

September 20 & 21, 2022
Lyon, France

Atmos'Fair



Qualité de l'Air : Mesurer, Comprendre, Agir

• Santé • Aménagements urbains et mobilité •
Adaptation climatique • Industrie • Bâtiment • Agriculture

Air Quality: Measure, Understand, React

• Health • Urban planning and mobility •
Climate adaptation • Industry • Building • Agriculture

Conférences - Débats - Rencontres - Exposition
Conferences - Debates - Meetings - Exhibition

www.atmosfair.fr

En partenariat avec / In partnership with:



SYMPOSIUM
AIR & ODEUR
MONTREAL 2022

Entreprises / Companies:



Institutionnels / Institutional:





Mardi 20 septembre 2022
Tuesday September 20, 2022

09h00

Accueil des participants / Welcoming participants

Séance inaugurale / Inaugural session

09h30

Discours de bienvenue / Introduction au congrès
Welcome speech / Introduction to the congress

Qualité de l'air et santé respiratoire : données, impacts et enjeux. Lancement d'un appel à projets (Qualité de l'air intérieur et Santé respiratoire) / Air quality and respiratory health: data, impacts and challenges & launch of a call for projects (Indoor air quality and respiratory health)

- *Dr Lucile Sesé, Pneumologue à l'hôpital Avicenne (Bobigny)*
- *Isabelle Jouve, Responsable Mécénat et Philanthropie à la Fondation du Souffle*

10h00

Rétrospective sur l'actualité réglementaire et jurisprudentielle en matière de qualité de l'air / Retrospective on regulatory and case law news on air quality
Corentin Chevallier, Avocat associé – FoleyHoag

Santé / Health

10h20

Observatoire de la pollution domestique, un projet d'analyse de la poussière de maison comme indicateur de la pollution domestique, résultats des tests et enseignements / Domestic Pollution Observatory, a project to analyze house dust as an indicator of domestic pollution, test results and lessons learned

- *Marie-France Corre, Ingénieur, Consultante indépendante*
- *Dr Fabien Squinazi, Médecin biologiste et Expert en charge du projet pour le fonds de dotation de l'UFC-Que Choisir*

10h40

Surveiller et prévenir le risque pollinique avec Air Control Pollen / LivePollen : mesure automatique des pollens et information en temps réel / [Monitor and prevent pollen risk with Air Control Pollen / LivePollen: automatic pollen measurement and real-time information](#)

- *Warda Ait-Helal, Chef de projet Air – Veolia*
- *Johann Lauthier, Co-founder / COO / CSO – LifyAir*

11h00

Pause café / [Coffee break](#)

11h30

Gestion des FTOH : Fluorotéломère-Alcools (PFAS volatils) dans l'air ambiant des ERP sensibles (écoles, crèches) & habitations : diagnostics et évaluation des risques toxicologiques / [Management of FTOH: Fluorotelomere Alcohols \(volatile PFAS\) in ambient air of public site use scenarios \(schools, kindergarten\)s & residences: site investigation, toxicological health risk assessments \(TERQ\)](#)

Frank Karg, Scientific Director of HPC Group (INOGEN JV) & President-CEO of HPC International (France & Germany)

11h50

Développement d'une méthodologie pour la caractérisation des risques toxicologiques liés à la pollution particulaire en enceintes ferroviaires souterraines / [Development of a methodology for the characterization of toxicological risks related to particulate pollution in underground stations](#)

Brice Berthelot, Ingénieur Etude et Recherche en qualité d'air - INERIS (Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques)

12h10

Questions – Réponses – Discussion – Pitch exposants
[Questions – Answers – Discussion – Pitch exhibitors](#)

13h00

Déjeuner / [Lunch](#)

Bâtiment / Building

14h00

L'odeur des COHV. L'application d'une rapide évaluation par analyse GC-MS sur site, de la qualité de l'air intérieur dans un bâtiment situé au-dessus d'un sol contaminé / [Smelling out cVOC's. The application of fast, on-site GCMS evaluation of indoor air quality in a building above contaminated soil](#)

Pieter Buffel, Team Manager – EnISSA (Belgique)

14h20

Evaluation du risque d'exposition aux polluants chimiques et biologiques émis pendant la douche par les pommeaux économes en eau / [Risk Exposure during Showering and Water-Saving Showers](#)

Hélène Niculita-Hirzel, Responsable de recherche – Unisanté, DSTE (Suisse)

14h40

DETOX - Surventilation des bâtiments à réception / [DETOX - Overventilation of buildings upon receipt](#)

Claire-Sophie Coeudevez, Directrice associée – Medieco

15h00

Pause café / [Coffee break](#)

15h30

Amélioration de la qualité de l'air dans l'habitat : Validation expérimentale, basée sur des mesures en continu, de la réduction du transfert vers l'intérieur des polluants de l'air extérieur par la mise en œuvre d'une solution de filtration de l'air neuf / [IAQ improvement in dwellings: Experimental validation based on continuous measurements, from the reduction of indoor transfer of outdoor air pollutants through the implementation of a new air filtration solution](#)

Philippe Petit, Président – Mler

15h50

Développement d'un système de ventilation avec optimisation de la qualité de l'air et de la performance énergétique / [Development of a ventilation system with optimization of air quality and energy performance](#)

Alain Guiavarch, Directeur de projets – Ginger Burgeap

16h10

EXPORIP : Quand la science participative produit des connaissances sur la dérive des produits phytosanitaires / [EXPORIP: When participatory science produces knowledge on the drift of phytosanitary products](#)

Vincent Peynet, Directeur scientifique – Science Concept

16h30

Une approche holistique de la QAI / [A holistic approach to IAQ](#)

- *Anaïs Proust, CEO – VirexpR*
- *Olivier Allières, Consultant en traitement d'air salles propres et environnements maîtrisés – HVAC Conseil*
- *Thierry Perlant, Consultant en maîtrise de la contamination dans l'air et gestion du risque air – Aerius Conseil*

16h50

Questions – Réponses – Discussions

[Questions – Answers – Discussions](#)

17h30

Fin de la première journée / End of day one

Actualité réglementaire et jurisprudentielle en matière de qualité de l'air : point sur les dernier textes et décisions de justice

Enjeu sanitaire et environnemental majeur, la pollution de l'air est de façon croissante au centre des attentions. En témoigne la récente étude publiée dans la revue *Science of The Total Environment* par des chercheurs du CNRS mettant en avant une corrélation dans les grandes villes européennes entre pic de pollution aux particules fines et ultra fines et hausse de la mortalité due au Covid-19. L'actualité réglementaire et jurisprudentielle récente s'en fait l'écho. Quelles sont les dernières évolutions juridiques ?

Après des progressions majeures en 2021 aussi bien au niveau de la production normative que de la jurisprudence, la situation semble marquer le pas en 2022 même si plusieurs projets sont annoncés.

Sur le plan réglementaire, la Commission Européenne reste l'enceinte majeure de formation de normes visant à l'amélioration de la qualité de l'air. Identifiant la pollution de l'air comme « *le problème de santé environnemental numéro un* » au sein de l'Union Européenne, cette dernière développe une politique globale de lutte autour de trois axes à savoir les normes de qualité de l'air ambiant (1), la réduction des émissions de polluants atmosphériques (2) et les normes d'émissions pour les principales sources de pollution (en particulier les véhicules) (3). Ces thématiques se retrouvent dans le « *Plan d'action zéro pollution 2050* » présenté en 2021 par la Commission. Il doit permettre la révision des directives sur la qualité de l'air (notamment la directive 2008/50/CE) afin d'aligner les normes européennes sur les recommandations émises par l'OMS dans sa directive du 22 septembre 2021. Le projet de directive a fait l'objet d'une consultation publique en 2021.

Par ailleurs, le Conseil a récemment adopté ses positions quant aux propositions législatives du paquet « *Ajustement à l'objectif 55* » de la Commission qui porte principalement sur la réduction des émissions de GES au sein de l'Union, mais prévoit aussi des mesures en matière d'amélioration de la qualité de l'air. Les discussions avec le Parlement devraient déboucher prochainement sur une proposition législative.

Au niveau national, différentes normes européennes ont été transposées en droit français, codifiées pour partie dans le Code de l'environnement qui consacre le « *droit reconnu à chacun à respirer un air qui ne nuise pas à sa santé* » (article L. 220-1). En droit national aussi, la réglementation ne cesse de se montrer plus ambitieuse, à l'image de l'arrêté du 10 juillet 2020 réformant l'indice ATMO permettant d'évaluer de manière journalière la qualité de l'air dans les grandes agglomérations, qui dispose désormais d'un nouveau barème de mesure et intègre les particules fines PM_{2,5}, en s'alignant sur les seuils fixés par l'Agence européenne de l'environnement.

De même, l'arrêté du 16 avril 2021 relatif au dispositif national de surveillance de la qualité de l'air ambiant renforce les prérogatives des acteurs du dispositif à l'image des associations agréées de

surveillance de la qualité de l'air (AASQA) en chargeant des stations fixes de surveillance de la qualité de l'air.

Le 4ème Plan national santé environnement (PNSE) pour 2021 – 2025 mis en place par le Ministère de l'écologie s'inscrit dans ce mouvement en définissant la lutte contre la pollution de l'air comme « *priorité de l'action publique en matière de santé environnement* ». Pour cela, il reprend des dispositions issues de la loi dite « Climat et Résilience » du 22 août 2021, notamment en accélérant le déploiement de zones à faibles émissions mobilité (ZFE-m) où le trafic routier y est encadré afin de ne pas dépasser les seuils d'émissions, en particulier d'oxydes d'azote dans les zones urbaines. ZFE-m dont le développement va fortement s'accélérer dès le 1 septembre 2022 dans plusieurs métropoles.

En dépit de ces récentes mesures, l'implication de tous les acteurs sur ces enjeux n'est pas encore parfaite à en croire l'étude PLAN'Air publiée en début d'année par ATMO France, avec le soutien de l'ADEME. Elle révèle une disparité entre les territoires dans la prise en compte de la qualité d'air dans les plans d'actions locaux, en fonction de l'acculturation des responsables des collectivités à cette thématique. Constat qui rejoint celui de la Cour des comptes dans son rapport du 23 septembre 2020 qui pointait l'insuffisance des résultats obtenus en matière d'émissions de polluants atmosphériques.

En outre, la récente évolution du contexte international a conduit le gouvernement à mettre en consultation un projet de décret modifiant le plafond d'émission de gaz à effet de serre pour les installations de production d'électricité à partir de combustibles fossiles, rendant plus difficile l'atteinte des objectifs fixés.

Malgré ces constats mitigés, **le rôle du juge** quant à la qualité de l'air s'avère déterminant dans le respect des objectifs fixés tant au niveau européen que national.

La France s'est vue une nouvelle fois condamnée par la CJUE le 28 avril 2022 pour le dépassement des seuils de pollution en microparticules (PM10) à Paris entre 2005 et 2019 et à Martinique-Fort-de-France entre 2005 et 2016 (affaire C-286/21). Le développement des ZFE-m, et l'encadrement du chauffage au bois ayant été mis en place trop tardivement pour corriger les émissions mesurées. C'est *a fortiori* pour ces raisons que le PNSE 4 insiste sur ces leviers d'action.

Cette condamnation s'inscrit dans le rôle proactif du juge en matière de respect des obligations sur la qualité de l'air, la France ayant déjà été condamnée le 24 octobre 2019 pour dépassement des seuils de dioxyde d'azote (NO2) depuis 2010 (affaire C-636/18). Le Conseil d'Etat vise ainsi cette décision lorsqu'il ordonne au gouvernement d'agir pour améliorer la qualité de l'air dans plusieurs zones en France (CE, 10 juillet 2020, n° 428409). C'est sur ce fondement que la haute juridiction administrative condamne de manière historique le 4 août 2021, l'État à verser la somme de 10 millions d'euros au titre de la liquidation provisoire de l'astreinte prononcée dans sa décision précédente, dont une partie sera reversée aux associations de défense de l'environnement et de la qualité de l'air.

L'intervention à venir vise à présenter cette actualité réglementaire et jurisprudentielle, d'en examiner les conséquences attendues pour l'amélioration de la qualité de l'air, à l'échelle nationale et européenne.

**Observatoire de la pollution domestique de l'air :
un outil pour suivre la situation et faire évoluer les comportements**

Observatory of domestic air pollution: a tool to monitor the situation and change behavior

Cédric Musso, Directeur de l'action politique – UFC Que Choisir

Enjeu majeur de santé publique, la pollution domestique, dénoncée depuis des années par l'UFC-Que Choisir, passe aussi par la poussière des logements qui contiennent de nombreuses substances toxiques, cancérigènes. Afin de faire toute la lumière sur le phénomène, et permettre une réorientation des comportements, l'UFC Que Choisir, via son Fonds de dotation, a lancé, grâce à l'aide de plus d'une cinquantaine de volontaires ayant ouvert leur logement, des analyses successives en vue de mettre en place un observatoire de la pollution domestique. Les logements étaient repartis sur tout le territoire avec des caractéristiques aussi diverses que possible. Les résultats de ces analyses sont riches d'enseignements. Lors de la première vague, seule une dizaine des logements analysés est peu contaminée.

Le traitement des premières analyses a permis de dégager des premières conclusions et recommandations aux panélistes. L'objectif de cet observatoire est de réduire la pollution domestique par des mesures de prévention (meilleurs matériaux, équipements) et de meilleures pratiques (nettoyage, lavage des mains).

Retrouvez les premiers résultats : <https://www.quechoisir.org/enquete-poussieres-domestiques-chargees-de-composes-toxiques-n77195/>

Lors de deuxième enquête, davantage de molécules ont été recherchées. Le bilan est toujours préoccupant. Alors qu'ils sont suspectés d'être persistants, bioaccumulables, toxiques et perturbateurs endocriniens, les muscs de synthèse sont à chaque fois détectés dans les poussières des logements ; le conservateur octylisothiazolinone aussi. Quant à la redoutable méthylisothiazolinone (MIT), à l'origine d'une véritable épidémie d'allergies en Occident, elle est repérée dans 70 % des habitations. Enfin, le PFOA et le PFOS, deux perfluorés, sont décelés respectivement dans 80 et 93 % des poussières.

Nous sommes heureux de pouvoir présenter les modalités de ces analyses et les résultats.



Surveiller et prévenir le risque pollinique avec Air Control Pollen / LivePollen : mesure automatique des pollens et information en temps réel

Monitor and prevent pollen risk with Air Control Pollen / LivePollen: automatic pollen measurement and real-time information

Warda AIT-HELAL, Veolia - Direction de l'Innovation, Chef de projet
Tél. : 06 17 78 52 90 / warda.ait-helal@veolia.com

Johann LAUTHIER, Co-founder / COO / CSO de LifyAir
Tél. : 06 11 60 34 43 / johann.lauthier@lifyair.com

Mots-clés : pollens, qualité de l'air extérieur, allergies, capteur automatique innovant, mesure en temps réel, information de proximité, alerte, surveillance, réseau de capteur, validation par intercomparaison.

Objectifs : alerter plus efficacement les personnes allergiques face aux risques polliniques.

Caractère innovant et original du sujet proposé : détection en temps réel des pollens au moyen d'un capteur totalement automatique, pour une information immédiate et de proximité aux personnes allergiques.

Les pollens constituent un enjeu de santé publique majeur dont l'impact ne cesse d'augmenter : un quart de la population française est aujourd'hui allergique aux pollens, alors qu'ils n'étaient que 7% en 1970. Les projections à 2050 prévoient que la moitié des Français sera concernée par ces allergies.

En France, l'information de la population s'appuie grandement sur le Réseau National pour la Surveillance Aérobiologique (RNSA) qui dispose d'un réseau de près de 80 stations de surveillance réparties sur l'ensemble du territoire national. Les mesures y sont réalisées en collectant les particules de pollen sur une bande autocollante, qui est par la suite récupérée pour caractérisation et dénombrement des taxons par microscopie à lecture humaine. Néanmoins, la fréquence et le temps d'analyse des échantillons par cette méthode (dite Hirst) ralentissent la diffusion des alertes (les bandes étant collectées et analysées une fois par semaine par un technicien).

C'est suite à ce constat que Veolia et Lify Air ont développé Air Control Pollen/Live Pollen, une solution complémentaire aux outils de surveillance actuels. Celle-ci repose sur le capteur BeeNose, le premier capteur automatique haute résolution miniaturisé capable de mesurer les pollens dans l'air ambiant en temps réel. Développé par Lify Air en partenariat avec le CNRS, BeeNose détecte les pollens et les dénombre selon le type de taxon, grâce à la mesure optique et à des algorithmes de discrimination préalablement développés et validés en laboratoire.

Depuis 2020, un travail de validation de la technologie *in-situ* a été entrepris par Veolia et Lify Air, en partenariat avec Atmo Auvergne-Rhône Alpes en France, et l'institut Sciensano¹ en Belgique : des capteurs BeeNose ont été installés à proximité de capteurs Hirst afin de comparer leurs performances à celles de la méthode historique, qui est communément reconnue par les aérobiologistes.

Les premiers résultats des intercomparaisons, qui seront présentés, montrent une bonne cohérence globale à la fois des identifications des typologies de pollens et des tendances de concentrations polliniques.

En parallèle, des réseaux de capteurs ont été déployés sur différents territoires en France afin de caractériser les bénéfices de la densification de la surveillance des pollens sur un même territoire. Cette stratégie d'implantation de capteurs BeeNose a permis de mettre en évidence une variabilité spatiale notable entre les capteurs d'un même territoire, que ce soit en termes de taxons identifiés ou d'intensité d'exposition à une même espèce. Les résultats obtenus démontrent finalement l'importance d'un réseau de capteurs au maillage fin pour l'amélioration de l'information aux personnes allergiques et donc un traitement optimisé de leurs allergies.

¹ Organisme public belge en charge de la surveillance des pollens.



Lyon / France : 20 & 21/09/2022



Gestion des FTOH : Fluorotéломère-Alcools (PFAS volatils) dans l'air ambiant des ERP sensibles (écoles, crèches) & habitations : diagnostics et évaluation des risques toxicologiques

Management of FTOH: Fluorotelomere Alcohols (volatile PFAS) in ambient air of public site use scenarios (schools, kindergarten)s & residences: site investigation, toxicological health risk assessments (TERQ)

Dr. Frank Karg: Scientific Director of HPC-Group (INOGEN JV) & President-CEO of HPC INTERNATIONAL / France & Germany
Email: frank.karg@hpc-international.com / Phone: +33 607 346 916

HPC INTERNATIONAL
Perharidy Medical Centre / 29680 ROSCOFF / France &
Dr. Alfred-Herrhausen-Allee 12 / 47228 Duisburg / Germany

1. Introduction concerning FTOH and PFAS

Per- & Poly-Fluoro-Alkyl Substances (PFAS) are toxic and have become since the 1960's slowly a great Environmental and Public Health problem, as their application was (and still is) multiple and wide. Only since 2010 to 2015 the public awareness has slowly started to understand the environmental and public health threat by PFAS. As a result, today we find PFAS in soils, groundwater, food and drinking water as well as a family of volatile PFAS, FTOH: Fluorotelomer Alcohols in soil and ambient air. More than 9,000 synthetic PFAS pollutants have been produced. They do not exist naturally.

Polymeric PFAS of the type "Teflon" (or PFTE) etc. do not have good bioavailability and are therefore much less toxic than monomeric PFAS. These monomeric PFAS are the subject of the work presented here. PFAS are known to have toxicological effects such as endocrine disruption, hepatotoxicity, immunotoxicity, fetal development and for some, carcinogenicity (e.g. PFOA) [26 - 67, 88, 123].

An important characteristic of PFASs is their behavior in Environmental Chemistry, as only polyfluorinated PFASs are modified by microbiological biotransformation into perfluorinated PFAS, which remain totally stable and non-degradable, or even bio-accumulative.

The sources of PFAS pollution are multiple and notably present on industrial sites, which have used these products, sites of former fires or fire training, where Anti Fire Fighting Foams (AFFF) have been used, or on agricultural land (where sludge from STP: Sewage Treatment Plants have been brought in, as they contain accumulated PFAS).

In Germany there are about 40,000 - 50,000 PFAS contaminated sites and in France about 15,000 - 25,000 sites are estimated. Because PFAS are almost all surface-active, they are highly soluble and cause pollution of groundwater, surface water and even drinking water. In the case of (sensitive) use of such a PFAS polluted site, some volatile products (FTOH) may migrate by emanation from the polluted soil and groundwater into the soil gas and ambient air.

In the case of sensitive public buildings, such as schools and nurseries, releases from polluted soil and groundwater to soil vapor and ambient air may pose a significant public health problem for children and staff, e.g. if the building is located on or near a (historically) PFAS polluted site. In the case of the presence of heavy PFAS polluted soils a transfer to indoor and outdoor ambient air is also possible on contaminated sites.

Such a sensitive Public Site Use Scenarios, on or near a site (potentially) polluted by PFAS, should be subject to a PFAS pollution diagnosis and in particular concerning FTOH: Fluotelomer volatile alcohols in groundwater, soil vapor and ambient air. In the case of a positive PFAS-FTOH result, a Quantitative Risk Assessment (QRA) should be carried out, in order to decide on the need for management measures by treating this pollution.

2. PFAS polluted sites and historical studies

In order to identify whether a site with sensitive uses (sensitive Public Site: Schools, Kindergarten but also Homes) could be located on or near a (potentially) PFAS polluted site, a historical study is necessary. The risk of PFAS pollution may be increased by the accumulation of (former) industrial activity with PFAS on a site, the occurrence of PFAS pollution via migration into groundwater or soil vapor (containing FTOH) and by former fire events, which have been subject to fire-fighting foam applications (AFFF). Co-pollution by VOCs (Volatile Organic Compounds, such as HC5-16 hydrocarbons, BTEX, Chlorinated Solvents or Polar Solvents, etc.) may enhance the migration of FTOHs in Soil Vapor to Ambient Air.

A methodology for scoring and prioritizing sites for PFAS & FTOH pollution diagnosis needs has been developed by HPC, in order to identify sensitive Zones (Residential Areas, Schools & Crèches, Commercial Zones, etc.) and other priority (sensitive) sites with potential health risks. This scoring and prioritization methodology is based on the following criteria, among others:

(Historical) activity on (or near) site since 1946 or after 1961 [1 - 25]:

- Fire training,
- Airport or air base military site,
- Fire site and use of AFFF,,
- Electrochemical galvanisation,
- Production of "waxed" paper or cardboard,
- Production of Waterproof Textiles,
- Sprays, paints, waterproofing lacquers,
- Production and application of Teflons (PTFE, etc.),
- Oil and chemical industry sites and/or production and application of paints, dyes, inks, pigments, chemical waxes and polishes,
- Solvent applications (garages, dry cleaners, laundries, etc.)
- Landfills and former municipal landfills, etc. (ISDD, ISDND, ISDD, etc.),
- Drying & tanning factories,
- Carpets, rugs, fabrics and plastics with flame retardants,
- Production of objects and furniture containing surfaces,
- Production of cleaning products,
- Photographic chemistry (laboratories, and production of paper and film, etc.),
- Production of electronic components,
- Production and application of pesticides and biocides,
- Production of cosmetic products,
- Sites that received WWTP sludge.

3. Environmental Chemistry of PFAS

The environmental chemistry of PFAS is particularly important and complicated. There is no group of pollutants with a more complex environmental chemistry than PFAS. First of all, it should be noted that there are more than 9,000 PFAS substances, divided into 33 substance categories. The best known are Perfluoroalkane Sulfonic Acids (PFASs), Perfluoroalkyl Carboxylic Acids (PFCAs), Perfluoroalkyl Phosphates & their esters, Fluorotelomer Alcohols (FTOHs), etc. (of which there are 29 more groups...). Some of them, like e.g. PFOA: Perfluoro-octanoic acid and PFOS: Perfluoro-octane-sulphonate (see Fig. 1) are banned (and prohibited in the EC and USA & Canada) by the Stockholm Convention in the category of POPs: Persistent Organic Pollutants. PFOA is a carcinogen. Commercial products contain mainly mixtures.

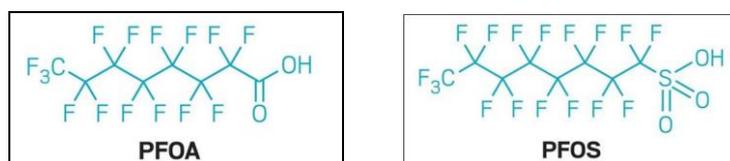


Fig. 1a & b : Structural formulae of PFOA & PFOS

The reason for the high water solubility and lipophilicity at the same time is based on the fact that there are **PFAS**:

- **Anionics** (e.g. sulphonates, sulphates, carboxylates and phosphates),
- **Cationics** (e.g. quaternary ammonium),
- **Amphoteric** (e.g. taines and sulfo-taines): base + acid and
- **Non-ionic** (e.g. polyethylene glycols, acrylamide oligomers).

Biotransformation of poly-fluorinated PFAS (Precursors) to persistent per-fluorinated PFAS :

It is very important to underline, that non-fully fluorinated poly-fluorinated PFAS ("Precursors") can be converted by bio-transformation into persistent, fully fluorinated chemicals = per-fluorinated PFAS [7, 24, 25]. The complete microbiological degradation of PFAS has not yet been demonstrated.

A diagram from UBA (2020) shows this bio-transformation of poly-fluorinated PFASs (precursors to environmentally persistent per-fluorinated PFASs (see Fig. 2.).

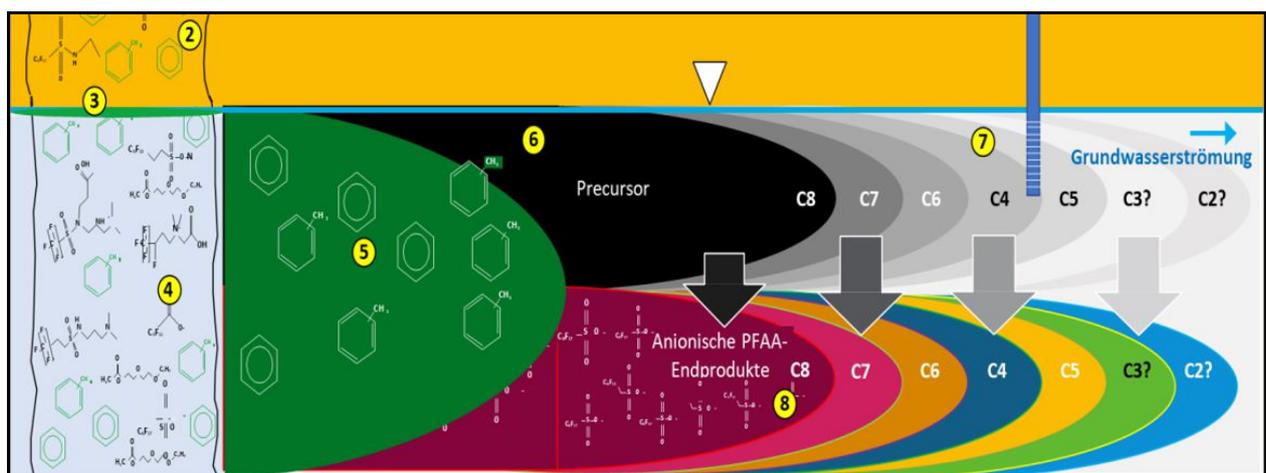


Fig. 2 : Biotransformation scheme of poly-fluorinated PFAS (Precursors) to per-fluorinated PFAS (UBA 2020) [85]

For poly-fluorinated PFAS, there is a fundamental transformation process in which the non-fluorinated terminal carbon atoms are separated. This partial degradation is relatively fast. E.g. polyfluorinated alkyl phosphates (PAP) and carboxylic acid esters etc. can be decomposed into volatile fluorotelomer alcohols (FTOH), e.g. such as 6:2-mono-PAP & 6:2-di-PAP to 6:2-FTOH.

The diagram in Fig. 3 shows an example of the biotransformation of polyfluorinated alkyl phosphates (PAPs) in soils and groundwater to volatile fluorotelomer alcohols (FTOHs), which subsequently migrate into soil gases and ambient air. Subsequently, FTOHs are microbiologically transformed into stable per-fluorinated PFAS. For example; 6:2-FTOH is biotransformed to PFHpA, PFHxA and PFPeA and 8:2-FTOH to PFHpA, PFOA and 2H-PFOA (see Fig. 4 & 5).

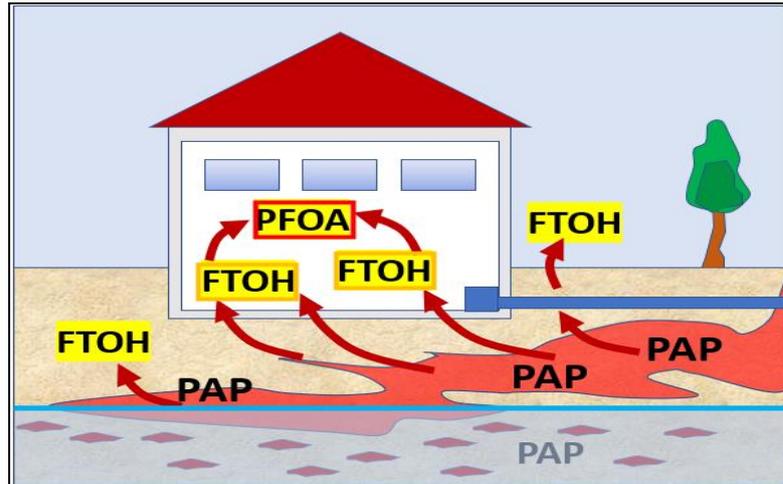


Fig. 3 : Example of biotransformation of polyfluorinated alkyl phosphates (PAPs) in soils and groundwater to volatile fluorotelomer alcohols (FTOHs) and stable per-fluorinated PFAS, e.g. the carcinogen PFOA (F. KARG, 2021 [25,])

The schematic in Fig. 4 shows an example of the **biotransformation of 8:2-FTOH** ($F(CF_2)_8CH_2CH_2OH$) via intermediates to stable per-fluorinated PFAS, such as PFPA (Perfluoro-Pentanonic Acid), PFHxA (Perfluoro-Hexanonic Acid), PFHpA (Perfluoro-Heptanonic Acid), 2H-PFOA, 7: 3 and carcinogenic PFOA (Perfluoro-octanonic Acid).

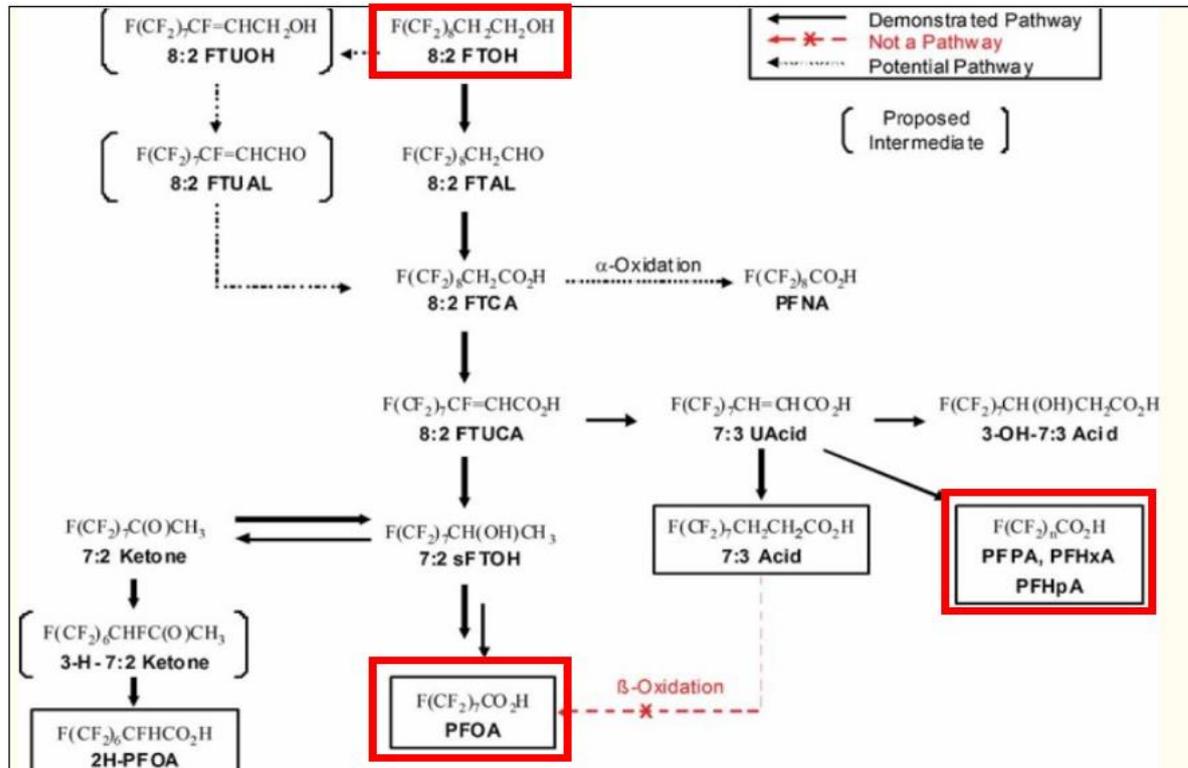


Fig. 4 : Biotransformation of Fluorotelomer alcohols; example of 8:2-FTOH ($F(CF_2)_8CH_2CH_2OH$) via intermediates to stable per-fluorinated PFAS, such as PFPA (Perfluoro-pentanonic acid), PFHxA (Perfluoro-hexanonic acid), PFHpA (Perfluoro-heptanonic acid), 2H-PFOA (Perfluoro-octanic acid), 7: 3 and PFOA (Perfluoro-octanonic Acid) carcinogenic (according to WANG et al. 2009) and [98].

4. Diagnostic of PFAS (& FTOH) pollution and Assessment of Toxicological Risks

Investigations of PFAS pollution:

If "Precursors" (poly-fluorinated PFAS) are not considered by investigations, a risk assessment may conclude that no perfluorinated PFAS are (yet) present. The biotransformation of Precursors may lead to the formation of new perfluorinated carbons and sulphonic acids. These new formations from the biotransformation of poly-fluorinated PFASs have to be taken into account in a risk assessment, as per-fluorinated PFASs become more and more present over time.

An entry of these soluble pollutants into the groundwater can lead to very long plumes of pollutants which, when monitoring the groundwater, show an increasing presence of stable perfluorinated PFAS compounds.

Concerning investigations of soil, sediment, groundwater, surface water, soil gas and ambient air sampling & analysis, it should be avoided that certain sampling tools and laboratory equipment may add PFAS to samples, in particular via polytetrafluoroethylene (PTFE) and Teflon (PFAS polymers) in contact with solvents. The use of these materials should therefore be avoided.

The potential biotransformation of PFASs in the environment, which will further create persistent PFASs such as PFOA in particular, must be taken into account. Analyses should be performed by Liquid Chromatography-Mass Spectrometry (LC-MS), e.g. according to the German Standard DIN 38407-42.

Analyses of PFAS clusters can identify the industrial or commercial origins of the environmental pollution by PFAS, see Fig. 5).

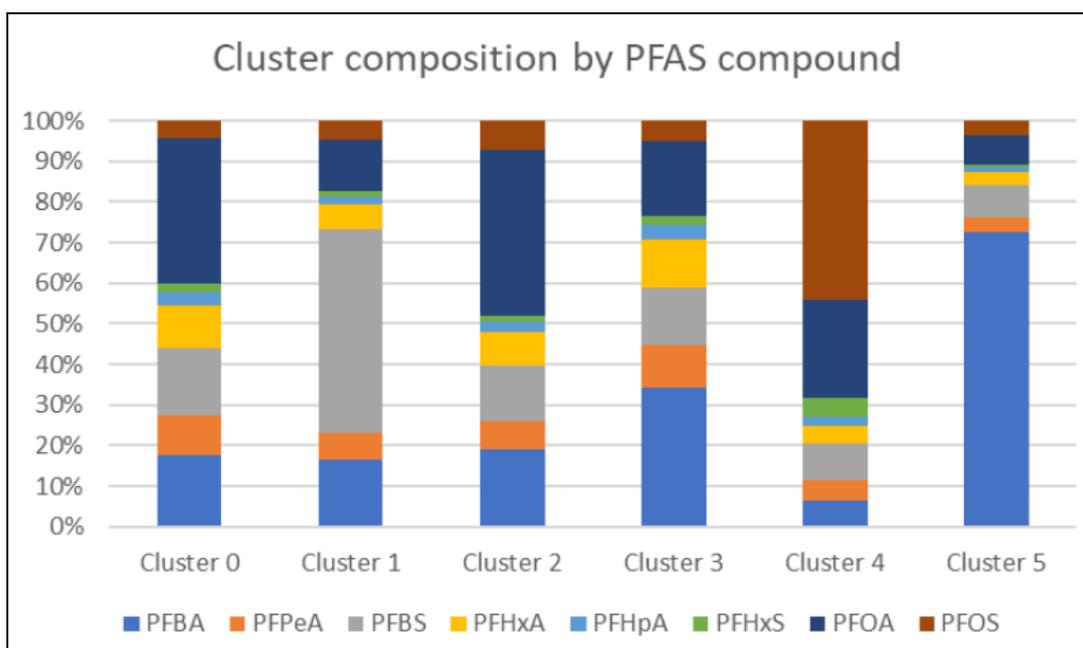


Fig. 5 : Typical PFAS clusters (MONTI and al. 2021) [96]

It is important to investigate in soils, groundwater and especially in soil gases and ambient air potentially impacted by volatile PFAS, FTOH: Fluorotelomer alcohols, e.g. 6:2- and 8:2-FTOH. This methodology is particularly relevant for ERP (Schools & Crèches, etc.) and other priority (sensitive) sites with potential health risks.

It is also important to co-investigate the presence of other volatile pollutants, such as VOCs (HC5-16, BTEX, Chlorinated Solvents, polar Solvents, etc.), as the emanations from FTOHs may be enhanced by these pollutants.

It is recommended to include in the diagnosis of PFAS contamination, at least the following pollutants should be included:

N°	PFAS Type	Synonyme	Existant Toxicological Dose-effect Values
1	Perfluoro-butanonic acid	PFBA	Yes
2	Perfluoro-pentanonic acid	PFPeA	Yes
3	Perfluoro-hexanonic acid	PFHxA	Yes
4	Perfluoro-heptanonic acid	PFHpA	Yes
5	Perfluoro-octanonic acid	PFOA	Yes
6	Perfluoro-nonanonic acid	PFNA	Yes
7	Perfluoro-decanonic acid	PFDA	Yes
8	Perfluoro-butane-sulfonic acid	PFBSA	Yes
9	Perfluoro-hexane-sulfonic acid	PFHxS	Yes
10	Perfluoro-heptane-sulfonic acid	PFHpS	Yes
11	Perfluoro-octane-sulfonate	PFOS	Yes
12	H4-polyfluoro-octane-sulfonic acid	H4-PFOSA	Associated to PFOS
13	Perfluoro-octane-sulfonamide	PFOSA	Yes
14	6:2 Fluorotelomere alcohol	6:2-FTOH	Yes
15	8:2 Fluorotelomere alcohol	8:2-FTOH	Yes
If possible:			
16	Perfluorobutane sulfonate	PFBS	Yes
17	Perfluoropentane sulfonate	PFPeS	Yes
18	Perfluorohexane sulfonate	PFHxS	Yes
19	Perfluoroheptane sulfonate	PFHpS	Yes

20	Perfluorodecane sulfonate	PFDS	Yes
21	Perfluoro-undecanonic acid	PFUnDA	Yes
22	Perfluoro-dodecanonic acid	PFDoDA	Yes
23	Perfluoro-tridecanonic acid	PFTrDA	Yes
24	Perfluoro-tetradecanonic acid	PFTeDA	Yes
25	Perfluoro-hexadecanonic acid	PFHxDA	Yes
26	Perfluoro-octadecanonic	PFODA	Yes
27	Hexafluoro-propyleneoxydimer acid	HFPO-DA	Yes
28	3H-perfluoro-3-[(3-methoxy-propoxy) propanonic acid	ADONA	Yes
29	Capstone A & B	6:2 FTAB	No
30	6:2 Fluortelomer sulfonic acid	6:2 FTS	No

Fig. 6: Recommended minimum PFAS parameter list for Environmental Investigations (in Ambient Air and Soil Gas: 6:2-FTOH & 8:2-FTOH must be included with the necessary detection Limits to ensure appropriate Health Risk Assessments (TERQ, HRA, EQRS, etc.)

Toxicological Risk Assessment:

For the assessment of health risks, toxicological data (TRVs: Toxicological dose-effect Reference Values) must be sought and updated at the international level on an almost weekly basis. The most recent TRVs are available mainly from the USA (EPA...), ATSDR and EFSA [25, 78 - 95, 123]. The ANSES also published TRVs for PFAS in 2017 but given the forced progress of toxicological studies these TRVs are largely exceeded.

In the **case of FTOHs** present in soils, groundwater and soil gas, it is imperative to also carry out investigations of **FTOHs in the ambient air of buildings** with sensitive uses (**Public Site Use**: schools, Kindergartens, etc.) or Residential Areas, on the basis of quantification thresholds (or at least detection thresholds) no higher than 4 - 8 ng/m³, in order to have a good basis that can be exploited for **TERQ**: Toxicological Exposure-Risk Quantification Health Risk Assessment.

A first approach to a simplified risk assessment is possible via existing limit values, e.g. in Germany or published by the European Community. In Germany there are limit values for drinking water, soil and Groundwater.

According to the European "Water Framework" Directive (EU) 2013/39/EU (WFD), for PFOS & derivatives (and for other priority substances) an Environmental Quality Standard (EQS-MA) of 0.65 ng/l for Surface Waters and 0.13 ng/l for Marine Waters (and EQS-MA: Maximum Allowable Concentrations) are set.

It should be noted that in Germany there are also limit values for soils, which are expressed as leachable fractions of PFAS [18], for ex. as Screening Level (Stufe 1) or Remediation Goal (Stufe-2).

It is important to note that a simple application of generic and individual Limit Values in the framework of a simplified risk assessment does not take into account specific exposure scenarios, nor does it take into account exposures to mixtures ("Cocktails") of pollutants with, at the very least, consideration of the additivity of the risks of the pollutants in the mixture with regard to the same targets and toxicological effects. Consequently, it is necessary to better apply the TERQ (or ARR, HRA), which corresponds well to the French Methodology of Management of Polluted Sites, according to the Ministry in charge of the Environment, of 19/04/2017.

Another important aspect is the fact that only via TERQ* (or ARR, HRA) it is possible to define Health Compliance Control Values, in the form of MACs (Maximum Acceptable Concentration) for maximally acceptable Individual (cancer) Risk Excesses: $ERI < 10E-5$ or a Systemic Risk Index of $IR < 1$ (= EDI / TDI: Daily Exposure Dose / Tolerable Daily Exposure Dose).

(*): Toxicological Exposure Risk Quantification

For HRA: Health Risk Assessments, the basis is either the measurement of concentrations in the exposure media or the modelling of the pollutant transfer from one compartment to another (e.g. from pollutants in Groundwater or Soil to soil Vapor and Ambient Air [100 - 122].

An important step in HRA is the choice of TRVs (Toxicological dose-effect Reference Values), as their evolution is fast. For example, a PFAS guideline from ANSES (2017) includes some TRVs for PFAS, but due to the numerous publications of TRVs until today, these values are partly outdated, as today they have become much more stringent. A Tolerable Weekly Intake (TWI) of 4.4 ng/kg/week (or Tolerable Daily Intake (TDI) of 0.63 ng/kg/day for PFAS: PFOA, PFOS, PFNA & PFHxS) has been published by EFSA, on 17/09/2020.

In 2020 toxicity equivalency factors for PFOA were also published by Wienecke et al. in the form of RPFs: Relative Potency Factors (see Fig. 7).

Per- and polyfluorinated congeners	RPF
Sulfonic acids	
PFBS	0.001
PFPeS*	$0.001 \leq RPF \leq 0.6$
PFHxS	0.6
PFHpS*	$0.6 \leq RPF \leq 2$
PFOS	2
PFDS*	2
Carboxylic acids	
PFBA	0.05
PFPeA*	$0.01 \leq RPF \leq 0.05$
PFHxA	0.01
PFHpA*	$0.01 \leq RPF \leq 1$
PFOA	1
PFNA	10
PFDA*	$4 \leq RPF \leq 10$
PFUnDA	4
PFDoDA	3
PFTTrDA*	$0.3 \leq RPF \leq 3$
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.

Fig. 7: Toxicity equivalence factors in the form of RPFs: Relative Potency Factors (Wienecke et al. 2020).

In order to ensure the proper selection of TRVs for PFAS, it is recommended to apply scientific selection criteria and not national criteria. Fig. 8 shows criteria for the selection of applicable TRVs, in order to take into account, the best toxicological knowledge about the dose-effect relationships of PFAS (F. Karg: 2021 & 2022).

No	TRD: Toxicological Reference Dose Choice Criteria	Appreciation			
		Favorable	Correct	Not favorable	Exclusion
1	Variability of indicated TRD	(+/- 0 %)	≤ (+/- 30 %)	> (+/- 30 %)	
2	Class (potential) Carcinogenic: EC: Class 3/ US-EPA: Class B2, C / IARC: Group 1	3 Organisms : CE, US-EPA, IARC, etc.	2 Organisms	1 Organisms	
3	Several Organisms shows similar TRD (+/- 50 %)	> 3 Organisms	2 Organisms	1 Organism	
4	Age of base Study	≤ 15 a	15 – 25 a	< 25 a	
5	Mechanistic toxicological basement Study (for ex. Genotoxicity): Basement Study : Klimisch Quality Criteria	Epidemiology	Mamifer	In-Vitro / In-silico	
6	Verified Purity of Compound	Class 1	Class 2	Class 3	Class 3
7	Excipient potentially toxic	Yes	< 95 %	No	
8	Presence of population without exposure (test witness)	Non		Yes	
9		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	

Fig. 8 : Criteria for the selection of TRVs: Toxicological dose-effect Reference Values (F. KARG 2021 & 2022)

Based on selection criteria, it is possible to select e.g. the TRVs shown in Fig. 9 by early September 2022. It is important to consider that some US state governments are very advanced in toxicological research and publication of TRVs for PFASs, due to their strong chemical and petroleum industries (with strong historical uses of AFFFs) or the strong presence of large industrial landfills (and associated environmental pollution). These include the states of Texas, Michigan and New Jersey, etc.. These TRVs are often the basis for the US-EPA Federal PFAS TRV publications.

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

Fig. 9: Selection of some TRVs: Toxicological dose-effect Reference Values, according to the criteria in Fig. 8 (F. KARG 2021 & 2022):

- ANSES: Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (2017)
- ATSDR: Agency for Toxic Substances and Disease Registry
- EFSA: European Food and Safety Authority
- 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
- 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

A complementary step of the Health Risk Assessment (or TERQ) is the definition of Health Compliance Control Values, in the form of MACs (Maximum Acceptable Concentration) for specific site use scenarios and pollutant cocktails, by integrating an risk additivity for the pollutants concerning the same targets and toxicological effects for tolerable Individual Cancer Risk: $ICR < 10E-5$ or a Systemic Risk Index of $IR < 1$ (= DED / TDI: Daily Exposure Dose / Tolerable Daily Intake). MACs are commonly used for Health Monitoring Values and to verify or co-elaborate remedial action targets or even clean-up targets.

5. Treatment of pollution by PFAS and in particular by FTOH

Microbiological remediation is not currently possible. Soil remediation includes excavation and off-site disposal or incineration, soil washing, stabilization and containment (including controlled landfilling of NSSI & ISDD). Semi-Economically it's possible to realize Soil Washing & Leachate Treatment. Leachate treatment is possible by Granulated Activated Carbon (GAC) or NaOH defluorination at 80 – 100 °C (Brittany TRANG et al. 2022) [126].

In the case of PFAS pollution, treatment is often quite costly, especially in the case of site developments, as the disposal of excavated soil is not easy from an economic feasibility point of view.

For the treatment of Groundwater, in-situ solutions exist to avoid expensive decontamination by P&T (Pump and Treat). These in-situ treatments are for example the application of colloidal Activated Carbons or other specifically adapted commercial adsorbents (IX: ion exchange, reverse osmosis, specific absorbent resins, modified Clays, Biopolymers) and Foam Fractioning. In-situ applications for groundwater are possible but need a techno-economic Feasibility Study (see for ex. Fig. 10).

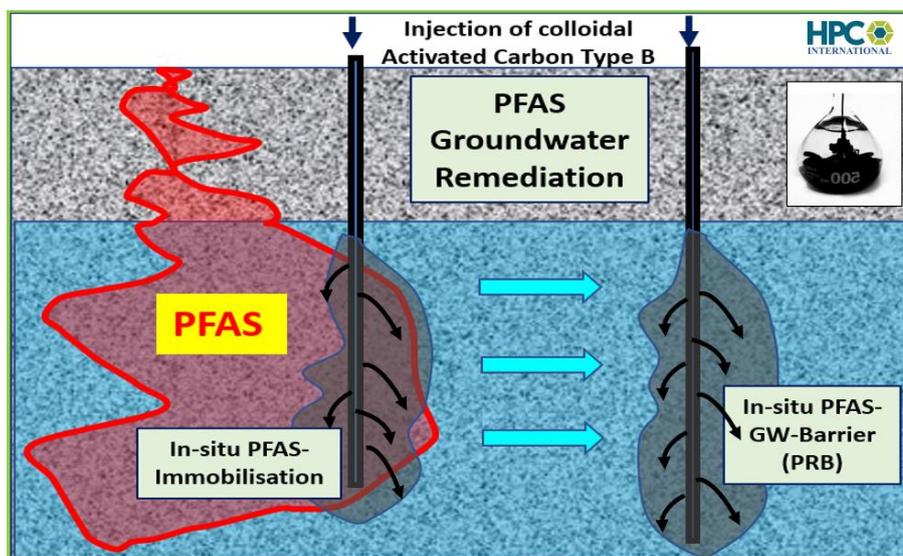


Fig. 10: Application of in-situ treatments with Type B colloidal activated carbon (F. KARG 2021) [25]

Constructive building management devices **in the case of FTOH** (volatile PFAS) pollution may be much less costly, e.g. :

- **Air proofing inside buildings (e.g. ERP; schools and nurseries, etc.) + ventilation of crawl spaces (and/or possible gas drainages) and monitoring of the ambient air.** Figs. 11a-d & 12a-b show possible constructive management arrangements.
- In some cases, soil gas remediation is required due to the significant presence of volatile PFAS or their precursors (FTOH or PAP), e.g. by SVE. integrated into buildings (see Fig. 12a & b).

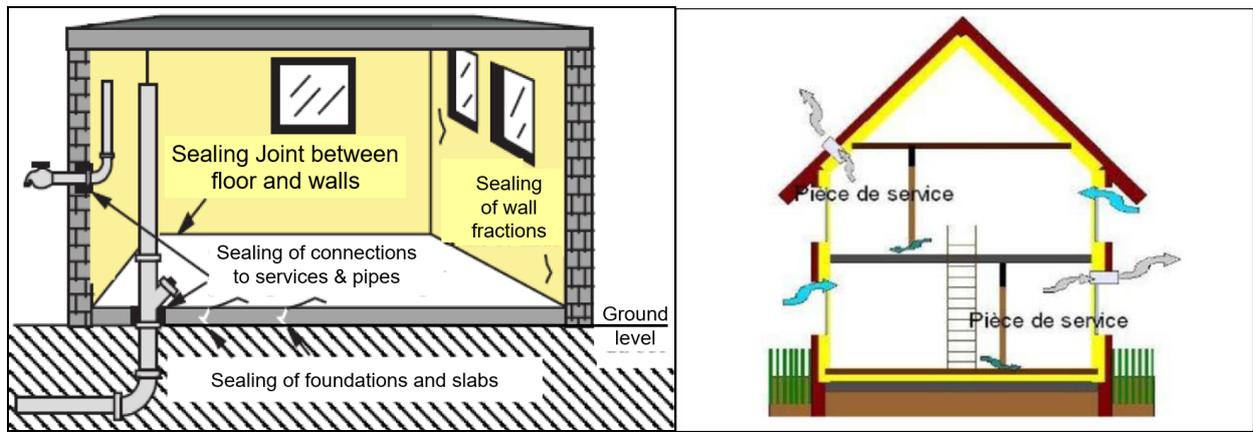


Fig. 11a & b: Exemple des dispositifs constructifs de gestion possibles (ROBE & BRGM 2014) et [121, 124] Ventilation naturelle par balayage [121, 124].

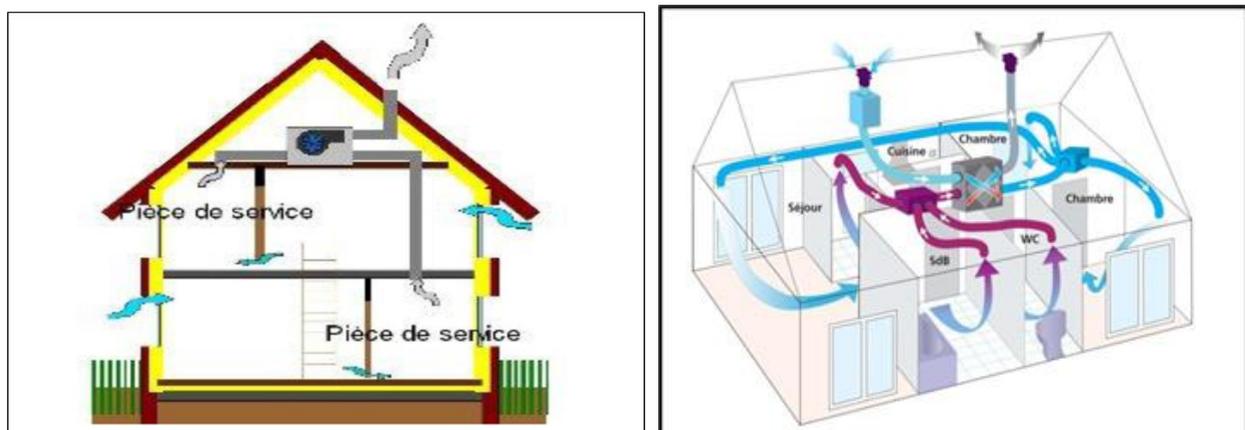


Fig. 11c & d: Single flow ventilation and double flow ventilation [124]

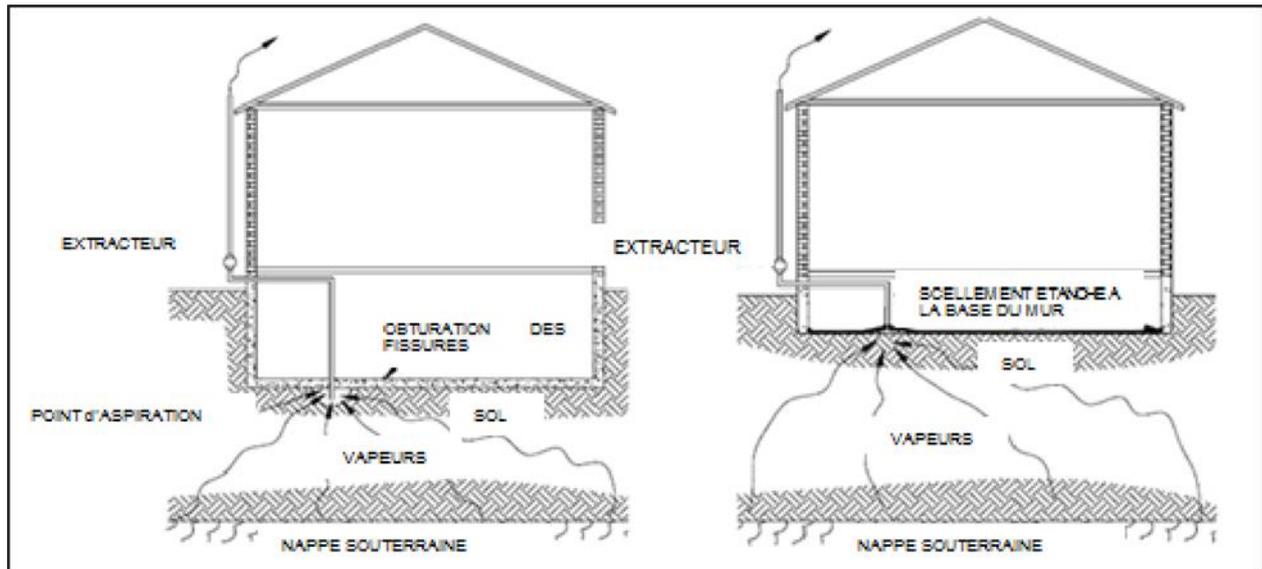


Fig. ; 12a & b : Remediation and/or prevention by SVE in the form of Subterranean depressurization (SDS) and Sub-slab depressurization (SDSD) [124]

6. Conclusion

There are more than 9,000 per- and poly-fluoroalkyl PFAS compounds, which are highly soluble but also bio-accumulative and in most cases non-volatile, excepted the volatile FTOHs (Fluorotelomere Alcohols). Poly-fluorinated PFAS are bio-transformed into stable and often more toxic per-fluorinated PFAS (PFOA, PFPA, PFHxA, PFHpA, etc.).

There are thousands of sites polluted by PFAS in industrial countries. These include fire-fighting sites (e.g. at airports), multiple (former) industrial sites, military sites, agricultural land that has received WWTP sludge (from Waste Water Treatment Plants), etc. Specialized site investigations and Toxicological Exposure Risk Quantification Health Risk Assessments (TERQ, HRA, EQRS, etc.) are necessary in cases of PFAS contamination, especially in soils, groundwater, soil gas and ambient air. Remediation is difficult but possible if based on technical-economic Feasibility Studies. **A minimum list of PFAS to be investigated during pollution diagnostics and for Health Risk Assessments is recommended. Relatively classical Treatments of Soil Vapor and Ambient Air (SVE, constructive equipment, etc.) could be applied in case of problems with volatile PFAS as Fluorotelomer-alcohols (FTOH).**

7. References

1. ITRC (2020): History and use of Per- and Polyfluoroalkyl Substances (PFAS): New Jersey Department of Environmental Protection. https://pfas-1.itrcweb.org/fact_sheets_page/PFAS_Fact_Sheet_History_and_Use_April2020.pdf

2. Buck, R.C.; Franklin, J.; Berger, U.; Conder, J.M.; Cousins, I.T.; de Voogt, P.; Jensen, A.A.; Kannan, K.; Mabury, S.A.; van Leeuw, S.P.J. Perfluoroalkyl and polyfluoroalkyl substances in the environment: Terminology, classification, and origins. *Integr. Environ. Assess. Manag.* **2011**, *7*, 513–541.
3. Barbarossa, A.; Masetti, R.; Gazzotti, T.; Zama, D.; Astolfi, A.; Veyrand, B.; Pession, A.; Pagliuca, G. Perfluoroalkyl substances in human milk: A first survey in Italy. *Environ. Int.* **2013**, *51*, 27–30. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
4. 3M Voluntary Use and Exposure Information Profile for Perfluorooctanoic Acid and Salts. USEPA Administrative Record AR226-0595. 2000. Available online: <https://www.regulations.gov/document?D=EPA-HQ-OPPT-2002-0051-0009>
5. Directive (UE) 2013/39/UE « Cadre sur l'eau » européenne (DCE), concernant le PFOS & dérivés (et pour d'autres substances prioritaires) <https://www.efsa.europa.eu/fr/news/pfas-food-efsa-assesses-risks-and-sets-tolerable-intake>
6. US EPA. EPA and 3M Announce Phase out of PFOS. Available online: https://archive.epa.gov/epapages/newsroom_archive/newsreleases/33aa946e6cb11f35852568e1005246b4.html
7. Chen, H.; Peng, H.; Yang, M.; Hu, J.; Zhang, Y. Detection, occurrence, and fate of fluorotelomer alcohols in municipal wastewater treatment plants. *Environ. Sci. Technol.* **2017**, *51*, 8953–8961. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
8. Martin, J.W.; Mabury, S.A.; O'Brien, P.J. Metabolic products and pathways of fluorotelomer alcohols in isolated rat hepatocytes. *Chem. Biol. Interact.* **2005**, *155*, 165–180. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
9. Backe, W.J.; Day, T.C.; Field, J.A. Zwitterionic, cationic, and anionic fluorinated chemicals in aqueous film forming foam formulations and groundwater from U.S. military bases by nonaqueous large volume injection HPLC-MS/MS. *Environ. Sci. Technol.* **2013**, *47*, 5226–5234. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
10. European Parliament. Directive 2006/122/EC of the European Parliament and of the Council of 12 December 2006. *Off. J. Eur. Union* **372**, 32–34.
11. UNEP (United Nations Environmental Programme). Report of the Conference of the Parties of the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants on the Work of Its Fourth Meeting. Available online: <http://chm.pops.int/TheConvention/ConferenceoftheParties/Meetings/COP4/COP4Documents/tabid/531/Default.aspx>.
12. Maga, D.; Aryan, V.; Bruzzano, S. Environmental assessment of various end-of-life pathways for treating per- and polyfluoroalkyl substances in spent fire extinguishing waters. *Environ. Toxicol. Chem.* **2020**. [[CrossRef](#)]
13. Stoiber, T.; Evans, S.; Naidenko, O.V. : Disposal of products and materials containing per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS): A cyclical problem. *Chemosphere* **2020**, *260*, 127659. [[CrossRef](#)]
14. Solo-Gabriele, H.M.; Jones, A.S.; Lindstrom, A.B.; Lang, J.R. : Waste type, incineration, and aeration are associated with per- and polyfluoroalkyl levels in landfill leachates. *Waste Manag.* **2020**, *107*, 191–200. [[CrossRef](#)]
15. US EPA. Per- and Polyfluoroalkyl Substances (PFAS): Incineration to Manage PFAS Waste Streams Background. https://www.epa.gov/sites/production/files/2019-09/documents/technical_brief_pfas_incineration_ioaa_approved_final_july_2019.pdf
16. Avendaño, S.; Liu, J. Production of PFOS from aerobic soil biotransformation of two perfluoroalkyl sulfonamide derivatives. *Chemosphere* **2015**, *119*, 1084–1090. [[CrossRef](#)]
17. Eggen, T.; Moeder, M.; Arukwe, A. Municipal landfill leachates: A significant source for new and emerging pollutants. *Sci. Total Environ.* **2010**, *408*, 5147–5157. [[CrossRef](#)]
18. Lang, J.R.; Allred, B.M.; Field, J.A.; Levis, J.W.; Barlaz, M.A. National estimate of per- and polyfluoroalkyl substance (PFAS) release to U.S. municipal landfill leachate. *Environ. Sci. Technol.* **2017**, *51*, 2197–2205. [[CrossRef](#)]
19. LfU (Bavarian Environment Agency). Per- und Polyfluorierte Chemikalien in Bayern: Untersuchungen 2006–2018. Available [https://www.bestellen.bayern.de/application/applstarter?APPL=eshop&DIR=eshop&ACTIONxSETVAL\(a_rtdtl.htm,APGxNODENR:200594,AARTxNR:lfu_all_00153,AARTxNODENR:353133,USERxBODYURL:art](https://www.bestellen.bayern.de/application/applstarter?APPL=eshop&DIR=eshop&ACTIONxSETVAL(a_rtdtl.htm,APGxNODENR:200594,AARTxNR:lfu_all_00153,AARTxNODENR:353133,USERxBODYURL:art)

[dtl.htm,KATALOG:](#)

[StMUG,AKATxNAME:StMUG,ALLE:x\)=X](#)

20. McMurdo, C.J.; Ellis, D.A.; Webster, E.; Butler, J.; Christensen, R.D.; Reid, L.K. Aerosol enrichment of the surfactant PFO and mediation of the water-air transport of gaseous PFOA. *Environ. Sci. Technol.* **2008**, *42*, 3969–3974. [[CrossRef](#)]
21. Sinclair, E.; Mayack, D.T.; Roblee, K.; Yamashita, N.; Kannan, K. Occurrence of perfluoroalkyl surfactants in water, fish, and birds from New York State. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* **2006**, *50*, 398–410. [[CrossRef](#)]
22. Ghisi, R.; Vamerli, T.; Manzetti, S. Accumulation of perfluorinated alkyl substances (PFAS) in agricultural plants: A review. *Environ. Res.* **2019**, *169*, 326–341. [[CrossRef](#)]
23. Kannan, K.; Tao, L.; Sinclair, E.; Pastva, S.D.; Jude, D.J.; Giesy, J.P. Perfluorinated compounds in aquatic organisms at various trophic levels in a Great Lakes food chain. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* **2005**, *48*, 559–566. [[CrossRef](#)]
24. Karg, F. (2021): Per et Polyfluoro Alkyl Substances: Pollution environnementale et Risque pour la Sante. Webinaire 22/10/2021. ARET : Association pour la Recherche en Toxicologie. <https://aret.asso.fr/prochain-webinaire-de-laret-le-22-octobre-2021-inscription-gratuite-ouverte/>
25. Kopf, L ; (2017) : Biotransformationsprozesse von Fluortelomeralkoholen/ PFC-Chemismus und FTOH-Analytik in der Bodenluft. Duale Hochschule Baden-Württemberg, Karlsruhe TSHE14.
26. Sunderland, E.M.; Hu, X.C.; Dassuncao, C.; Tokranov, A.K.; Wagner, C.C.; Allen, J.G. A review of the pathways of human exposure to poly- and perfluoroalkyl substances (PFASs) and present understanding of health effects. *J. Expo. Sci. Environ. Epidemiol.* **2019**, *29*, 131–147. [[CrossRef](#)]
27. Khalil, N.; Ducatman, A.M.; Sinari, S.; Billheimer, D.; Hu, C.; Littau, S.; Burgess, J.L. Per- and polyfluoro alkyl substance and cardiometabolic markers in fire fighters. *J. Occup. Environ. Med.* **2020**, *62*, 1076–1081. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
28. Leary, D.B.; Takazawa, M.; Kannan, K.; Khalil, N. Perfluoroalkyl substances and metabolic syndrome in firefighters. *J. Occup. Environ. Med.* **2020**, *62*, 52–57. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
29. Russell, M.H.; Himmelstein, M.W.; Buck, R.C. Inhalation and oral toxicokinetics of 6:2 FTOH and its metabolites in mammals. *Chemosphere* **2015**, *120*, 328–335. [[CrossRef](#)]
30. Domingo, J.L.; Nadal, M. Human exposure to per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) through drinking water: A review of the recent scientific literature. *Environ. Res.* **2019**, *177*, 108648. [[CrossRef](#)]
31. Winkens, K.; Vestergren, R.; Berger, U.; Cousins, I.T. Early life exposure to per- and polyfluoroalkyl substances (PFASs): A critical review. *Emerg. Contam.* **2017**, *3*, 55–68. [[CrossRef](#)]
32. Faure, S.; Noisel, N.; Werry, K.; Karthikeyan, S.; Aylward, L.L.; St-Amand, A. Evaluation of human biomonitoring data in a health risk based context: An updated analysis of population level data from the Canadian Health Measures Survey. *Int. J. Hyg. Environ. Health* **2020**, *223*, 267–280. [[CrossRef](#)]
33. Lau, C.; Anitole, K.; Hodes, C.; Lai, D.; Pfahles-Hutchens, A.; Seed, J. Perfluoroalkyl acids: A review of monitoring and toxicological findings. *Toxicol. Sci.* **2007**, *99*, 366–394. [[CrossRef](#)]
34. Li, Y.; Fletcher, T.; Mucs, D.; Scott, K.; Lindh, C.H.; Tallving, P.; Jakobsson, K. Half-lives of PFOS, PFHxS and PFOA after end of exposure to contaminated drinking water. *Occup. Environ. Med.* **2018**, *75*, 46–51. [[CrossRef](#)]
35. Butt, C.M.; Muir, D.C.G.; Mabury, S.A. Biotransformation pathways of fluorotelomer-based polyfluoroalkyl substances: A review. *Environ. Toxicol. Chem.* **2014**, *33*, 243–267. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
36. Nilsson, H.; Kärman, A.; Rotander, A.; van Bavel, B.; Lindström, G.; Westberg, H. Biotransformation of fluorotelomer compound to perfluorocarboxylates in humans. *Environ. Int.* **2013**, *51*, 8–12. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
37. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR): Toxicological Profile for Perfluoroalkyls (Draft for Public Comment). <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp.asp?id=1117&tid=237>
38. DeWitt, J.C.; Shnyra, A.; Badr, M.Z.; Loveless, S.E.; Hoban, D.; Frame, S.R.; Cunard, R.; Anderson, S.E.; Meade, B.J.; Peden-Adams, M.M.; et al. Immunotoxicity of perfluorooctanoic acid and perfluorooctane sulfonate and the role of peroxisome proliferator-activated receptor alpha. *Crit. Rev. Toxicol.* **2009**, *39*, 76–94. [[CrossRef](#)]

39. Dewitt, J.C.; Peden-Adams, M.M.; Keller, J.M.; Germolec, D.R. Immunotoxicity of perfluorinated compounds: Recent developments. *Toxicol. Pathol.* **2012**, *40*, 300–311. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
40. Foguth, R.; Sepúlveda, M.S.; Cannon, J. Per-and polyfluoroalkyl substances (PFAS) neurotoxicity in sentinel and non-traditional laboratory model systems: Potential utility in predicting adverse outcomes in human health. *Toxics* **2020**, *8*, 42. [[CrossRef](#)]
41. Thompson, C.M.; Fitch, S.E.; Ring, C.; Rish, W.; Cullen, J.M.; Haws, L.C. Development of an oral reference dose for the perfluorinated compound GenX. *J. Appl. Toxicol.* **2019**, *39*, 1267–1282. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
42. Knutsen, H.K.; Alexander, J.; Barregård, L.; Bignami, M.; Brüschweiler, B.; Ceccatelli, S.; Cottrill, B.; Dinovi, M.; Edler, L.; Grasl-Kraupp, B.; et al. Risk to human health related to the presence of perfluorooctane sulfonic acid and perfluorooctanoic acid in food. *EFSA J.* **2018**, *16*, e05194. [[CrossRef](#)]
43. US EPA. Health Effects Support Document for Perfluorooctanoic Acid (PFOA). https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-05/documents/pfoa_hesd_final-plain.pdf **2020**
44. Fenton, S.E.; Ducatman, A.; Boobis, A.; DeWitt, J.C.; Lau, C.; Ng, C.; Smith, J.S.; Roberts, S.M. Per- and polyfluoroalkyl substance toxicity and human health review: Current State of knowledge and strategies for informing future research. *Environ. Toxicol. Chem.* **2020**. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
45. NTP (National Toxicology Program). Monograph on Immunotoxicity Associated with Exposure to Perfluorooctanoic Acid (PFOA) and Perfluorooctane Sulfonate (PFOS). Available online: https://ntp.niehs.nih.gov/ntp/ohat/pfoa_pfos/pfoa_pfosmonograph_508.pdf (2020).
46. Oulhote, Y.; Steuerwald, U.; Debes, F.; Weihe, P.; Grandjean, P. Behavioral difficulties in 7-year old children in relation to developmental exposure to perfluorinated alkyl substances. *Environ. Int.* **2016**, *97*, 237–245. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
47. Luo, J.; Xiao, J.; Gao, Y.; Ramlau-Hansen, C.H.; Toft, G.; Li, J.; Obel, C.; Andersen, S.L.; Deziel, N.C.; Tseng, W.L.; et al. Prenatal exposure to perfluoroalkyl substances and behavioral difficulties in childhood at 7 and 11 years. *Environ. Res.* **2020**, *191*, 110111. [[CrossRef](#)]
48. Blake, B.E.; Fenton, S.E. Early life exposure to per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) and latent health outcomes: A review including the placenta as a target tissue and possible driver of peri- and postnatal effects. *Toxicology* **2020**, *443*, 152565. [[CrossRef](#)]
49. Ballesteros, V.; Costa, O.; Iñiguez, C.; Fletcher, T.; Ballester, F.; Lopez-Espinosa, M.J. Exposure to perfluoroalkyl substances and thyroid function in pregnant women and children: A systematic review of epidemiologic studies. *Environ. Int.* **2017**, *99*, 15–28. [[CrossRef](#)]
50. Kim, M.J.; Moon, S.; Oh, B.-C.; Jung, D.; Ji, K.; Choi, K.; Park, Y.J. Association between perfluoroalkyl substances exposure and thyroid function in adults: A meta-analysis. *PLoS ONE* **2018**, *13*, e0197244. [[CrossRef](#)]
51. Blake, B.E.; Pinney, S.M.; Hines, E.P.; Fenton, S.E.; Ferguson, K.K. Associations between longitudinal serum perfluoroalkyl substance (PFAS) levels and measures of thyroid hormone, kidney function, and body mass index in the Fernald Community Cohort. *Environ. Pollut.* **2018**, *242*, 894–904. [[CrossRef](#)]
52. Reardon, A.J.F.; Khodayari Moez, E.; Dinu, I.; Goruk, S.; Field, C.J.; Kinniburgh, D.W.; MacDonald, A.M.; Martin, J.W. Longitudinal analysis reveals early-pregnancy associations between perfluoroalkyl sulfonates and thyroid hormone status in a Canadian prospective birth cohort. *Environ. Int.* **2019**, *129*, 389–399. [[CrossRef](#)]
53. Stanifer, J.W.; Stapleton, H.M.; Souma, T.; Wittmer, A.; Zhao, X.; Boulware, L.E. Perfluorinated chemicals as emerging environmental threats to kidney health: A scoping review. *Clin. J. Am. Soc. Nephrol.* **2018**, *13*, 1479–1492. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
54. Di Nisio, A.; Sabovic, I.; Valente, U.; Tescari, S.; Rocca, M.S.; Guidolin, D.; Dall'Acqua, S.; Acquasaliente, L.; Pozzi, N.; Plebani, M.; et al. Endocrine disruption of androgenic activity by perfluoroalkyl substances: Clinical and experimental evidence. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* **2019**, *104*, 1259–1271. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
55. Ding, N.; Harlow, S.D.; Randolph, J.F.; Loch-Caruso, R.; Park, S.K. Perfluoroalkyl and polyfluoroalkyl substances (PFAS) and their effects on the ovary. *Hum. Reprod. Update* **2020**, *26*, 724–752. [[CrossRef](#)]

56. Liew, Z.; Luo, J.; Nohr, E.A.; Bech, B.H.; Bossi, R.; Arah, O.A.; Olsen, J. Maternal plasma perfluoroalkyl substances and miscarriage: A nested case-control study in the Danish National Birth Cohort. *Environ. Health Perspect.* **2020**, *128*, 047007. [[CrossRef](#)]
57. Di Nisio, A.; Rocca, M.S.; De Toni, L.; Sabovic, I.; Guidolin, D.; Dall'Acqua, S.; Acquasaliente, L.; De Filippis, V.; Plebani, M.; Foresta, C. Endocrine disruption of vitamin D activity by perfluoro-octanoic acid (PFOA). *Sci. Rep.* **2020**, *10*, 16789. [[CrossRef](#)]
58. Consonni, D.; Straif, K.; Symons, J.M.; Tomenson, J.A.; Van Amelsvoort, L.G.P.M.; Smeuwenoek, A.; Cherrie, J.W.; Bonetti, P.; Colombo, I.; Farrar, D.G. **Cancer risk** among tetrafluoroethylene synthesis and polymerization workers. *Am. J. Epidemiol.* **2013**, *178*, 350–358. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
59. Barry, V.; Winquist, A.; Steenland, K. Perfluorooctanoic acid (PFOA) exposures and incident cancers among adults living near a chemical plant. *Environ. Health Perspect.* **2013**, *121*, 1313–1318. [[CrossRef](#)]
60. Vieira, V.M.; Hoffman, K.; Shin, H.-M.; Weinberg, J.M.; Webster, T.F.; Fletcher, T. Perfluorooctanoic Acid exposure and cancer outcomes in a contaminated community: A geographic analysis. *Environ. Health Perspect.* **2013**, *121*, 318–323. [[CrossRef](#)]
61. Chang, E.T.; Adami, H.-O.; Boffetta, P.; Cole, P.; Starr, T.B.; Mandel, J.S. A critical review of perfluorooctanoate and perfluorooctanesulfonate exposure and cancer risk in humans. *Crit. Rev. Toxicol.* **2014**, *44*, 1–81. [[CrossRef](#)]
62. Hanahan, D.; Weinberg, R.A. The hallmarks of cancer. *Cell* **2000**, *100*, 57–70. [[CrossRef](#)]
63. Hanahan, D.; Weinberg, R.A. Hallmarks of cancer: The next generation. *Cell* **2011**, *144*, 646–674. [[CrossRef](#)]
64. Temkin, A.M.; Hocevar, B.A.; Andrews, D.Q.; Naidenko, O.V.; Kamendulis, L.M. Application of the Key characteristics of carcinogens to per and polyfluoroalkyl substances. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2020**, *17*, 1668. [[CrossRef](#)]
65. Smith, M.T.; Guyton, K.Z.; Gibbons, C.F.; Fritz, J.M.; Portier, C.J.; Rusyn, I.; DeMarini, D.M.; Caldwell, J.C.; Kavlock, R.J.; Lambert, P.F.; et al. Key characteristics of carcinogens as a basis for organizing data on mechanisms of carcinogenesis. *Environ. Health Perspect.* **2016**, *124*, 713–721. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
66. Guyton, K.Z.; Rusyn, I.; Chiu, W.A.; Corpet, D.E.; van den Berg, M.; Ross, M.K.; Christiani, D.C.; Beland, F.A.; Smith, M.T. Application of the key characteristics of carcinogens in cancer hazard identification. *Carcinogenesis* **2018**, *39*, 614–622. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
67. Emerce, E.; Çetin, Ö. Genotoxicity assessment of perfluoroalkyl substances on human sperm. *Toxicol. Ind. Health* **2018**, *34*, 884–890. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
68. Butenhoff, J.L.; Kennedy, G.L.; Chang, S.C.; Olsen, G.W. Chronic dietary toxicity and carcinogenicity study with ammonium perfluorooctanoate in Sprague-Dawley rats. *Toxicology* **2012**, *298*, 1–13. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
69. Peters, J.M.; Shah, Y.M.; Gonzalez, F.J. The role of peroxisome proliferator-activated receptors in carcinogenesis and chemoprevention. *Nat. Rev. Cancer* **2012**, *12*, 181–195. [[CrossRef](#)]
70. Behr, A.C.; Lichtenstein, D.; Braeuning, A.; Lampen, A.; Buhrke, T. Perfluoroalkylated substances (PFAS) affect neither estrogen and androgen receptor activity nor steroidogenesis in human cells in vitro. *Toxicol. Lett.* **2018**, *291*, 51–60. [[CrossRef](#)]
71. Wielsøe, M.; Kern, P.; Bonefeld-Jørgensen, E.C. Serum levels of environmental pollutants is a risk factor for breast cancer in Inuit: A case control study. *Environ. Health A Glob. Access Sci. Source* **2017**, *16*, 56. [[CrossRef](#)]
72. International Agency for Research on Cancer (IARC). Some Chemicals Used as Solvents and in Polymer Manufacture. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans; International Agency for Research on Cancer: Lyon, France, **2016**; Volume 110, ISBN 978-92-832-0148-9.
73. US EPA. Health Effects Support Document for Perfluorooctane Sulfonate (PFOS). Available online: https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-05/documents/pfos_hesd_final_508.pdf (2020).

74. Brasse, R.A. ; Mullin, E.J. & Spink, D.C. (2021): Legacy and Emerging Per- and Polyfluoroalkyl Substances. International Journal of Molecular Science MDPI, 22? 995. <https://doi.org/10.3390/ijms22030995>
75. ANSES (2015) : Connaissances relatives à la réglementation, à l'identification, aux propriétés chimiques à la production et aux usages des composés de la famille des Perfluorés (Tome 1). <https://www.anses.fr/fr/system/files/SUBCHIM2009sa0331Ra-101.pdf>
76. ANSES (2015) : Connaissances relatives aux données de contamination et aux expositions par des composés de la famille des Perfluorés (Tome 2). <https://www.anses.fr/fr/system/files/SUBCHIM2009sa0331Ra-102.pdf>
77. ANSES (2015) : Connaissances relatives aux données de toxicité sur les composés de la famille des Perfluorés (Tome 3). <https://www.anses.fr/fr/system/files/SUBCHIM2009sa0331Ra-103.pdf>
78. Wieneke, B. ; Zeilmaker, M. ; Fragki, S.; Lijzen, J.; Verbruggen, E.; Bokkers, B. (2020): Risk Assessment of Per- and Polyfluoroalkyl Substance Mixtures: A Relative Potency Factor Approach. Environmental Toxicology and Chemistry Volume 40, Issue 3 p. 859-870 <https://doi.org/10.1002/etc.4835> <https://setac.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/etc.4835>
79. ANSES (2017): AVIS de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail relatif à l'évaluation des risques sanitaires d'alkyls per- et polyfluorés dans les eaux destinées à la consommation humaine. Saisine n° 2015-SA-0105 Saisine liée n° 2012-SA-0001 <https://www.anses.fr/fr/system/files/EAUX2015SA0105.pdf>
80. US-EPA (2016) : Health Effects Support Document for Perfluorooctanoic Acid (PFOA). EPA 822-R-16-003. https://www.epa.gov/sites/default/files/2016-05/documents/pfoa_hesd_final_508.pdf
81. ATSDR (2021): Toxicological Profile for Perfluoroalkyls. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp200-p.pdf>
82. MDHHS (2019): Michigan Department of Health and Human Services, Division of Environmental Health Michigan PFAS Action Response Team Human Health Workgroup. Public health drinking water screening levels for PFAS. https://www.michigan.gov/documents/pfasresponse/MDHHS_Public_Health_Drinking_Water_Screening_Levels_for_Pfas_651683_7.pdf
83. TCEQ (2016) : Perfluoro Compounds (PFCs): RfD Values. Texas Commission on Environmental Quality <https://www.tceq.texas.gov/assets/public/implementation/tox/evaluations/pfcs.pdf>
84. UBA (2010): Sanierungsmanagement für lokale und flächenhafte PFAS-Kontaminationen. Texte 137/2020. Umweltbundesamt, Berlin. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2020-07-13_texte_137-2020_handbuch_pfas.pdf
85. UBA (2010): Sanierungsmanagement für lokale und flächenhafte PFAS-Kontaminationen Anhang A. Texte 137/2020. Umweltbundesamt, Berlin. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2020-07-13_texte_137-2020_handbuch_pfas-anhang-a.pdf
86. UBA (2010): Sanierungsmanagement für lokale und flächenhafte PFAS-Kontaminationen Anhang B. Texte 137/2020. Umweltbundesamt, Berlin. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2020-07-13_texte_137-2020_handbuch_pfas-anhang-b.pdf
87. BfR (2018): Perfluorierte Verbindungen PFOS und PFOA sind in Lebensmitteln unerwünscht. Bundesinstitut für Risikobewertung. <https://www.bfr.bund.de/cm/343/perfluorierte-verbindungen-pfos-und-pfoa-sind-in-lebensmitteln-unerwuenscht.pdf>
88. EFSA (2018): Risk to human health related to the presence of perfluorooctane sulfonic acid and perfluorooctanoic acid in food. European Food Safety Authority. <https://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/5194> <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.2903/j.efsa.2018.5194>
89. NJ-DW-QI (2017): HEALTH-BASED MAXIMUM CONTAMINANT LEVEL SUPPORT DOCUMENT: PERFLUOROOCTANOIC ACID (PFOA). New Jersey Drinking Water Quality Institute Health Effects Subcommittee February 15, 2017. <https://www.state.nj.us/dep/watersupply/pdf/pfoa-appendixa.pdf>

90. State of New Hampshire Environmental Services (2019): Direct Contact Risk-Based Soil Concentrations for Perfluorooctanoic acid (PFOA), Perfluorooctane sulfonate (PFOS), Perfluorohexane sulfonic acid (PFHxS) and Perfluorononanoic acid (PFNA): State of New Hampshire, December 11, 2019. <https://www4.des.state.nh.us/nh-pfas-investigation/wp-content/uploads/PFAS-DCRB-value-121119.pdf>
91. US Department of Defense (Assessed 27/02/2022): Appendix I - PFAS Toxicity Profiles. <https://defence.gov.au/Environment/PFAS/docs/Tindal/Reports/201806HHRAAppIToxicityProfiles.pdf>
92. UBA (2016): HBM I values for Perfluorooctanoic acid (PFOA) and Perfluorooctanesulfonic acid (PFOS) in blood plasma Statement of the German Human Biomonitoring Commission (HBM Commission). Announcement of the German Environment Agency (UBA). Bundesgesundheitsbl 2016 · 59:1364 DOI 10.1007/s00103-016-2437-1. <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s00103-016-2437-1.pdf>
<https://link.springer.com/article/10.1007/s00103-016-2437-1>
93. Wie-Chun Chou, Zhoumeng Lin (2020): Probabilistic human health risk assessment of perfluorooctane sulfonate (PFOS) by integrating in vitro, in vivo toxicity, and human epidemiological studies using a Bayesian-based dose-response assessment coupled with physiologically based pharmacokinetic (PBPK) modeling approach. Environment International, Volume 137, April 2020, 105581. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S016041201933805X>
<https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S016041201933805X?token=134AF5A3441CFB49FFE7BBA90CE64A74DDF7936B3178BEF86DE71342FFBADF1A81613100CDB6638F9DEE07BFEF182C65&originRegion=eu-west-1&originCreation=20220227001829>
94. US-EPA (2021): Health & Environmental Research Online (HERO). United States Environmental Protection Agency. https://hero.epa.gov/hero/index.cfm/reference/details/reference_id/5026091
95. US-EPA (2019): Systematic Review Protocol for the Perfluorodecanoic Acid (PFDA) IRIS Assessments (Preliminary Assessment Materials). United States Environmental Protection Agency. https://cfpub.epa.gov/si/si_public_record_report.cfm?Lab=NCEA&count=10000&dirEntryId=345088&search=&showcriteria=2&simplesearch=0&timstype=
96. Monti, C.; Rose, N.; Negley, T. (2021): PFAS Fingerprinting: A multivariate forensic analysis to detect the origin and extent of PFAS contamination in Northern Italy. SETAC 2021 ; 3- 6 May, 2021.
97. UPDS (2021): Les Polluants émergent. La Magasine des Professions de dépollution des sites. No 9, Juin 2021. https://www.fnade.org/ressources/pdf/2/3425-UPSD_Mag_9.pdf
98. Held, T. (2020) : Precursor. Altlastenspektrum . 06/2020.p. 225. https://www.altlastenspektrum-itva.de/neuheft6_20.html
99. Georgi, J., Bschi, J., Bruns, J., Mackenzie, K., Saeidi, N., Kopinke, F.D. (2020): Precursor. Altlastenspektrum . 06/2020, p. 232. https://www.altlastenspektrum-itva.de/neuheft6_20.html
100. AFSSET, Karg, F. et al (2010) : Valeurs toxicologiques de référence (VTR) pour les substances cancérigènes (Toxicological Reference Values for cancerogenic Compounds) - Méthode de construction de VTR fondées sur des effets cancérigènes - Saisine n°2004/AS16. Agence Française de Sécurité Sanitaire de l'Environnement et du Travail, 05/2010 (aujourd'hui ANSES : Agence Nationale de Sécurité Sanitaire). http://www.afsset.fr/upload/bibliotheque/141844903203317036420911165719/VTR_cancer_methodologie_afsset_mars10.pdf
101. Karg, F. (2010) : Recensement des menaces environnementales pour la santé publique et l'importance de la pollution de l'air ambiant. Rapport de l'INVS / Inventory of environmental threats on public health and links with ambient air pollution. INVS report – Minutes AtmosFair, Lyon 28/09/2010.
102. Solal, C. Jabbour, V., El Ghissassi, F., Karg, F., Enriquez, B., Rousselle, C., Bodin, L. (2010) : Carcinogenic Toxicological Reference Values for Chloronitrobenzene Isomers. Poster : IUTOX Barcelona : 07/2010.
103. Karg, F. (2011): Methodology of risk management in case of exposure uncertainties on working places with special regard on contaminated sites and buildings. Minutes INTERSOL, Lyon le 29/03/2011.
104. Karg, F. & Vircondelet, S. (2011): Méthodologies EQRS & ARRp de Gestion et Technologies de Réhabilitation des Zones contaminées par le Chlordécone: La Gestion Globale (Methodology of Quantified and preventive Health Risk Assessments for site specific Remediation Goals and Remediation Technologies for Zones contaminated with the Chlordecone Pesticide). Remédiation à la Pollution par la Chlordécone aux Antilles. PRM : Cahier du Pôle de Recherche Agro-environnementale de la Martinique. N° 9-10, 04-2011, p. 76 – 84.

<https://www.caec-carib.org/content/download/4541/33344/version/2/file/Rem%C3%A9diation+%C3%A0+la+pollution+par+la+chlord%C3%A9cone+aux+Antilles.pdf>

105. Glorennec, P., Karg, F. et al. (2011) : Améliorations de la démarche d'évaluation des risques sanitaires : contribution de la section « Méthodologie d'évaluation des risques sanitaires » de la SFSE. (Optimization of Health Risk Assessments). ERS : Environnement, Risques & Santé. Vol. 10. No 2, March – April 2011.
106. Karg, F. (2012): Internationaler State-of-the-Art der standortspezifischen Risikobewertung / International State-of-the-Art concerning Contaminated Site HRA: Health Risk Assessments. Script of Symposium. ITVA-Symposium. Hamburg 22-23/03/2012.
107. Karg, F. & Kopytynski, W. (2012) : EQRS : Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires et réhabilitation dans le cas des pollutions par des additifs, impuretés et métabolites / Exemples : Picloram, Bromacile, Chlordécone, 2,4-D et Glyphosate/AMPA en Europe, Asie (Chine et Vietnam) et Amérique du Sud / TERQ: Toxicological Exposure Risk Quantification and remediation in case of environmental contamination by pesticide additives, impurities and metabolites: Examples of Picloram, Bromacile, Chlordecone, 2,4-D and Glyphosate/AMPA in Europe, Asia (China & Vietnam) and South America). Minutes of INTERSOL 2012, Paris-Ivry 27-30/03/2012.
108. Glorennec, P., Imbert, M., Ronga-Pezeret, S., Karg, F., Bonvallot, N., Boulanger, G., Maurau, S., Guillosoy, G. & Rouhan, A. (2012) : Objectifs et résultats attendus d'une évaluation des risques sanitaires. (Goals of Health Risk Assessments) Section "Méthodologie d'évaluation des risques sanitaires" de la SFSE. Objectifs et résultats attendus d'une évaluation des risques sanitaires. Environnement Risque Santé 2012 ; 11 : 240-2. doi : 10.1684/ers.2012.0541
109. Karg, F. (2012): Combined professional and Residential Toxicological Exposure Risks by VOC. AtmosFair Congress Book, Lyon / France 26-27/09/2012.
110. Karg, F. (2013) : Les risques combinés professionnels et résidentiels d'exposition toxicologiques via l'air ambiant par les COV / Ambient Air Combined professional and Residential Toxicological Exposure Risks by VOC. Minutes of Congress, Intersol Lyon / France : 26 – 28th of March 2013.
111. Karg, F. (2013): Consideration of emerging pollutants in the indoor air / La prise en compte des polluants émergents dans l'air intérieur. Minutes of Congress. AtmosFair, Paris, 25-26 September 2013.
112. Karg, F. (2013): Using the Toxicological Exposure Risk Quantification (TERQ) to assess potential combination effects; Fresenius Akademie Mainz / Mayence / Germany: Public Seminar Documents: "Human Health" 13./14. November 2013.
113. Karg, F., Robin-Vigneron, L., Vircondelet, S. (2013): Cancer Risk Occurrence on Contaminated Sites: Experience Feed-back on HRA: Health Risk Assessments on 160 sites in France and Germany. Poster on Congress: Congrès National de la SFSE (Société Française de la Santé – Environnement) : Cancer et l'Environnement – CNRS, Lyon 28 – 29 November 2013.
114. Karg, F. (2013): Health risk based Dioxin & POP Management in EC: European Community: PCDD/F-& PCB-Contaminations & Methodology for site investigations, health risk assessment and remediation. Sharing Lessons-Learned - Dioxin/POPs Pollution Assessment and Remediation in Vietnam. Minutes of Congress - Da Nang, Vietnam, December 1-4, 2013.
115. Karg, F. (2016): MOA-Methodology of Risk Assessment and Exposure on Pollutant Cocktails (Agent Orange & Agent Blue, Dioxins, Pesticides, Chloro-phenols, Arsenic). Méthodologie MOA des évaluations des expositions aux cocktails de polluants : Agent Orange et Agent Bleu, etc. (Dioxines, Pesticides, Chlorophenols, Arsenic). Intersol Congress Minutes, Lille 16th of March 2016
116. PORTELIUS, E., DURIEU, E., BODIN, M., CAM, M., PANNEE, J., LEUXE, C., MABONDZO, A., OUMATA, N., GALONS, H., LEE, Y., CHANG, Y-T., STÜBER, K., KOCH, P., FONTAINE, G., POTIER, M-C., MANOUSOPOULOU, A., GARBIS, S., COVACI, A., VAN DAM, D., DE DEYN, P., KARG, F., FLAJOLET, M., OMORI, C., HATA, S., SUZUKI, T., BLENNOW, K., ZETTERBERG, K. and MEIJER, L. (2016): Specific triazine herbicides induce amyloid β 42 Production. Journal of Alzheimer's Disease, 54 (2016) p.1593–1605. DOI 10.3233/JAD-160310, IOS Press.
117. Karg, F. (2017) : CWA Chemical Warfare Agents: Case Studies on Environmental Chemistry, Site Investigations, Risk Assessment and Site Decontamination & Remediation. Intersol, Lyon / France, 16th of March 2017. Minutes of Congress.

- 118.Karg, F. (2017): Identification, Monitoring, Risk Assessment and Management of Cities' & Quarter specific Air Pollution in addition to « standard » Pollutants Parameters. Minutes of Congress: AtmosFair, Lyon France, 10-11th of October 2017.
- 119.Karg, F. (2018): Internationale Ansätze in der Gefährdungsabschätzung im Vergleich zum deutschen Bodenschutzrecht. (International Approaches of Health Risk Assessments in Comparaison with German Regulations) Seminar: Wirkungspfad Boden – Mensch: Regierungspräsidium Stuttgart (Seminar: Exposures from Soil to Humans. Stuttgart / Germany 20/02/2018. Minutes of Seminar.
- 120.Karg, F. (2019): Needs for Technical & Regulatory Management for contaminations by PFT (PFAS): Poly- & Perflourinated Tensides: Study cases for Environmental Chemistry, site Investigations, Risk Assessment and Site Decontamination & Remediation (Besoins de Gestion technico-réglementaire des Contaminations par des TPF : Tensioactifs Poly- & Perfluorés : Etudes de cas concernant la chimie environnementale, les évaluations des risques et la décontamination & réhabilitation des sites pollués. Minutes of Congress INTERSOL Lille / France: 26th to 28th of March 2019.
- 121.Karg, F. (2021): Case Studies of Polluted Site Management in Case of non-acceptable toxic Risks by Indoor Air Contamination via volatile Pollutants (Polar & Chlorinated Solvents: TCE, PCE, DCE, VC and also BTEX, HC5-16, etc.) / Etudes de Cas de Gestion des Sites Pollués à Impact à Risque Sanitaire non-acceptable des polluants volatils des Sites pollués sur l'air ambiant intérieur des entreprises et des locaux résidentiels (Solvants polaires & chlorés : TCE, PCE, DCE, VC et aussi BTEX, HC5-16, etc.). Minutes of Congress INTERSOL , Paris, 07 – 09/09/2021.
- 122.Karg, F. (2022): TERQ*-Modell zur Rückrechnung von Raumluftkonzentrationen (PCB aus Fugen, Anstrichen, Deckenplatten, etc.) sowie bei anderen Schadstoffen zur Ermittlung der Notwendigkeit von Sanierungsmaßnahmen (TERQ*-Model for Definition of Needs for Building Remediation & Decontamination in Case of PCB-Presence in In-Door Ambient Air)/ Gesundheitsgefahren durch PCB in Gebäuden (Health Risks by PCB in Buildings). DECONex Fachkongress Schadstoffmanagement / Congress Pollution Management in Buildings. Essen / Germany 19-20/01/2022. Meeting Minutes.
- 123.ATSDR (2021): Toxicological Profile for Perfluoroalkyls. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp200-p.pdf>
- 124.BRGM (2014): Guide relatif aux mesures constructives utilisables dans le domaine des SSP ; BRGM/RP-63675-FR <https://infoterre.brgm.fr/rapports/RP-63675-FR.pdf>
- 125.Karg, F. (2022): ERP sensibles (Ecoles, Crèches) & Habitations et Diagnostics, Evaluation des Risques Toxicologiques et Traitements des PFAS, notamment les FTOH : Fluorotéломère-Alcools volatils / **Public Site Use Scenarios (Schools, Kindergartens & Residences and Site Investigation, Toxicological Health Risk Assessments (TERQ) and Treatments of PFAS, especially volatile FTOH: Fluorotelomere Alcohols.** INTERSOL 2022, Lyon / France: 21-23/06/2022, Congress Minutes. https://www.saturne.net/mud/index.php?d=intersol2022_abstracts_pg
126. Trang, B., Li, Y., Xue, X.-S., Ateia, M., Houk, K.-N., Dichtel, W.-R.: (2022): Low-temperature mineralization of perfluorocarboxylic acids. Science, Vol. 377, No. 6608, p. 839 – 845. <https://www.science.org/doi/10.1126/science.abm8868>

Development of a methodology for the characterization of toxicological risks related to particulate pollution in underground stations

Développement d'une méthodologie pour la caractérisation des risques toxicologiques liés à la pollution particulaire en enceintes ferroviaires souterraines

Brice BERTHELOT

Tel : 07 62 48 54 33

Email : brice.berthelot@ineris.fr

Ambre Delater^{1,2}, Brice Berthelot¹, Laurent Meunier¹, Sébastien Fable¹, Matheus De Mendonça Andrade¹, Manon Plumail¹, Ghislaine Lacroix¹, Isabelle Coll², Jessica Queron¹

¹ INERIS, 60550 Verneuil-en-Halatte, France

² Univ Paris Est Créteil and Université de Paris, CNRS, LISA, F-94010 Créteil, France

During the same day, public transport users pass through one or more microenvironments and are thus exposed to different forms and intensities of particulate pollution with varying health consequences. In order to mitigate them, these risks need to be better understood. For that, the potential and toxic effects of urban microenvironments on health have to be characterized, for example with *in vitro* studies. These require exposing human epithelial cells to particles collected on filters in the environments of interest. The current methods of sampling on filters have limitations for performing *in vitro* study, as the step of particles desorption from the filter induces modifications of particles' properties (by the use of sonication or solvent), a non-quantitative particle desorption, and interferences on cells by the components of the filter (e.g., contamination of the sample by the fibers of the filter).

In this context, we are looking for an alternative to the filter sampling to carry out *in vitro* study. We identified in the literature the major barriers in order to find a sampling method (i) moveable in microenvironment (e.g., small space without electricity), (ii) suitable with *in vitro* study and with (iii) chemical (e.g., PAH, metals) and physical (e.g., shape, granulometric distribution) analyses to interpret the biological results, (iv) collecting enough particle mass to observe induced effects on cells and (v) in a representative way (i.e., without modification of the particles from the sampled environment).

In support of the TOXinTRANSPORT¹ project, the Aerorep² thesis aims to remove these methodological barriers. For that, 2 bioaerosol samplers (liquid and dry collection) were tested in underground systems, as alternative to the sampling filter. We found that the 2 samplers allow to characterize the induced effects of particles sampled in the underground systems on cells. Metals analyses were also conducted on the samples. The last step will be to study with more details the collection efficiency of the samplers.

¹ Toxicological, chemical and physical characterizations of particles in the cabin air of TRANSPORT in movement. APR IMPACTS ADEME 2018.

² Development of a field aerosol sampling methodology for the assessment of toxicological pulmonary induced effects.

The communication presents the methodology used from the sampling to the exploitation of the samples (i.e., toxicological tests, chemical analyses) and the conclusions and the limitations associated.

Mots-clés : aerosol, microenvironnement, sampling, in vitro test, underground railway station

Smelling out cVOC's. The application of fast, on-site GCMS evaluation of indoor air quality in a building above contaminated soil

L'odeur des COHV. L'application d'une rapide evaluation par analyse GC-MS sur site, de la qualité de l'air intérieur dans un bâtiment situé au-dessus d'un sol contaminé

Pieter Buffel (EnISSA Belgium), Arnout Soumillion, Lars Leunis and Samuel Van Herreweghe (Witteveen+Bos Belgium), Inge De Vrieze (OVAM Belgium)

However indoor air quality is one of the main risk factors resulting from soil and groundwater contamination with cVOC's, effective measurements of indoor air quality are often underexposed in site investigations and risk evaluations. Some causes of the limited attention for sampling and evaluating indoor air might be insufficient knowledge about air quality in buildings and the available sampling and analysis methods or an incorrect cost assessment. In present abstract, a project case is described where real time indoor air monitoring with an innovative GCMS configuration was applied to address a vapor intrusion problem in a reconverted dry cleaning building in the center of Flanders, Belgium.

In August 2019, the public Waste Agency of Flanders (OVAM) commissioned the remediation of a cVOC contamination at a former dry cleaning site. On top of the contamination is a building that currently houses a warehouse and workplace for the municipal technical personnel and a publicly accessible gym. Due to the building occupation, drilling and sampling at the time of investigation was complicated so rather limited data has been collected.

While installing the soil vapor extraction wells at a central location in the building, PID measurements indicated high cVOC concentrations under the buildings concrete floor. Triggered by this observations, indoor air was sampled using a passive diffusive sampler (Radiello™) to evaluate potential vapor intrusion of the cVOC's. As the analytical results showed elevated values of PCE and TCE (2,200 and 54 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), additional measurements across the building were conducted. At every sample location, PCE was detected above the acceptable value. These findings compelled the municipality to temporary restrict access to the entire building.

On the long term, the cVOC contamination will be removed by the ongoing remediation system. However, a solution on the short term was requested to reopen the building for municipalities personnel, the local school and different civil organizations that are using parts of the building. Because of the vapor intrusion problem, a quick and detailed indoor air investigation was needed to identify the impacted parts of the building and to locate the respective vapor intrusion pathways. Passive diffusive samplers are not recommended as they are suitable to measure low concentrations at one place averaged over a certain time, but have a typical sampling time of one or two weeks and comparable lead times in the off-site certified laboratories making it unsuitable to implement short term actions. Common real time measurements (e.g. PID) on the other hand often lack sensitivity or selectivity to detect and distinguish cVOC's originating from indoor sources (fuels, paints, machinery) from vapor intrusion sources.

Therefore the transportable GCMS configuration of EnISSA was invoked to determine the indoor air concentration in each room in real time and to screen specific construction points in the building walls and floors that are suspected for vapor intrusion.

The GCMS is connected to a gas sampling system and uses an optimized method to enable fast analyses of selected cVOC's (PCE, TCE, cis-1,2-DCE, VC and BTEX). Every 1 to 2 minutes a gas sample can be analyzed. A gas standard of the selected compounds is used to correlate GCMS signals to air concentrations. The first measurement setup was about determining the indoor air quality in the

different rooms of the building at ca. 1 meter above floor level. The detected concentrations were comparable with the passive diffusive measurements (max PCE and TCE level: 1,830 and 53 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Spatial variation in the largest space of the building (ca. 400 m^2 , passive diffusive measurements: 290-330 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) was investigated with a grid of 16 measurement points. PCE was detected between 160 and 260 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ with an increasing trend to one corner of the space.

The second setup was to locate the specific intrusion points by screening perforations of floor and walls. PCE was detected in several holes, pipes, shafts in concentrations up to 47,000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

After sealing the identified intrusion points a second indoor air evaluation campaign was performed by EnISSA. The global indoor air concentration of cVOC had decreased, except in one storage area where PCE levels above the norm value were detected (130 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). A detailed investigation of this space revealed PCE intrusion through a cable tube leading from the floor almost to the ceiling that had only been sealed at the floor level. Additional Radiello measurements confirmed that the average indoor air concentration in each space was below the derived acceptable value. Therefore, the building could be put back into use.

Risk Exposure during Showering with Water-Saving Showers

Helene Niculita Hirzel, PhD
Responsable de recherche
helene.hirzel@unisante.ch
T : +41 21 314 7147

The increase in legionellosis incidence in the general population in recent years calls for a better characterization of the sources of infection, such as showering. Water-efficient shower systems that use water atomization technology may emit slightly more inhalable bacteria-sized particles than traditional systems, which may increase the risk of users inhaling contaminants associated with these water droplets.

Therefore, to evaluate the risk, we monitored the number and mass of inhalable water droplets emitted by twelve showerheads—eight using water-atomization technology and four using continuous-flow technology—which have distinct characteristics in terms of water flow rate, water pressure, spray angle, and number of and diameter of nozzles – in a shower stall. The water-atomizing showers tested not only had lower flow rates, but also larger spray angles, less nozzles, and larger nozzle diameters than those of the continuous-flow showerheads. We observed a difference in the behavior of inhalable water droplets between the two technologies, both unobstructed and with the presence of a mannequin in the shower stall. The evaporation of inhalable water droplets emitted by the water-atomization showers favored a homogenous distribution in the shower stall. In the presence of the mannequin, the number and mass of inhalable droplets increased for the continuous-flow showerheads and decreased for the water-atomization showerheads. The water-atomization showerheads emitted less inhalable water mass than the continuous-flow showerheads did per unit of time; however, they generally emitted a slightly higher number of inhalable droplets (1.6 times more), including those large enough to carry a bacterium each—only one model performed as well as the continuous-flow showerheads in this regard.

Therefore, we decided to experimentally assess the aerosolisation rate of bacteria, in particular of the opportunistic water pathogen *Legionella pneumophila*, during showering with one shower system representative of each technology. To achieve this objective, we performed controlled experiments inside a glove box and inside the shower stall to determine the emitted dose and viability of airborne bacteria including *Legionella*. The bioaerosols were sampled with a Coriolis® Delta air sampler and the total number of viable (cultivable and noncultivable) bacteria was determined by flow cytometry and culture. We found that the rate of viable and cultivable *Legionella* aerosolized from the water jet was similar between the two showerheads: the viable fraction represents 0.02% of the overall bacteria present in water, while the cultivable fraction corresponds to only 0.0005%. The two showerhead models emitted a similar ratio of airborne *Legionella* viable and cultivable per volume of water used. Similar results were obtained with naturally contaminated hoses tested in shower stall. Therefore, the risk of exposure to *Legionella* is not expected to increase significantly with the new generation of water-efficient showerheads.

Keywords: Legionella; bioaerosols; shower systems; atomization technology; risk assessment

References:

Risk Exposure during Showering and Water-Saving Showers

Niculita-Hirzel Hélène, Goekce Sami, Jackson Caroline Eliane, Suarez Guillaume, Amgwerd Luc, 2021/09/28. *Water*, 13 (19) p. 2678.

Risk Exposure to Legionella pneumophila during Showering: The Difference between a Classical and a Water Saving Shower System.

Niculita-Hirzel H., Vanhove A.S., Leclerc L., Girardot F., Pourchez J., Allegra S., 2022/03/10. *International journal of environmental research and public health*, 19 (6) p. 3285.

DETOX – Surventilation des bâtiments avant livraison

Claire-Sophie COEUDEVEZ¹, Sylvie TRAVERSE², Charline DEMATTEO³,
Guillaume PASCAL⁴, Julien BOXBERGER⁵

¹ Medieco Conseil & Formation, ² GINGER BURGEAP ; ³ INDDIGO, ⁴ ExplorAir ; ⁵ ALLIE'AIR

Projet DETOX co-financé par l'ADEME

Mots clés QAI, COV, air intérieur, surventilation, surchauffe, flush-out, bake-out

RÉSUMÉ

L'amélioration de la qualité de l'air intérieur est aujourd'hui intégrée dans divers référentiels de labels, méthodes ou certifications tant en France qu'à l'international. Ces documents préconisent généralement une surventilation du bâtiment avant la réalisation de mesures de concentrations de polluants dans l'air.

La surventilation, aussi appelée flush out ou building flush, vise à accélérer le relargage des composés gazeux par les matériaux et favoriser leur évacuation à l'extérieur du bâtiment. Autrement dit, l'augmentation des débits à réception a deux objectifs :

- Accélérer la réduction des émissions des matériaux avant l'arrivée des occupants,
- Réduire la concentration de ces polluants dans l'air intérieur pour garantir des niveaux acceptables.

Si le phénomène de dégazage des matériaux est a priori facilement compréhensible, peu d'études ont été menées pour évaluer son efficacité et les bonnes conditions de sa mise en œuvre.

Le projet DETOX, lauréat de l'appel à projet CORTEA de l'ADEME, vise à mieux appréhender cette surventilation à travers l'évaluation de son efficacité et des difficultés de mise en œuvre. Le projet a permis de développer un protocole de surventilation pour deux typologies de bâtiment et d'identifier les contraintes, bénéfiques et bonnes pratiques de surventilation.

Préalable indispensable à l'orientation des expérimentations, le projet a débuté par un état de l'art des connaissances actuelles sur le processus de surventilation. Cette tâche avait pour objectifs de décrire les processus physiques et les bénéfices observés dans la littérature mais aussi de recenser et d'analyser les techniques actuelles de dégazage des matériaux à la réception des bâtiments et les recommandations de mise en œuvre associées.

Des essais en laboratoire ont été réalisés sur une peinture et un panneau MDF pour évaluer l'influence de paramètres physiques (vitesse d'air, humidité relative et température) sur les émissions des matériaux en chambre d'essai contrôlée. Sur les deux matériaux testés en laboratoire, il ressort que l'effet combiné de surventilation et surchauffe semble le plus intéressant vis-à-vis de la réduction des émissions et des concentrations de polluant dans l'air. Les premiers résultats ont d'ailleurs été présentés lors du dernier colloque Atmos'fair.

Deux expérimentations sur sites réels, une école et des logements collectifs, ont été conduites. Un protocole de surventilation a été défini pour chaque bâtiment et mis en œuvre sur des durées allant d'une à plusieurs semaines afin d'évaluer l'efficacité de ces protocoles sur les concentrations en polluants dans l'air intérieur. Les mesures de qualité de l'air réalisées dans l'école élémentaire expérimentée ont montré que l'effet couplé de la ventilation et de la hausse des températures permettent une réduction des concentrations de l'ensemble des polluants. Dans le second bâtiment de logements collectifs, l'utilisation de produits faiblement émissifs, la mise en fonctionnement de la ventilation et chauffage en amont de la livraison et le recours à une période d'immobilisation du bâtiment ont montré des résultats positifs pour la qualité de l'air intérieur même si les conditions expérimentales peuvent s'avérer difficiles à répliquer.

L'ensemble des apports du projet DETOX ont permis de proposer des recommandations de ventilation permettant d'améliorer la qualité de l'air intérieur avant l'arrivée des occupants. Ces recommandations distinguent systèmes de ventilation simple flux ou double flux. Ils reposent sur l'utilisation des systèmes de ventilation définitifs du bâtiment pendant la période des Opérations Préalables à la Réception (OPR) et a minima pendant 28 jours. Ils recommandent également en conditions hivernales la mise en route du chauffage pendant cette période. Enfin, les protocoles recommandent la réalisation de mesures de qualité de l'air avant l'arrivée des occupants pour contrôler les concentrations en polluants dans l'air.

Si ces protocoles doivent apporter des bénéfices pour la qualité de l'air intérieur avant l'arrivée des occupants, les résultats ont également montré la nécessité de respecter les prérequis avant la mise en œuvre de la surventilation et notamment : le choix de produits de construction faiblement émissifs, la fin de toutes les opérations de nettoyage et de retouches avant la mise en fonctionnement des installations de ventilation.



Amélioration de la Qualité de l'air dans l'habitat : Validation expérimentale, basée sur des mesures en continu, de la réduction du transfert vers l'intérieur des polluants de l'air extérieur par la mise en œuvre d'une solution de filtration de l'air neuf

IAQ improvement in dwellings: Experimental validation based on continuous measurements, from the reduction of indoor transfer of outdoor air pollutants through the implementation of a new air filtration solution

PETIT Philippe
Président de MLER SAS
431 Impasse de Putignet
73310 RUFFIEUX
Philippe.Petit@MLER.fr
Mobile : +33(0)679229050

1. Caractère innovant

C'est une méthode expérimentale innovante qui a été développée et mise en œuvre au cours de ce projet. Celle-ci s'appuie tout d'abord sur des mesures en continu (monitoring) des polluants principaux de l'air, permettant à la fois une analyse différentielle précise air extérieur / air intérieur, ainsi qu'une quantification des transferts pour les grandes familles de polluants. Cette méthode expérimentale a été voulue sur une longue période intégrant des phases saisonnières et d'occupation du pavillon.

C'est dans cette approche globale que réside l'innovation.

2. Mots clefs

QAI / Qualité d'air intérieur
QAE / Qualité d'air extérieur
Transferts de polluants
Monitoring
Filtration
Épuration
Odeurs
Particules fines
Formaldéhyde
Dioxyde d'azote (NO₂)

3. Objectifs

La qualité de l'air est un sujet complexe et multifactoriel. Rationaliser l'approche pour arriver à une analyse efficace permettant de cerner la qualité sanitaire des bâtiments, et les moyens à mettre en œuvre pour l'améliorer, est essentiel.

L'origine du projet résidait dans la volonté d'identifier la cause d'une problématique d'odeur dans un pavillon résidentiel, probablement liée au transfert d'une pollution de l'air extérieur vers l'intérieur. En complément à l'analyse, l'objectif complémentaire a été de valider l'efficacité de solutions permettant de résoudre le problème.

4. Déroulé de l'étude expérimentale

Suite à un constat de fortes odeurs semblant être générées par la combustion d'un système de chauffage au bois d'une maison voisine, un propriétaire, qui souhaitait ester en justice, a sollicité la société MLER (conseiller en environnement intérieur), pour l'aider à étayer son dossier. Nous lui avons proposé, préalablement, de réaliser une campagne de mesures à long terme, afin, d'une part, de mieux comprendre la problématique et d'autre part de tenter d'y apporter une solution, et ainsi éviter une procédure juridique longue. Cette étude propose le suivi et l'analyse de la Qualité de l'Air à l'intérieur et à l'extérieur du pavillon pendant plus de 30 semaines.

Pour cela, et compte tenu des coûts générés par une telle étude, les moyens et compétences de 3 sociétés ont été nécessaires :

- ANJOS Ventilation, pour la fourniture d'entrées d'air filtrantes,
- ETHERA, pour la fourniture des moyens métrologiques et d'épuration,
- MLER, pour le suivi et l'analyse des données.

Les mesures ont été réalisées entre fin septembre 2021 et juillet 2022, pendant différentes périodes :

- Période estivale, hors chauffage, avec et sans filtration sur les entrées d'air,
- Période hivernale, avec chauffage, avec et sans entrées d'air filtrantes.

A l'extérieur, ont été mesurés température, humidité, particules fines, COV légers et totaux, NO₂. A l'intérieur, en complément des précédentes, ont été enregistrés le CO₂ et le Formaldéhyde (polluant lié aux équipements mobiliers). Les deux stations embarquent les mêmes micro-capteurs qualitatifs, ceci a permis d'effectuer une comparaison fiable sur chacun des polluants étudiés.

Le système de ventilation d'air existant de la maison a été contrôlé et le renouvellement d'air mesuré à chaque étape importante de l'étude, et en particulier avant et après la mise en place des entrées d'air filtrantes afin de vérifier leur impact éventuel sur le plan aéraulique.

Un suivi des filtres a également été réalisé (évolution de la perte de charge, de l'efficacité, de l'aspect visuel...).

Enfin, pour compléter l'étude, un épurateur d'air fonctionnant en recyclage, de manière ponctuelle ou permanente, a été mis en place afin d'évaluer son apport sur la Qualité de l'Air Intérieur en complément de la ventilation/aération du logement, et en synergie avec la filtration sur les entrées d'air.



5. Conclusion

Plus de 40 semaines de mesures ont été enregistrées avec de nombreuses conditions extérieures différentes (pics de pollution etc...), permettant d'évaluer assez précisément le taux de transfert des polluants de l'extérieur vers l'intérieur, et donc de procéder à une analyse très fine des impacts de la pollution extérieure sur l'air intérieur.

Grâce à la collaboration active des occupants, et les commentaires quotidiens qui ont été fournis, l'interprétation des mesures a pu être grandement enrichie.

L'efficacité de la solution apportée a pu être démontrée tant par la mesure de l'amélioration du taux de transfert des polluants de l'extérieur vers l'intérieur que par le ressenti des occupants eux-mêmes, notamment la disparition des odeurs à l'origine de l'étude.

Development of a ventilation system with air quality and energy performance optimization

Alain GUIAVARCH¹, Sylvie TRAVERSE¹, Franck ALESSI², Fiona PELLETIER³

¹GINGER-BURGEAP, Département R&D, 19 rue de la Villette, 69003 Lyon

²Univ. Grenoble Alpes, CEA, Liten, Campus Ines, 73375 Le Bourget du Lac, France

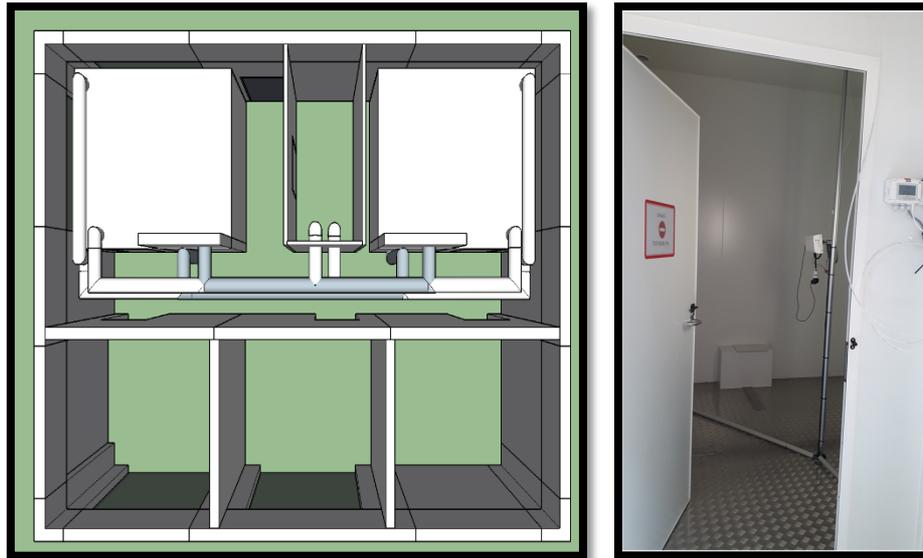
³Tera environnement, 628 rue Charles de Gaulle, 38920 Crolles

Summary

The RE2020 environmental regulation for buildings imposes a limitation of energy consumption, which induces strong constraints on air renewal rates with regulatory values based on hygienic criteria. At the same time, indoor air quality is an important public health issue, and there is a growing demand for systems that allow better management of pollution in indoor environments. The increase of air renewal rates, which has a direct effect on the dilution of pollutants, is one of the preferred solutions because it is relatively simple to implement. However, this technique can be contradictory to energy management.

In this context, GINGER BURGEAP has co-developed, within the framework of a partnership project supported by the Auvergne-Rhône Alpes Region, ventilation flow control algorithms according to the concentration of several classes of pollutants coming from internal sources (CO₂, TVOC and LVOC). An experimental prototype deployed in the FACT platform of the CEA (INES) has allowed to test the operation of such a system, to evaluate the benefits compared to a classical ventilation control, and to validate the control algorithms specifically developed.

The experimental set-up was made of two identical rooms (each room being of the same size as an individual office room). The concentration of pollutants is accurately controlled according to a system specifically designed for this project. The ventilation system in the reference room is controlled only according to a fixed hourly schedule, and the system in the other room is controlled according to the algorithm specifically developed for the project.

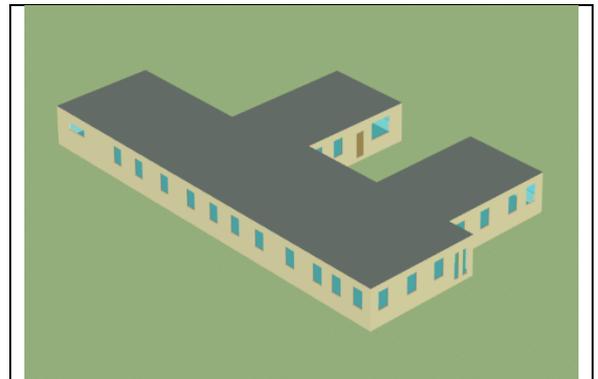


Experiental set-up : design top view (left) and photo at the entrance of one room (right)

The algorithm has been developed with basic control loops (differential controller with hysteresis and proportional controller). The innovative part of the projet has consisted of mixing different control loops in order to manage several air quality control signals simultaneously.

The modeling work also allowed to set up a methodology to evaluate the impact on the energy consumption of the building. The methodology consisted in coupling a thermal simulation tool (TRNSYS) with a contaminant simulation tool (CONTAM). The resulting coupled simulation tool is able to simulate buildings according to transient conditions for a whole typical year.

An application by modeling on a case study (office building) shows that such a regulation system would allow to decrease the concentration of TVOC by 37%, while controlling the heating consumption which only increases by 6%.



Case study illustration (building simulation model).

This research project has enabled progress to be made on the study of innovative ventilation systems, and the prospects for application and development are numerous (integration of additional types of pollutants, application to renovation projects as well as to construction projects, etc.). The methodology implemented allows to go up to the economic assessment of the system and aims at helping the design and the operation of ventilation systems.

The VIP (Ventilation Intelligente et Performante) research project, from which the results of this study are derived, was made possible thanks to the financial support of the Auvergne Rhône-Alpes region, and was accredited by the AXELERA competitiveness cluster

EXPORIP : Quand la science participative produit des connaissances sur la dérive des produits phytosanitaires

V. Peynet¹, F. Veillerette², N. Lauerjat² et G. André¹

¹ Science Concept, 2 rue de la Durance, 67100 Strasbourg, France

² Générations Futures, 935 Rue de la Montagne, 60650 Ons en Bray, France

Mots clés : pesticide, riverain, pollution, dérive, science participative

Depuis plusieurs années maintenant, les Associations de Surveillance de la Qualité de l'Air réalisent des mesures des niveaux de pollution de l'air ambiant par des pesticides. Les données publiées montrent que ces substances sont présentes dans l'air avec des pics de concentration correspondant aux périodes de traitement agricoles.

Au moment de leur application, les produits phytosanitaires utilisés sur les cultures peuvent dériver. Les riverains des parcelles traitées sont logiquement les populations les plus exposés et plusieurs campagnes de mesure ont pu démontrer une pollution durable de l'air intérieur des logements situés à proximité des cultures. Les occupants sont donc exposés quotidiennement à des substances dont la toxicité chronique est peu documentée.

Dans son expertise collective, l'INSERM souligne le manque de donnée sur l'exposition des riverains aux résidus de produits phytosanitaires et que des effets sur la santé des riverains ne sont pas à exclure. Des recherches scientifiques sont donc nécessaires pour améliorer ces connaissances.

Pour limiter l'exposition des riverains, des zones de non-traitement (ZNT) ont été mises en place et des distances allant jusqu'à 20 m à partir de la limite de propriété ont été définies pour les substances les plus préoccupantes. Entre les riverains et les agriculteurs, ces distances font l'objet de vifs débats.

A quelle distance d'application, l'exposition des riverains aux pesticides agricoles est-elle significativement réduite ?

L'étude participative EXPORIP pour EXPOSITION des Riverains aux Pesticides a été élaborée par l'association Générations Futures et YOOTEEST pour répondre à cette question de santé publique et de société civile. L'objectif est de mesurer en laboratoire la présence de résidus de pesticides déposés sur les vitres des bâtiments riverains.

Le verre des vitres est un matériau inerte et commun à quasiment toutes les constructions. Un prélèvement avec une lingette sur une surface connue précisément est très simple à réaliser. L'analyse des lingettes a porté sur une liste de 30 pesticides d'usage agricole autorisé en 2021 (Ephy, ANSES) sélectionnés sur la base des quantités vendues en France en 2019 (BNVD) et des possibilités d'analyse par chromatographie et spectrométrie de masse.

En 2021, les participants à ce projet scientifique ont été mis à contribution pour le financement de leurs analyses et pour la collecte des échantillons. Grâce à cette mobilisation citoyenne, des données environnementales fiables et uniques ont été obtenues sur la présence de résidus de pesticides en fonction des distances et du type de culture.

L'étude a été reconduite en 2022 pour obtenir plus de données afin de pouvoir disposer d'une force statistique suffisante pour conclure sur les tendances observées lors de la campagne réalisée en 2021.

APPROCHE HOLISTIQUE DE LA QAI

VirexpR – Lyonbiopôle – bâtiment domilyon – 321 avenue Jean Jaurès – 69007 Lyon

Anais Proust (CEO) – 06 82 71 59 37 - anais.proust@virexpr.fr

AERius Conseil – AERius Lab -6 rue Pierre Benoit – 33140 Villenave d’Ornon

Thierry Perlant (DG) – 06 88 47 65 32 – tperlant@aerius-conseil.org et Olivier Allières (Président) –
06 76 12 79 04 – oallieres@aerius-conseil.org

L’approche holistique de la QAI est un axe stratégique des réflexions et des études à mener pour la compréhension des mécanismes de caractérisations, de transmissions, de traitement et d’élimination des polluants dans les environnements intérieurs.

Elle fait converger plusieurs axes de recherche : études sur les contaminants de l’air (chimiques, particulaires, microbiologiques), la conception des bâtiments, l’architecture des locaux, les techniques de ventilation et d’aération, la maîtrise énergétique. Elle se veut donc être le lien entre tous les acteurs, y compris le législateur qui doit engager une évolution réglementaire et sociétale sur la QAI.

En effet, la crise COVID a mis en évidence un manque de connaissances scientifiques pour accompagner et construire une approche sanitaire, conceptuelle et technologique dans un objectif de maîtrise de la contamination. Elle a aussi montré les limites d’une stratégie « protection individuelle » versus « protection collective ». Si la pandémie a été un révélateur plus fort que les précédentes pandémies, il n’en demeure pas moins que les impacts sanitaires d’une mauvaise QAI sont connus depuis longtemps mais que ni la réglementation, ni les dogmes architecturaux et conceptuels n’ont intégré un volet sanitaire global pour l’air (notamment sur les particules viables).

A partir d’une synergie axée sur les plateformes respectives de VirexpR et d’AERius Conseil, l’approche holistique consistera à étudier et décrire ce qui se passe réellement dans les interactions ventilation/polluants/paramètres environnementaux/ en développant des environnements intérieurs (bancs d’essais et scale up) où des scénarii de pollutions intérieures et de moyens de traitement d’air actuels et/ou en développement seront testés et analysés. L’apport de ces data doit permettre d’accompagner les évolutions réglementaires futures, d’intégrer une approche sanitaire de l’air dans le bâtiment depuis la conception jusqu’à son exploitation.

Les études menées dans les bancs d’essais chez VirexpR ont pour objectifs de développer et d’évaluer en conditions réelles de contaminations microbiologiques et virologiques (comme le SARS Cov2) , de nouvelles générations d’équipements de protection individuelle pour plus de sécurité, de confort, le tout avec une empreinte environnementale réduite. Au sein de la plateforme AERius Lab, la reproduction en grandeur réelle d’environnements intérieurs permet de tester les technologies de ventilation et d’aération en configuration classique (celle de la réglementation) mais également en mode R&D et d’étudier les niveaux de maîtrise atteints sur différents polluants de l’air.

A partir des données analysées, il sera envisageable de construire des méthodologies et des protocoles robustes afin de caractériser le niveau de prévention sanitaire acceptable (en cas de crise pandémique par exemple) d’un environnement intérieur et qui viendront alimenter la réflexion normative et accompagner l’évolution des documents techniques (notamment en ventilation/aération) de conception des environnements intérieurs.

intersoil'2022

International Conference on Soils, Sediments and Water

En co-organisation avec
Georganiseerd in samenwerking met
In co-organization with



bruxelles
environnement
leefmilieu
brussel
.brussels



assainir - valoriser les sols
spaque

Quelle Stratégie pour les Sols Européens en 2030 ?

Welke strategie voor de Europese bodems in 2030?

What Strategy for European Soils in 2030?

5 & 6/10/2022

Bruxelles, Brussel, Brussels

CONFÉRENCES - CONFERENTIE - CONFERENCES
Inscription • Inschrijving • Registration

EXPOSITION - TENTOONSTELLING - EXHIBITION
Réserver un stand • Boek een stand • Book a stand

www.webs-event.com

Au programme / Onderwerpen / In the program

- Sol et Climat / Bodem en klimaat / Soil and Climate
- Sol et Economie circulaire / Bodem en de circulaire economie / Soils and circular Economy
- Zéro artificialisation des sols / Nul bodemverharding / Zero soil artificialization
- Sols et Biodiversité / Bodem en biodiversiteit / Soils and Biodiversity
- Quelles pratiques pour gérer durablement les sols ? / Welke praktijken voor duurzaam bodembeheer? / What practices for sustainable soil management?
- Sols et gestion numérique / Bodem en digitaal beheer / Soils and digital management
- Atelier NWE-Regeneratis / Werkplaats NWE-Regeneratis / NWE-Regeneratis Workshop

Interprétation simultanée / Simultaanvertaling / Simultaneous Translation

Formation / Opleiding / Training

Colloquium recognized for the obligation to train experts in soil pollution in Brussels

11 hours in « Good Soil, integrated soil management »

1 hour in « innovative techniques »

Colloque reconnu par le Département du Sol et des Déchets de la DG03 dans le cadre des dispositions de l'article 30, § 1^{er}, 6° de l'AGW du 6-12-2018 relatif à la gestion et l'assainissement des sols, à concurrence de **2 heures** par journée de participation



ALTAROAD





Mercredi 21 septembre 2022
Wednesday September 21, 2022

09h00

Accueil des participants / Welcoming participants

Aménagements urbains et mobilité / Urban planning and mobility

09h30

Déploiement d'un réseau de microcapteurs pour évaluer l'impact de la piétonisation d'une avenue sur la qualité de l'air, à Yaoundé au Cameroun / [Deployment of a network of microsensors to assess the impact of pedestrianization of an avenue on air quality, in Yaoundé, Cameroon](#)

Manon Gellé, Cheffe de projet qualité de l'air – AtmoTrack

09h50

Nouvelles solutions pour l'air ambiant. La mobilité plus accessible que jamais / [New solutions for ambient air. Mobility more accessible than ever](#)

Stéphane Valette, Directeur Commercial – ENVEA

10h10

Composés organiques volatils issus des catalyseurs trois voies d'un modèle de motorisation essence / [Volatile organic compounds from the three-way catalysts of a gasoline engine model](#)

Essyllt Louarn, Enseignante-Chercheure, Maître de Conférence – IRCELYON

10h30

Caractérisation des particules fines issues de la navigation fluviale ou maritime (CAPNAVIR) / [Characterization of fine particles from river or maritime navigation \(CAPNAVIR\)](#)

Malika Souada, Responsable d'études qualité de l'air – Cerema

10h50

Pause café / [Coffee break](#)

11h20

Les PFAS volatils : réglementation applicable et à venir pour leur limitation et leur gestion / [Volatile PFAS : actual and future regulations for their limitation and management](#)
Laurence Lanoy, Avocat associé – Laurence Lanoy Avocats

11h40

Suivi en ligne de l'émission des unités de gaz et d'odeurs (OU) et identification des sources d'odeurs d'un site industriel, en utilisant une nouvelle génération d'analyseurs de gaz et d'odeurs / [Online monitoring of the emission of gas and odor \(OU\) units and identification of odor sources of an industrial site, using a new generation of gas and odor analyzers](#)
Jean-Christophe Mifsud, Président – Ellona

12h00

Surveillance de l'impact sur l'environnement des retombées atmosphériques : développement de valeurs repères actualisées pour l'interprétation des données environnementales / [Monitoring the environmental impact of atmospheric deposition: towards updated reference values for the interpretation of environmental data](#)
Matthieu Bagard, Responsable d'études – BioMonitor

12h20

Prélèvement d'air ou gaz de sols automatisé en milieu industriel / [Automated air or soil gas sampling in an industrial environment](#)
Laurent Rémy, Business Development Manager – Ecomesure

13h00

Déjeuner / Lunch

14h00

Des prélèvements de Biogaz à la réponse post-accidentelle / [From Biogas samplings to post-accident response](#)
Audrey Piechocki, Ingénieur Développement Air – SGS

14h20

Conception et déploiement de réseaux de capteurs à faible coût basés sur LoRaWAN pour la surveillance de la pollution industrielle et la quantification des émissions fugitives par modélisation de la dispersion inverse / [Design and deployment of LoRaWAN-based low-cost sensor networks for industrial pollution monitoring and fugitive emission quantification by Reverse Dispersion Modeling](#)

- *Olivier Duclaux, Ingénieur HSE - TotalEnergies OneTech*
- *Walid Bechkit, Maître de conférences - INSA-Lyon*

14h40

Systèmes d'analyse en continu de composés organiques polycycliques dans l'air ambiant /
[Continuous monitoring systems for polycyclic aromatic hydrocarbons in ambient air](#)
Jean-Philippe Amiet, Directeur commercial et service client – Chromatotec

15h00

Pause café / [Coffee break](#)

15h30

Détection et quantification du méthane : Évaluation comparative de plusieurs techniques basées sur des tests en aveugle avec émission contrôlée pour des applications réelles sur sites O&G / [Methane detection and quantification : Comparative evaluation of several technics based on blind test with controlled release to real O&G site applications](#)
Olivier Duclaux, Ingénieur HSE - TotalEnergies OneTech

15h50

Le potentiel des capteurs de qualité de l'air à bas coût sur les drones pour la caractérisation des panaches de feux industriels : choix des capteurs et outils innovants pour caractériser les performances de mesure / [The potential of low-cost air quality sensors on UAVs for industrial fire plumes characterization: choice of sensors and innovative tools for characterizing measurement performance](#)
Brice Berthelot, Ingénieur Etude et Recherche en qualité d'air - INERIS (Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques)

16h10

La spectrométrie de masse à temps de vol et à transfert de protons au service de la caractérisation et de la surveillance de la qualité de l'air dans des environnements complexes / [Time-of-flight and proton transfer mass spectrometry for air quality characterization and monitoring in complex environments](#)
Joris Leglise, Expert scientifique – Addair

16h30

40 ans d'expérience dans les technologies du traitement de l'air et des gaz – Cas des Composés Organiques Volatils / [40 years of experience in air and gas treatment technologies – Case of Volatile Organic Compounds](#)
Patrice Vasseur, Sales Engineer – John Cockerill Environment

16h50

Questions – Réponses – Discussions
[Questions – Answers – Discussions](#)

17h30

Fin de la deuxième journée / [End of day two](#)
Fin du congrès / [End of the congress](#)



Déploiement d'un réseau de microcapteurs pour évaluer l'impact de la piétonisation d'une avenue sur la qualité de l'air, à Yaoundé au Cameroun

Manon GELLE, Cheffe de projet qualité de l'air – AtmoTrack
manon@atmotrack.fr

Partenaires et financeurs du projet

AtmoTrack, Des Villes et Des Hommes (DVDH), Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale (INSERM), Ministère de l'Economie, des Finances et de la Relance.

Caractère innovant du sujet proposé

- Déploiement d'un réseau de microcapteurs dans la capitale d'un pays dépourvu de données de référence sur la qualité de l'air
- Déploiement de microcapteurs à certains points fixes, mais également de microcapteurs en mobilité
- Evaluation de l'impact de la piétonisation d'une avenue sur la qualité de l'air
- Sensibilisation de la population à la qualité de l'air via une application mobile citoyenne

Mots-clés

Qualité de l'air, microcapteurs, données, piétonisation, transport, particules fines, évaluation, mesure, sensibilisation, santé combustion, ...

Objectifs

- Obtenir des données de qualité de l'air hyperlocales en temps réel pour la ville de Yaoundé
- Mettre en place des actions pour réduire la pollution de l'air
- Evaluer l'impact de ces actions sur la qualité de l'air

Résumé

Au Cameroun, les données concernant la qualité de l'air sont peu nombreuses, au vu de l'absence de surveillance réglementaire. Dans le cadre de son Plan de Mobilité Urbaine Soutenable, la Communauté Urbaine de Yaoundé (CUY) a réalisé des premières mesures en 2018 et les résultats se sont avérés préoccupants. C'est dans ce contexte que la CUY a souhaité mettre en place des outils de lutte contre la pollution atmosphérique.

Le projet a donc consisté à installer, en octobre 2020, un premier déploiement de 40 microcapteurs, certains mobiles et d'autres fixes. Les capteurs permettent de remonter en temps réel plusieurs mesures, dont notamment les concentrations de particules fines (PM1, PM2.5 et PM10).

Les premières mesures ont révélé des concentrations journalières alarmantes en particules fines, dépassant régulièrement les valeurs recommandées par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS). Il a également été mis en évidence que les différentes saisons (saison des pluies ou saison sèche) avaient un impact sur la qualité de l'air.

Afin de limiter la pollution atmosphérique, un ensemble d'actions a été mis en place en novembre 2021 (Semaines de la Qualité de l'Air) :

- la piétonisation de la moitié de l'Avenue Kennedy (centre-ville)
- 400 consultations gratuites auprès de personnel de santé spécialisé
- une sensibilisation des passants sur la qualité de l'air dans leur ville (application citoyenne sur smartphone 'Caeli by AtmoTrack')

L'impact de la piétonisation sur la qualité de l'air a été évalué grâce aux différents microcapteurs déployés. Après analyse, il a été constaté une diminution moyenne des concentrations en PM2.5 de $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ au niveau de l'avenue en lien avec la piétonisation.

Suite au succès de cet événement, le Maire de la Ville a décidé de prolonger les aménagements et de les étendre aux rues adjacentes. Le réseau de microcapteurs va également rester sur place pour poursuivre les mesures.

Développement des moyens mobiles de mesure de la qualité de l'air

Stéphane Valette, Directeur Commercial – ENVEA

s.valette@envea.global

Les besoins d'expertise sur la qualité de l'air au plus près des citoyens, de prévention à la suite d'incidents ou d'étude d'impact (incendies, accident industriel, etc.) augmentent depuis déjà plusieurs années. Les dernières orientations de la loi SEVESO 2 confortent d'ailleurs cette tendance. Cette demande exige des moyens de mesure facilement déployables, mobiles... pourquoi pas autonome et impose des solutions d'analyse adaptées.

En conséquence, les solutions de mesure de la qualité de l'air mobiles, compactes et autonomes en énergie sont une solution adaptée à cette problématique.

Fidèle à sa position d'acteur innovant de la mesure environnementale, ENVEA avait déjà appréhendé ces questions par un développement démarré en 2010 et qui perdure jusqu'à aujourd'hui dans la feuille de route R&D.

L'éco-conception de la dernière génération nous a permis de développer les points suivants :

- Miniaturisation des technologies
- Optimisation des bilans énergétiques (Consommation électrique, dissipation thermique, stabilité des mesures, et possibilité de fonctionnement sans climatiseur)
- Ouverture vers d'autres sources d'énergies (Batteries Lithium, panneaux solaires)

L'objectif est de présenter un état de notre REX sur ces applications et montrer combien cette orientation n'est pas seulement une adaptation d'un moyen existant, mais qu'il doit être pensé dès sa conception.

Development of mobile means of air quality monitoring

Stéphane Valette, Directeur Commercial – ENVEA

The needs for expertise on air quality as close as possible to citizens, prevention following incidents or impact studies (fires, industrial accidents, etc.) have been increasing for several years now. The latest orientations of the SEVESO 2 law further confirm this trend.

This demand requires measuring means that are easily deployable, mobile...why not autonomous and imposes adapted analysis solutions.

As a result, mobile, compact and energy-autonomous air quality measurement solutions are a suitable solution to this problem.

Faithful to its position as an innovative player in environmental measurement, ENVEA had already addressed these issues through a development started in 2010 and which continues to this day in the R&D roadmap.

The latest generation eco-design has enabled us to develop the following points :

- Miniaturization of technologies
- Optimization of energy balances (electricity consumption, heat dissipation, stability of measurements, and possibility of operation without air conditioning)
- Openness to other energy sources (Lithium batteries, solar panels)

The objective is to present a state of our REX on these applications and show how much this orientation is not only an adaptation of an existing means, but that it must be thought of from its conception.

Composés organiques volatils issus des catalyseurs trois voies d'un modèle de motorisation essence

Essyllt Louarn, PhD, Maitre de conférences

IRCELYON

2 avenue A. Einstein

69626 Villeurbanne, France

Tel : 0472448066

essyllt.louarn@ircelyon.univ-lyon1.fr

essyllt.louarn@universite-paris-saclay.fr

Collaborateurs du projet : A. Boreave, C. George, P. Vernoux (IRCELYON, Villeurbanne) et G. Raffin (ISA, Villeurbanne)

Résumé : Les nouvelles réglementations des véhicules individuels sont de plus en plus drastiques. La future norme EURO7 n'est pas encore légale, mais elle rendra obligatoire la diminution des émissions de particules, notamment les plus fines (< 23 nm), quelles que soit les motorisations, les émissions d'ammoniac et réduira encore plus les niveaux d'émissions des véhicules en CO, CO₂, NO_x, ...

La formation des particules les plus fines est liée aux émissions de composés organiques volatils (COV) émis en sortie d'échappement. Dans ce projet, nous nous proposons d'étudier la formation des COVs en sortie d'échappement. Dans un premier temps, nous avons observé la formation de COV en aval d'un catalyseur trois-voies (TWC pour Three-Way Catalytic Converter) commercial dans un gaz d'échappement modélisé sur un banc *ad hoc*.

Ce banc permet de reconstituer un mélange gazeux proche de celui des échappements de véhicules essence. Les hydrocarbures (HC) sont modélisés par deux HC simples : le propane et le propène. Le mélange gazeux contenant CO, CO₂, O₂, HC, NO et H₂O dans des conditions fluctuant autour de la stœchiométrie dites riche ou pauvre est porté à des températures de 100 à 600°C avant de traverser un baby monolithe en cordiérite enduit d'un catalyseur TWC.

Différentes méthodologies d'analyse sont mises en place (IR, chimiluminescence, µGC, ...). Les COV sont analysés par des techniques temps-réel (MIMS) ou non (TD-GC-MS).

Malgré l'utilisation d'HC relativement simples, on observe la formation de nombreux COV oxygénés dans des conditions humides (3% en vol. d'eau) et plutôt nitriles dans des conditions sèches, ainsi que des aromatiques quelles que soient les conditions. Ces COV sont essentiellement observés pour des domaines de température intermédiaires (200-400°C), qui correspondent à ceux atteints lors de trajets courts, donc de démarrage ou en zone urbaine. Ces émissions de COVs sont concomitantes à la formation de N₂O, polluant et puissant gaz à effet de serre qui sera probablement réglementé par la nouvelle norme EURO 7. De plus, la méthode TD-GC-MS a permis de mettre en évidence la formation d'espèce plus grosses, qui pourraient conduire à la formation d'aérosols secondaires et donc de particules fines dans l'air.

Atmos'fair 2022 – 20&21 septembre 2022 – Lyon

Characterization of fine particles from river or maritime navigation

Malika SOUADA : Responsable d'études qualité de l'air au Centre d'Études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement (**Cerema**).

E-mail : malika.souada@cerema.fr

Abstract

The Capnavir project, led by Cerema, winner of the CORTEA research call for projects financed by ADEME, aims to increase knowledge and characterize the fine and ultrafine particles (not regulated) emitted by maritime and river traffic. The experimental site is the port of Bordeaux, which is a city port with multiple sources of pollution linked to urban activity and close to the population.

An intensive measurement campaign was carried out in September 2021 using active sensors, placed along the banks of the Garonne as close as possible to the navigation area and equipped with mini-meteorological stations to take account of local conditions. This experiment seeks to distinguish emissions from river and passenger ship traffic from those from road traffic. It aims to characterize fine PM_{2.5} and ultrafine particles, in particular black carbon (BC), to identify the origin of the emission source, and particulate matter was also measured in number. During this experiment, other pollutants were measured, namely sulphur dioxide SO₂, a pollutant characteristic of maritime traffic, nitrogen dioxide NO₂, CO and CO₂. An inverse modeling study was carried out to characterize their emission sources for maritime and river traffic, particularly during the more emissive maneuvering phases and long stays at berth.

Key words :

Air pollution, fine and ultrafine particles, city-port, shipping traffic, characterization.



Laurence LANOY
Attorney -
Managing Partner
PH.D in Law. Specialization certification in
environmental law
3, rue Antoine Arnauld • 75016 PARIS
Tél. +33 (0)1 45 20 13 10 •
llanoy@laurencelanoy.com

Volatile PFAS : actual and future regulations for their limitation and management

Per and polyfluoroalkyl substances (PFAS) belong to a large family of endocrine disruptors used in many industrial processes and in the manufacture of everyday objects. Indeed, due to their unique properties, these substances can be used as anti-stick coatings for kitchen utensils, food packaging materials, but also in textiles or furniture due to their oil and water repellent action.

The harmful effects of PFAS on health have been progressively but slowly revealed under the impulse of European institutions. Thus, these endocrine disruptors have an impact on the immune system and are also the cause of elevated cholesterol levels, diabetes, obesity, liver disorders and fertility problems. In addition, PFOA, a PFAS compound, is carcinogenic.

Among this family of compounds, there are volatile PFAS, the Fluorotelomer Alcohols (FTOH), likely to be found in the ambient air by migration from the soil or groundwater. Air contamination by these substances can also come from objects containing them such as carpets, clothes, or furniture. Ambient air can therefore be a source of exposure to these substances with health risks.

This is particularly problematic as FTOH substances can be transformed in the environment into per-fluorinated PFASs, which are harmful and persistent, especially PFOA.

Awareness of these substances and their effects is both recent and major: measurements of PFAS in the air and particularly in indoor air are necessary to restrict the use of these compounds and reduce exposure as much as possible.

Laurence Lanoy, lawyer specialized in environmental law, will explain the regulations applicable to these substances and those to come in view of the stated objectives of the European institutions for their strict limitation, before presenting the issues related to their management.

* * *

Attorney at law since 1990 and Ph.D in law, Laurence Lanoy has developed an in-depth practice in environmental law before founding the firm Laurence Lanoy Avocats in 2005. She advises and assists national and international companies, public authorities, and international law firms, particularly in environmental and sustainable development law, mining law and energy law.

On-line monitoring of Odour Unit (OU – Odour Intensity) emissions and odour sources identification by using a new generation of gas and odours analysers (IOMS) for industrial sites

An illustration with a Pulp & Paper production site

Jean-Christophe Mifsud^a, Fatma AYOUNI^b

^{a,b} ELLONA, 3 avenue Didier Daurat 31400 Toulouse, France

E-mail: jean.christophe.mifsud@ellona.io

Abstract

Dynamic Olfactometry (EN 13725:2022- ASTM E679: 2019) is the standard and well-established technique for odour concentration measurements, however it is not always adapted for big industrial sites which need continuous monitoring and fast results to take the appropriate remediation action. Additionally, these sites need to have odour sources identification solutions to ensure proper remediation actions or to protect themselves from non-legitimate claims.

In Canada, a large Pulp & Paper company, was interested in better assessing on line gas and odours emissions of their operations, aiming at identifying the possible source and situation of possible olfactive nuisances on the neighbours. The paper company is surrounded with communities living close by as well as a cookie and chemical factories that can also be source of olfactive nuisances. Furthermore, the city council has communicated the need for effective odour control to avoid the need to relocate the plant.

The Company does not have the tools to quantify or to identify the sources of the olfactive pollution aside of regular round of the facilities by local personnel.

The ELLONA WT1 gas and odors sensing modules allow not only on line monitoring of Odor Unit and various gas emissions, but also allow odors fingerprint identification. The WT1 combines a range of miniaturized sensors (MEMS MOS, EC, PID..) with AI data processing techniques.

A network of various monitoring device of gas and odors WT1 from ELLONA including H₂S, mercaptan, NH₃, SO₂, CO, PID sensors were installed around the plant fence line.

The main results of the deployment of IOMS allow:

- 1>A better understanding of the sources of olfactory nuisances: three repetitive sources were characterized (Pungent, Rotten Egg and Wet Paper odours)
- 2>Odour levels assessment (real-time): notification thresholds were defined at 500, 750 and 1,000 Distance Odour Units (DOU) triggering alerts and alarms for remediation purposes and anticipate any corrective actions on operations,
- 3>Identification of emitting sources: based on the odour characterization and the events log, the three perceived odours were mapped back to specific sources (two internal and one external to the property)
- 4>Odour Characterization (real time): the olfactory nuisances were taught to the WT1 in order to be identified when odour units threshold are reached and quickly implement remediation actions
- 5>Odour level data were collected for correlation analysis with operational activities

Thanks to previous results, the continuous monitoring could help the plant to fulfil their expectation in reducing odour intensity, number of complaints and differentiate themselves from near located emissions.

The presentation will include, the experimental plan, the description of the technology, the methodology of odor intensity fingerprint identification, and the data processing involved experimental plan, including the training with an expert panel.

**Surveillance de l'impact sur l'environnement des retombées atmosphériques :
développement de valeurs repères actualisées pour l'interprétation des données
environnementales**

**Monitoring the environmental impact of atmospheric deposition: towards updated reference
values for the interpretation of environmental data**

Matthieu BAGARD, Responsable d'études - BioMonitor
Conseil et mesures en environnement
25, rue Anatole France
54530 Pagny-sur-Moselle

03.83.80.25.93 / 07.88.97.37.41
matthieu.bagard@biomonitor.fr
<https://www.biomonitor.fr>

CARACTERE INNOVANT DU SUJET :

Méthodes standardisées d'établissement de valeurs repères actualisées pour l'interprétation des données environnementales

MOTS-CLES :

ICPE
Retombées atmosphériques
Biosurveillance
Données environnementales
Outils d'interprétation
Valeurs repères

OBJECTIFS :

- Revue critique des valeurs repères disponibles et démonstration de la nécessité de disposer d'outils actualisés, standardisés et transparents pour l'interprétation des données environnementales ;
 - Présentation de méthodes standardisées pour l'établissement de valeurs repères en surveillance de l'environnement et des résultats de leur application dans le domaine de la surveillance de l'impact sur l'environnement des retombées industrielles.
-

RESUME :

La surveillance de l'impact sur l'environnement des rejets atmosphériques des installations industrielles repose sur la mise en œuvre de méthodes dont certaines sont dédiées à l'évaluation des retombées atmosphériques de contaminants. La normalisation progressive de ces méthodes a permis des progrès importants en matière de justesse technique et d'interopérabilité, notamment dans le domaine de la biosurveillance. Cependant, un aspect essentiel est resté à l'écart de cet effort de normalisation : les procédures d'établissement des valeurs repères. Celles-ci jouent pourtant un rôle crucial dans l'interprétation des données environnementales. Actuellement, les résultats des études de surveillance des retombées sont interprétés au regard de valeurs repères propres aux différents opérateurs du domaine et les procédures d'établissement de ces valeurs repères souffrent souvent d'un manque de transparence, d'un défaut de représentativité temporelle et spatiale et d'une forte disparité méthodologique. Mêmes les outils d'interprétation les plus reconnus, en partie exempts de ces défauts, sont construits à partir de données déjà anciennes, limitant leur pertinence dans un contexte d'évolution à la baisse de émissions industrielles.

Par la présentation de méthodes standardisées d'établissement de valeurs repères et par l'exposé des résultats de leur application dans le domaine de la surveillance de l'impact sur l'environnement des retombées industrielles, nous chercherons à démontrer la nécessité de disposer d'outils actualisés pour l'interprétation des données environnementales, outils dont les méthodes d'établissement doivent tendre vers la standardisation et la transparence.

ABSTRACT:

Monitoring the environmental impact of atmospheric emissions from industrial facilities involves a number of methods, some of which are dedicated to the assessment of deposition levels of contaminants. The gradual standardization of these methods has led to significant progress in terms of technical accuracy and interoperability, particularly in the field of biomonitoring. However, one key aspect, i.e., establishing reference values, has been left out of this standardization effort, even though these tools play a crucial role in the interpretation of environmental data. Currently, environmental monitoring studies are interpreted with regards to reference values specific to the various operators in the field. The procedures for establishing reference values often suffer from a lack of transparency, a lack of temporal and spatial representativeness and a strong methodological disparity. Even the most recognized interpretation tools, partly free from these defects, are built from relatively old data, limiting their relevance in a context of declining industrial emissions.

By presenting standardized methods for establishing reference values and by presenting the results of their implementation to the monitoring of the environmental impact of industrial emissions, we will try to demonstrate the need for updated tools for the interpretation of environmental data, tools whose establishment methods must tend towards standardization and transparency.

Prélèvement d'air automatisé en milieu industriel

Laurent Rémy, Business Development Manager – Ecomesure

laurent.remy@comesure.com

Caractère innovant :

Association de différentes méthodes de prélèvement (canister, cartouche) avec la technologie des micro-capteurs

Mots clés :

COV totaux, analyse en laboratoire, air, gaz de sols, surveillance en continu, prélèvement automatique

Objectifs :

Collecte de l'air ambiant uniquement lors de dépassement de seuils de pollution et ce, à travers différentes méthodes

Pour répondre au besoin d'analyse d'air sur sites pollués et pour optimiser les coûts, ECOMESURE met à disposition plusieurs solutions permettant un prélèvement d'air automatisé.

Premièrement, ECOMESURE propose l'ECOMBOX. Ce boîtier connecte facilement tous types d'instruments à notre plateforme web et permet ainsi de contrôler les appareils à distance et en temps réel. A titre d'exemple, l'ECOMBOX déclenche à distance un **prélèvement d'air sur cartouches** via l'appareil 4WAYS de Chromatotec.

Deuxièmement, ECOMESURE a récemment conçu l'ECOMCAPTURE. L'ECOMCAPTURE est un boîtier connecté utilisant un protocole Bluetooth Low Energy (BLE), associé à un **canister**. Lors d'un dépassement de seuil de pollution détecté par nos solutions de mesure en continu de la qualité de l'air, l'ECOMCAPTURE reçoit l'ordre de déclencher le prélèvement d'air effectué par le canister. L'utilisateur est averti par Email ou SmS du début et de la fin du prélèvement pour ensuite procéder à la récupération du canister et à son analyse en laboratoire.

Le cas d'usage d'EUROFINS

EUROFINS utilise les systèmes ECOMESURE dont ECOMCAPTURE pour définir la pollution environnante d'une zone d'habitation à proximité de site industriel.

Pour cette application, EUROFINS a mesuré en continu les Composés Organiques Volatils (COV). Le seuil COV de 20 ppbv a été défini pour déclencher un prélèvement d'une heure sur canister. Un canister d'1L a été choisi pour obtenir des échantillons plus concentrés. Ces derniers ont ensuite été analysés en suivant la méthode EPA TO-15.

Cette étude a permis de s'assurer de l'absence d'une substance chimique et de relever l'attention sur la présence d'autres volatils liée à un événement momentané extérieur, à proximité du site.



Des prélèvements de Biogaz à la réponse post-accidentelle From Biogas samplings to post-accident response

Audrey PIECHOCKI, Ingénieure Business Developer - SGS FRANCE

7 rue Jean Mermoz - ZI Saint Guénault

91080 EVRY COURCOURONNES

☎ : 06 32 47 79 37

✉ : audrey.piechocki@sgs.com

Caractère innovant : nouveau système de prélèvement en remplacement des canisters et analyses ultra urgentes.

Mots clefs : Méthane, Gestion des accidents industriels, RIPA

Objectifs : S'adapter pour répondre à des demandes variées et en constante évolution sans se disperser en terme de matériel de prélèvement ou d'analyse.

Afin de répondre à ses clients motoristes souhaitant un système simple de prélèvement de biogaz associé à des délais d'analyse ultra-courts, SGS a mis au point un système de prélèvement innovant couplé à une nouvelle méthode analytique permettant de produire des résultats dans des délais ultra-courts : dans les 6 heures à compter de la réception des échantillons au laboratoire sur les paramètres les plus critiques.

Cette méthode a été éprouvée par divers tests en laboratoire et présente de multiples avantages par rapport aux sacs Tedlar classiquement utilisés pour ce type de prélèvements.

Au fur et à mesure des demandes de nos clients, cette méthode a été déclinée pour réaliser des prélèvements d'air sur des chambres de tests industrielles ou des prélèvements d'air ambiant.

Elle trouve tout naturellement une nouvelle application dans le cadre des décrets et arrêtés découlant de l'incendie de l'usine Lubrizol de Rouen.

En effet, notre méthode utilise principalement des ampoules dépressurisées pour la réalisation du prélèvement. Ces dernières sont très simples d'utilisation et peuvent être conservées durant 1 an avant le prélèvement sans que leur intégrité soit remise en cause. Elles sont également conservatives après le prélèvement et de nouvelles analyses (autres paramètres ou contre-analyses) peuvent ainsi être réalisées même si l'ampoule a déjà fait l'objet d'une première série d'analyses. Le prélèvement est, de plus, réalisé en quelques minutes, ce qui fait de cette méthode de prélèvement un atout précieux en situation accidentelle. Dans les situations critiques, l'ampoule permet de rendre les résultats analytiques dans des délais ultra-courts : jusqu'à 6 heures en cas d'extrême-urgence.



Pour les molécules qui ne peuvent pas encore être analysées sur ampoule, nous proposons temporairement un prélèvement sur sac puis piégeage sur support conventionnel au laboratoire. Cette solution n'est cependant pas optimale car la limite de quantification est contrainte par le volume du sac. De nouvelles molécules sont donc sans cesse en développement analytique à partir du support de prélèvement en ampoule.

En dehors de son appartenance au réseau RIPA, SGS propose une solution complète pour le suivi post-accidentel : de la détermination des paramètres à analyser en fonction du type de sinistre et des matières présentes sur le site au suivi des émanations rémanentes sur le site et des retombées longue distance.

Design and deployment of LoRaWAN-based low-cost sensor networks for industrial pollution monitoring and fugitive emission quantification by Reverse Dispersion Modeling

W. Bechkit ^{1,2}, M. Dahan ^{1,2}, H. Rivano ^{1,2}, A. Sidiras Galante ³, O. Duclaux ⁴, C. Juery ⁴, and F. Pineau ⁴

¹ Univ Lyon, INSA Lyon, Inria, CITI, EA3720, 69621 Villeurbanne, France

² LabEx IMU - LabEx Intelligences des Mondes Urbains

³ Univ Lyon, Inria, INSA Lyon, CITI, EA3720, 69621 Villeurbanne, France

⁴ Laboratoire de la Qualité de l'Air, OneTech TotalEnergies, CRES Solaize, France

Abstract:

The past few years has seen an important progress in the field of air quality monitoring. Indeed, the emergence of low-cost sensors, the development of efficient low-power long-range communication protocols and the progress made around air quality modeling give a new impetus to this field while bringing new scientific and technical challenges. In this talk, we share some learnings and experiences about the design and the deployment of two LoRaWAN-based low-cost sensor networks for industrial pollution monitoring. We also present models to estimate emission rates based on the collected data.

In the first part of this talk, we present the sensor nodes that we designed and implemented for these two projects as well as their functionalities and characteristics. The two versions have been used in two operational deployments that we will discuss: the first one was carried out on onshore industrial site for the assessment of pollutant emissions while the second one was operated on offshore site for monitoring occupational exposure to pollutants. Feedback on these two deployments will be presented during this talk while addressing different aspects.

The second part focus on the difficult task of quantification of fugitive and diffuse VOC's emissions. According to European Norm (EN17628), the Reverse Dispersion Modeling method (combination of concentration measurement, meteorology and dispersion calculation) is standardized for VOC punctual control campaign. VOC emissions from refinery wastewater treatment are presented based on RDM methodology with the use of long term & continuous micro sensor network. The dispersion calculation is done with the 3D model Lagrangian model (SLAM: Safety LAgrangian Model from Ecole Centrale de Lyon) able to reproduce complex dispersion near industrial structure.

Continuous monitoring systems for polycyclic aromatic hydrocarbons in ambient air.

Jean-Philippe AMIET – Directeur Général, Chromatotec Group

Tel : +33 (0)5 57 94 95 09 - e-mail : jean-philippe.amiet@chromatotec.com

Co-auteurs : Franck Amiet¹, Damien Bazin²

¹ *Président, Saint-Antoine, France*

² *Recherche et Développement, Chromatotec, Saint-Antoine, France*

Key-words

Gas Chromatography, Flame Ionization Detection, Volatile Organic Compounds, Ozone precursor, sVOC, PAH

Issues

Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) are a group of over 100 different chemicals that are known to be formed typically during incomplete combustion of organic matter at high temperature. Their major sources in the atmosphere include industrial processes, vehicle exhausts, waste incinerations, and domestic heating emissions. Due to their carcinogenic/mutagenic effects, 16 PAHs are currently listed as priority air pollutants.

Actual analytical methods dedicated to monitor PAHs require multistep manual sampling preparations and are not suited for continuous monitoring. Automatic Thermal Desorption-Gas chromatography equipped with flame ionization detector and Mass Spectrometer (AUTO-TD-GC-MS/FID) is the standard method for the monitoring of volatile and semi-volatile hydrocarbons. This technique allows for identifying and quantifying continuously hydrocarbons from benzene to benzo(a)pyrene.

The main goal of this work was to provide an online monitoring solution for sampling and determination of PAHs in ambient air. A detailed study was carried out to optimize the experimental method in each of its phases, including sampling, thermal desorption, analytical separation, and detection.

First, the limits of use of the analytical system were determined during the laboratory phase using liquid standards of the 16 PAHs. The results were compared with a transportable HPLC-UV system. Then the applicability of the novel methodology was tested in real environment, namely, at 200 meters from a highway.

In this study, we report the automatic identification and quantification of VOCs and sVOCs from C6 to C20+. Any compounds from C6 to C20 are automatically identified thanks to the internal NIST library in the internal computer of the GC-MS/FID system.

**Methane detection and quantification:
Comparative evaluation of several technics based on blind test with controlled release to real
O&G site applications**

L.Donnat¹, A. Maunoury¹, F.Pineau¹, O.Ventre, X. Watremez², X. Marcarian³, O. Duclaux¹ and C. Juery¹

¹ Laboratoire de la Qualité de l'Air, OneTech R&D TotalEnergies, CRES Solaize, France

² Safety & Environment Sustainable Development, OneTech R&D TotalEnergies, CSTJF Pau, France

³ Upstream, OneTech R&D TotalEnergies, PERL Lacq, France

Abstract:

Methane emissions are of high concern due to CH₄ global warming potential 25 times higher than CO₂ on 100 years basis. Oil & gas industries are one of the targeted contributors and shareholders wait us to monitor and control our emissions. TotalEnergies has developed a platform called TADI (TotalEnergies Anomaly Detection Initiatives) in South of France where controlled releases could be generated in order to assess technologies to detect and quantify CH₄ / CO₂ emissions and help development of new solutions. Every year since 2019, TotalEnergies organized a campaign dedicated to environmental monitoring of methane (between 0,15 g/s to 30 g/s during 30 minutes to 1 hour, and for satellite validation up to 60 g/s) and CO₂ emissions. Around 20 technologies have been tested during several campaigns dealing with top down and bottom-up measurements:

- passive or active remote sensing
- in situ measurement at ground level (sensors network)
- mobile measurements using drone or car
- satellite

High quality meteorological data were collected on site during the campaign at high frequency and provided to all the participants in order to allow them to quantify with the same wind data. Not less than 40 controlled releases have been implemented including 22 blind tests.

Comparison of performances point out interesting perspectives on at least 3 methodologies and some disappointments on some technologies. The retains technologies are :

- In-situ measurement of CH₄/CO₂ by drone (AUSEA¹) which is the most accurate for emission quantification
- Infra Red quantitative camera (in passive mode SIMAGAZ², in active mode QLM³) provide the fastest estimation of emission order.
- Satellite measurement (GHG Sat⁴) to survey of super emitters (on shore) above 50 g/s.

According to availability and operability of each technology, the drone solution AUSEA was use in several real campaign since 2020 on Onshore and Offshore O&G sites.

¹ AUSEA : Airborne Ultra-light Spectrometer for Environmental Application, developed by GSMA (Univ. Reims Champagne Ardenne & CNRS) & TotalEnergies.

² SIMAGAZ : LWIR cryogenic multispectral infrared camera DOI: 10.1117/12.2586933

³ QLM : Tuneable Diode Lidar (TDLidar) gas detection and imaging systems based on infrared single-photon detection <https://qlmtec.com/>

⁴ GHG Sat : <https://www.ghgsat.com/fr/>

**The potential of low-cost air quality sensors on UAVs for industrial fire plumes
characterization: choice of sensors and innovative tools for characterizing measurement
performance**

**Le potentiel des capteurs de qualité de l'air à bas coût sur les drones pour la
caractérisation des panaches de feux industriels : choix des capteurs et outils innovants
pour caractériser les performances de mesure**

Brice BERTHELOT
Ingénieur d'Etudes et de Recherche
Tel : 07 62 48 54 33
Email : brice.berthelot@ineris.fr

Brice Berthelot¹, Jessica Queron¹, Marc Durif¹,

¹Institut National de l'Environnement Industriel et des risques (INERIS), Verneuil-en-Halatte, (France)

During an industrial fire, potentially hazardous substances may be released outside the site by atmospheric transfer. To characterize their potential impact, it is essential to gather data as quickly and reliably as possible on the consequences of the event on the environment and on the population. However, recent events related to the Lubrizol 2019 factory fire in Rouen have highlighted the difficulty in certain circumstances of listing the composition of fumes and knowing the mechanisms that contributed to their emission. These shortcomings taint the numerical models used to prioritize the fallout zones and thus distort the assessment of the impact of the fire on the environment and the health of the populations.

In order to address this issue, Ineris is involved in two projects funded by the ANR: the DESIHR (Drones en Essaims pour la Surveillance de Sites Industriels à Hauts Risques) and PANACHE (Déploiement d'une flotte de drones pour le suivi temps-réel de pollution atmosphérique accidentelle) projects.

The DESIHR¹ project aims to develop innovative tools and methods based on the use of a fleet of autonomous drones to characterize in real-life situations the substances present in a fire plume as well as their emission and propagation conditions. The definition of the control laws governing the behaviour of each drone must in this context be based on real-time air quality information from sensors onboard each mobile vector. To limit the mass and the energy cost, low-cost sensors are among others considered in the DESIHR project.

The PANACHE² project is a multi-agent robotics project that aims at developing adaptive sampling strategies of an accidental pollution plume by a fleet of drones. From data provided by atmospheric sensors (pressure, temperature, humidity, 3D wind) and air quality sensors (particles and/or gas) installed on a fleet of drones, the system created will be able to acquire and synthesize in real time the information received in order to provide a real-time mapping of the plume and to ensure an adaptive steering of the fleet.

¹ Involved partners: Ineris (coordinator) University of Le Havre, ESIGELEC, SQUADRONE SYSTEM, ATMO NORMANDIE

² Involved partners: ENAC (coordinator), Ineris, LAAS/CNRS – Groupe Robotique et Interactions

The objective of the two works presented here is to address the potential for industrial fire plumes characterization with onboard low-cost sensor measurements in complex environments. On the basis of experiments carried out before the start of the project, it will address issues ranging from the selection of pollutants monitored and subsequent sensors to the use of data by drones, through the definition of innovative protocols for qualifying measurement performance based on real air matrices.

Time-of-flight and proton transfer mass spectrometry for air quality characterization and monitoring in complex environments

Joris LEGLISE, Expert scientifique

ADDAIR – 189, rue Audemars 78530 Buc – 0986222030 – j.leglise@addair.fr

For several decades, air pollution has been the subject of numerous studies, particularly because of its health impacts in urban areas or in the vicinity of emission sources. Increasingly stringent regulations for certain gaseous and particulate pollutants are being put in place to limit the impact on populations. Increasing knowledge of pollutant-individual interactions has revealed the emergence of pollutants that can affect air quality even at trace concentrations. The development of sensitive and specific measurement techniques for these pollutants is therefore essential. In addition, a high temporal resolution makes it possible to identify the chemical and geographic origin of these pollutants more accurately in order to reduce their emissions directly at source. Time-of-flight mass spectrometry is a technology that addresses this problem by its ability to simultaneously measure many compounds in real time. Proton transfer ionization, coupled with a time-of-flight analyzer, is an increasingly common measurement tool for the detection and monitoring of volatile organic compounds (VOCs) at ppt (parts-per-trillion) levels. Initially introduced for scientific research, this technology has now been democratized and used for longer- or shorter-term monitoring purposes.

A PTR-TOFMS 1000 (IONICON Analytik GmbH, Austria) was deployed by Atmo Nouvelle-Aquitaine at five sites as a result of multiple complaints from people living near the Lacq industrial platform (64). These measurement campaigns, whose data are being processed, have already shown the presence of chemical markers from this platform (Figure 1), some of which can be correlated with reports of olfactory nuisance, thus demonstrating the relevance of the use of such a technology.

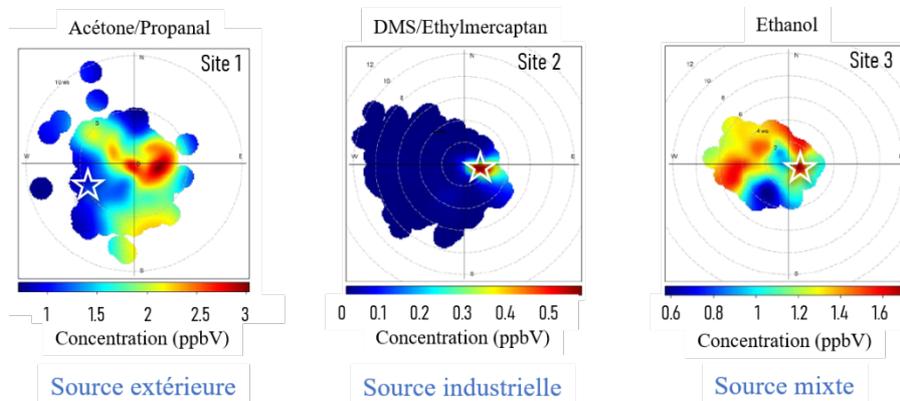


Figure 1 : Mean VOC concentrations measured by PTR-TOFMS. The industrial site is symbolized by a star on the figure.

In addition, a similar system with a module to characterize the chemical composition of submicronic aerosols in addition to the gas phase (CHARON PTR-TOFMS 6000X2, IONICON Analytik GmbH, Austria) has been installed in Roissy-Charles de Gaulle Airport, in parallel with other instruments (particle counters, gas analyzers). The Holistic Green Airport (OLGA) project is a project funded by the European Commission, involving many partners over five years and aims to develop sustainable and innovative measures to reduce airside and city side emissions while improving energy efficiency, air quality, biodiversity and waste management in the airport sector. The deployment of this instrument will allow to identify chemical markers representative of air quality in this complex environment following the gradual introduction of environmental-friendly measures at the airport (alternative aviation fuels, change of satellite transport mode, electricity generation from

renewable sources, etc.). The use of this sensitive technique with high mass resolution will ultimately allow the main sources of pollutants to be characterized and their respective contributions to air quality monitored over time. Several measurement campaigns are already planned over different seasons to characterize the influence of weather conditions and agricultural activities on the levels of the compounds of interest identified.

The CHARON-PTR-MS system has already demonstrated its ability to measure organic aerosols from the combustion of fossil materials (Eichler et al., 2017) and in outdoor air (Müller et al., 2017). Combustion in aircraft engines is highly optimized and the particles produced are very fine. However, due to the load of pollutants in this type of environment, larger secondary organic aerosols are formed and therefore measurable by this device (Figure 2). Indeed, the median volume diameter measured at the Paris-CDG airport is around 215 nm, which is within the range of the CHARON-PTR-MS (0.15 – 1 µm).

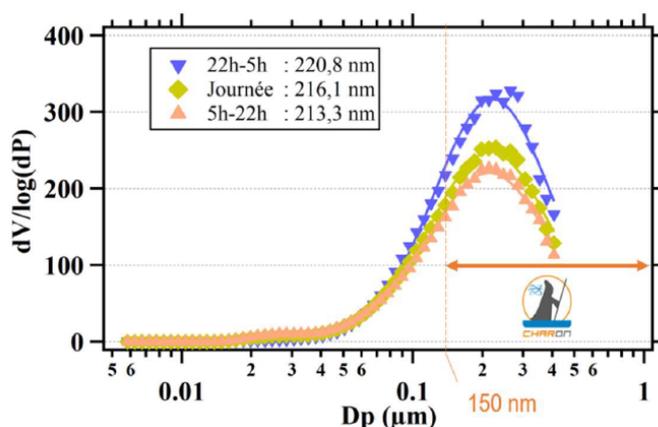


Figure 2 : Average particle size distributions measured on 08. 11. 2020 at Roissy CDG Airport.

References:

P. Eichler, M. Müller, C. Rohmann, B. Stengel, J. Orasche, R. Zimmermann, and A. Wisthaler, Lubricating Oil as a Major Constituent of Ship Exhaust Particles, *Environmental Science & Technology Letters* 2017 4 (2), 54-58, DOI: 10.1021/acs.estlett.6b00488

M. Müller, P. Eichler, B. D'Anna, W. Tan, and A. Wisthaler, Direct Sampling and Analysis of Atmospheric Particulate Organic Matter by Proton-Transfer-Reaction Mass Spectrometry, *Analytical Chemistry* 2017 89 (20), 10889-10897, DOI: 10.1021/acs.analchem.7b02582

40 ans d'expérience dans les technologies du traitement de l'air et des gaz
Cas des Composés Organiques Volatils

Estelle VAS Chief Technology Officer - John Cockerill Europe Environnement Tel. : + 33 (0) 3 89 37 70 97 Mobile : +33 (0) 6 29 17 82 48 estelle.vas@johncockerill.com	Patrice VASSEUR Sales Engineer - John Cockerill Europe Environnement Tel. : +33 3 89 28 23 24 Mobile : +33 7 79 82 30 88 patrice.vasseur@johncockerill.com
--	---

1. Evolution and Description of the Technologies to treat VOC's since 1980

Legislation

La loi du 19 juillet 1976 relative aux installations classées pour la protection de l'environnement

Arrêté du 02/02/1998 relatif aux prélèvements et à la consommation d'eau ainsi qu'aux émissions de toute nature des installations classées pour la protection de l'environnement

Technologies

- Thermal Oxidation
- Absorption
- Adsorption
- Biofiltration
- Others (condensation-membranes-photocatalyse...)

2. Actual requests from authorities and customers and John Cockerill's solutions

To get lower emissions and to minimize CAPEX costs

- Case 1. NMP recovery in Li-ion battery
- Case 2. Elimination of hydrocarbons and odours from a waste water treatment plant in Gas industry



Suivez nos actualités
John Cockerill Environment



<https://johncockerill.com/en/environment/>

PFAS

PER- AND POLY-FLUOROALKYL SUBSTANCES

Congrès International
International Congress

Gestion des pollutions et des risques sanitaires
Management of Environmental & Health Risks

20/10/2022 – Paris

En partenariat avec / *In partnership with:*



ARET
Association pour la Recherche
en Toxicologie



Interprétation simultanée / *Simultaneous translation*

CONFÉRENCES - CONFERENCES

Inscription ▪ Registration

EXPOSITION - EXHIBITION - COMMUNICATION

Réserver un stand ▪ Book a stand

www.webs-event.com