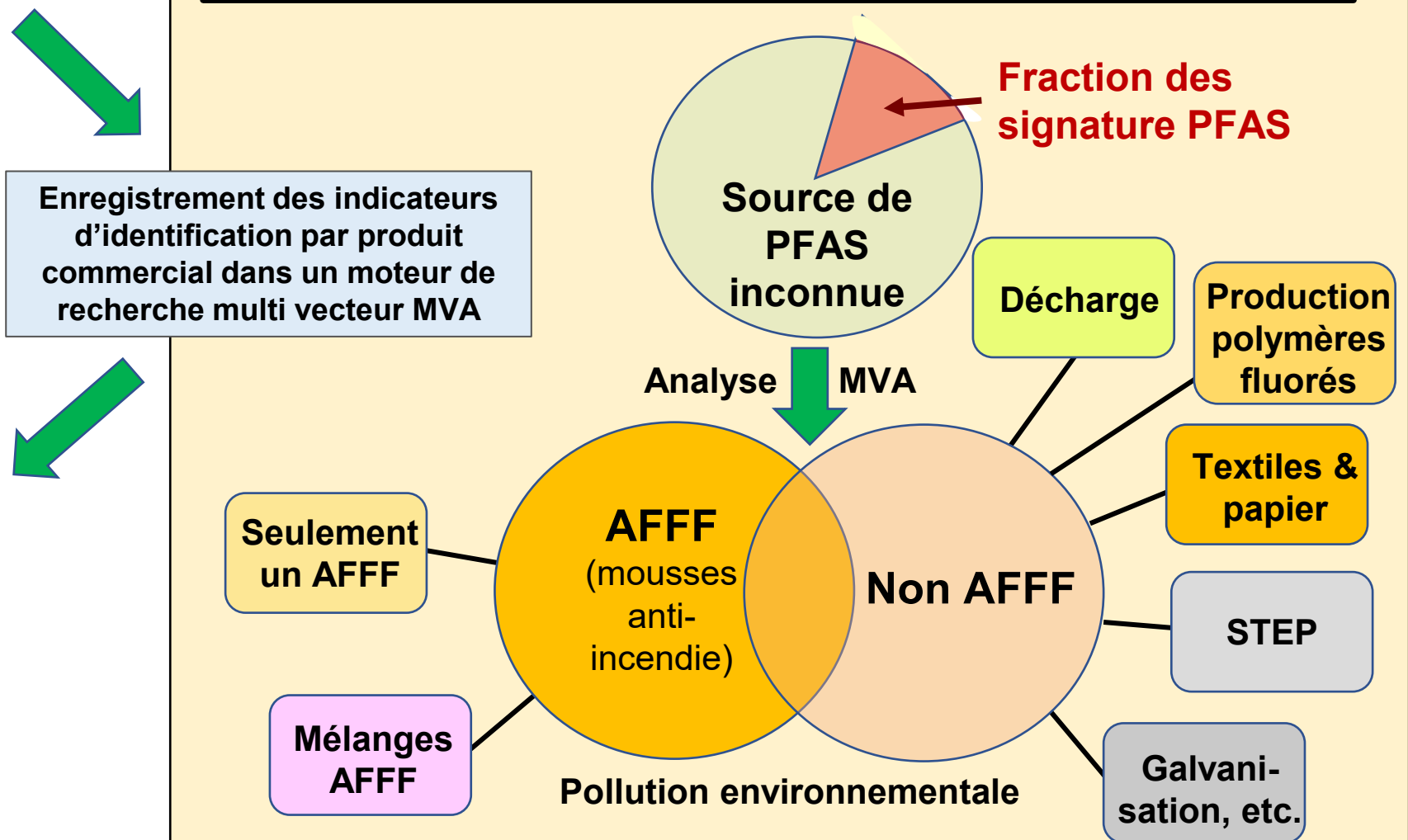
F. Karg, 2023

Banque de données répertoriant les produits commerciaux contenant des PFAS et leurs molécules dégradées, sur la base de plus de 800 000 analyses. Enregistrement des spectres des produits PFAS individuels et relations statistiques avec des produits commerciaux par analyse non ciblée (400-500 composés) sur des produits frais et des produits dégradés, après 3 mois de tests au lysimètre avec bactéries bio-transformatrices.

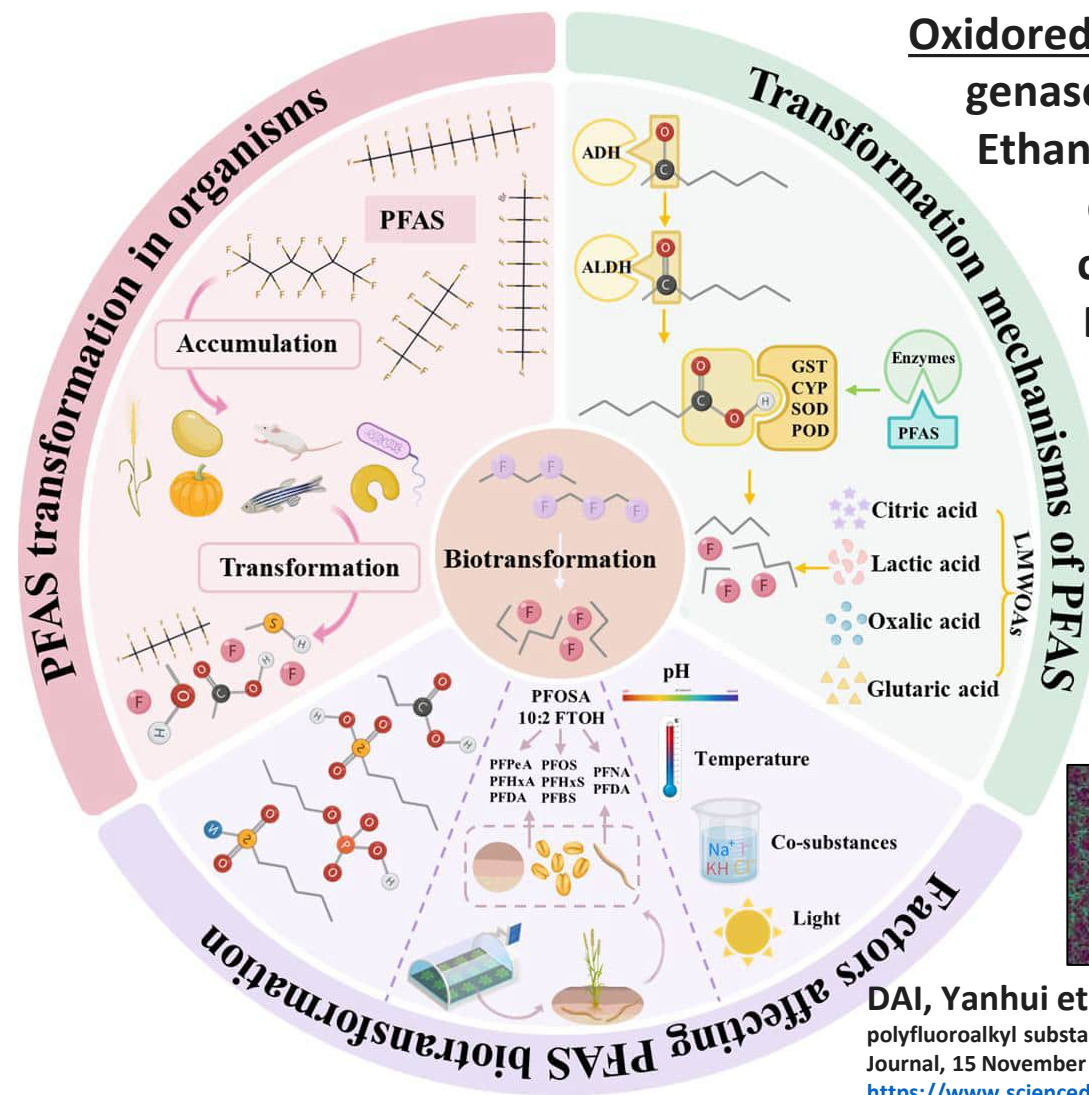
Recherche d'indicateurs statistiques par produit commercial via des analyses standard (min. 20-70 molécules dans des échantillons de sol et d'eau)

Identification des sources de contamination par les PFAS et des produits commerciaux par AI-MVA.

MVA-IA (Multi-Vecteur-Analyse sur base d'Intelligence Artificielle) pour l'identification des produits commerciales des PFAS

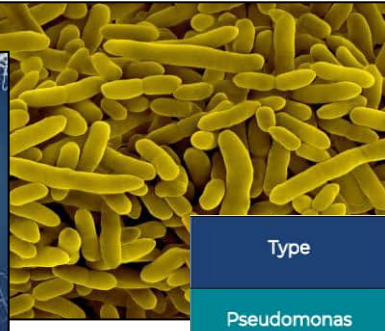
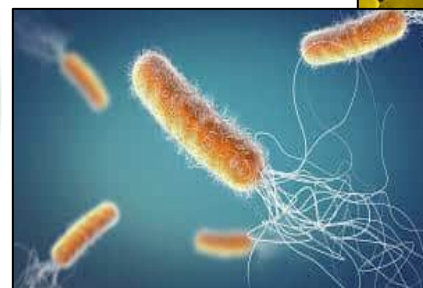


Bio-Lysimeter Tests on AFFFs' Biotransformations:



Oxidoreductases in PFAS metabolism: Dehydrogenases, Oxidases, Peroxidases, Oxygenases, Ethanol dehydrogenase (ADH) and aldehyde dehydrogenase (ALDH) and Laccases, a class of multi-copper oxidases = Critical Enzymes in the transformation of PFAS (e.g., 6:2 FTS, 6:2 FTOH, 8:2 FTOH...).

HPC International:



Type	Comptage après développement	Prélèvement réalisé par colonne	Nb bactéries
Pseudomonas aeruginosa	1,72.10 ¹⁰ bact/mL	1,16 mL	2.10 ¹⁰ bact
Pseudomonas putida	3,60.10 ¹⁰ bact/mL	0,56 mL	2.10 ¹⁰ bact
Pseudomonas oleovorans	1,68.10 ¹⁰ bact/mL	1,19 mL	2.10 ¹⁰ bact
Acidimicrobium ferrooxidans	2,00.10 ¹⁰ bact/mL	1 mL	2.10 ¹⁰ bact
Rhodococcus jostiiRhodococcus	4,00.10 ¹⁰ bact/mL	0,5 mL	2.10 ¹⁰ bact
			2.10 ⁿ bact

DAI, Yanhui et al. (2025): Biotransformation of per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) in organisms. Chemical Engineering Journal, 15 November 2025, Article: 168618, Volume: Volume 524.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1385894725094604>

AFFF 1 – Standards (Fresh & degraded ones)

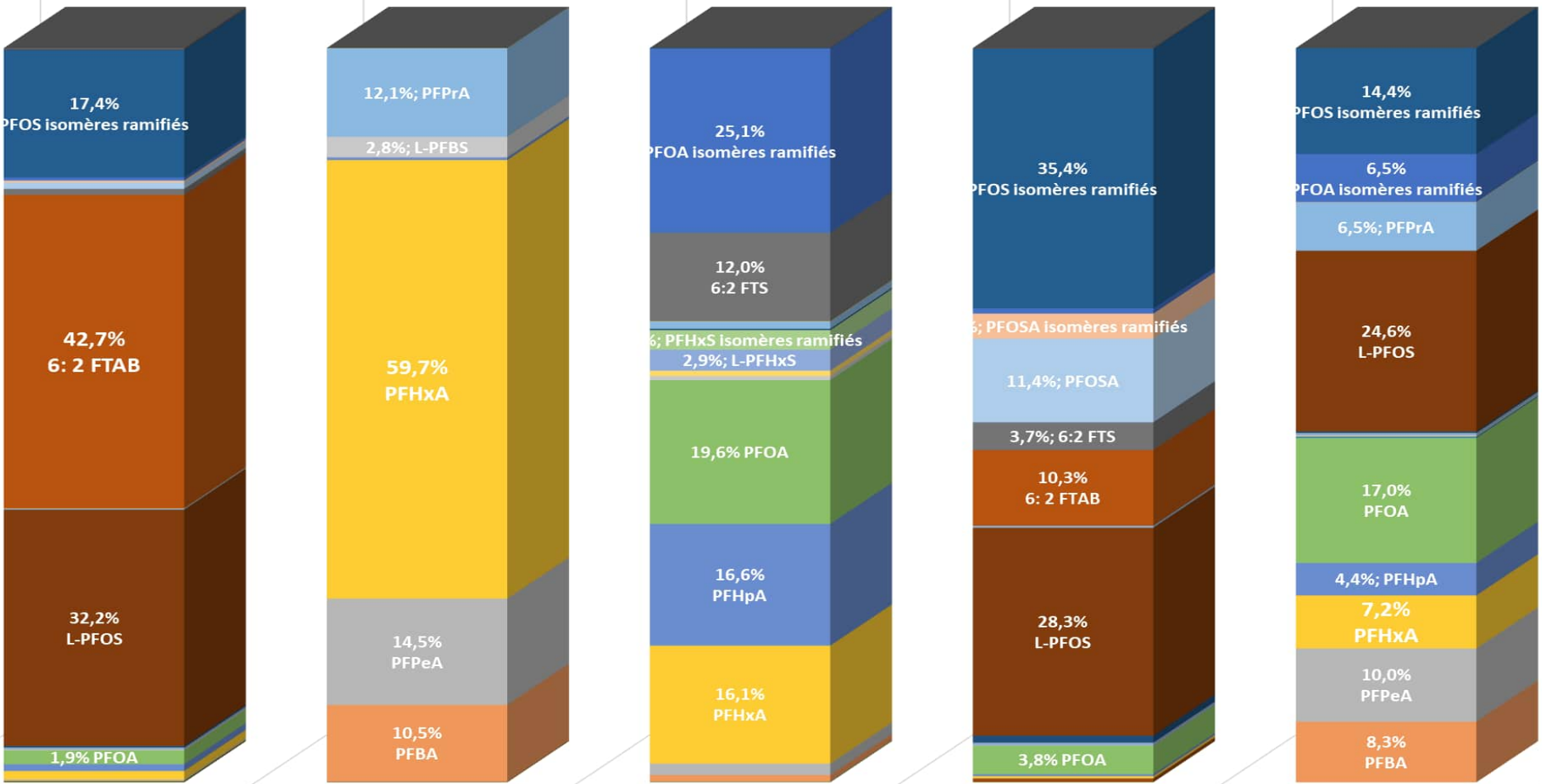
Fresh

6W: Aerobic

12 -24W: principally Anaerobic

15W Soils

Top Assay



pH: 6,4 – 7,5

pH 8,5 alkaline

Anaerobic conditions slows down or stops the bio-transformation during the PFAS migration process

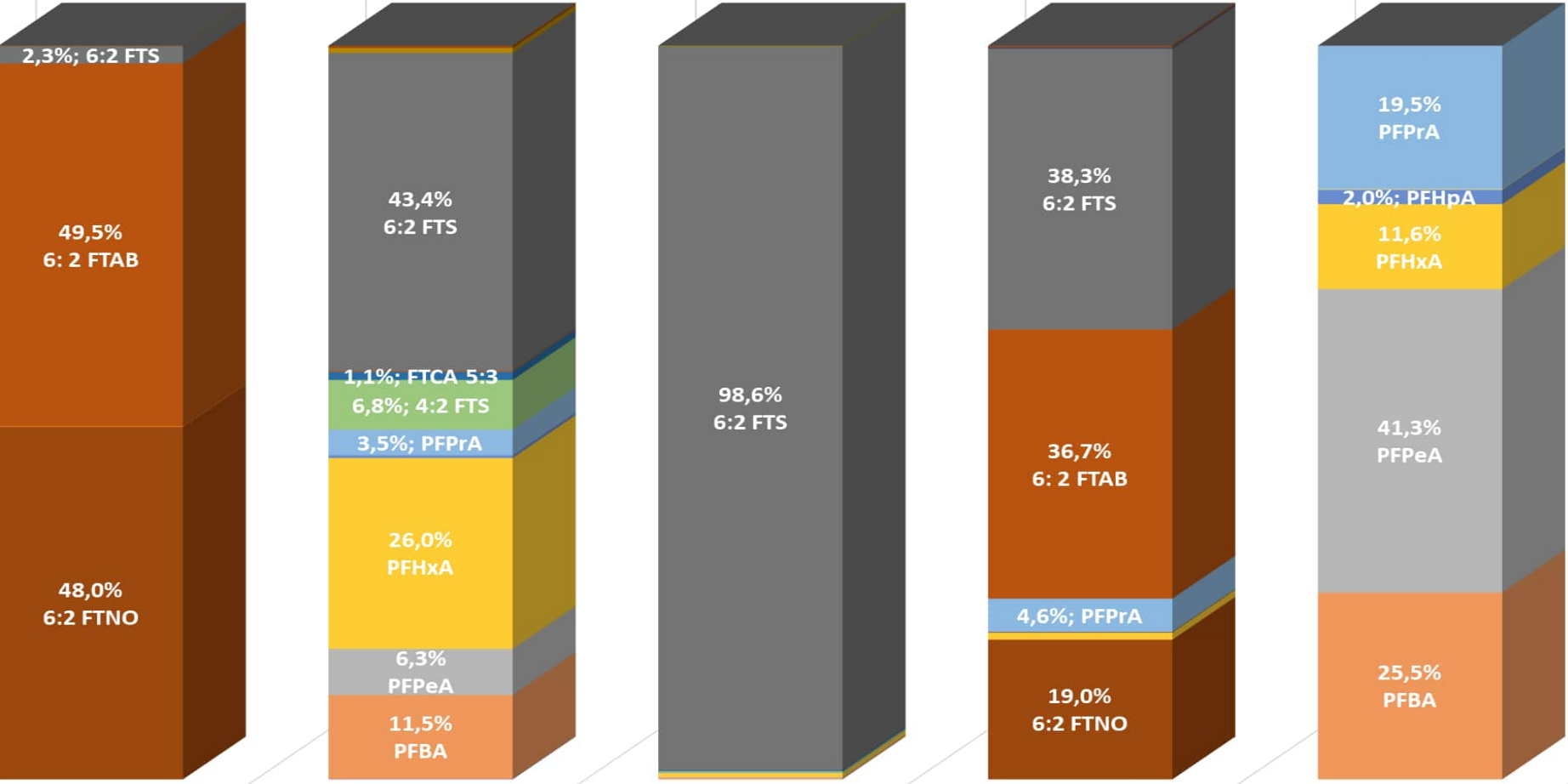
by Bio-Lysimeters

AFFF 2 – Standards (Fresh & degraded ones)

Fresh

6W: Aerobic 12 -24W: principally Anaerobic 15W Soils

Top Assay



pH: 6,8 – 8,4

pH 8,9 alkaline

Anaerobic conditions stops the bio-transformation during the PFAS migration process

by Bio-Lysimeters

BRUT

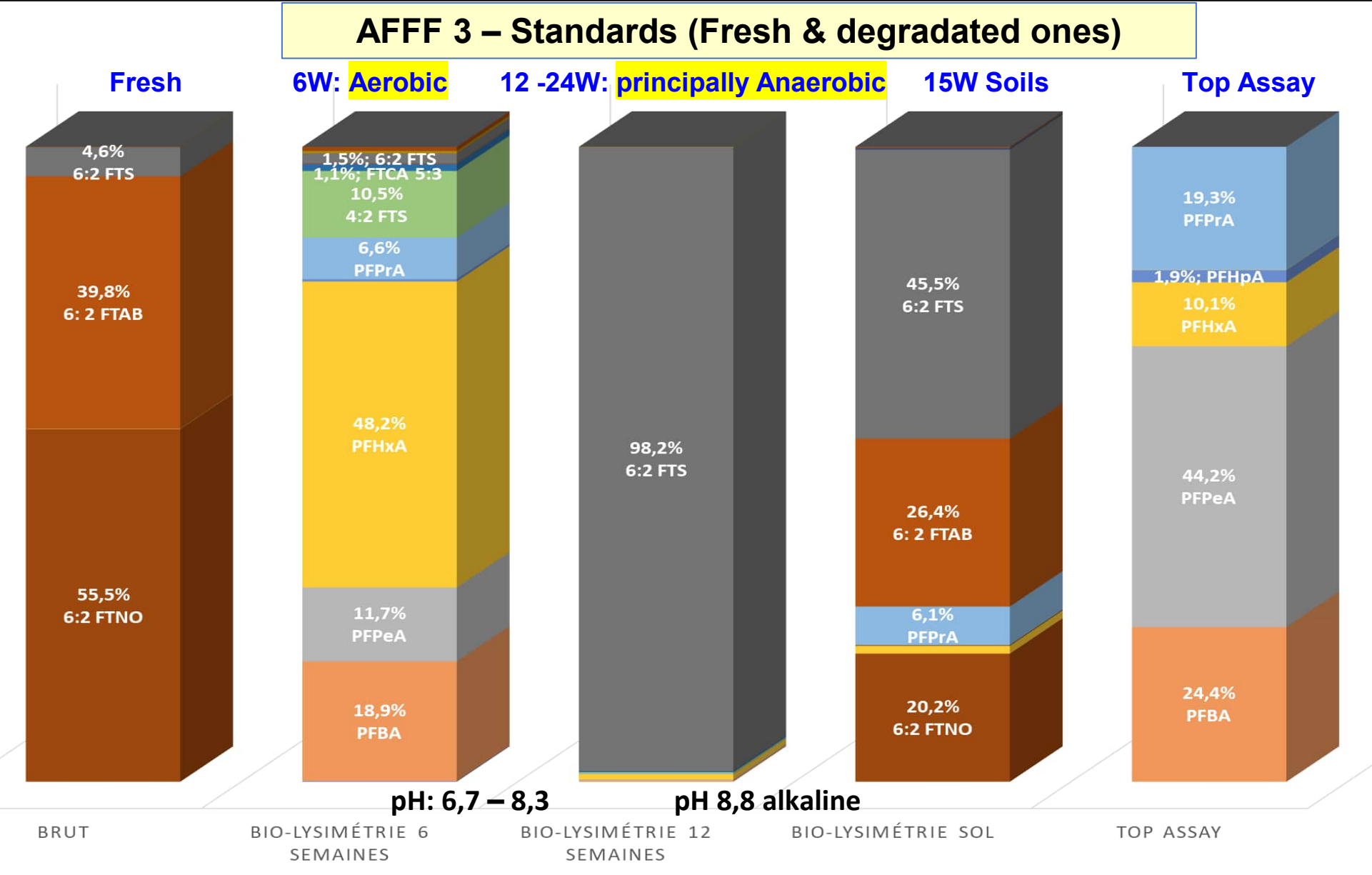
BIO-LYSIMÉTRIE 6 SEMAINES

BIO-LYSIMÉTRIE 12 SEMAINES

BIO-LYSIMÉTRIE SOL

TOP ASSAY

AFFF 3 – Standards (Fresh & degraded ones)



Anaerobic conditions stops the bio-transformation during the PFAS migration process by Bio-Lysimeters

Définitions des Outils (Logiciels) MVAs :

MVA : Multi – Vector & Variant – Analysis (*Outils*)

Service d'HPC International SAS : Reconnue depuis 2024-25 pour les PFAS en
Allemagne, Autriche, Belgique, France, Suisse & INOGEN...

Logiciel Technologie QT Plusieurs Modèles

Statistiques Back- & Front-
end et Identification des
Similitudes entre des Spec-
tres Chimiques des produits
commerciaux (historiques)
PFAS et les produits bio-
transformés et dégradés de la
Banque des Données d'HPC et des
Echantillons des ESO, Sols, etc.
(type AFFF d'ADP)

Banque des Données HPC

Model – Module de
Clustering* : Modeles
évolutifs sur bases de
« Machine Learning » et
Intelligence Artificielle (IA)
Différenciation &
Identification des Sources
PFAS

Logiciels
Géostatistiques et
cartographiques

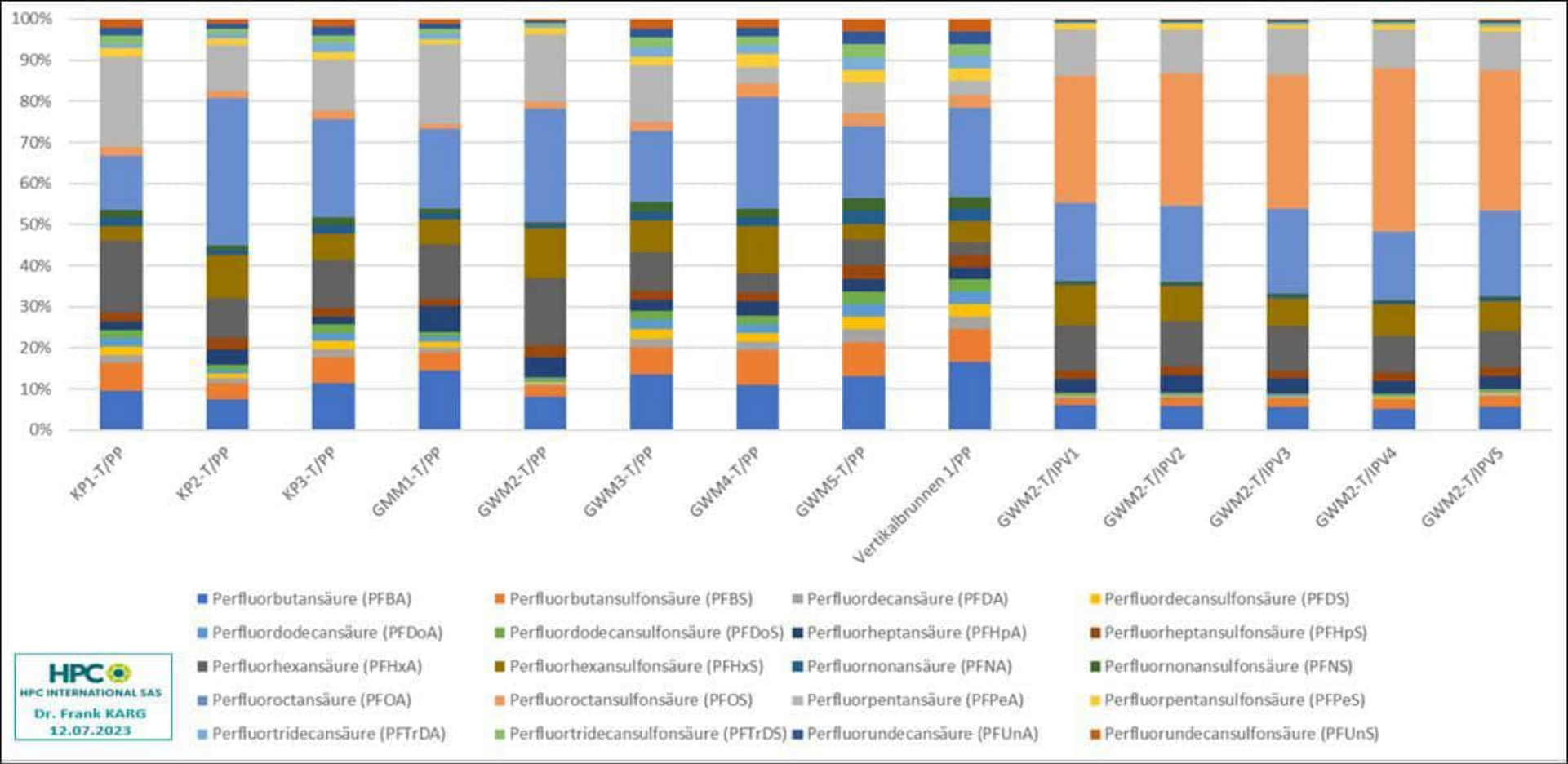
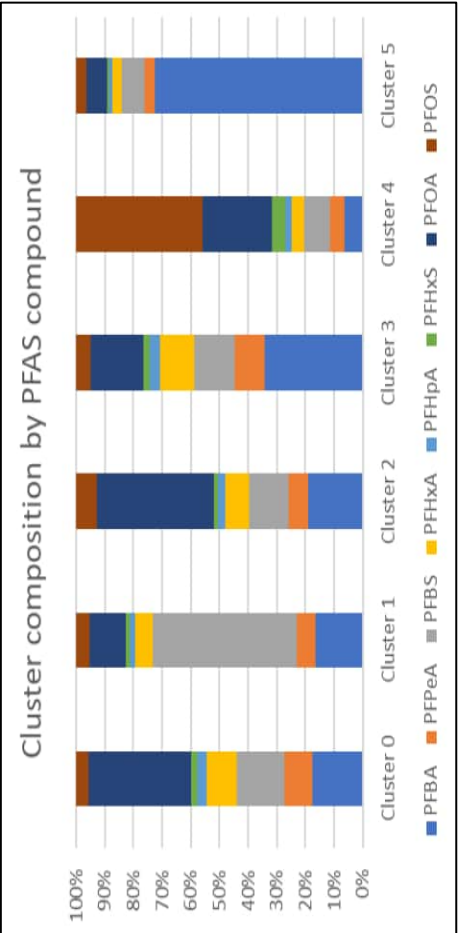
Logiciels
Hydrogéologiques
& Modélisations
(effets chromato-
graphiques et
réactifs, etc.)

*Le **Clustering**, en apprentissage automatique, est une technique d'apprentissage non supervisé utilisée pour regrouper automatiquement un ensemble de données en sous-groupes (ou **Clusters**) en fonction de leur similarité:

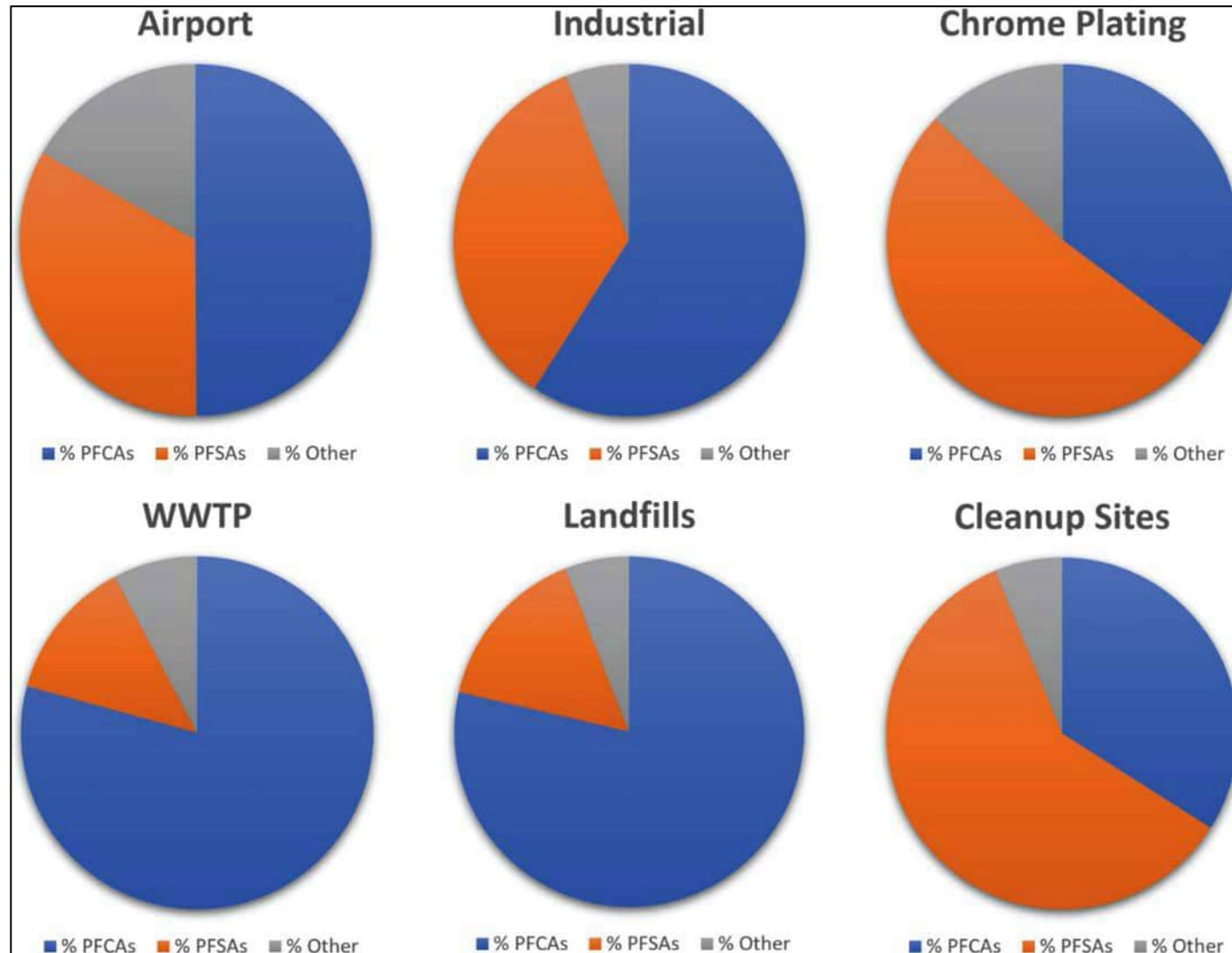
ICI : les similitudes relationnelles chimiques des groupes des PFAS

Identification et différenciation des sources PFAS par analyses des Clusters

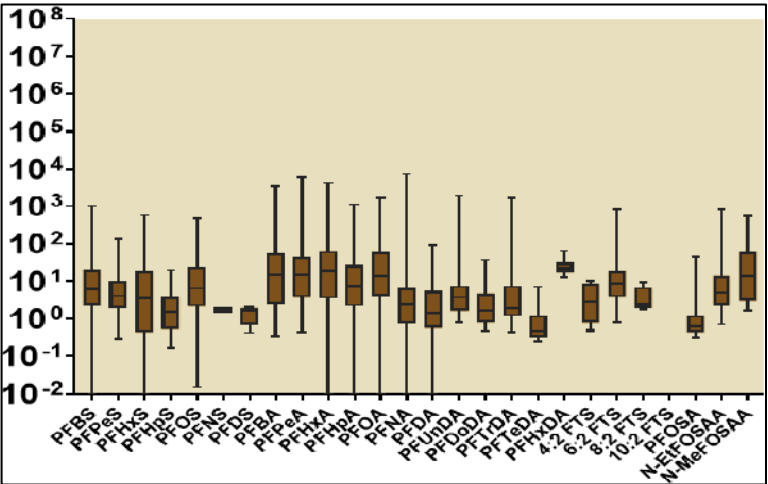
Des analyses de **Clusters PFAS** permettent d'identifier les origines des produits et industries ayant provoqué les pollutions environnementales



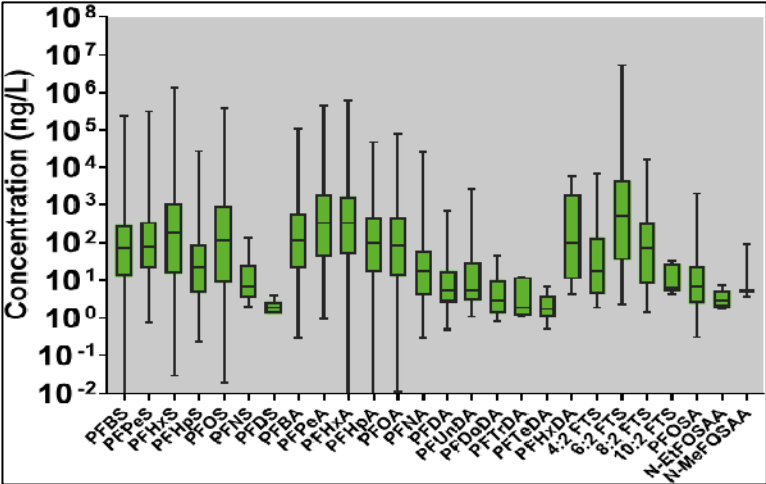
PFAS Distributions & Différenciations (n = 23):



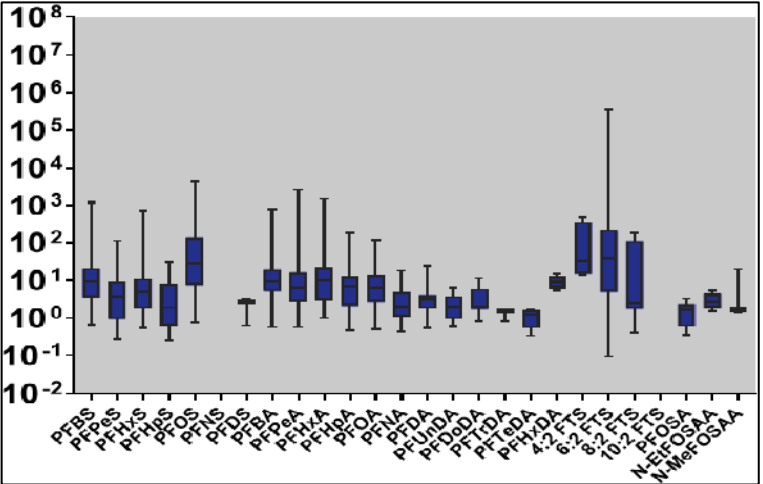
Exemples Statistiques basés sur plus que 800 000 Analyses Environnementales (NAS, 2023)



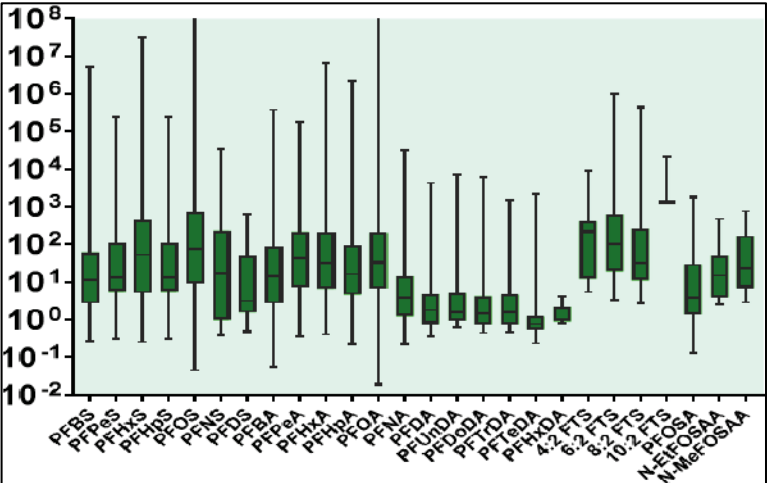
Household Landfills



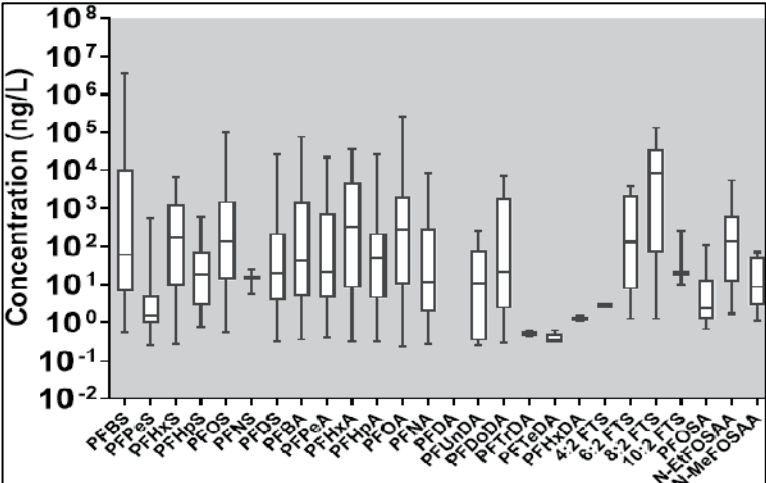
Civil Airports



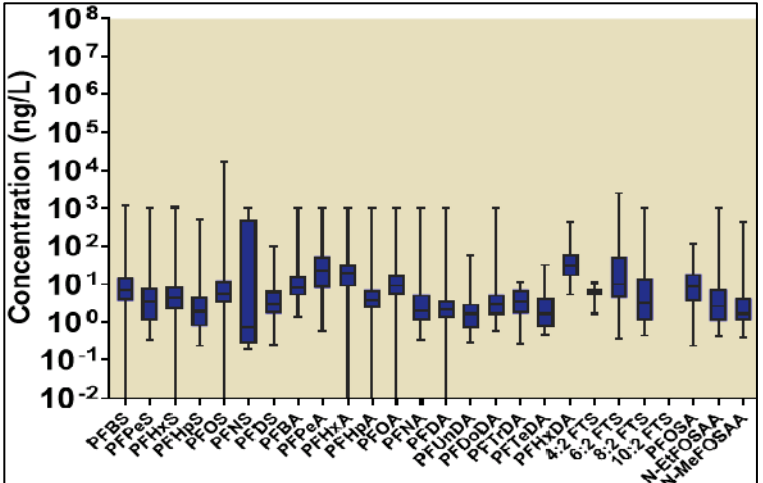
Chrome Plating (Galvanik)



Military Airports

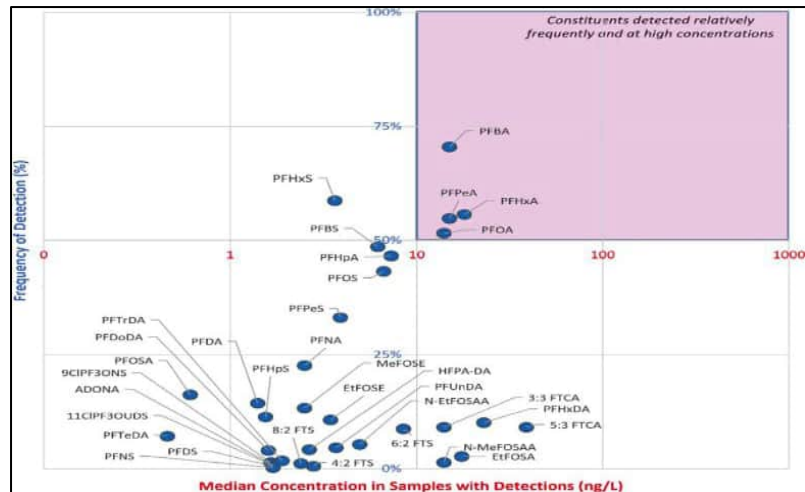


Industrial Sites (Polymers etc.)

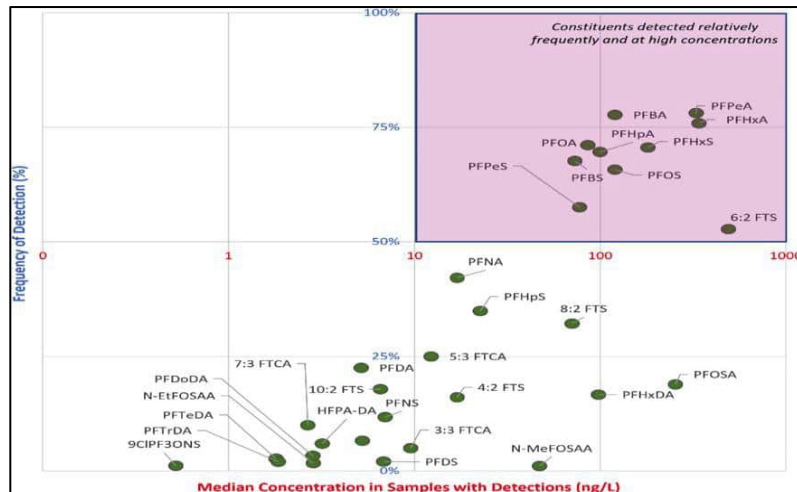


WWTPs (Wastewater & WWTP Sludge)

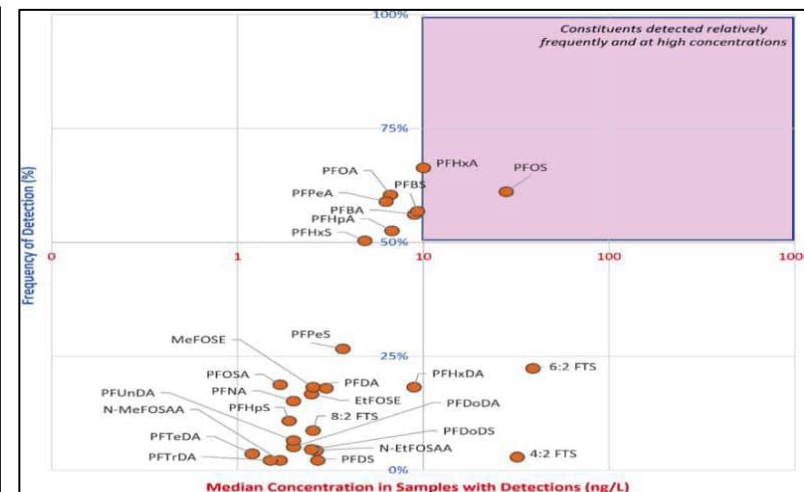
Exemples Statistiques basés sur plus que 800 000 Analyses Environnementales (NAS, 2023)



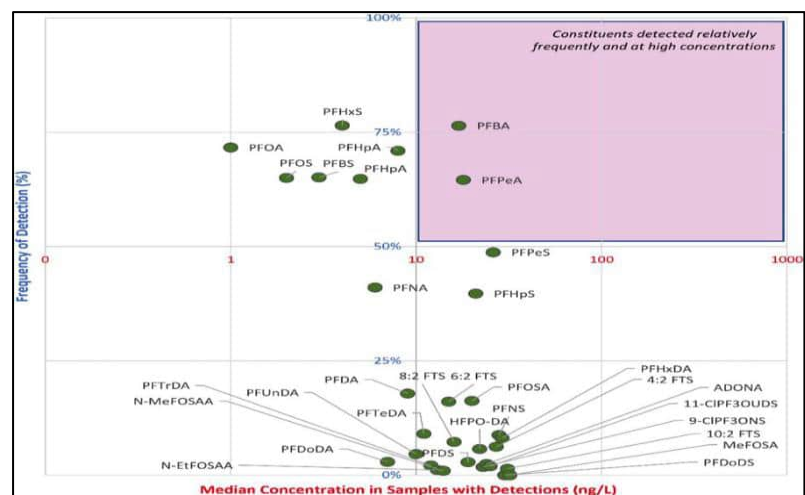
Household Landfills



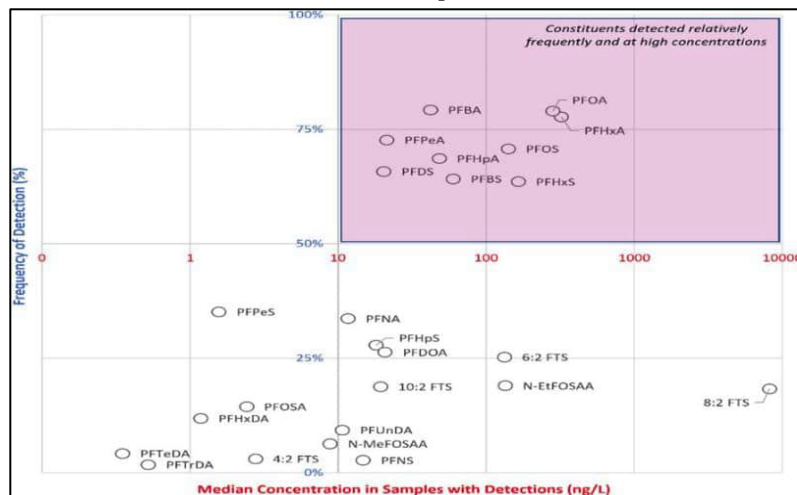
Civil Airports



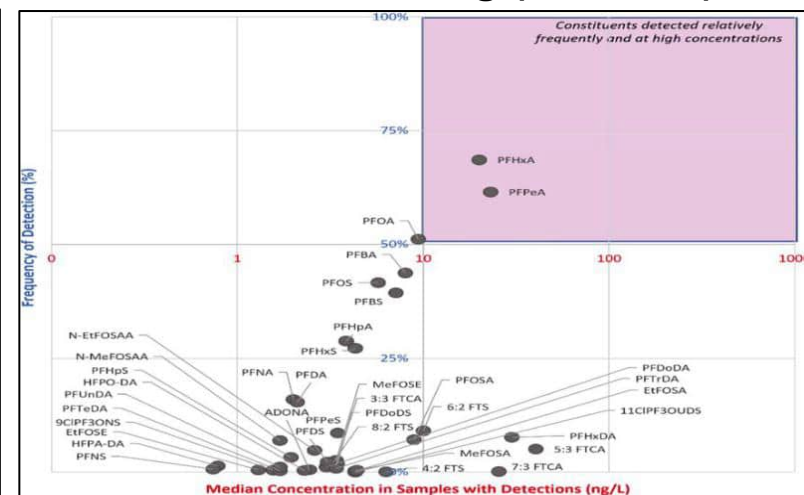
Chrome Plating (Galvanik)



Military Airports

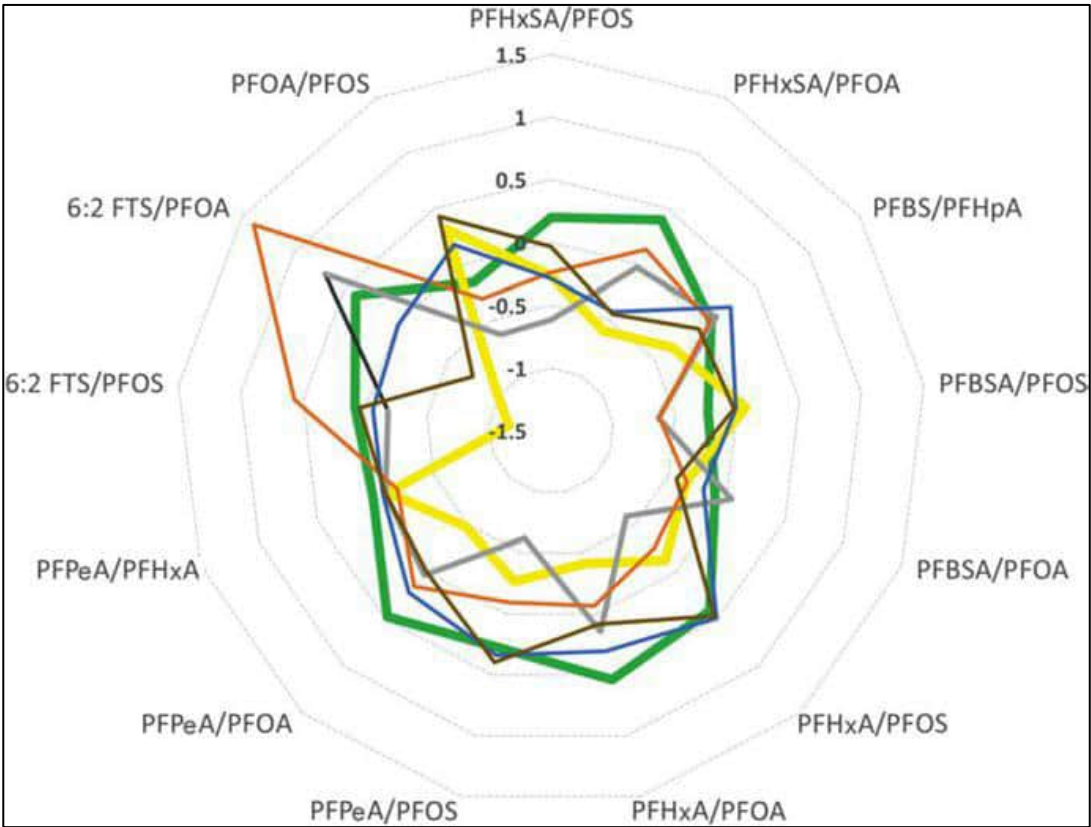
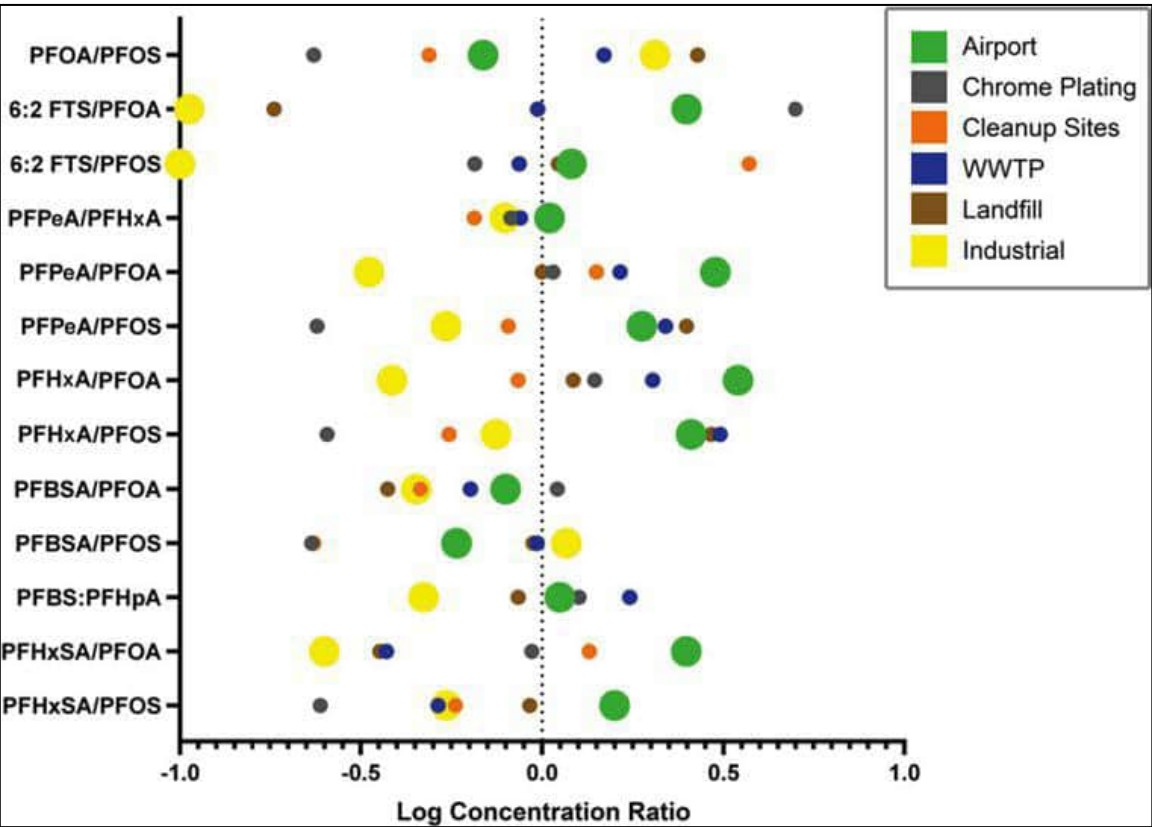


Industrial Sites (Polymers etc.)



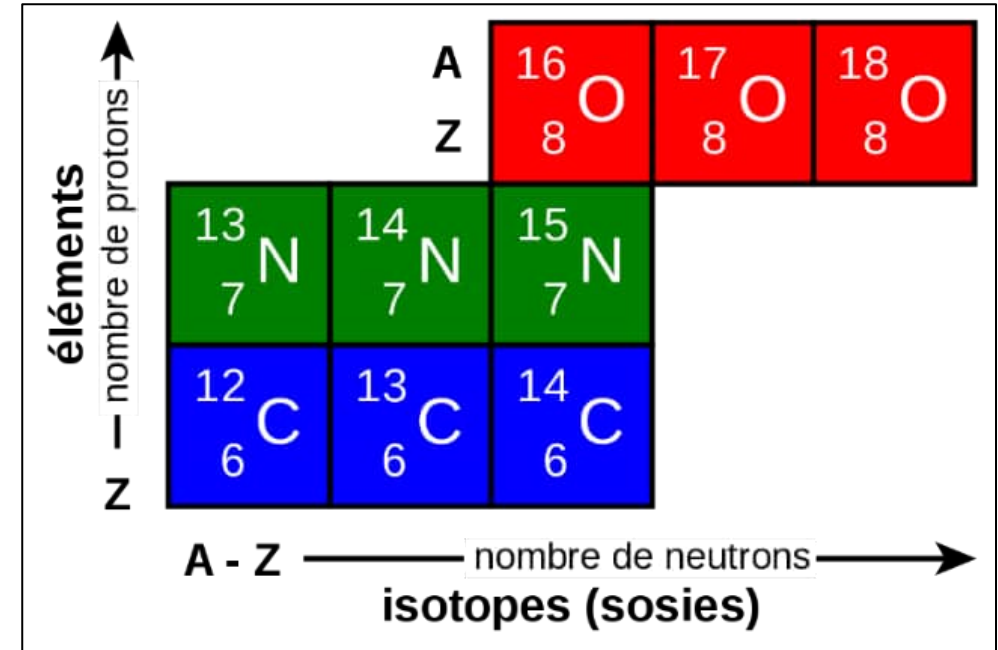
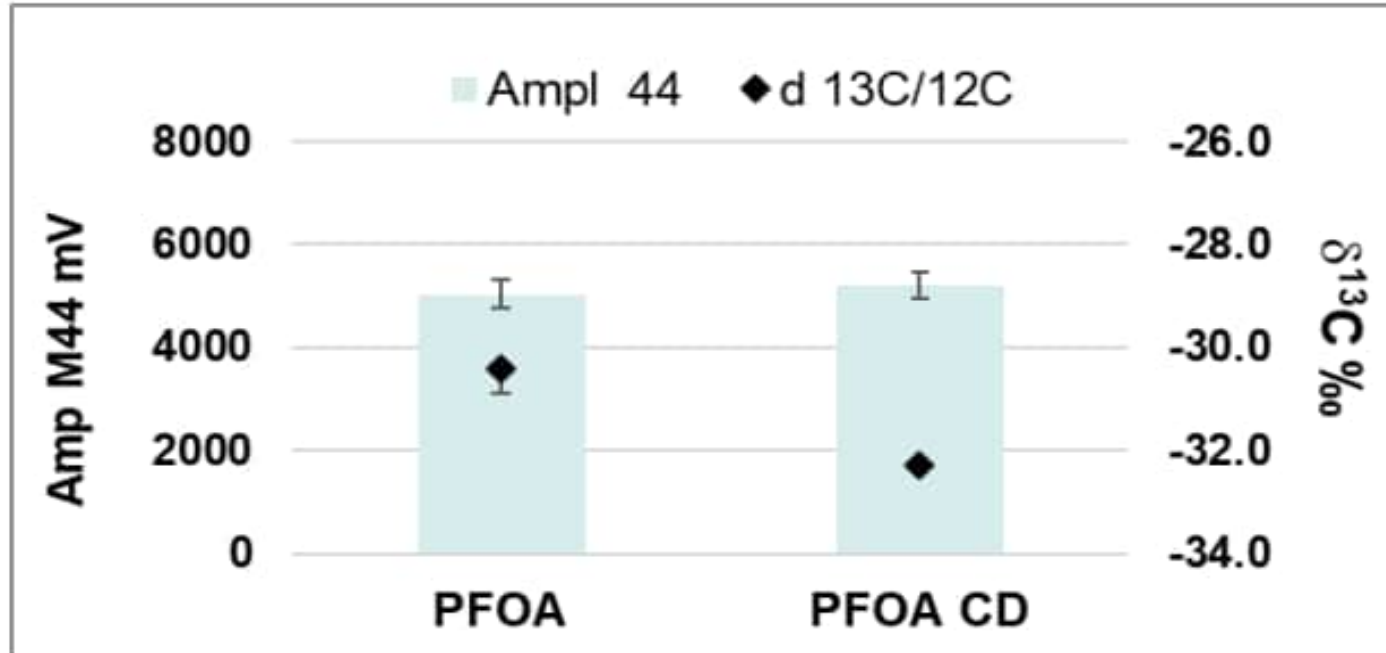
WWTPs (Wastewater & WWTP Sludge)

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

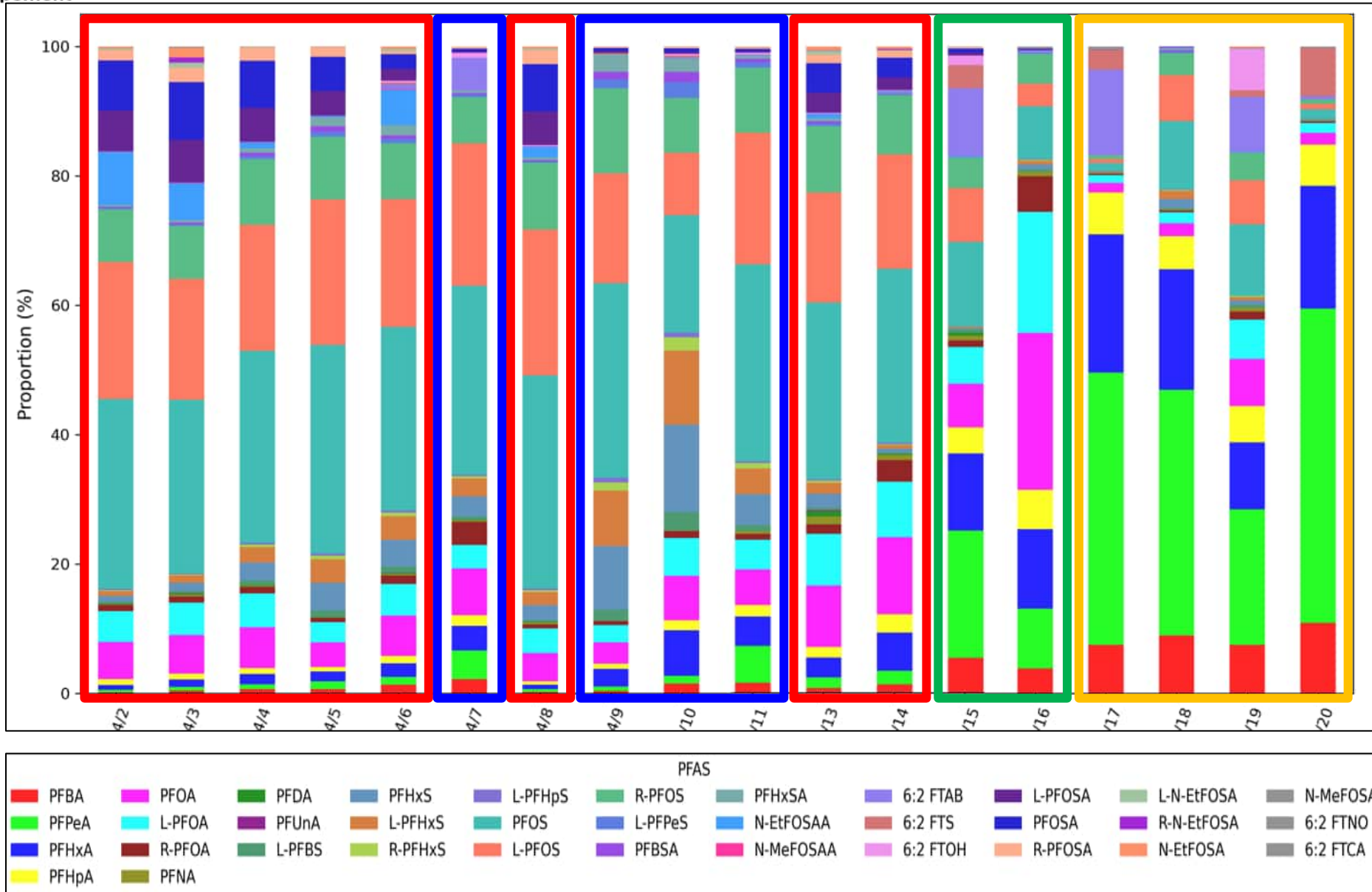


Ratios des concentrations médianes entre des différents PFCAs and other PFAS

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 (Kuntze 2023).
PFAS Source Identifications with Sulfur-Isotopes for PFOS, etc. is in development.



Site « C »:

Cluster 1: AFFF-A

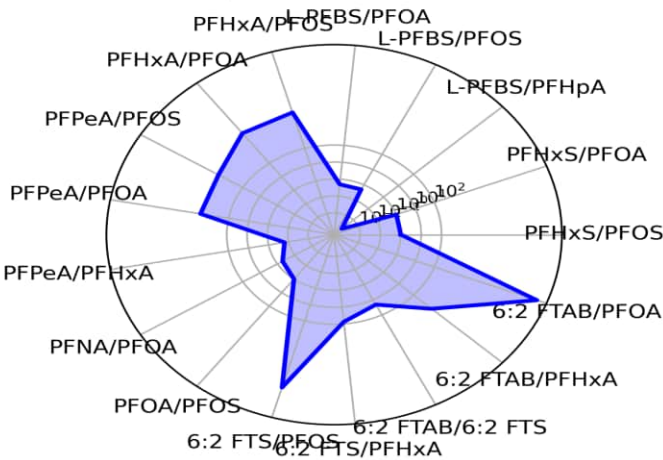
Cluster 2: SB FC807

Cluster 3: AFFF-B

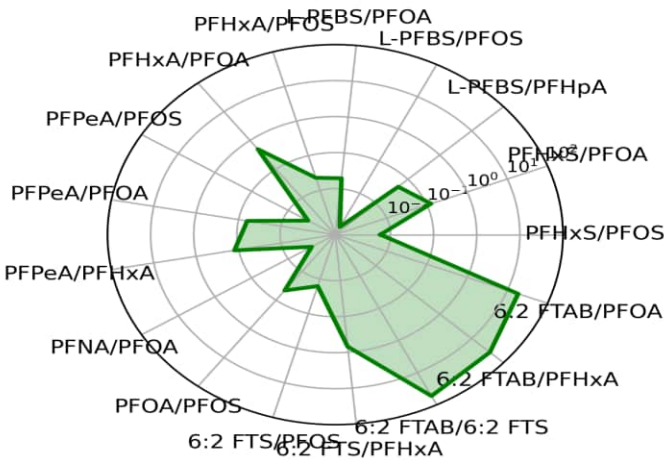
Cluster 4: Mix C1&2

Radar Plots of PFAS Relationships for several Commercial PFAS Products

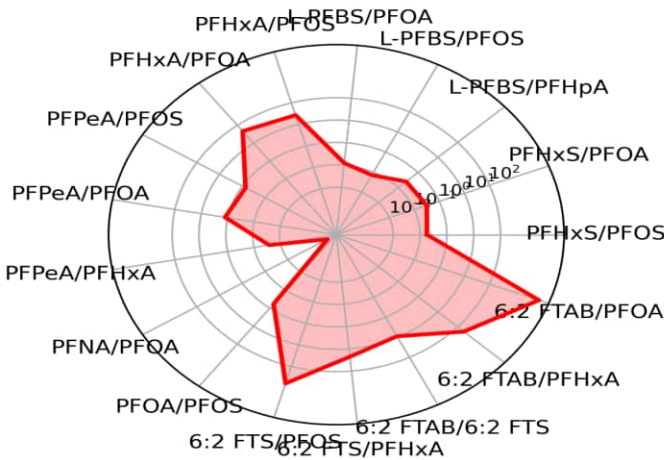
Pr1/Pr1bis



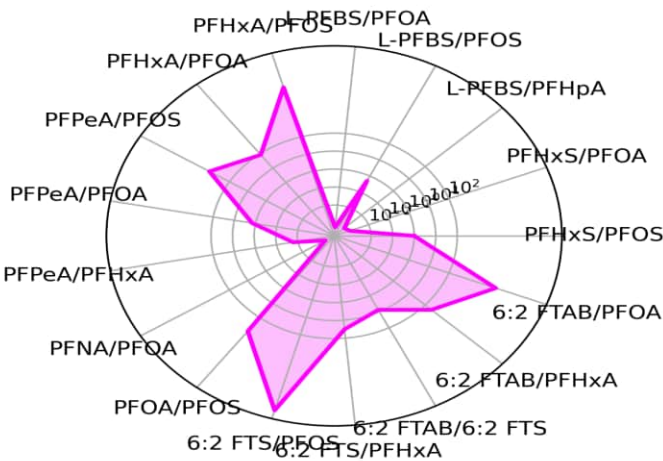
H4



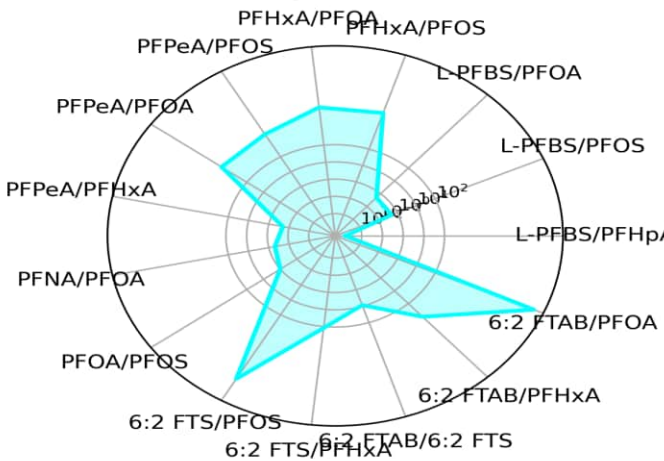
P1



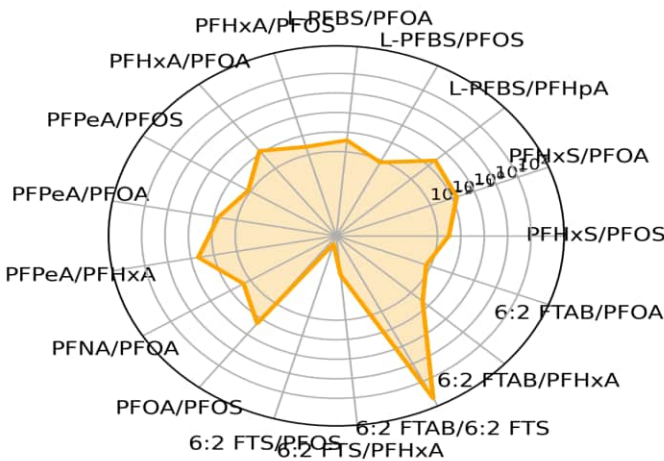
Petrofilm CTE



Pr2/Pr2bis



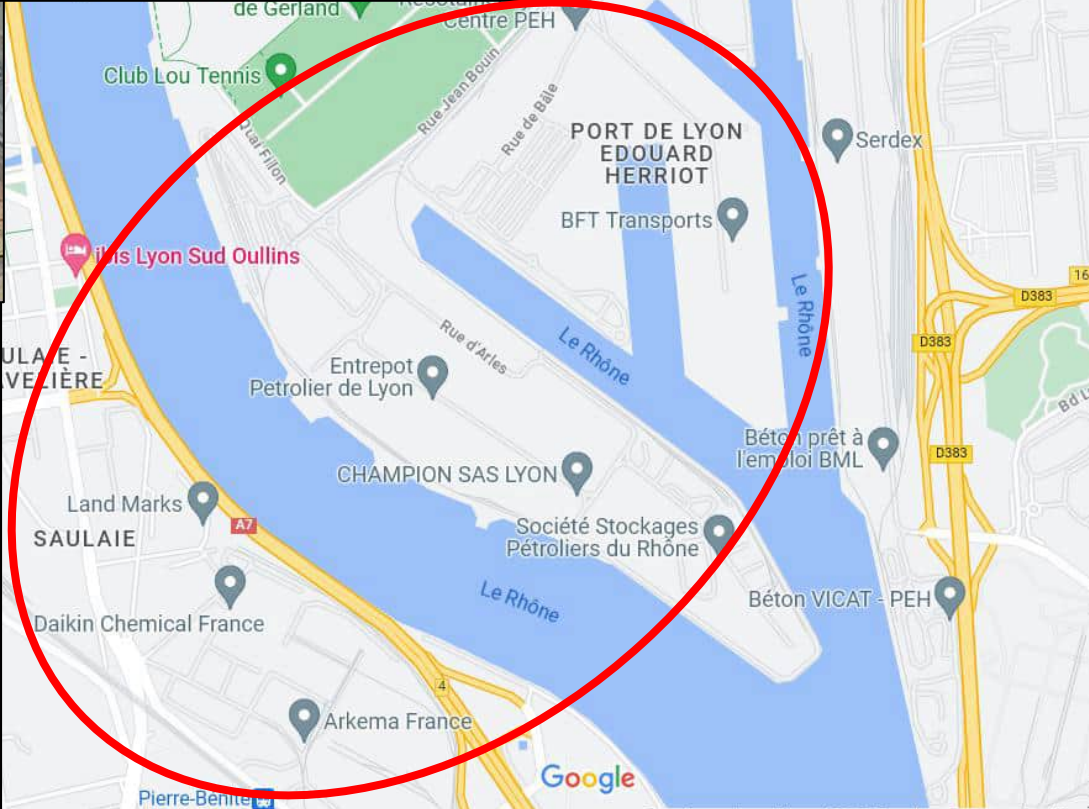
Scotchban FC 807

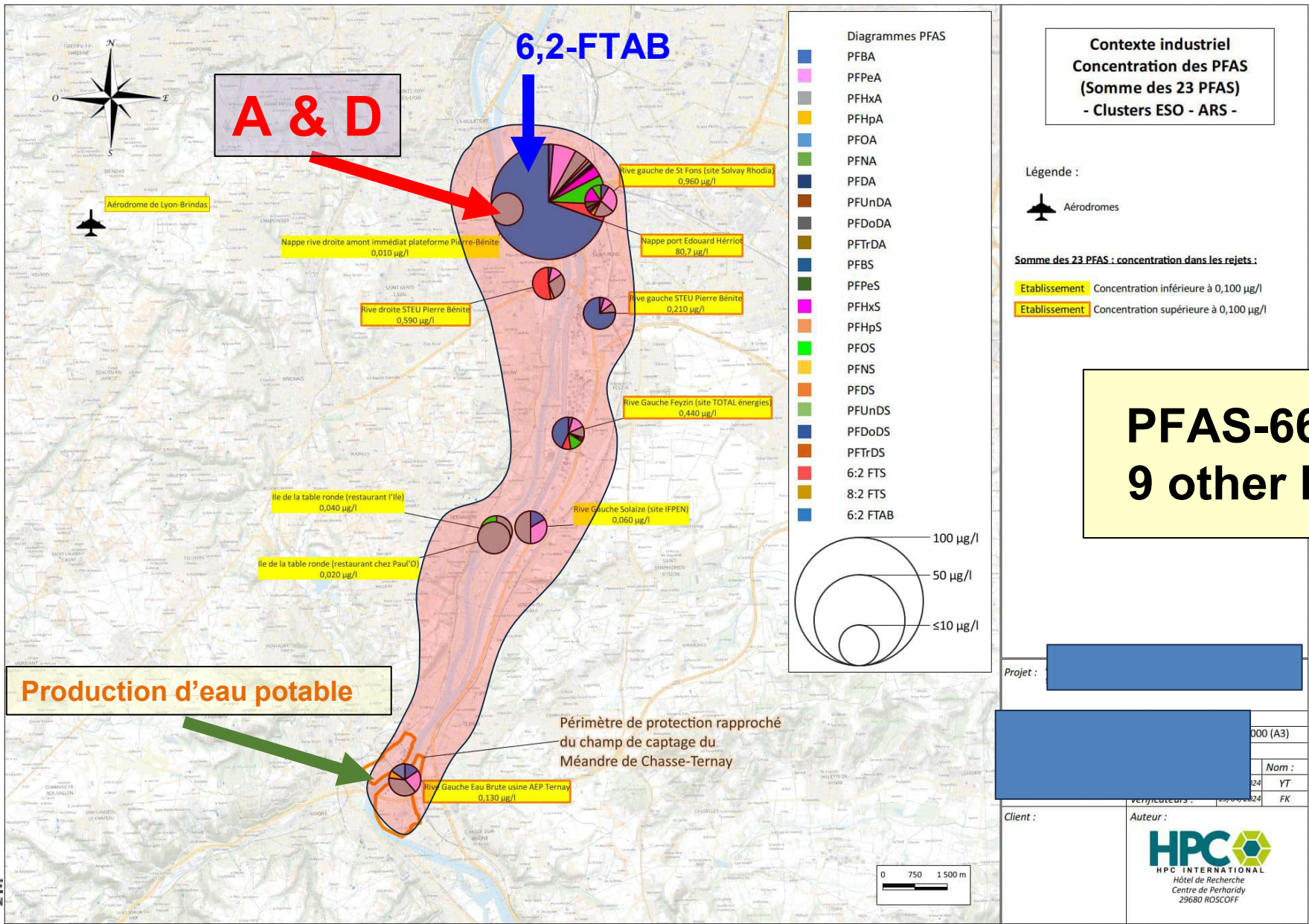


Incendie: Port Edouard-Herriot : 1987

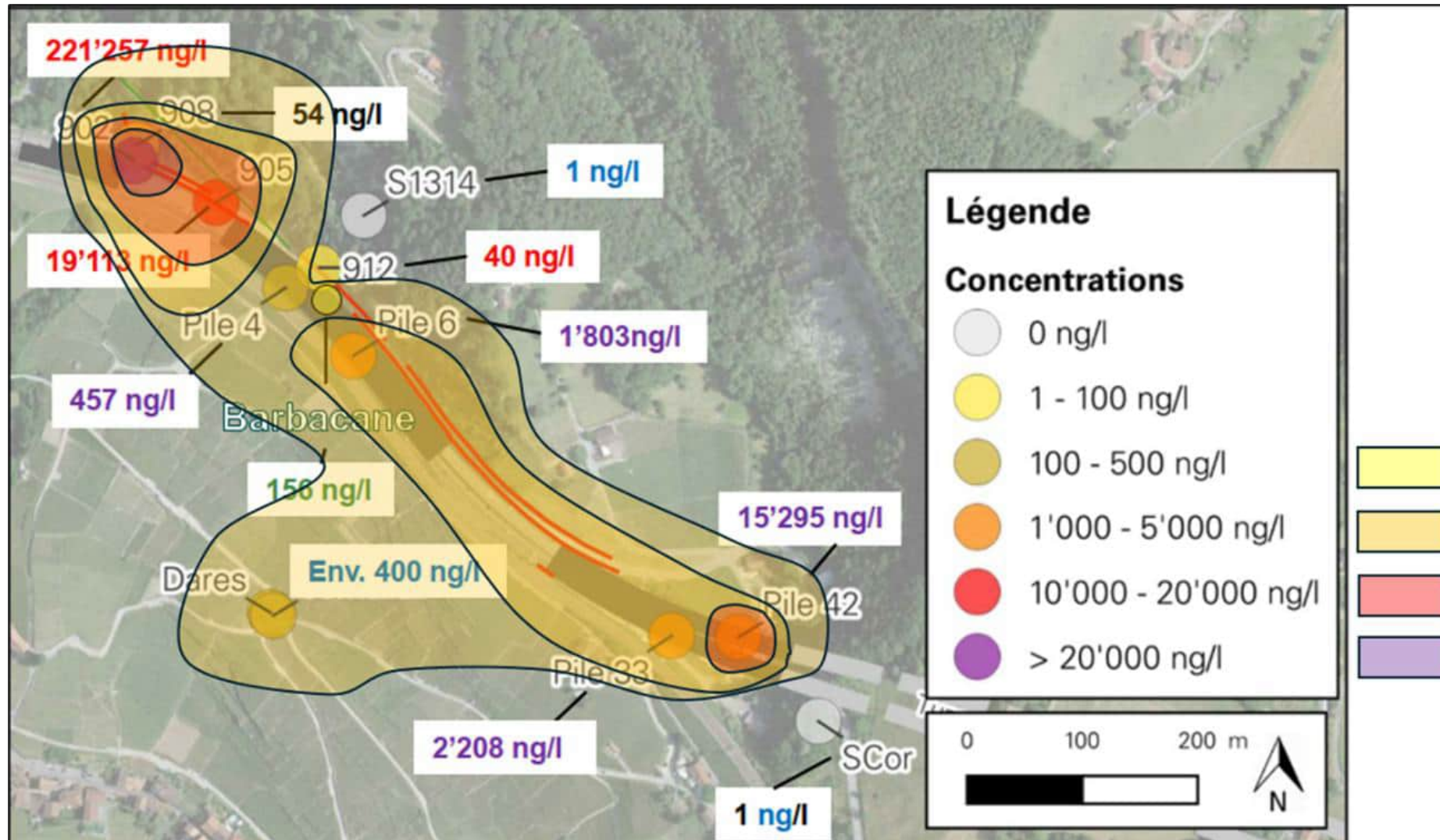


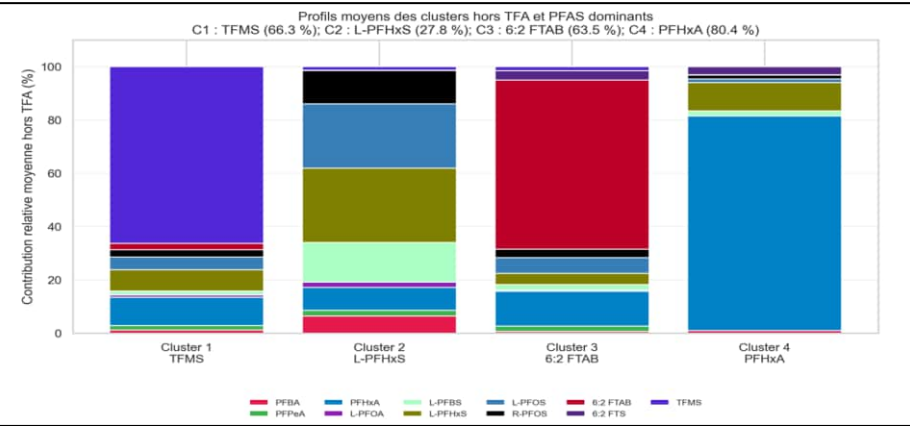
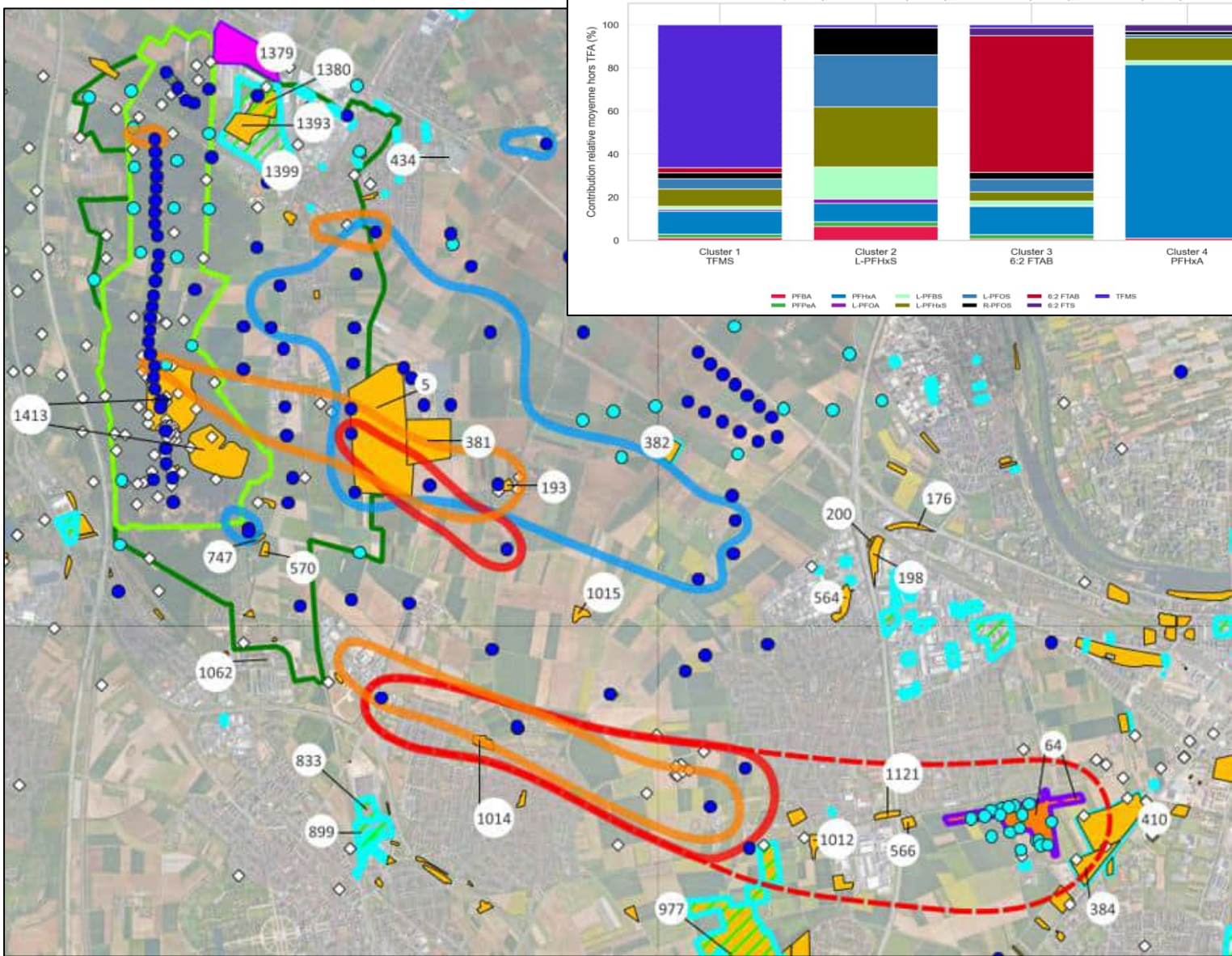
Nécessité de vérifier la
qualité des eaux
souterraines et le Rhône
(ESO & sédiments)





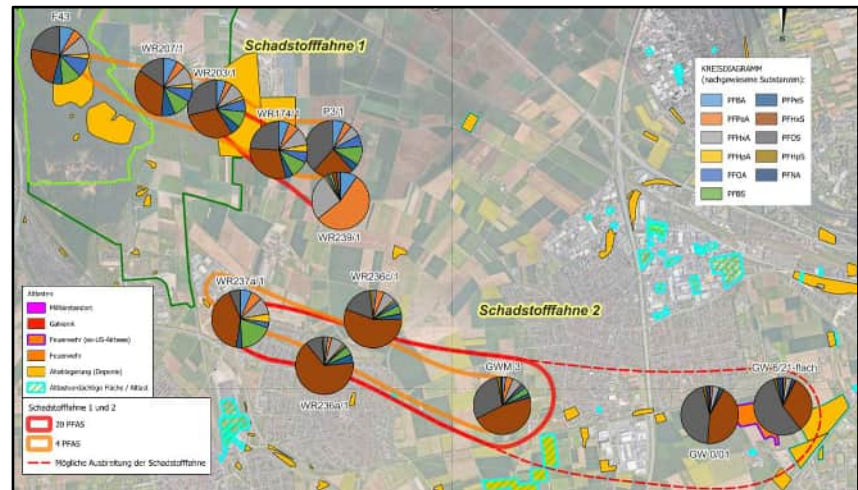
Identification of PFAS Sources from Concrete / Béton) Adjuvants

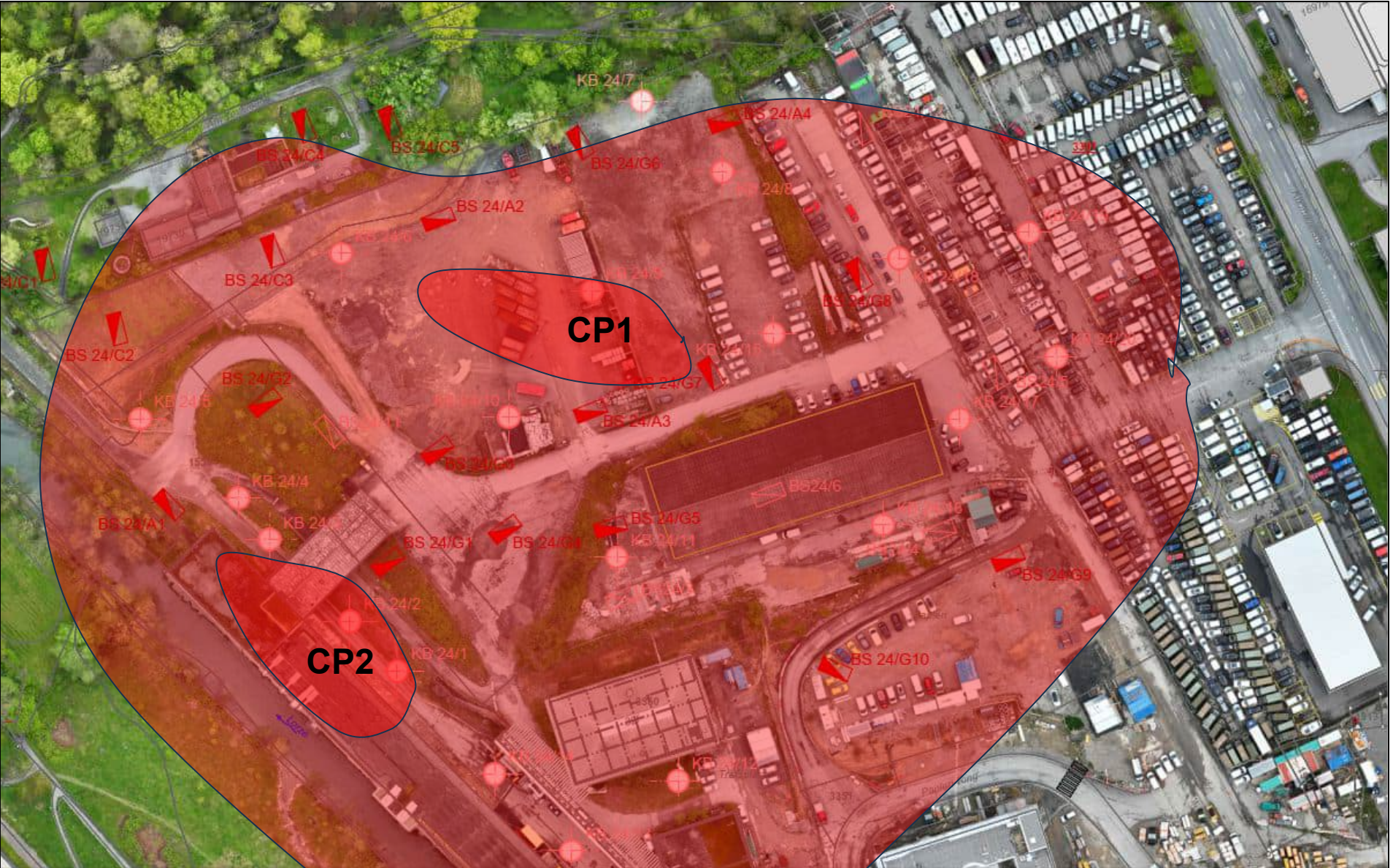




Identification of PFAS Sources from Multi-Sources in a Drinking water Production Field:

- Military Airbase
- Landfills
- Galvanic
- Fire Guards
- Contaminated Sites
- River (TFA)

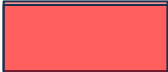




**PFAS-
Contamination
In Groundwater**



> Rem-Goal



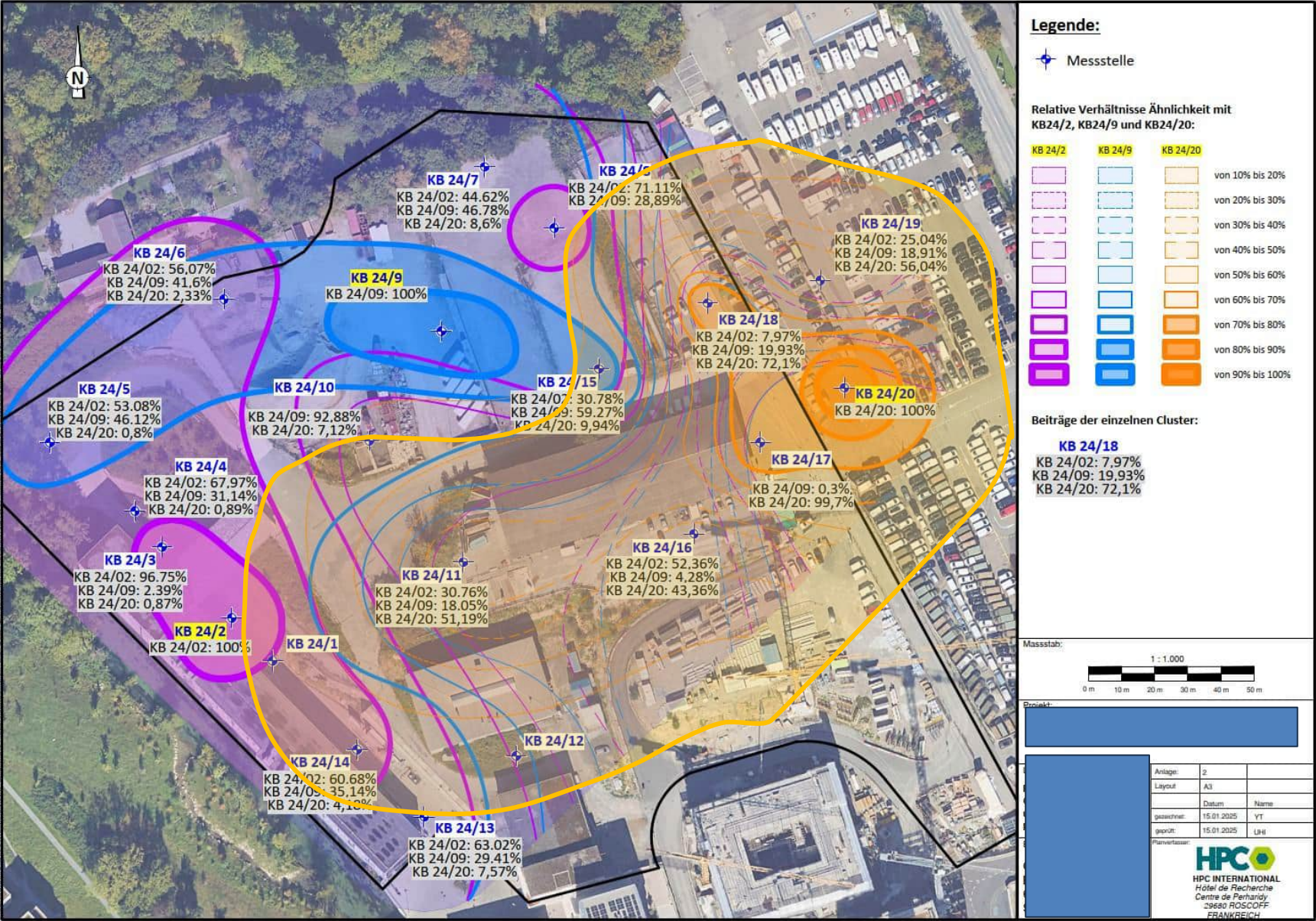
> 10 x Rem-Goal

Projet: [Redacted]

Anlage:	2	
Layout:	A3	
Datum:	15.01.2025	YT
gezeichnet:	15.01.2025	UHI
geprüft:	15.01.2025	UHI
Planverfasser:		

HPC
HPC INTERNATIONAL
Hôtel de Recherche
Centre de Perharidy
29680 ROSCOFF
FRANKREICH

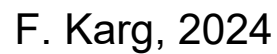
PFAS-Sources
PFAS - Cluster
Overlapping
In Groundwater
and percentage of
Plume part

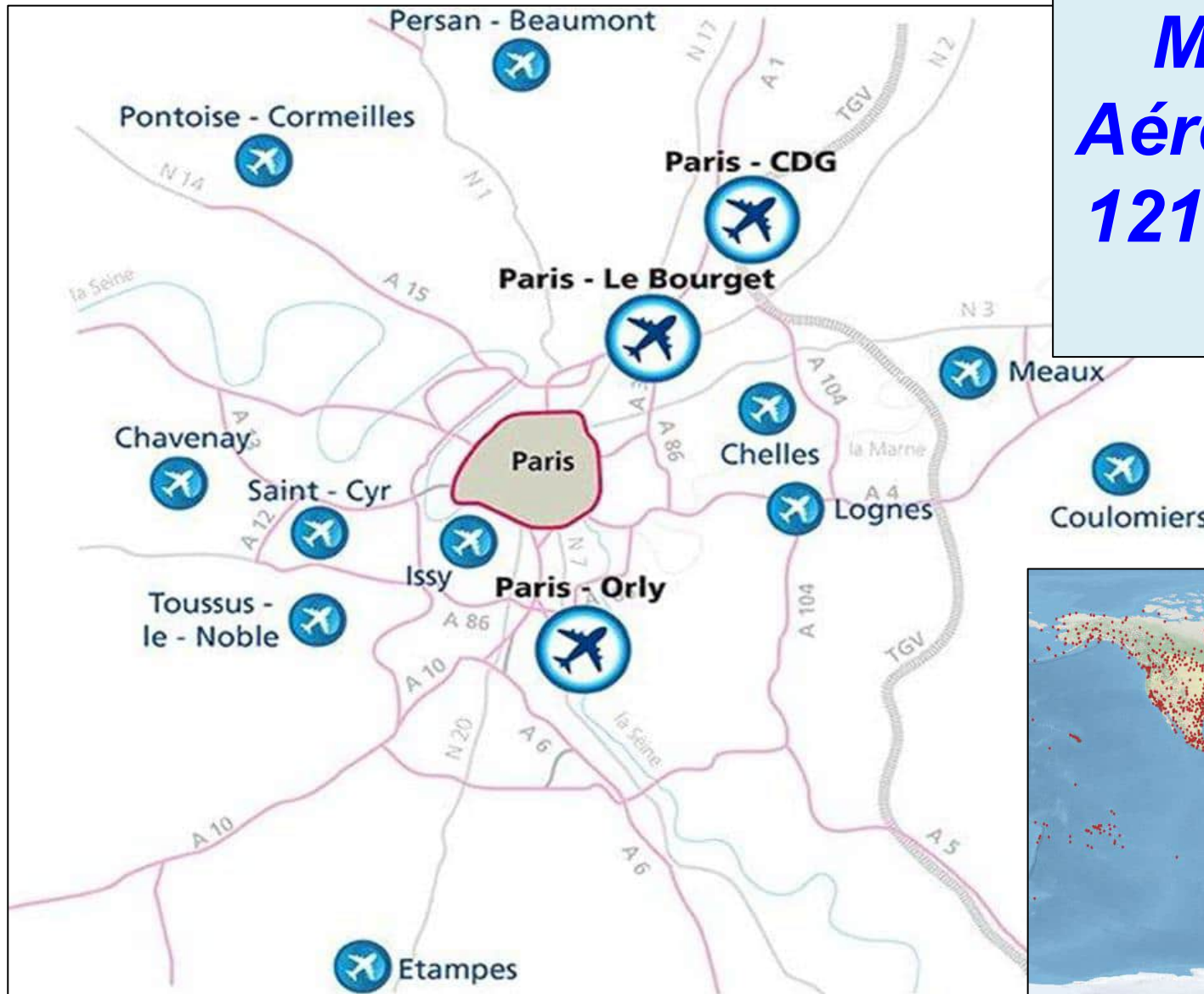


Projekt:

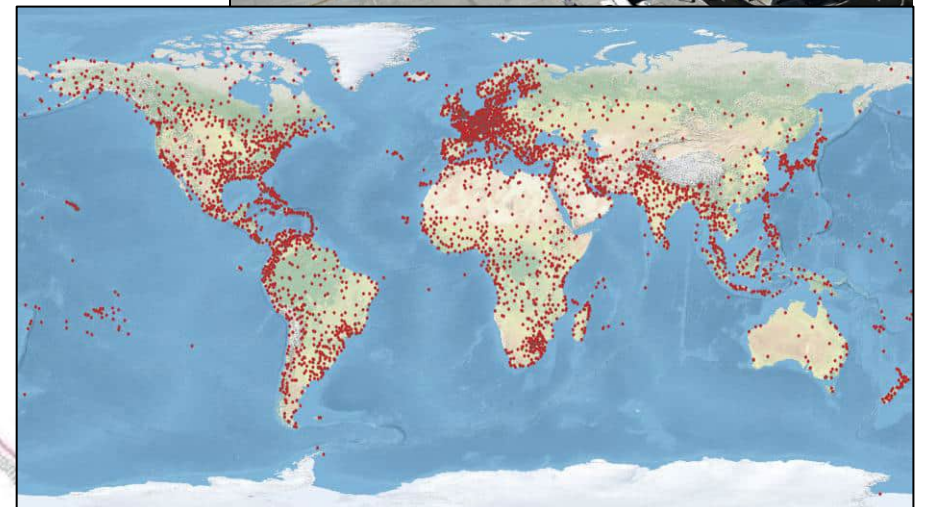
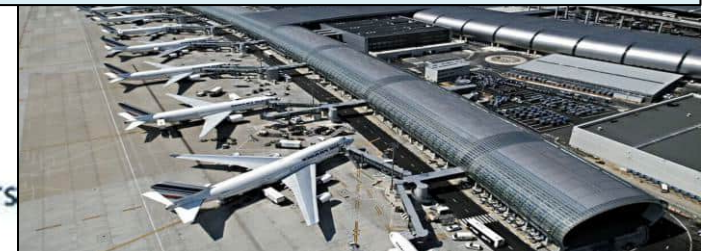
Anlage:	2	
Layout:	A3	
Datum:		Name
gezeichnet:	15.01.2025	YT
geprüft:	15.01.2025	LHI
Planverfasser:		

HPC
HPC INTERNATIONAL
Hôtel de Recherche
Centre de Perharidy
29680 ROSCOFF
FRANKREICH

[illegible]



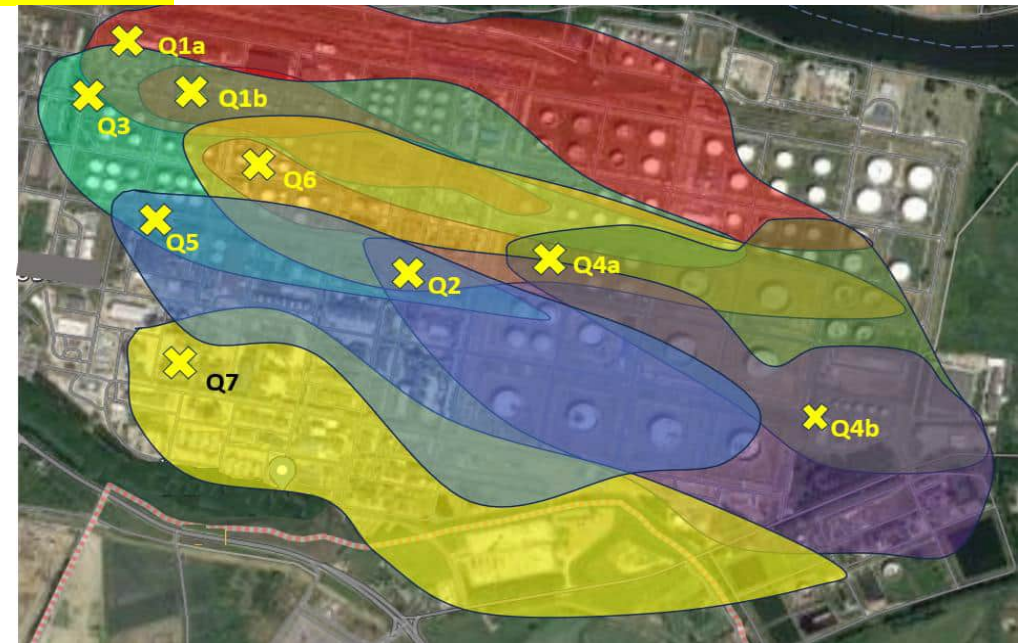
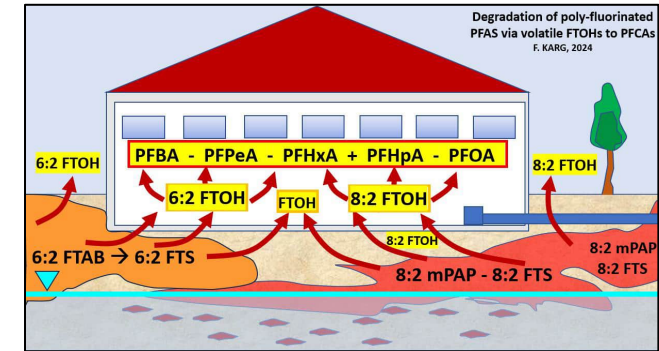
***MVA pour ADP:
Aéroports de Paris :
121 Aéroports dans
le monde***



Conclusion :

- About 9000 – 15 000 PFAS exist
- In Groundwater Contamination Plumes and in Soil, Poly-PFAS-Sources are often responsible.
- PFAS Source Identification & Differentiation is possible via MVA-AI: Multi-Vector –Analysis , based on Artificial Intelligence.
- MVA-AI: is based on Statistics and on Clustering.
- Legal and Financial Responsibilities for environmental PFAS - Contaminations can be identified.
- The application is important for Industries, Authorities, Insurance Companies and for Court decisions !

Contact: frank.karg@hpc-international.com



Merci !

Questions ? Remarques ?

**Dr. (PhD) Frank Karg / Scientific Director of GINGER-Group and
CEO-President of HPC INTERNATIONAL & ATLANTIS Développement /
France & Germany**

frank.karg@hpc-international.com & frank.karg@atlantis-dd.com

Phone: +33 607 346 916 & +33 620 401 446

