



Améliorer la Qualité de l'Air dans un environnement sous contraintes géopolitique et énergétique

• Industries • Santé • Mobilités • Bâtiments

Improving Air Quality in an environment under geopolitical and energy constraints

• Industries • Health • Mobilities • Buildings

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

www.atmosfair.fr

27 & 28 juin 2023 - Paris

En partenariat avec /
In partnership with:



Presse / Press:



Entreprises / Companies:



Institutionnels / Institutions:





Mardi 27 juin 2023

08h30

Accueil des participants

Séance inaugurale

09h15

Discours de bienvenue / Introduction au congrès

Réglementation

09h30

Actualité réglementaire et jurisprudentielle en matière de qualité de l'air dans un environnement sous contraintes géopolitique et énergétique : point sur les derniers textes et décisions de justice
Corentin Chevallier, Avocat associé - FoleyHoag

10h00

La révision des directives sur la qualité de l'air ambiant : examen des propositions de la Commission Européenne

Laurence Lanoy, Avocat associé - Laurence Lanoy Avocats

10h30

Pause café

Air et Santé

11h00

Connaissances actuelles sur les impacts sanitaires de la pollution de l'air

Dr. Fabien Squinazi, Président de la Commission spécialisée « Risques liés à l'environnement » - Haut Conseil de la santé publique

11h30

Evolution temporelle de la mortalité liée à la Covid-19 en fonction des niveaux de PM2.5 pour l'Europe de l'Ouest entre 2020 et 2022

Jean-Baptiste Renard, Directeur de recherches - Laboratoire LPC2E, CNRS

12h00

Pollution par PFAS volatils : risques pour la santé dus aux émanations et contaminations de l'air ambiant

Frank Karg, Directeur scientifique du Groupe HPC & CEO - HPC International

12h30

Questions – Réponses – Discussion – Pitches exposants

13h00

Déjeuner

Air et Industries

14h00

Mesures aériennes innovantes par ballons captifs

Julie Dautel, cofondatrice - Eonef

14h30

Evaluer le risque d'émissions olfactives dans l'assainissement à l'aune du changement climatique

Fida Maalem, Chargée de projets Développement Durable - SIAAP

15h00

Avancées technologiques dans la surveillance en continue de substances toxiques à l'état de traces dans l'air par FTIR

Laurent Rémy, Responsable Développement Commercial EMEA - ThermoFisher Scientific

15h30

Pause café

16h00

Stratégies de développement durable pour les industries

Sylvain Mourard, Responsable Commercial France - Eau & Environnement - Mérieux NutriSciences

16h30

Développement et validation d'un auto-GC en ligne pour la mesure de OVOC et BVOC à l'état de traces

Ahmad Lahib, Docteur en Sciences de l'Atmosphère - Ingénieur Technico-Commercial Export - Chromatotec

17h00

Surveillance en continu de la qualité de l'air sur sites miniers sans accès à l'électricité

Ludovic Piovesan, Responsable du Développement des Ventes - Ecomesure

17h30

Valoriser son traitement d'odeurs pour assurer son vivre ensemble!? Transformez votre contrainte de traitement en opportunité énergétique, environnementale et sociétale

Fabrice Blanco, Responsable activité Traitement et Valorisation des Rejets Atmosphériques - Clauger

18h00

Fin de la première journée



Tuesday, June 27, 2023

08h30

Welcoming participants

Inaugural session

09h15

Welcoming speech / Introduction to the congress

Regulations

09h30

Regulatory and case law news on air quality in an environment under geopolitical and energy constraints: update on the latest texts and court decisions

Corentin Chevallier, Associate Lawyer - FoleyHoag

10h00

The revision of the Ambient Air Quality Directives: analysis of the proposals of the European Commission

Laurence Lanoy, Associate Lawyer - Laurence Lanoy Avocats

10h30

Coffee Break

Air and Health

11h00

Current knowledge on the health impacts of air pollution

Dr. Fabien Squinazi, President of the Specialist Commission "Environmental Risks" - High Council for Public Health (France)

11h30

Temporal evolution of Covid-19 mortality according to PM2.5 levels for Western Europe between 2020 and 2022

Jean-Baptiste Renard, Research Director - LPC2E Laboratory, CNRS

12h00

Pollution by volatile PFAS: health risks due to vapors and contamination of ambient air

Frank Karg, Scientific Director of the HPC Group & CEO - HPC International

12h30

Questions – Answers – Discussion – Pitches exhibitors

13h00

Lunch

Air and Industries

14h00

Tethered balloons take airborne air quality measurements to new heights

Julie Dautel, co-founder - Eonef

14h30

Assessing the risk of olfactory emissions in sanitation in the light of climate change

Fida Maalem, Sustainable Development Project Manager - SIAAP

15h00

Advances in continuous monitoring of trace level air toxics by FTIR

Laurent Rémy, Senior Sales Development Representative EMEA - ThermoFisher Scientific

15h30

Coffee Break

16h00

Sustainable development strategies for industries

Sylvain Mourard, Sales Manager France - Water & Environment - Mérieux NutriSciences

16h30

Development and validation of on-line auto-GC for analysis of trace-level OVCs and BVOCs

Ahmad Lahib, PhD in Atmospheric Science - Technical-Sales Export Engineer - Chromatotec

17h00

Continuous monitoring of air quality on mining sites without access to electricity

Ludovic Piovesan, Sales Development Manager - Ecomesure

17h30

Enhance its odor treatment to ensure its living together!? Transform your treatment constraint into an energy, environmental and societal opportunity

Fabrice Blanco, Manager of the Treatment and Recovery of Atmospheric Emissions activity - Clauger

18h00

End of Day One

Actualité réglementaire et jurisprudentielle en matière de qualité de l'air dans un environnement sous contrainte géopolitique et énergétique : point sur les derniers textes et décisions de justice

Enjeu sanitaire et environnemental majeur, la pollution de l'air est de façon croissante au centre des attentions. Une actualité réglementaire et jurisprudentielle foisonnante s'en fait l'écho. Quelles sont les dernières évolutions juridiques dans un environnement sous tension géopolitique et énergétique ?

Après des progressions majeures en 2021 et 2022 aussi bien au niveau de la production normative que jurisprudentielle, des contraintes se dressent en obstacles face au respect des normes européennes et nationales relatives à la qualité de l'air. Elles n'altèrent cependant pas totalement la production normative et surtout, celle des juges.

Sur le plan réglementaire, la Commission Européenne demeure 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, et confrontée aux crises géopolitique et énergétique liées à l'invasion de l'Ukraine par la Russie, la Commission a présenté le plan REPowerEU le 18 mai 2022. Son objectif d'indépendance de l'Europe vis-à-vis des combustibles fossiles russes repose sur trois axes, à savoir le développement d'un système énergétique intégré fondé sur les énergies renouvelables (1), le renforcement de l'efficacité énergétique (2), et la diversification des sources d'approvisionnement en énergie (3).

Ce plan prévoit dans un premier temps des mesures de court terme, telle que la conclusion de nouveaux partenariats énergétiques en matière d'énergies renouvelables et de gaz à faible teneur en carbone, et le déploiement rapide et projets photovoltaïques et éoliens puis, dans un second temps, des mesures à moyen terme à exécuter d'ici à 2030 telles que la simplification de l'obtention de permis pour les projets renouvelables, la production de 20 millions de tonnes d'hydrogène vert supplémentaires, ou encore la stimulation de la décarbonation industrielle.

Malgré l'apparent bénéfice de ce plan pour la qualité de l'air en raison du déploiement accéléré des énergies renouvelables, celui-ci s'inscrit dans un contexte de relance de la production houillère et du recours massif aux énergies fossiles dû à l'abandon progressif du gaz russe. Comme l'explique la Commission dans sa troisième édition du rapport « *Perspectives en matière d'air pur* » du 8 décembre 2022, une détérioration de la qualité de l'air en Europe devrait en résulter à court terme, nécessitant la mise en place de certaines mesures de réduction.

Le rapport souligne par ailleurs les problématiques posées par l'augmentation des prix de l'énergie sur le marché européen, les consommateurs étant amenés à se tourner vers des carburants moins couteux, mais plus polluants, engendrant donc des effets plus néfastes en matière de qualité de l'air.

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). Pour autant, si la réglementation nationale n'a cessé de se

montrer ambitieuse ces dernières années, à l'image de l'arrêté du 10 juillet 2020 réformant l'indice ATMO et permettant une surveillance accrue et plus sévère de la qualité de l'air dans les grandes agglomérations, la crise énergétique liée aux difficultés géopolitiques a porté un coup d'arrêt aux récents efforts.

Une illustration en est offerte par la réouverture de la centrale à charbon Emile-Huchet dans la région Grand-Est, afin d'endiguer les risques de coupures d'électricité.

De même, le gouvernement français a été amené à relever le plafond d'émission de gaz à effet de serre pour les installations de production d'électricité à partir de combustibles fossiles, par le décret n°2022-1233 du 14 septembre 2022, rendant plus difficile l'atteinte des objectifs fixés, car facilitant l'exploitation d'industries polluantes.

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.

Cette condamnation s'inscrit dans le rôle proactif du juge en matière de respect des obligations sur la qualité de l'air. Le juge européen a en effet condamné à plusieurs reprises tant la France que d'autres Etats membres pour des dépassements systématiques et persistants des valeurs limites de plusieurs polluants, notamment le NO₂, l'un des arrêts les plus récents en la matière ayant été pris à l'encontre de la République hellénique le 16 février 2023 (affaire C-633/21).

Le Conseil d'Etat, s'appuyant sur la jurisprudence européenne, a par ailleurs ordonné au gouvernement d'agir pour améliorer la qualité de l'air dans plusieurs zones en France (CE, 10 juillet 2020, n° 428409), puis a condamné un an plus tard l'Etat 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.

Le juge national se trouve également confronté à une multiplication des contentieux initiés par des particuliers afin d'obtenir réparation des préjudices qu'ils ont subis en raison du non-respect par l'Etat des valeurs limites de concentration de polluants. Si les tribunaux ont pu reconnaître dans plusieurs arrêts fin 2022 et début 2023, la carence fautive de l'Etat en la matière, la reconnaissance de préjudices bute sur l'établissement d'un lien de causalité entre dégradation de l'état de santé des requérants et dépassement des seuils de pollution atmosphérique en dépit de désignation d'experts par les juges dans ces affaires.

L'un de ces contentieux nationaux a notamment conduit la CJUE, répondant à une question préjudicielle, dans un arrêt du 22 décembre 2022 (affaire C-61/21), de préciser que les articles de la directive 2008/50 sur la qualité de l'air ambiant en Europe n'avaient pas pour objet de conférer aux particuliers des droits individuels susceptibles de leur ouvrir droit à réparation à l'égard des Etats, en raison du non-respect du droit européen.

Le juge national est aussi désormais saisi des questions relatives à la qualité de l'air dans de nouveaux types de litiges.

Ainsi, en matière d'urbanisme, la Cour administrative d'appel de Paris a confirmé, en octobre 2022, l'annulation d'un permis de construire autorisant des projets immobiliers s'élevant au-dessus du périphérique parisien, ces derniers étant, selon elle, incompatibles avec le respect des valeurs limites de concentration de polluants.

De même, le juge administratif a récemment été saisi d'un recours par la ville de Grenoble demandant l'annulation de l'arrêté préfectoral approuvant le nouveau plan de protection de l'atmosphère de l'agglomération grenobloise, que cette collectivité estime insuffisant. Ce contentieux, initié par une collectivité locale à l'encontre de l'Etat, est parfaitement inédit en la matière, et tend à souligner le rôle croissant du juge dans l'appréhension des problématiques liées à la qualité de l'air.

Dans un contexte global défavorable du fait de la situation géopolitique et énergétique, le projet d'intervention vise à présenter cette actualité réglementaire et jurisprudentielle, d'en examiner les conséquences attendues pour l'évolution de la qualité de l'air, à l'échelle nationale et européenne.

**

*



On the theme:
« Air & Health - Regulations »



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

**The revision of the Ambient Air Quality Directives : analysis of
the proposals of the European Commission**

***La révision des directives sur la qualité de l'air ambiant : examen
des propositions de la Commission Européenne***

Clean air is essential for human health and for the protection of the environment. However, ambient air - defined by the French Environment Code as outdoor air in the troposphere, excluding workplaces and which is not normally accessible by the public - is becoming increasingly polluted as a result, for example, of burning green waste or releasing numerous pollutants into the atmosphere through various activities.

In order to tackle this pollution, European Directives 2008/50/EC of May 21, 2008 and 2004/107/EC of December 15, 2004, partially updated by Directive 2015/1480 of August 28, 2015, define objectives for ambient air quality, in particular to avoid, prevent and reduce harmful effects on human health and on the environment as a whole.

In a report released in November 2019, the European Commission concluded that these directives had been successful in improving air quality, although not all targets had yet been met, and therefore agreed to continue the efforts, in line with the air quality guidelines set by the World Health Organization (WHO).

On Wednesday October 26, 2022, the European Commission submitted proposals for more stringent rules on ambient air, designed to modify the above-mentioned directives on ambient air quality. In particular, this revision means closer alignment between EU standards and WHO recommendations, regular updates in line with the state of scientific knowledge, and the reduction by more than half of the annual limit value for fine particles (PM 2.5).

These proposals, currently under discussion in both the European Parliament and the Council of the European Union, were also submitted to the French Parliament on January 19, 2023, in accordance with Article 88-4 of the French Constitution.

Laurence Lanoy, lawyer specialized in environmental law, will explain the European Commission's key proposals on ambient air quality, in relation with the WHO guidelines, and review the various contributions concerning the revision of these European directives.

* * *

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.

CONNAISSANCES ACTUELLES SUR LES IMPACTS SANITAIRES DE LA POLLUTION DE L'AIR

CURRENT KNOWLEDGE ON THE HEALTH IMPACTS OF AIR POLLUTION

Dr Fabien Squinazi

**Ancien Directeur du Laboratoire d'hygiène de la ville de Paris
Haut Conseil de la santé publique - Président de la Commission spécialisée
“Risques liés à l'environnement”
10, boulevard Jourdan - 75014 Paris – fabien.squinazi@gmail.com**

L'air que nous respirons dans l'environnement extérieur contient des polluants d'origine naturelle et des polluants résultant d'activités humaines, de natures biologique, physique et chimique. A ces polluants qui pénètrent dans nos environnements intérieurs, s'ajoutent ceux produits par le bâtiment et ceux associés à nos activités et comportements. L'exposition aux polluants de l'air peut avoir des conséquences sur la santé, à court ou long terme, surtout pour les personnes les plus vulnérables (jeunes enfants, femmes enceintes, personnes âgées, personnes souffrant d'affections chroniques). La pollution atmosphérique constitue un problème de santé publique car toute la population est exposée, mais de manière inégale en fonction de la proximité des sources de pollution.

En France, dès 1990, le projet collaboratif Erpurs (Evaluation des risques de la pollution urbaine pour la santé) répondait à une préoccupation croissante, aussi bien des décideurs que des professionnels et du grand public, de mieux cerner les relations entre la santé et la pollution atmosphérique urbaine. Il associait l'Observatoire régional de la santé d'Île-de-France, le Laboratoire d'hygiène de la ville de Paris, le Réseau national de santé publique, l'Ecole nationale de la santé publique et la faculté de pharmacie de Paris V, et un réseau pluridisciplinaire d'une cinquantaine d'experts.

Les résultats de cette étude rétrospective de type écologique temporelle, pour la période 1987-1992, mettaient en évidence des liens entre des niveaux de pollution couramment observés en agglomération parisienne et des problèmes de santé sans effet de seuil (notamment l'augmentation de la mortalité et des hospitalisations cardiovasculaires attribuables aux particules fines et de la mortalité et des hospitalisations pour causes respiratoires attribuables à l'ozone et au dioxyde d'azote). Ces liens étaient davantage marqués pour les enfants et les personnes fragilisées par une pathologie chronique (asthmatiques, bronchitiques chroniques).

Les enfants subissent davantage les conséquences de la pollution de l'air et leur santé risque d'être plus fragilisée pour le reste de leur vie d'adulte. Leur fréquence respiratoire, supérieure d'environ une fois et demie celle de l'adulte, augmente l'inhalation des polluants, leur petite taille favorise la proximité de la pollution automobile, leur organisme immature est troublé au cours de son développement et la croissance pulmonaire est plus susceptible d'être altérée. Un enfant a besoin d'un adulte pour ne pas subir la pollution de l'air.

Par la suite, les études de Santé Publique France ont montré qu'une augmentation de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ des niveaux de particules PM₁₀ du jour et des cinq jours précédents se traduisait par un accroissement de 0,5 % de la mortalité non accidentelle (17 villes françaises sur la période 2007 et 2010), tandis que la même augmentation des niveaux de dioxyde d'azote (NO₂) du jour et de la veille se traduisait par un accroissement de 0,75 % de la mortalité non accidentelle (18 agglomérations françaises sur la période 2010 et 2014). L'excès de risque était plus élevé chez les personnes de 75 ans et plus (+1,04 % pour les PM₁₀).

D'autres études ont montré le rôle d'une exposition chronique sur plusieurs années à la pollution atmosphérique sur la perte d'espérance de vie et la mortalité, mais également sur le développement

de maladies cardiovasculaires (infarctus du myocarde, accidents vasculaires cérébraux), maladies respiratoires (bronchopneumopathie chronique obstructive, asthme) et dans certains cas, d'un cancer du poumon. Les résultats de la surveillance mise en place par Santé Publique France (suivi d'une cohorte de 20 000 travailleurs EDF-GDF volontaires, de 1989 à 2015) a révélé une association significative entre l'augmentation des niveaux de pollution tels que les particules PM_{2,5} et celle du nombre de décès, des indicateurs de maladies cardiovasculaires et du diabète de type 2.. L'évaluation quantitative d'impact sanitaire (EQIS) a montré qu'en France continentale près de 40 000 personnes décèdent chaque année de la pollution de l'air, correspondant à une perte de 7,6 mois d'espérance de vie.

De nombreuses études épidémiologiques ont analysé de lien entre l'exposition à la pollution atmosphérique extérieure et les troubles neurologiques (Santé Publique France, 2021). Les études sur l'exposition à long terme aux particules PM_{2,5} rapportent des relations robustes pour les troubles du spectre autistique chez les enfants depuis la période périnatale jusqu'à 8 ans ainsi que pour une exposition pré-natale, les troubles dépressifs, la démence chez les adultes de plus de 50 ans et la maladie de Parkinson chez des adultes de plus de 40 ans.

Enfin, au-delà des impacts sanitaires de la pollution de l'air, il est fondamental de prendre en compte les effets synergiques défavorables sur la santé humaine des différents facteurs de l'environnement avec les polluants de l'air : allergènes respiratoires, dont les pollens, agents infectieux aéroportés, dont les virus respiratoires, vagues de chaleur extrêmes liées au réchauffement climatique, pollutions chimiques... qui nécessitent aujourd'hui de développer une prévention globale et une information de la population mieux adaptée sur les liens entre santé et environnement.

The air we breathe in the outdoor environment contains pollutants of natural origin and pollutants resulting from human activities, of biological, physical and chemical nature. In addition to the pollutants that enter our indoor environments, there are those produced by buildings and those associated with our activities and behavior. Exposure to air pollutants can have short- or long-term health consequences, especially for the most vulnerable (young children, pregnant women, the elderly, people with chronic diseases). Air pollution is a public health problem because the entire population is exposed, but unevenly depending on the proximity of pollution sources.

In France, as early as 1990, the Erpurs collaborative project (Evaluation des risques de la pollution urbaine pour la santé - Evaluation of the health risks of urban pollution) responded to a growing concern, on the part of decision-makers, professionals and the general public alike, to gain a better understanding of the relationship between health and urban air pollution. It brought together the Observatoire régional de la santé d'Île-de-France, the Laboratoire d'hygiène de la ville de Paris, the Réseau national de santé publique, the Ecole nationale de la santé publique and the Faculté de pharmacie de Paris V, and a multi-disciplinary network of some 50 experts.

The results of this retrospective ecological-temporal study, covering the period 1987-1992, revealed links between pollution levels commonly observed in the Paris conurbation and non-threshold health problems (notably increased mortality and cardiovascular hospitalizations attributable to fine particles, and increased mortality and hospitalizations for respiratory causes attributable to ozone and nitrogen dioxide). These links were more pronounced for children and people with chronic diseases (asthmatics, chronic bronchitis sufferers).

Children suffer more from the consequences of air pollution, and their health is likely to be more fragile for the rest of their adult lives. Their respiratory frequency, around one and a half times greater than that of adults, increases their inhalation of pollutants, their small size favors proximity

to vehicular pollution, their immature organism is disturbed in its development and lung growth is more likely to be impaired. Children need adults to protect them from air pollution.

Subsequent studies by Santé Publique France showed that a $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ increase in PM_{10} particle levels on the day and the previous five days resulted in a 0.5% increase in non-accidental mortality (17 French cities over the period 2007 and 2010), while the same increase in nitrogen dioxide (NO_2) levels on the day and the previous day resulted in a 0.75% increase in non-accidental mortality (18 French conurbations over the period 2010 and 2014). The excess risk was highest among people aged 75 and over (+1.04% for PM_{10}).

Other studies have shown the role of chronic exposure to air pollution over several years on the loss of life expectancy and mortality, but also on the development of cardiovascular diseases (myocardial infarction, stroke), respiratory diseases (chronic obstructive pulmonary disease, asthma) and, in some cases, lung cancer. The results of surveillance carried out by Santé Publique France (follow-up of a cohort of 20,000 volunteer EDF-GDF workers, from 1989 to 2015) revealed a significant association between increases in pollution levels such as $\text{PM}_{2.5}$ particles and increases in the number of deaths, cardiovascular disease indicators and type 2 diabetes. The Quantitative Health Impact Assessment (QHIA) showed that in mainland France, almost 40,000 people die every year from air pollution, corresponding to a loss of 7.6 months' life expectancy.

Numerous epidemiological studies have analyzed the link between exposure to outdoor air pollution and neurological disorders (Santé Publique France, 2021). Studies on long-term exposure to $\text{PM}_{2.5}$ particles report robust relationships for autism spectrum disorders in children from the perinatal period up to 8 years of age, as well as for prenatal exposure, depressive disorders, dementia in adults over 50 and Parkinson's disease in adults over 40.

Finally, beyond the health impacts of air pollution, it is essential to take into account the unfavorable synergistic effects on human health of various environmental factors with air pollutants : respiratory allergens (including pollens), airborne infectious agents (including respiratory viruses), extreme heat waves linked to global warming, chemical pollution... all of which now require the development of comprehensive prevention measures and more appropriate information for the population on the links between health and the environment.

Evolution temporelle de la mortalité liée à la Covid-19 en fonction des niveaux de PM2.5 pour l'Europe de l'Ouest entre 2020 et 2022

Jean-Baptiste Renard¹, Jeremy Surcin², Isabella Annesi-Maesano³, Eric Poincelet²

¹ LPC2E-CNRS, Orléans, France

² Pollutrack, Paris, France

³ Institut Desbrest, Université Montpellier et INSERM, Montpellier, France

La pollution par les particules fines a un effet délétère important sur la santé humaine. Pour plusieurs dizaines de villes et régions d'Europe, nous avons analysé la corrélation entre la pollution au PM2.5 et la mortalité liée à la Covid-19. Les données de pollution proviennent du réseau Pollutrack (capteurs optiques déployés sur des centaines de véhicules de flottes professionnelles Enedis et DPD, groupe La Poste) et des agences de la qualité de l'air. La plus forte mortalité se produit systématiquement dans le sillage des pics de pollution, comme le montre les tendances pour les zones très polluées telles que la Lombardie et Paris. A contrario, les villes très ventilées ont connu un taux de mortalité faible. Cette mortalité augmente jusqu'à 40% par $\mu\text{g.m}^{-3}$ de pollution additionnelle aux PM2.5. Plus précisément, la tendance dépend de la période d'analyse et décroît avec le temps, probablement à cause de la progression de la vaccination et de l'immunité collective. La tendance dépend aussi des pays considérés, notamment en fonction de la gestion de la pandémie et des conditions sanitaires locales. Une analyse plus détaillée montre qu'il faut prendre en compte l'évolution temporelle des pics de pollution : plus ceux-ci sont forts et abrupts, plus la mortalité est élevée, sans doute en raison d'un stress oxydatif induit par une augmentation brutale du niveau de PM2.5. L'historique de l'exposition des populations aux pics de pollution durant les deux mois précédents doit aussi être considérée. Une succession de pics entraîne une plus forte mortalité liée à la Covid-19 qu'une exposition permanente à des niveaux relativement élevés de PM2.5. Cette analyse pourra être menée dans le futur pour d'autres épidémies de maladies respiratoires. De plus, l'analyse pourra considérer les concentrations en nombre de particules, plutôt que les concentrations massiques, le comptage étant plus représentatif de l'exposition des poumons à la pollution.

Temporal evolution of the mortality due to Covid-19 related to PM2.5 levels in West Europe for the 2020-2022 period

Jean-Baptiste Renard¹, Jeremy Surcin², Isabella Annesi-Maesano³, Eric Poincelet²

¹ LPC2E-CNRS, Orléans, France

² Pollutrack, Paris, France

³ Institut Desbrest, Université Montpellier et INSERM, Montpellier, France

Fine particle pollution has a significant effect on human health. For several tens of cities and regions in Europe, we have analyzed the correlation between PM2.5 pollution level and Covid-19 mortality. The pollution data comes from the Pollutrack network using optical sensors deployed on hundreds of vehicles in the professional fleets of Enedis and DPD / La Poste group, and from air quality agencies. The highest mortality occurs systematically during pollution peaks, as shown by the trends for the

highest polluted areas such as Lombardy and Paris. On the other hand, well-ventilated cities have experienced lower Covid-19 mortality. The mortality increases up to 40% per $\mu\text{g.m}^{-3}$ of additional pollution to PM2.5. More precisely, the trend depends on the analysis period and decreases over time, probably due to the progression of vaccination and collective immunity. The trend also depends on the countries considered, according to the management of the pandemic and local health conditions. A more detailed analysis shows that the temporal evolution of pollution peaks must be considered: higher and more abrupt are the peaks, higher is the Covid-19 mortality probably due to oxidative stress induced by a sudden increase in the PM2.5 level. The history of population exposure to pollution peaks during the two previous months must also be considered. A succession of peaks leads to higher Covid-19 mortality than a permanent exposure to relatively high levels of PM2.5. This analysis could be carried out in the future for other epidemics of respiratory diseases. In addition, the analysis should consider the concentrations in number of particles rather than the mass concentrations, the counting being more representative of the lung exposure to PM2.5 pollution..



Pollution by volatile PFAS: Health Risks due to vapors and contamination of Ambient Air

Frank KARG, Scientific Director of Groupe HPC & CEO of HPC International SAS, Court Expert

H. de Recherche / Medical Center of Perhardy, 29680 Roscoff - France &

Dr. Alfred-Herrhausen-Allee 12, 47228 Duisburg - Germany

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

1. Introduction

Since the 1960s PFAS: Per- & Polyfluoro-Alkyl Substances have gradually become since a major environmental problem, also for Public Health, due to their multiple and vast application (historical and still current). This environmental and public health threat has started to be taken into account little by little since the 2010s and strongly in 2022 & 2023. Consequently, PFAS are now found in soils, groundwater, food and water, drinking water as well as in soil gases and ambient air for a family of volatile PFAS, the FTOHs: Fluorotelomer-Alcohols. Between 9,000 and 12,000 synthetic PFAS pollutants have been produced.

PFAS polymers of the "Teflon" type (or PFTE) etc. do not have good bioavailability and are therefore much less toxic than monomeric PFAS. These PFAS monomers are the subject of the work presented herewith. PFAS are known in particular for their toxicological effects of endocrine disruptors, hepatotoxicity, immunotoxicity, their effects on fetal development and for some, carcinogenicity (e.g. PFOA) [1 - 84].

An individual fluorotelomer alcohol molecule is named by the number of carbons that are fluorinated versus the number that are hydrocarbon-based. 8:2 fluorotelomer alcohol for ex. would represent a molecule with 8 fluorinated carbons and a 2 carbon ethyl alcohol group. The general structure of a fluorotelomer alcohol is most commonly $F(CF_2)_nCH_2CH_2OH$, where n is an even number.

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

The PFAS pollution sources are multiple and particularly present on industrial sites, which have used these products, sites of former fires or firefighting training, where firefighting foams (AFFF: Anti Fire Fighting Foams, eg at airports) were used. Agricultural land is also a source of PFAS pollution, due to the input of sludge from STEP: Wastewater Treatment Plants which contain accumulated PFAS.

The following (historical) activities can cause PFAS pollution:

- Anti-Fire Trainings,
- Airport or air base military site,
- Fire site and use of AFFF,
- Electrochemical galvanizing,
- Production of “waxed” paper or cardboard,
- Production of Waterproof Textiles,
- Sprays, paints, waterproofing lacquers,
- Production and application of Teflons (PTFE, etc.),
- Petroleum and chemical industry sites and/or production and application of paints, dyes, inks, pigments, chemical waxes and polishing products,
- Solvent applications (garages, dry cleaners, laundries, etc.,
- Landfills and former municipal landfills, etc. (ISDD, ISDND, ISDD, etc.),
- Dyeings & Tanneries,
- 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 papers and films, etc.),
- Production of electronic elements,
- Production and applications of pesticides and biocides,
- Production of cosmetic products,
- Sites having received Sludge from STEP.

2. Environmental Chemistry

The environmental chemistry of PFAS is particularly important and complicated. There is no group of pollutants showing more complex environmental chemistry than PFAS. In particular, 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 (PFCA), Perfluoroalkyl-phosphates & their esters, Fluorotelomer-alcohols (FTOH), etc. (including more than 32 other groups...). Some of them, eg. PFOA: Perfluoro-octanoic acid and PFOS: Perfluoro-octane-sulfonate (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 carcinogenic. Commercial products mainly contain mixtures.

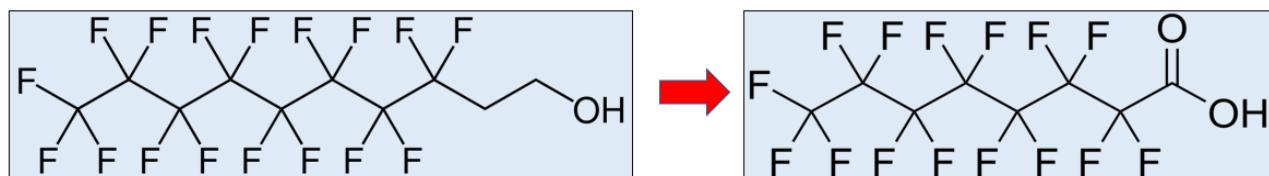


Fig. 1: Bio-transformation of 8:2-FTOH to carcinogenic PFOA

The reason for the high water solubility associated with lipophilia is based on the fact that there are PFAS:

- Anionics (e.g. sulfonates, sulfates, carboxylates and phosphates),
- Cationic (e.g. quaternary ammonium),
- Amphoterics (e.g. betaines and sulfo-betaines): base + acid and
- Non-ionic (eg polyethylene glycols, acrylamide oligomers).

It is very important to emphasize, that not fully fluorinated poly-fluorinated PFAS (“Precursors”) can be converted by bio-transformation into persistent and fully fluorinated chemicals, the per-fluorinated PFAS [87 – 94]. Complete microbiological degradation of PFAS has not yet been demonstrated.

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

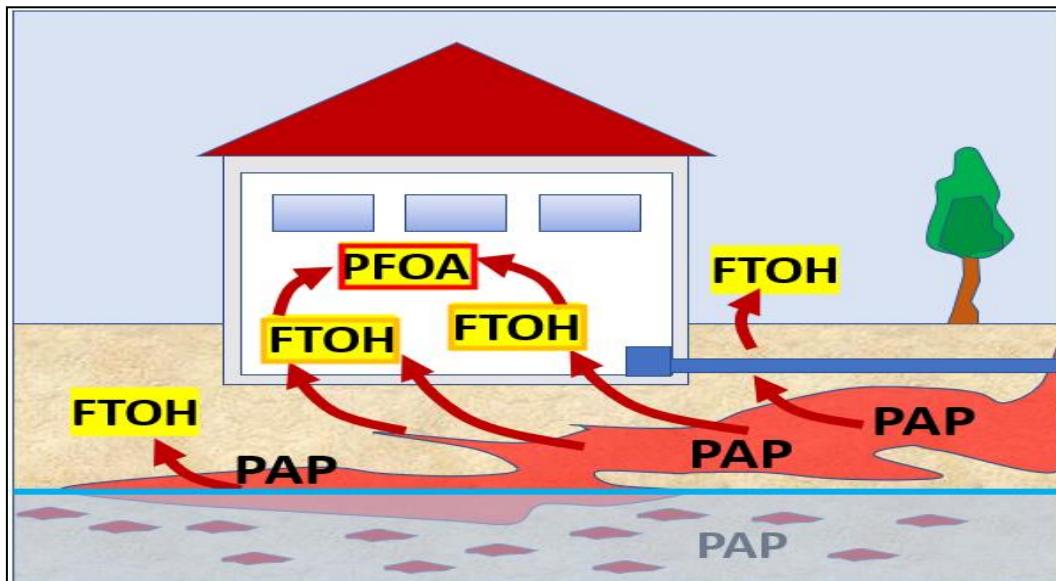


Fig. 2: Example of biotransformation of polyfluorinated alkyl phosphates (PAP) in soils and groundwater to volatile fluorotelomer alcohols (FTOH) and stable per-fluorinated PFAS, such as e.g. carcinogenic PFOA: L. KOPF / HPC, 2017 and F. KARG, 2021 & 2022.

The following diagram shows an example of the biotransformation of 8:2-FTOH ($(FCF_2)_8CH_2CH_2OH$) via intermediate products to stable perfluorinated PFAS, such as PFPA (Perfluoro-pantanonic acid), PFHxA (Perfluoro-pantanonic acid), hexanonic), PFHpA (Perfluoro-heptanonic acid), 2H-PFOA, Acid 7:3 and carcinogenic PFOA (Perfluoro-octanonic acid).

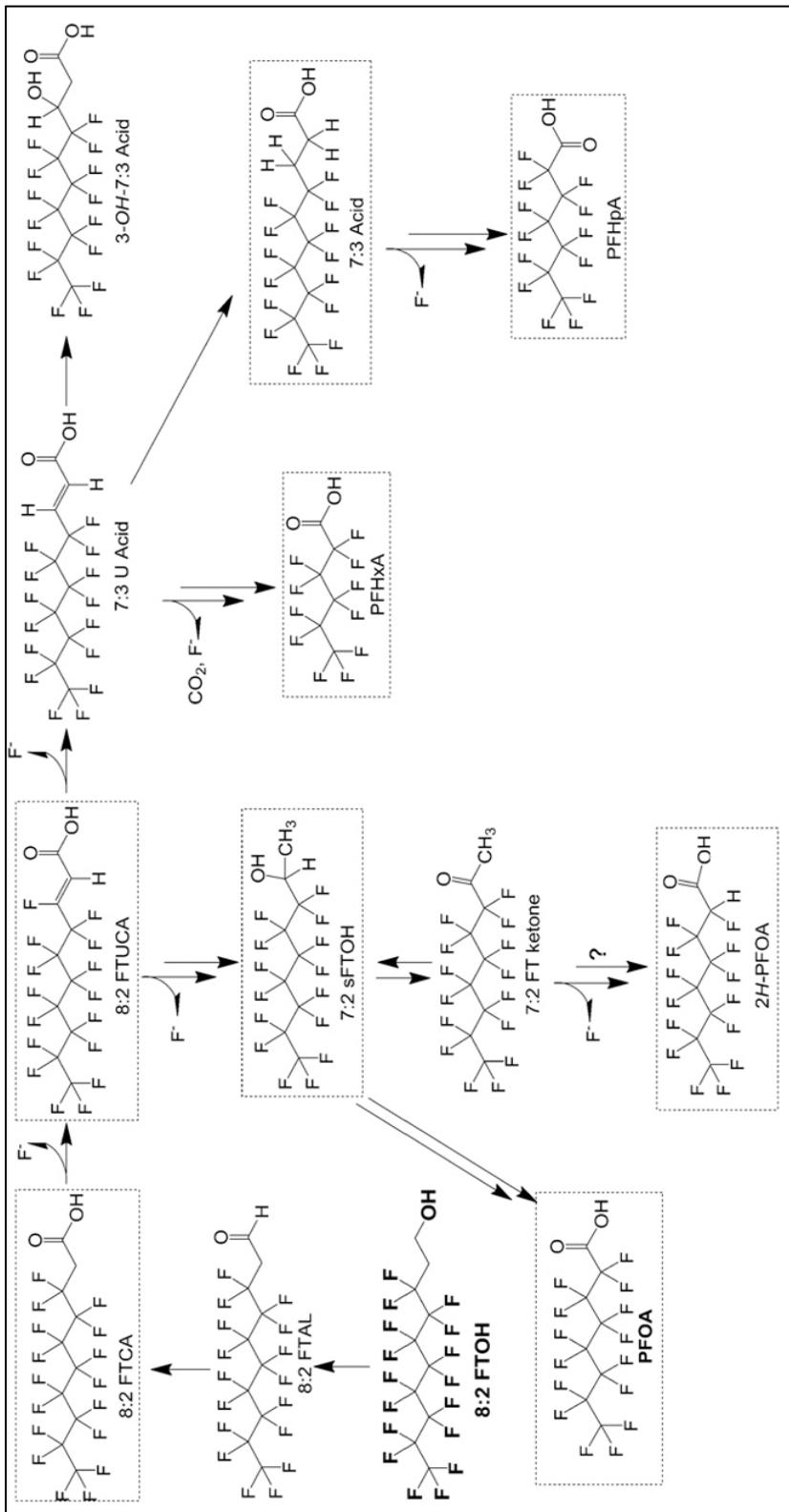


Fig. 3: Example of aerobic biotransformation of 8:2 FTOH ($(CF_2)_8CH_2CH_2OH$) in soils. Double arrows indicate the formation of stable per-fluorinated substances (Wang et al. 2009, modified).

In the event of a change in pH, some PFAS could become more or less soluble, which also has an impact on the emanations of volatile fluorinated telomeres like FTOH, etc. in soil gases. Some precursors could modify their solubilities (and their extractabilities during chemical analysis procedures).

As it stands today, the analysis of the 20 individual PFAS according to the European Directive 2020/2184 don't integrate FTOHs.

According to European Directive 2020/2184, which concerns the quality of water for human consumption, the following 20 PFAS are targeted:

Somme des 20 PFAS de la Directive européenne Eau potable 2020 :

- Acide perfluorooctanoïque (PFOA) [5347]
- Acide perfluoroheptanoïque (PFHpA) [5977]
- Acide perfluorohexanoïque (PFHxA) [5978]
- Acide perfluoropentanoïque (PFPeA) [5979]
- Acide perfluorobutanoïque (PFBA) [5980]
- Acide perfluorobutane sulfonique (PFBS) [6025]
- Acide perfluorododécanoïque (PFDoDA) [6507]
- Acide perfluorononanoïque (PFNA) [6508]
- Acide perfluorodécanoïque (PFDA) [6509]
- Acide perfluoroundécanoïque (PFUnDA) [6510]
- Acide perfluoroheptane sulfonique (PFHpS) [6542]
- Acide perfluorotridecanoïque (PFTrDA) [6549]
- Acide perfluorodécane sulfonique (PFDS) [6550]
- Acide perfluorooctane sulfonique (PFOS) [6561]
- Acide perfluorohexane sulfonique (PFHxS) [6830]
- Acide perfluoropentane sulfonique (PFPeS) [8738]
- Acide perfluorononane sulfonique (PFNS) [8739]
- Acide perfluoroundécane sulfonique [8740]
- Acide perfluorododécane sulfonique [8741]
- Acide perfluorotridécane sulfonique [8742]

3. Toxic Risks & Health Risk Assessments (TERQ : Toxicological Exposure Risk Quantification)

Exposure to FTOHs specifically has been associated with hepatotoxicity [158 - 160], increased breast cancer cell proliferation [161 - 162], and estrogenic activity [163 - 164]. Some effects on reproduction and development were observed, but these may be due to maternal toxicities [165 - 166].

For the assessment of health risks, toxicological data (TRV: Toxicological Reference Values) must be sought and updated at international level almost on a weekly basis. The most recent TRVs are available mainly in the USA (EPA, etc.), ATSDR and EFSA. ANSES also published PFAS TRVs in 2017, but given the forced advancement of toxicological studies, these TRVs are for the most part already outdated.

In the case of FTOHs present in soils, groundwater and soil gases, it will also be imperative to carry out FTOH investigations in the ambient air of buildings with sensitive uses (ERP: Schools,

Nurseries, etc.) or residential, on the basis of quantification thresholds (or at least for the detection thresholds), of the order of 4 – 8 ng/m³, in order to have a good exploitable basis for the EQRS: Quantitative Assessment of Health Risks.

A first simplified risk assessment approach 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.

The US-EPA considers that the majority of exposure today comes from drinking water, outside of polluted sites, due to the lack of monitoring and treatment of PFAS. According to Directive (EU) 2013/39/EU "Water Framework" (WFD), concerning PFOS & derivatives (and other priority substances) an Environmental Quality Standard (EQS-MA) of 0.65 ng/l for surface waters and 0.13 ng/l for waters from the marine environment (and EQS-MAC: Maximum Allowable Concentrations) has been set.

It is important to note that a simple application of the Limit Values, generic and individual within the framework of a simplified risk assessment does not take into account specific exposure scenarios and exposures to mixtures ("Cocktails") pollutants with, at a minimum, taking into account the additivity of the risks of pollutants having the same targets and toxicological effects. Consequently, it is preferable to carry out EQRS (or ARR, HRA, TERQ), which corresponds well to the French Methodology for the Management of Polluted Sites, according to the note from the Ministry in charge of the Environment, of 04/19/ 2017.

Another important aspect is that only an EQRS (or ARR, TERQ, HRA) will make it possible to define Health Compliance Control Values, in the form of MAC (Maximum Admissible Concentration) for maximally acceptable Excess Individual Risks (of cancer): ERI < 10E-5 or a Systemic Risk Index of IR < 1 (= DJE / DJT: Daily Exposure Dose over the Tolerable Daily Intake). Regarding the EQRS: Quantitative Assessment of Health Risks, the basis is either the measurement of concentrations in the exposure media, or the modeling of the transfer of pollutants from one compartment to another (e.g. pollutants in groundwater or from the ground to the gases of the ground and the ambient air. An important step in the EQRS is the choice of TRVs (Toxicological Reference Values), because their evolution is rapid.

For example, the 2017 ANSES PFAS guide includes certain TRVs for PFAS, but given the many TRV publications to date, these values are partially outdated, and in particular much more restrictive to date. A Tolerable Weekly Intake (DHT) of 4.4 ng/kg/Week (or the Tolerable Daily Intake (TDI) of 0.63 ng/kg/d for PFAS: PFOA, PFOS, PFNA & PFHxS) has been published by EFSA,

Congress AtmosFair – Paris 27 & 28 June 2023

09/17/2020. In 2020, toxicity equivalence factors with respect to PFOA were also published by W. Bil et al. in the form of RPF: Relative Potency Factors, existing also for some FTOHs.

In order to ensure the correct choice of TRVs for PFAS, it is recommended to apply scientific selection criteria and not national criteria. Fig. The following shows criteria for choosing the applicable TRVs, in order to take into account the best toxicological knowledge concerning the dose-effect relationships of PFAS.

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

Fig. 12: TRV selection criteria (F. KARG 2022)

The following table shows some TRVs (Dose-Effect Values) for FTOHs:

Compound	Inhalation Systemic	Ingestion Systemic	Considered Effect	Tests	Uncertainty (Security) Factor	Reference
6:2 FTOH: Fluorotelomer alcohol		RfD (based on PFOA TDI: 6 ng/kg/week: 0,86 ng/kg/d / RPF 0,02): 43 ng/kg/d	Hepato-toxic	Rat	Relative Potency Factor: RPF = 0,02	Bil et al. 2020: (RfD based on PFOA TDI: UBA 2020, EFSA 2018 & BfR 2018)
8 : 2 FTOH: Fluorotelomer alcohol		RfD (based on PFOA TDI: 6 ng/kg/week: 0,86 ng/kg/d / RPF 0,04): 21,5 ng/kg/d	Hepato-toxic	Rat	Relative Potency Factor: RPF = 0,04	Bil et al. 2020: (RfD based on PFOA TDI: UBA 2020, EFSA 2018 & BfR 2018)
8 : 2 FTOH: Fluorotelomer Alcohol	RfC : $1,5 \times 10^6$ pg/kg/d	RfD assimilated to PFOA as biotransformation end-product: 1,5 µg/kg/d	Hepato-toxic	Rat		SLU 2017 (Ingestion based on EFSA 2018)

Fig. 13: Choice of certain TRVs according to the criteria in Fig. 7 (F. KARG 2022):

A complementary step to the EQRS (or ARR, TERQ, HRA) is the definition of health compliance control values, in the form of MACs (Maximum Admissible Concentrations) by integrating an additivity of the risks of pollutants concerning the same targets and toxicological effects, for maximally acceptable Excess Individual Risks (of cancer): ERI < 10E-5 or a Systemic Risk Index of IR < 1 (= DJE / DJT: Daily Exposure Dose over Tolerable Daily Dose). MACs are commonly used in the form of Sanitary Control Values, in order to verify or co-develop corrective action objectives, or even depollution objectives. Management measures, e.g. depollution are based in France on a Management Plan, a definition of the Source Zones of concentrated pollution and then a Cost-Benefit Balance Sheet of the different management and treatment methods and technologies to ensure tolerable toxicological risks.

4. Références

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. NIOSH (2022): Per- and polyfluoroalkyl Substances (PFAS). The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). 15. September 2022. <https://www.cdc.gov/niosh/topics/pfas/default.html>

Congress AtmosFair – Paris 27 & 28 June 2023

3. NIEHS (2022): Perfluoroalkyl and Polyfluoroalkyl Substances (PFAS). National Institute of Environmental Health Science. 29. Juli 2022. <https://www.niehs.nih.gov/health/topics/agents/pfc/index.cfm>
4. 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
5. 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 Leeuwen, S.P.J. Perfluoroalkyl and polyfluoroalkyl substances in the environment: Terminology, classification, and origins. *Integr. Environ. Assess. Manag.* **2011**, 7, 513–541.
6. 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>
7. US EPA. EPA and 3M Announce Phase out of PFOS. Available online: https://archive.epa.gov/epapages/newsroom_archive/newsreleases/33aa946e6cb11f35852568e1005246b4.html
8. Maga, D.; Aryan, V.; Buzzano, S. Environmental assessment of various end-of-life pathways for treating per- and polyfluoroalkyl substances in spent fireextinguishing waters. *Environ. Toxicol. Chem.* **2020**. [CrossRef]
9. Barbarossa, A.; Masetti, R.; Gazzotti, T.; Zama, D.; Astolfi, A.; Veyrand, B.; Pession, A.; Pagliuca, G. (2013): Per-fluoroalkyl substances in human milk: A first survey in Italy. *Environ. Int.* **2013**, 51, 27–30. [CrossRef] [PubMed]
10. European Parliament. Directive 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>
11. 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]
12. 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]
13. 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]
14. 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.
15. UNEP (United Nations Environmental Programme). Report of the Conference of the Parties of the Stockholm Conventionon 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>.
16. 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]
17. 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]
18. 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
19. Avendaño, S.; Liu, J. Production of PFOS from aerobic soil biotransformation of two perfluoroalkyl sulfonamide derivatives. *Chemosphere* **2015**, 119, 1084–1090. [CrossRef]
20. 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]

Congress AtmosFair – Paris 27 & 28 June 2023

21. Lang, J.R.; Allred, B.M.; Field, J.A.; Levis, J.W.; Barlaz, M.A. National estimate of per- and poly-fluoro-alkyl substancse (PFAS) release to U.S. municipal landfill leachate. *Environ. Sci. Technol.* **2017**, 51, 2197–2205. [[CrossRef](#)]
22. McMurdo, C.J.; Ellis, D.A.; Webster, E.; Butler, J.; Christensen, R.D.; Reid, L.K. Aerosol enrichment of these surfactant PFO and mediation of the water-air transport of gaseous PFOA. *Environ. Sci. Technol.* **2008**, 42, 396– 3974. [[CrossRef](#)]
23. Sinclair, E.; Mayack, D.T.; Roblee, K.; Yamashita, N.; Kannan, K. Occurrence of perfluoroalkyl surfactant in water, fish, and birds from New York State. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* **2006**, 50, 398–410. [[CrossRef](#)]
24. Ghisi, R.; Vamerali, T.; Manzetti, S. Accumulation of perfluorinated alkyl substances (PFAS) in agricult u-ral plants: A review. *Environ. Res.* **2019**, 169, 326–341. [[CrossRef](#)]
25. 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](#)]
26. 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/>
27. Kopf, L ; (2017) : Biotransformationsprozesse von Fluortelomeralkoholen/ PFC-Chemismus und FTOH-Analytik in der Bodenluft. Duale Hochschule Baden-Württemberg, Karlsruhe TSHE14.
28. 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](#)]
29. 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](#)]
30. 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](#)]
31. 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](#)]
32. 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](#)]
33. 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](#)]
34. 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](#)]
35. Lau, C.;Anitole, K.;Hodes, C.;Lai,D.;Pfahles- Hutchens,A.; Seed,J.: Perfluoroalkyl acids: A review of monitoring and toxicologicalfindings.*Toxicol.Sci.*2007,99,366–394.[[CrossRef](#)]
36. 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](#)]
37. 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](#)]
38. Nilsson, H.; Kärrman, 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](#)]
39. 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>

Congress AtmosFair – Paris 27 & 28 June 2023

40. 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 perfluoro-octane sulfonate and the role of peroxisome proliferator-activated receptor alpha. *Crit. Rev. Toxicol.* **2009**, *39*, 76–94. [CrossRef]
41. 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]
42. 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]
43. 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]
44. Knutsen, H.K.; Alexander, J.; Barregård, L.; Bignami, M.; Brüschiweiler, B.; Ceccatelli, S.; Cottrill, B.; Dinovi, M.; Edler, L.; Grasl-Kraupp, B.; et al. Risk to human health related to the presence of perfluoro-octane sulfonic acid and perfluorooctanoic acid in food. *EFSA J.* **2018**, *16*, e05194. [CrossRef]
45. US EPA. Health Effects Support Document for Perfluorooctanoic Acid (PFOA). https://www.epa.gov/sites/default/files/2016-05/documents/pfoa_hesd_final-plain.pdf **2020**
46. 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]
47. NTP (National Toxicology Program). Monograph on Immunotoxicity Associated with Exposure to Perfluorooctanoic Acid (PFOA) and Perfluorooctane Sulfonate (PFOS). Available online: https://ntp.niehs.nih.govntp/ohat/pfoa_pfos/pfoa_pfosmonograph_508.pdf (2020).
48. Ouhote, 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]
49. 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]
50. 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]
51. 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]
52. 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]
53. 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]
54. Readon, 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]

Congress AtmosFair – Paris 27 & 28 June 2023

55. 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. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
56. DiNiso, A.; Sabovic, I.; Valente, U.; Tescari, S.; Rocca, M.S.; Guidolin, D.; Dall'Acqua, S.; Acquasaliente L.; Pozzi, N.; Plebani, M.; et al. (2 0 1 9) Endocrine disruption of androgenic activity by perfluoroalkyl substances: Clinical and experimental evidence. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* **2019**, 104, 1259–1271. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
57. 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. [\[CrossRef\]](#)
58. 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. *Eviron. Health Perspect.* **2020**, 128, 047007. [\[CrossRef\]](#)
59. Di-Niso, 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. [\[CrossRef\]](#)
60. Consonni, D.; Straif, K.; Symons, J.M.; Tomenson, J.A.; Van Amelsvoort, L.G.P.M.; Sleeuwenhoek, 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. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
61. 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. [\[CrossRef\]](#)
62. 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. [\[CrossRef\]](#)
63. 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. [\[CrossRef\]](#)
64. Hanahan, D.; Weinberg, R.A. The hallmarks of cancer. *Cell* **2000**, 100, 57–70. [\[CrossRef\]](#)
65. Hanahan, D.; Weinberg, R.A. Hallmarks of cancer: The next generation. *Cell* **2011**, 144, 646–674. [\[CrossRef\]](#)
66. 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. [\[CrossRef\]](#)
67. 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. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
68. 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. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
69. Emre, E.; Çetin, Ö. Genotoxicity assessment of perfluoroalkyl substances on human sperm. *Toxicol. Ind. Health* **2018**, 34, 884–890. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
70. 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. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
71. Peters, J.M.; Shah, Y.M.; Gonzalez, F.J. The role of peroxisome proliferator activated receptors in carcino-genesis and chemoprevention. *Nat. Rev. Cancer* **2012**, 12, 181–195. [\[CrossRef\]](#)
72. 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. [\[CrossRef\]](#)

Congress AtmosFair – Paris 27 & 28 June 2023

73. 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](#)]
74. IARC: International Agency for Research on Cancer (2016): 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.
75. US-EPA (2020): Health Effects Support Document for Perfluorooctane Sulfonate (PFOS). https://www.epa.gov/sites/default/files/2016-05/documents/pfoss_hesd_final_508.pdf
76. 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>
77. 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>
78. ANSES (2015) : Connaissances relatives aux données de contamination et aux expositions par des décomposés de la famille des Perfluorés (Tome 2). <https://www.anses.fr/fr/system/files/SUBCHIM2009sa0331Ra-102.pdf>
79. 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>
80. Biel, W.; 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>
81. 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>
82. 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
83. 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>
84. ITRC (2022): PFAS — Per- and Polyfluoroalkyl Substances. Interstate Technology Regulatory Council. Juni 2022. <https://pfas-1.itrcweb.org/9-site-risk-assessment/>
85. 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.
86. Monti, C. (2022): PFAS Fingerprinting: A multivariate forensic analysis to detect the origin and extent of PFAS contamination in Northern Italy. Minutes of International PFAS Congress, 20 October 2022, Paris. https://www.saturne.net/mud/index.php?d=pfas_congress22_abstracts_pg
87. Stockholm Convention: Perfluorooctanoic acid (PFOA), its salts and PFOA-related compounds. <http://chm.pops.int/Implementation/Alternatives/AlternativesToPOPs/ChemicalslistedinAnnexA/PFOA/tabid/8292/Default.aspx>
88. Wang, N. Szostek, B., Buck, R.C., Folsom, P.W., Sulecki, L.M., Gannonet, J.T. (2009): Fluortelomer alcohol aerobic soil biodegradation : Pathways, metabolites and metabolite yields. Chemosphere. Volume 75, Issue 8, May 2009, Pages 1089-1096 <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653509000496>
89. Liu, J., Avendaño, S.M. (2013): Microbial degradation of polyfluoroalkyl chemicals in the environment: a review. Environment international. 1 November 2013,

Congress AtmosFair – Paris 27 & 28 June 2023

- DOI:10.1016/j.envint.2013.08.022. Corpus ID: 28773717.
<https://www.semanticscholar.org/paper/Microbial-degradation-of-polyfluoroalkyl-chemicals-Liu-Avenda%C3%B1o/cd3c413c79adf7cec83822997cf350a9705cd23d>
90. Zhang, Z., Sarkara, D., Kumar, J., Datta, B.R. (2022): Biodegradation of per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS): A review. Bioresource Technology, Volume 344, Part B, January 2022, 126223
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960852421015650>
91. Wang, Z.Y., Cousins, I.T., Scheringer, M., Hungerbuhler, K. (2013): Fluorinated alternatives to long-chain perfluoroalkyl carboxylic acids (PFCAs), perfluoroalkane sulfonic acids (PFSAs) and their potential precursors, Environ. Int., 2013, 60, 242–248. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24660230/>
92. 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.
93. Karg, F. (2022): Management of FTOH: Fluorotelomere Alcohols (volatile PFAS) in ambient air of public site use scenarios (schools, kindergartens) & residences: site investigation, toxicological Health Risk Assessments (TERQ) / Gestion des FTOH : Fluorotélomère-Alcools (PFAS volatils) dans l'air ambiant des ERP sensibles (écoles, crèches) & habitations : diagnostics et évaluation des risques toxicologiques. AtmosFair, Lyon: 20 & 21/09/2022. Congress Minutes.
https://www.saturne.net/mud/index.php?d=atmosfair2022_program_abstracts
94. Karg, F. (2022): Actualized Legal framework of PFAS management in Soil, Groundwater and soil & discharge effluents and Leachates in Germany and France & EC wide potential evolution of the legislation concerning PFAS management in the next years. RemTech, Ferrara – Italia, 22/09/2022. Minutes of Congress.
95. Karg, F. (2022): PFAS: Poly- & Perfluorierte aliphatische Substanzen: Vorkommen, Umweltchemie und Management Seminar zum PFAS-Management (PFC/PFT): Technische & juristische Lösungen zum Management bei PFAS-Altlasten (Boden & Grundwasser sowie bei Bodengas & Raumluftkontaminationen mit FTOH = flüchtige PFAS). HPC INTERNATIONAL-Seminar: Düsseldorf-Ratingen 27.09.2022.
96. Karg, F. (2022): PFAS: Management of Pollution and Health Risks: Site Investigations, Environmental Chemistry, Risk Assessment (sensitive ERP and others), Regulatory Thresholds and Treatments (including volatile PFAS FTOH in soils, groundwater, soil gas & ambient air). International PFAS-Congress ARET-SFSE-HPC INTERNATIONAL, Paris 20 October 2022. Minutes of Congress.
https://www.saturne.net/mud/index.php?d=pfas_congress22_abstracts_pg
97. Karg, F., Hintzen, U., ROBIN-VIGNERON, L., MOSTERSTEG, S. (2022): Einzelfallprüfung bei PFAS. Altlastenspektrum 06.2022, 31. Jahrgang, Dezember 2022, Seiten 157 – 204.
<https://altlastendigital.de/ce/einzelfallpruefung-bei-pfas/detail.html>
98. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (2022): Leitfaden zur PFAS-Bewertung. Stand: 21.02.2022.
https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Bodenschutz/pfas_leitfaden_bf.pdf
99. BAuA (2014): Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin: Technische Regeln für Gefahrstoffe, TRGS 402, Abschnitt 5.2.1 Stoff- und Bewertungsindex, <http://www.baua.de/de/Themen-von-A-Z/Gefahrstoffe/TRGS/pdf/TRGS-402.pdf?blob=publicationFile&v=7>
100. LAWA (2017): Ableitung von Geringfügigkeitsschwellenwerten für das Grundwasser: Per- und polyfluorierte Chemikalien (PFC). Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser. 28. 07. 2017.
https://www.lawa.de/documents/03_anlage_3_bericht_gfs_fuer_pfc_endfassung_22_11_2017_2_1552_302208.pdf
101. WHO/IPCS (2009): Assessment of combined exposures to multiple chemicals: report of a WHO/IPCS international workshop on aggregate/cumulative risk assessment.
https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/44113/9789241563833_eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Congress AtmosFair – Paris 27 & 28 June 2023

102. AFSSET, Karg, F. et al (2010): Valeurs toxicologiques de référence (VTR) pour les substances cancérogènes (Toxicological Reference Values for cancerogenic Compounds) - Méthode de construction de VTR fondées sur des effets cancérogènes - Saisine n°2004/AS16. Agence Française de Sécurité Sanitaire de l'Environnement et du Travail, 05/2010 (now ANSES : Agence Nationale de Sécurité Sanitaire).
http://www.afsset.fr/upload/bibliotheque/141844903203317036420911165719/VTR_cancer_methodologie_afsset_mars10.pdf <https://www.anses.fr/fr/system/files/CHIM2004etAS16Ra.pdf>
103. Umweltbundesamt (2011): Arbeitshilfe zur Expositionabschätzung und Risikoanalyse an kontaminierten Standorten.
<https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/REP0351.pdf>
104. ITVA-E1-AH7 (2020): Draft: Arbeitshilfe zur standortspezifischen humantoxikologischen Gefährdungsabschätzung und Ableitung von Maßnahmenwerten zum Management von schädlichen Bodenveränderungen oder Altlasten. Entwurf 2020.
105. IPCS / WHO (2010): WHO Human Health Risk Assessment Toolkit: Chemical Hazards. 88 pages.
https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/44458/9789241548076_eng.pdf;jsessionid=B27779C17F31F535ED9F5AD57DA7D023?sequence=1
106. Umweltbundesamt (2020): Senkung der Vorsorge-Maßnahmenwerte für PFOA/PFOS im Trinkwasser.
<https://www.umweltbundesamt.de/senkung-der-vorsorge-massnahmenwerte-fuer-pfoapfos>
107. LANUV (2022): Bewertungsmaßstäbe für PFAS-Konzentrationen für NRW. Leitfaden des Bundes zur PFAS-Bewertung, in NRW per Erlass vom 04.03.2022 eingeführt.
<https://www.lanuv.nrw.de/umwelt/gefahrenstoffe/pfc/bewertungsmassstaebe#c6521>
108. ATSDR (2021): Toxicological Profile for Perfluoroalkyls. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp200-p.pdf>
109. 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
110. TCEQ (2016) : Perfluoro Compounds (PFCs): RfD Values. Texas Commission on Environmental Quality <https://www.tceq.texas.gov/assets/public/implementation/tox/evaluations/pfcs.pdf>
111. 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>
112. UBA (2020): 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
113. 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
114. BfR (2018): Perfluorierte Verbindungen PFOS und PFOA sind in Lebensmitteln unerwünscht. Bundesinstitut für Risikobewertung. <https://www.bfr.bund.de/cm/343/perfluorierte-verbindungen-pfoss-und-pfoa-sind-in-lebensmitteln-unerwuenscht.pdf>
115. 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>
116. US Department of Defense (Assessed 27/02/2022): Appendix I - PFAS Toxicity Profiles.
<https://defence.gov.au/Environment/PFAS/docs/Tindal/Reports/201806HHRAAppIToxicityProfiles.pdf>

Congress AtmosFair – Paris 27 & 28 June 2023

117. 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>
118. 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=134AF5A3441CFB49FFE7BB>
<https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S016041201933805X?token=134AF5A3441CFB49FFE7BB&originRegion=eu-west-1&originCreation=20220227001829>
119. 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
120. 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&searchall=&showcriteria=2&simplesearch=0&timstype=
121. UPDS (2021): Les Polluants emergent. La Magasine des Professions de dépollution des sites. No 9, Juin 2021. https://www.fnaide.org/ressources/_pdf/2/3425-UPSD_Mag_9.pdf
122. EFSA (2020): PFAS in Lebensmitteln: Risikobewertung und Festlegung einer tolerierbaren Aufnahmemenge durch die EFSA. European Food Safety Authority. 17.09.2020. <https://www.efsa.europa.eu/de/news/pfas-food-efsa-assesses-risks-and-sets-tolerable-intake>
123. Bil, W., Zeilmaker, M., Fragki, S., Lijzen, J., Verbruggen, E., Bokkers, B. (2020): Risk Assessment of Per- and Polyfluoroalkyl Substance Mixtures: A Relative Potency Factor Approach. Environ Toxicol Chem 2021;40:859–870. <https://setac.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/etc.4835>
124. 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 – Congress Minutes AtmosFair, Lyon 28/09/2010. https://www.santepubliquefrance.fr/content/download/146182/document_file/20614_9325-9325-ps.pdf
125. 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.
126. Karg, F. (2011): Methodology of risk management in case of exposure uncertainties on working places with special regard on contaminated sites and buildings. Congress Minutes INTERSOL, Lyon le 29/03/2011.
127. 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 Chlordécone 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>
128. Giorennec, 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.
129. 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.

Congress AtmosFair – Paris 27 & 28 June 2023

130. 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.
131. Gorenne, P., Imbert, M., Ronga-Pezeret, S., Karg, F., Bonvallot, N., Boulanger, G., Maurau, S., Guillou, 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
132. Karg. F. (2012): Combined professional and Residential Toxicological Exposure Risks by VOC. AtmosFair Congress Book, Lyon / France 26-27/09/2012.
133. 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.
134. 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.
135. 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.
136. 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.
137. 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.
138. 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, Chlorophénols, Arsenic). Intersol Congress Minutes, Lille 16th of March 2016
139. 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. <https://content.iospress.com/articles/journal-of-alzheimers-disease/jad160310>
140. 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 Congres.
141. 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.
142. Karg, F. (2018): Internationale Ansätze in der Gefährdungsabschätzung im Vergleich zum deutschen Bodenschutzrecht. (International Approaches of Health Risk Assessments in Comparison with German Regulations) Seminar: Wirkungspfad Boden – Mensch: Regierungspräsidium Stuttgart (Seminar: Exposures from Soil to Humans. Stuttgart / Germany 20/02/2018. Seminarunterlagen.

Congress AtmosFair – Paris 27 & 28 June 2023

143. 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.
144. 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. Congress Minutes.
145. Karg, F. (2022): ERP sensibles (Ecoles, Crèches) & Habitations et Diagnostics, Evaluation des Risques Toxicologiques et Traitements des PFAS, notamment les FTOH : Fluorotéomère-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
146. B-LFU (2022): Vorläufige Leitlinien zur Bewertung von PFAS-Verunreinigungen in Wasser und Boden. Bayerisches Landesamt für Umwelt. Stand Juli 2022.
https://www.lfu.bayern.de/analytik_stoffe/doc/leitlinien_vorlaufbewertung_pfc_verunreinigungen.pdf
147. Held, T. (2020) : Precursor. Altlastenspektrum. 06/2020.p. 225. https://www.altlastenspektrum-itva.de/neuheft6_20.html
148. Huang, S. & Jaffé, R. (2019): Defluorination of Perfluorooctanoic Acid (PFOA) and Perfluorooctane Sulfonate (PFOS) by Acidimicrobium sp. Strain A6. Environmental Science & Technology. 2019 Oct 1; 53(19):11410-11419. doi: 10.1021/acs.est.9b04047.
<https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/acs.est.9b04047>
149. Georgi, J., Busch, 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
150. Karg, F. & HINTZEN, U. (2023): PFAS sicher und preiswert sanieren. VDI – Umweltmagazin (Verein Deutscher Ingenieure), 1 – 2 / 2023 Seiten 46 – 48. <https://elibrary.vdi-verlag.de/10.37544/0173-363X-2023-1-2/umweltmagazin-jahrgang-53-2023-heft-1-2?page=1>
151. Karg, F., Hintzen, U., Robin-Vigneron, L. & Mostersteg, (2022): Einzelfallprüfung bei PFAS: Anwendung der neuen Mantelverordnung für verhältnismässige und kostenoptimierte Sanierungen bei Vielstoffbelastung. (Site specific Risk Assessment and Cost effective Site Remediation of PFAS). Altlastenspektrum 06/2022, p. 180 – 192, ITVA December 2022. <https://altlastendigital.de/ce/einzelfallpruefung-bei-pfas/detail.html>
152. Karg, F. & Hintzen, U. (2023): PFAS sicher und preiswert sanieren (Safe and Cost effective Site Remediation of PFAS): Umweltmagazin 02/2023, p. 46 - 49 VDI: Verein Deutscher Ingenieure/ Association des Ingénieurs Allemands.
153. Monti C & K. Dasu (2023): Advanced fingerprinting analysis of PFAS in groundwaters: the use of advanced multivariate statistics and Machine learning techniques. Abstract submitted to the Congress "PFAS – Management of Environmental and Health risks". Paris, June 13-14, 2023, 6 pp.
154. Karg, F. (2023) : Traitements in-situ des Polluants émergents dans les Sols et les Eaux souterraines - Exemples des aménagements des sites polluées par des HET-NSO & PFAS. Minutes of Congres INTERSOL Lille / France : 29th to 31st of March 2023.
155. Karg, F., SFSE et. al. (2023 en cours) : Guide et Fiches de gestion des pollutions par des PFAS. Société Francophone de Santé en Environnement.
156. Karg, F. (2023) : PFAS : Chimie Environnementale, Diagnostics & Identification des Sources, Toxicologie et Evaluation des Risques (EQRS), incluent les FTOH. PFAS / Environmental Chemistry Investigations, Source Identification, Toxicology and TERQ Risk Assessments, including FTOH.

Congress AtmosFair – Paris 27 & 28 June 2023

Abstract submitted to the Congress "PFAS – Management of Environmental and Health risks". Paris, June 13-14, 2023.

157. Karg, F. & HUETTMANN, S. (2023) : Traitements durables in-situ des PFAS dans les sols et eaux souterraines contaminés, notamment par lavage via des Biopolymères protéiniques / Sustainable In-situ Treatments of PFAS in contaminated Soil and Groundwater, Washing with Protein Bio-polymers. Introduction. Abstract submitted to the Congress "PFAS – Management of Environmental and Health risks". Paris, June 13-14, 2023.
158. Executive Office of the Président of the United States of America (2023): Per- and Polyfluoroalkyl Substances (PFAS) Report. Joint Subcommittee on Environment, Innovation and Public Health – Per- and Polyfluoroalkyl Substances Strategy Team of the National Science and Technology Council, Washington DC, March 2023. <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2023/03/OSTP-March-2023-PFAS-Report.pdf>
159. Ladics G.S., Stadler J.C., Makovec G.T., Everds N.E., Buck R.C. Subchronic toxicity of a fluoroalkylethanol mixture in rats. Drug Chem. Toxicol. 2005;28:135–158. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15865257/>
160. Fasano W.J., Carpenter S.C., Gannon S.A., Snow T.A., Stadler J.C., Kennedy G.L., Buck R.C., Korzeniowski S.H., Hinderliter P.M., Kemper R.A. Absorption, distribution, metabolism, and elimination of 8-2 fluorotelomer alcohol in the rat. Toxicol. Sci. 2006; 91:341–355. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16543293/>
161. Sheng N., Zhou X., Zheng F., Pan Y., Guo X., Guo Y., Sun Y., Dai J. Comparative hepatotoxicity of 6:2 fluorotelomer carboxylic acid and 6:2 fluorotelomer sulfonic acid, two fluorinated alternatives to long-chain perfluoroalkyl acids, on adult male mice. Arch. Toxicol. 2017;91:2909–2919 <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28032147/>
162. Maras M., Vanparys C., Muylle F., Robbens J., Berger U., Barber J.L., Blust R., De Coen W. Estrogen-like properties of fluorotelomer alcohols as revealed by mcf-7 breast cancer cell proliferation. Environ. Health Perspect. 2006;114:100–105. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1332663/>
163. Vanparys C., Maras M., Lenjou M., Robbens J., Van Bockstaele D., Blust R., De Coen W. Flow cytometric cell cycle analysis allows for rapid screening of estrogenicity in MCF-7 breast cancer cells. Toxicol. In Vitro. 2006;20:1238–1248. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16797915/>
164. Rosenmai A.K., Taxvig C., Svingen T., Trier X., van Vugt-Lussenburg B.M., Pedersen M., Lesne L., Jegou B., Vinggaard A.M. Fluorinated alkyl substances and technical mixtures used in food paper-packaging exhibit endocrine-related activity in vitro. Andrology. 2016;4:662–672. [PubMed] [Google Scholar]
165. Liu C., Deng J., Yu L., Ramesh M., Zhou B. Endocrine disruption and reproductive impairment in zebrafish by exposure to 8:2 fluorotelomer alcohol. Aquat. Toxicol. 2010;96:70–76 <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27152447/>
166. Mukerji P., Rae J.C., Buck R.C., O'Connor J.C. Oral repeated-dose systemic and reproductive toxicity of 6:2 fluorotelomer alcohol in mice. Toxicol. Rep. 2015;2:130–143. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5598097/>
167. Mylchreest E., Munley S.M., Kennedy G.L., Jr Evaluation of the developmental toxicity of 8-2 telomer B alcohol. Drug Chem. Toxicol. 2005;28:315–328 <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16051557/>
168. SLU (Swedish University of Agricultural Science) / Bo Sha (2017): Perfluoroalkyl substances (PFASs), flame retardants and cyclic volatile methylsiloxanes in indoor air in Uppsala, Sweden – occurrence and human exposure assessment. Department of Aquatic Sciences and AssessmentMaster thesis • 30hec • Advanced level A2E. Sustainable Development, Uppsala 2017 https://stud.epsilon.slu.se/10280/1/sha_b_170913.pdf

Pollution par PFAS volatils : risques pour la santé dus aux émanations et contaminations de l'air ambiant

Frank KARG, Directeur scientifique du Groupe HPC & CEO d'HPC International SAS, Expert judiciaire

Hôtel. de Recherche / Centre Médical de Perhardy, 29680 Roscoff - France &

Dr. Alfred-Herrhausen-Allee 12, 47228 Duisburg - Germany

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

1. Introduction

Depuis des années 1960 les PFAS : Per- & Polyfluoro-Alkyl Substances sont devenues progressivement un problème environnemental majeur, également pour la Santé Publique, en raison de leur application multiple et vaste (historique et toujours actuelle). Cette menace environnementale et pour la Santé Publique commence à être prise en compte petit à petit depuis les années 2010 et fortement en 2022 & 2023. Par conséquent, les PFAS se retrouvent aujourd’hui dans les sols, les eaux souterraines, les aliments et l’eau potable ainsi que dans les Gaz du sol et de l’Air ambiant en ce qui concerne la famille de PFAS volatils, les FTOH : Fluorotélomère-Alcools. Entre 9 000 à 12 000 polluants synthétiques de PFAS ont été produits.

Les PFAS polymères du type « Teflon » (ou PFTE) etc. ne disposent pas d'une bonne biodisponibilité et sont donc par conséquent beaucoup moins toxiques que les PFAS monomères. Ces PFAS monomères font l'objet des travaux présentés ci-joint. Les PFAS sont connus notamment pour leurs effets toxicologiques de perturbateurs endocriniens, d'hépatotoxicité, d'Immunotoxicité, leurs effets sur le développement des fœtus et pour certains, la cancérogénicité (par ex. le PFOA) [1 - 84].

EN général une molécule d'alcool fluorotélomère individuelle est nommée par le nombre de carbones qui sont fluorés par rapport au nombre qui sont à base d'hydrocarbures. Par ex. l'Alcool fluorotélomérique 8:2 représenterait une molécule avec 8 carbones fluorés et un groupe alcool éthylique à 2 carbones. La structure générale d'un alcool fluorotélomérique est le plus souvent $F(CF_2)_nCH_2CH_2OH$, où n est un nombre pair.

Une caractéristique importante des PFAS est leur comportement dans la Chimie Environnementale, car seuls les PFAS polyfluorés sont modifiés par bio-transformation microbiologique en PFAS perfluorés, qui demeurent totalement stables et non-dégradables, voir même bioaccumulables.

Les sources de Pollutions par PFAS sont multiples et notamment présentes sur les sites industriels, qui ont utilisés ces produits, les sites d'anciens incendies ou d'entraînement anti-incendie, où des mousses anti-incendie (**AFFF : Anti Fire Fighting Foams, par ex. sur des aéroports**) ont été utilisées. Les terrains agricoles sont aussi des sources de pollution par des PFAS, en raison de l'apport de boues de STEP : Stations d'Epuration qui comportent des PFAS accumulés.

Les activités (historiques) suivantes peuvent être à l'origine de pollutions par des PFAS :

- Entraînements anti-incendie,
- Aéroport ou base aérienne site militaire,
- Site d'incendie et utilisation des **AFFF**,
- Galvanisation électrochimique,
- Production de papiers ou cartons « cirés »,
- Production de Textiles imperméables,
- Sprays, peintures, laques d'imperméabilisation,
- Production et application de Teflons (PTFE, etc.),
- Sites pétroliers et de l'industrie chimique et/ou production et application des peintures, des teintures, des encres, des pigments, les cires chimiques et les produits de polissage,
- Applications de solvants (garages, pressings, blanchisseries, etc.,
- Décharges et anciennes décharges municipales, etc. (ISDD, ISDND, ISDD, etc.),
- Teintureries & Tanneries,
- Moquettes, tapis, tissus et plastiques avec des retardateurs de flammes,
- Production d'objets et meubles contenant des surfaces,
- Production de produits de nettoyage,
- Chimie photographique (laboratoires, et production des papiers et films, etc.),
- Production d'éléments électroniques,
- Production et applications de pesticides et biocides,
- Production de produits cosmétiques,
- Sites ayant reçus des Boues de STEP.

2. Chimie environnementale

La Chimie environnementale des PFAS est particulièrement importante et compliquée. Il n'existe aucun groupe de polluants montrant une chimie environnementale plus complexe que les PFAS. En particulier, il faut constater qu'il existe **plus que 9 000 substances PFAS**, divisées en **33 catégories de substances**. Les plus connues sont les Acides perfluoroalkane-sulfoniques (PFASs), les Acides perfluoroalkyliques-carboxyliques (PFCA), les Perfluoroalkyliques-phosphates & leurs esters, les Fluorotélomére-alcooles (**FTOH**), etc. (dont plus **32 autres groupes...**). Certains d'entre eux, comme par ex. le **PFOA** : Acide perfluoro-octanoïque et le **PFOS** : Perfluoro-octane-sulfonate (cf. Fig. 1) sont bannis (et **interdit en CE et USA & Canada**) par la **Convention de Stockholm** dans la catégorie des **POPs** : Persistent Organic Pollutants. Le PFOA est cancérogène. Les **produits commerciaux** contiennent principalement des **mélanges**.

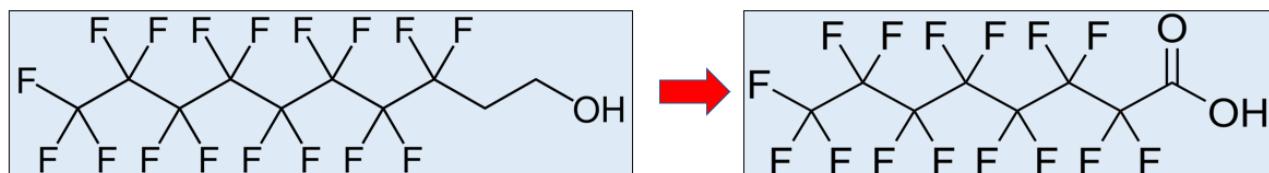


Fig. 1 : Biotransformation du 8 :2-FTOH vers le PFOA cancérogène

La raison de la forte solubilité dans l'eau associée à une lipophilie est basée sur le fait qu'il existe des **PFAS** :

- **Anioniques** (par ex. les sulfonates, les sulfates, les carboxylates et les phosphates),
- **Cationiques** (par ex. ammonium quaternaire),
- **Amphotères** (par ex. betaines et sulfo-betaines) : base + acide et
- **Non ioniques** (par ex. polyéthylène glycols, oligomères d'acrylamide).

Il est très important de souligner, que les PFAS poly-fluorés non entièrement fluorés (» Précurseurs «) peuvent être convertis par bio-transformation en produits chimiques persistants et entièrement fluorés, les PFAS per-fluorés [87 - 94]. La dégradation complète microbiologique des PFAS n'a pas encore été démontrée.

Le schéma suivant montre un exemple de biotransformation des Alkylphosphates polyfluorés (PAP) dans les sols et eaux souterraines vers les Fluorotélomère alcools (FTOH) volatils qui migrent par la suite dans les gaz du sol et vers l'air ambiant. Par la suite, les FTOH sont transformés microbiologiquement en PFAS per-fluorés stables. Par exemple ; le 6:2-FTOH est bio-transformé en PFHxA et PFPeA et le 8:2-FTOH en PFOA, PFHpA, PFHxA et 2H-PFOA (cf. les Fig. suivantes).

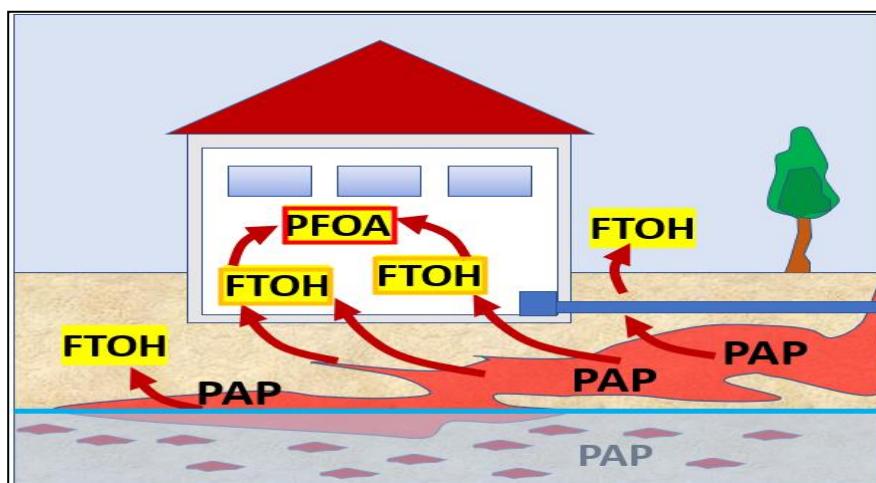


Fig. 2 : Exemple de biotransformation des Alkylphosphates polyfluorés (PAP) dans les sols et eaux souterraines vers les Fluorotélomère alcools (FTOH) volatils et en PFAS per-fluorés stables, comme par ex. le PFOA cancérogène : L. KOPF / HPC, 2017 et F. KARG, 2021 & 2022.

Le Schéma suivant montre un exemple de la biotransformation du 8:2-FTOH ($\text{F}(\text{CF}_2)_8\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$) via des produits intermédiaires vers des PFAS perfluorés stables, comme par exemple le PFPA (Acide perfluoro-pentanonic), le PFHxA (Acide perfluoro-hexanonic), le PFHpA (Acide perfluoro-heptanonic), le 2H-PFOA, l'Acide 7:3 et le PFOA (Acide perfluoro-octanonic) cancérogène.

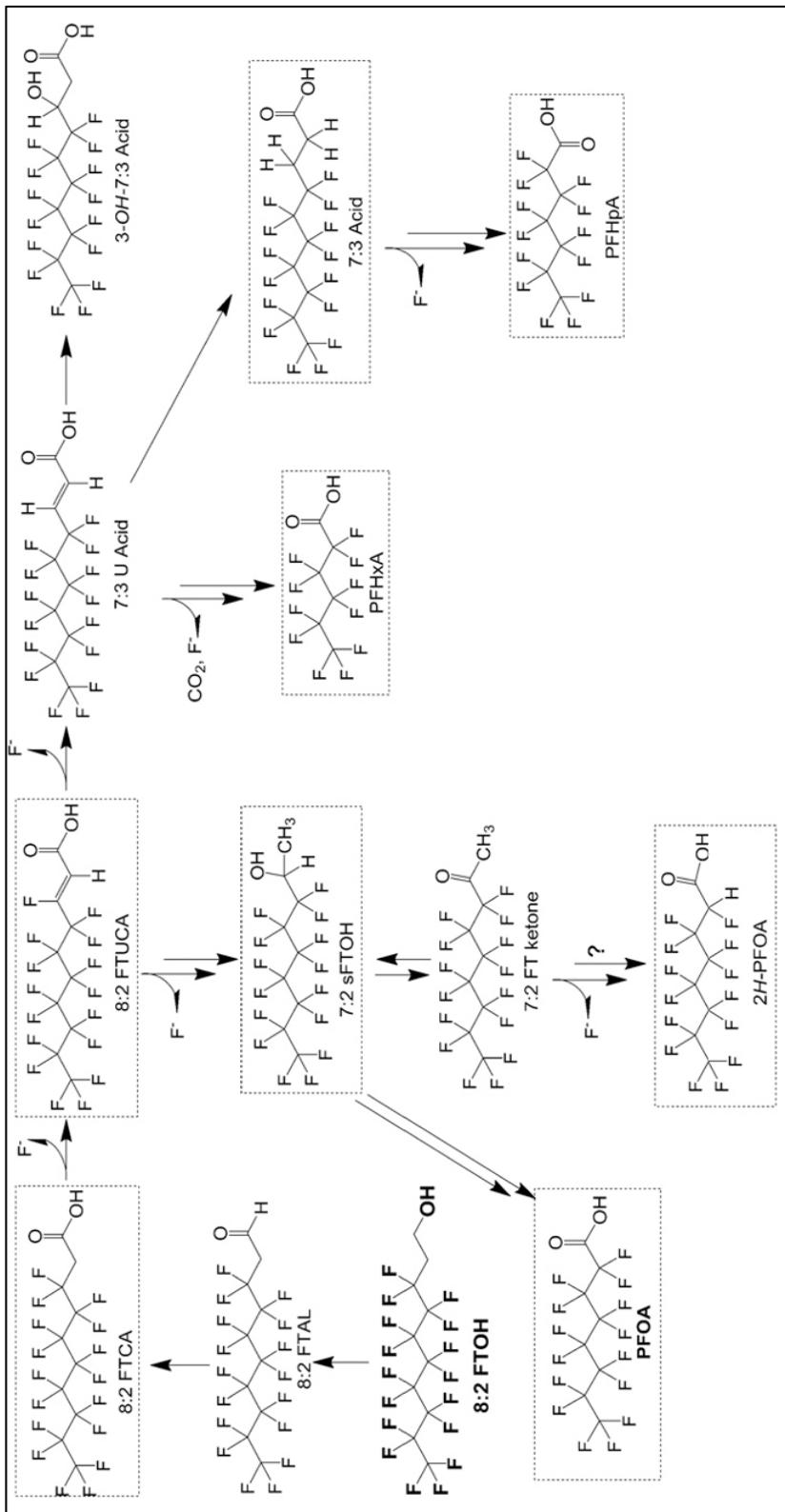


Fig. 3 : Exemple de biotransformation aérobie du 8:2 FTOH ($\text{F}(\text{CF}_2)_8\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$) dans les sols. Des flèches doubles indiquent la formation des substances perfluorées stables (Wang et al. 2009, modifié).

En cas de changement de pH, certains PFAS pourraient devenir plus ou moins solubles, ce qui a également un impact sur les émanations de télomères fluorés volatils comme le FTOH, etc. dans les gaz du sol. Certains précurseurs pourraient modifier leurs solubilités (et leurs extractabilités lors des procédures d'analyse chimique).

A l'état d'aujourd'hui, la surveillance par l'analyses des 20 PFAS individuels de la Directive Européenne 2020/2184, exclue malheureusement encore les FTOH.

Selon la Directive Européenne 2020/2184, qui concerne la qualité des eaux de consommation humaine, les 20 PFAS suivants sont ciblés :

Somme des 20 PFAS de la Directive européenne Eau potable 2020 :

- Acide perfluorooctanoïque (PFOA) [5347]
- Acide perfluoroheptanoïque (PFHpA) [5977]
- Acide perfluorohexanoïque (PFHxA) [5978]
- Acide perfluoropentanoïque (PFPeA)[5979]
- Acide perfluorobutanoïque (PFBA) [5980]
- Acide perfluorobutane sulfonique (PFBS) [6025]
- Acide perfluorododécanoïque (PFDoDA) [6507]
- Acide perfluorononanoïque (PFNA) [6508]
- Acide perfluorodécanoïque (PFDA) [6509]
- Acide perfluoroundécanoïque (PFUnDA) [6510]
- Acide perfluoroheptane sulfonique (PFHpS) [6542]
- Acide perfluorotridecanoïque (PFTrDA) [6549]
- Acide perfluorodécane sulfonique (PFDS) [6550]
- Acide perfluorooctane sulfonique (PFOS) [6561]
- Acide perfluorohexane sulfonique (PFHxS) [6830]
- Acide perfluoropentane sulfonique (PFPeS) [8738]
- Acide perfluorononane sulfonique (PFNS) [8739]
- Acide perfluoroundécane sulfonique [8740]
- Acide perfluorododécanoïque [8741]
- Acide perfluorotridécane sulfonique [8742]

3. Risques des FTOH et Evaluation des Risques Toxicologiques

L'exposition aux FTOH en particulier a été associée à une hépatotoxicité [158 - 160], à une prolifération accrue des cellules cancéreuses du sein [161 - 162] et à une activité œstrogénique [163 - 164]. Certains effets sur la reproduction et le développement ont été observés, mais ceux-ci peuvent être dus à des toxicités maternelles [165 - 166].

Pour l'évaluation des risques sanitaires, les données toxicologiques (VTR : Valeurs Toxicologiques de Référence) sont à rechercher et à actualiser au niveau international quasiment de façon hebdomadaire. Les VTR les plus récentes sont disponibles surtout aux USA (EPA...), ATSDR et l'EFSA. L'ANSES avait publié aussi en 2017 des VTR des PFAS, mais au vu de l'avancement forcé des études toxicologiques, ces VTR sont pour une grande partie déjà dépassées.

Dans le cas des FTOH présents dans les sols, eaux souterraines et gaz du sol, il faudra impérativement réaliser aussi des investigations de FTOH dans l'Air ambiant des bâtiments aux usages sensibles (ERP : Ecoles, Crèches, etc.) ou résidentiel, sur la base de seuils de quantification (ou au moins pour les seuils de détection), de l'ordre de 4 – 8 ng/m³, afin de posséder une bonne base exploitable pour les EQRS : Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires.

L'US-EPA considère que la plus grande partie des expositions provient aujourd'hui de l'eau potable, en dehors des sites pollués, du fait de l'absence de surveillance et de traitement des PFAS.

Une étape importante de l'EQRS est le choix des VTR (Valeurs Toxicologiques de Référence), car leur évolution est rapide. Par ex., le guide PFAS de l'ANSES de 2017 comporte certaines VTR pour les PFAS, mais vu les nombreuses publications de VTR jusqu'à aujourd'hui, ces valeurs sont partiellement dépassées, et notamment beaucoup plus contraignantes à ce jour. Une Dose Hebdomadaire Tolérable (DHT) de 4,4 ng/kg/Semaine (ou la Dose Journalier Tolérable (DJT) de 0,63 ng/kg/j pour des PFAS : PFOA, PFOS, PFNA & PFHxS) a été publiée par l'EFSA, le 17/09/2020. En 2020 des facteurs d'équivalence de toxicité par rapport au PFOA ont été aussi publiés par W. Bil et al. sous la forme de RPF : Relative Potency Factors, qui existent aussi pour certains FTOHs.

Afin d'assurer le bon choix des VTR des PFAS, il est à recommandé d'appliquer des critères de choix scientifiques et non des critères nationaux. La Fig. suivante montre des critères de choix des VTR applicables, afin de prendre en compte les meilleures connaissances toxicologiques concernant les relations de dose à effet des PFAS.

No	TRD: Toxicological Reference Dose Choice Criteria	Appreciation			
		Favorable	Correct	Not favorable	Exclusion
1	Variability of indicated TRD	(+/- 0 %)	≤ (+/- 30 %)	> (+/- 30 %)	
2	Class (potential) Carcinogenic: EC: Class 3/ US-EPA: Class B2, C / IARC: Group 1	3 Organisms : CE, US-EPA, IARC, etc.	2 Organisms	1 Organisms	
3	Several Organisms shows similar TRD (+/- 50 %)	≥ 3 Organisms	2 Organisms	1 Organism	
4	Age of base Study	≤ 15 a	15 – 25 a	< 25 a	
5	Mechanistic toxicological basement Study (for ex. Genotoxicity):	Epidemiology	Mamifer	In-Vitro / In-silico	
6	Basement Study : Klimisch Quality Criteria	Class 1	Class 2	Class 3	Class 3
7	Verified Purity of Compound	Yes	< 95 %	No	
8	Excipient potentially toxic	Non		Yes	
9	Presence of population without exposure (test witness)	Yes		No	
10	General Quality Criteria (Klimisch) of toxicological effect studies	Standardized Study (OCDE, UE, US EPA, FDA, etc.)	Standardized Study without Details, but correctly documented	Document insufficient for evaluation, systematic deficiencies	
11	POD : Point of Departure	Quantified Epidemiological Data, BMLD, etc. (PBPK)	NOAEL sensitive NOAEL	LOAEL sensitive, LOAEL, Other	
12	Uncertainty (or Assessment) Factors	1 – 100	> 100 – 1000	> 1 000 – 10 000	> 10 000
13a	Transpositions: Between Exposure Pathways	Non		Yes	
13b	Transposition: Animal to Human	Non	Yes		
13c	Transpositions : From in-Vitro	Non		Yes	
13d	Transpositions : From in-Silico	Non		Yes	
14	Study time-representativity	≥ 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. 12 : Critères de choix des VTR (F. KARG 2022)

Le tableau suivant montre quelques VTR concernant les FTOHs :

Compound	Inhalation Systemic	Ingestion Systemic	Con-sidered Effect	Tests	Uncertainty (Security) Factor	Reference
6:2 FTOH: Fluorotelomer alcohol		RfD (based on PFOA TDI:b6 ng/kg/week: 0,86 ng/kg/d / RPF 0,02): 43 ng/kg/d	Hepato-toxic	Rat	Relative Potency Factor: RPF = 0,02	Bil et al. 2020: (RfD based on PFOA TDI: UBA 2020, EFSA 2018 & BfR 2018)
8 : 2 FTOH: Fluorotelomer alcohol		RfD (based on PFOA TDI: 6 ng/kg/week: 0,86 ng/kg/d / RPF 0,04): 21,5 ng/kg/d	Hepato-toxic	Rat	Relative Potency Factor: RPF = 0,04	Bil et al. 2020: (RfD based on PFOA TDI: UBA 2020, EFSA 2018 & BfR 2018)
8 : 2 FTOH: Fluorotelomer Alcohol	RfC : $1,5 \times 10^6$ pg/kg/d	RfD assimilated to PFOA as biotransformation end-product: 1,5 µg/kg/d	Hepato-toxic	Rat		SLU 2017 (Ingestion based on EFSA 2018)

Fig. 13 : Choix de certaines VTR selon les critères de la Fig. 7

Une étape complémentaire de l'EQRS (ou ARR, TERQ, HRA) est la définition des Valeurs de contrôle de conformité sanitaire, sous forme des CMA (Concentrations Maximales Admissibles) en intégrant une additivité des risques des polluants concernant les mêmes cibles et effets toxicologiques, pour des Excès des Risques Individuels (de cancer) maximalement acceptables : ERI < 10E-5 ou d'un Indice de Risque systémique de IR < 1 (= DJE / DJT : Dose Journalière d'Exposition sur Dose Journalière Tolérable). Les CMA sont couramment utilisées sous forme de Valeurs de contrôle sanitaire, afin de vérifier ou de co-élaborer les objectifs des mesures correctives, voire des objectifs de dépollution. Les mesures de Gestion, comme par ex. la dépollution sont basés en France sur un Plan de Gestion, une définition des Zones Sources des pollutions concentrées puis un Bilan Coût-Avantages des modalités et technologies différentes de gestion et des traitements assurant une conformité sanitaire, des risques toxicologiques acceptables.

4. Références

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. NIOSH (2022): Per- and polyfluoroalkyl Substances (PFAS). The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). 15. September 2022. <https://www.cdc.gov/niosh/topics/pfas/default.html>
3. NIEHS (2022): Perfluoroalkyl and Polyfluoroalkyl Substances (PFAS). National Institute of Environmental Health Science. 29. Juli 2022. <https://www.niehs.nih.gov/health/topics/agents/pfc/index.cfm>
4. 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 Leeuwen, S.P.J. Perfluoroalkyl and polyfluoroalkyl substances in the environment: Terminology, classification, and origins. Integr. Environ. Assess. Manag. **2011**, 7, 513–541.
5. 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>
6. US EPA. EPA and 3M Announce Phase out of PFOS. Available online: https://archive.epa.gov/epapages/newsroom_archive/newsreleases/33aa946e6cb11f35852568e1005246b4.html
7. Maga, D.; Aryan, V.; Buzzano, S. Environmental assessment of various end-of-life pathways for treating per- and polyfluoroalkyl substances in spent fireextinguishing waters. Environ. Toxicol. Chem. **2020**.
<https://setac.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/etc.4803>
8. Barbarossa, A.; Masetti, R.; Gazzotti, T.; Zama, D.; Astolfi, A.; Veyrand, B.; Pession, A.; Pagliuca, G. (2013): Per-fluoroalkyl substances in human milk: A first survey in Italy. Environ. Int. **2013**, 51, 27–30.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412012002188?via%3Dihub>
9. European Parliament. Directive 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>

Congrès AtmosFair – Paris 27 & 28 Juin 2023

10. 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 <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.est.7b00315>
11. 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.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0009279705001754?via%3Dhub>
12. 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
<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/es3034999>
13. 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.
14. UNEP (United Nations Environmental Programme). Report of the Conference of the Parties of the Stockholm Conventionon 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> .
15. 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.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0045653520318543?via%3Dhub>
16. 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.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0956053X20301458?via%3Dhub>
17. 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
18. Avendaño, S.; Liu, J. Production of PFOS from aerobic soil biotransformation of two perfluoroalkyl sulfonamide derivatives. *Chemosphere* **2015**, 119, 1084–1090.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0045653514011345?via%3Dhub>
19. Eggen, T.; Moeder, M.; Arukwe, A. Municipal landfill leachates: A significant source for new and emerging pollutants. *Sci. Total Environ.* **2010**, 408, 5147–5157.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969710007436?via%3Dhub>
20. Lang, J.R.; Allred, B.M.; Field, J.A.; Levis, J.W.; Barlaz, M.A. National estimate of per- and poly-fluoro-alkyl substancse (PFAS) release to U.S. municipal landfill leachate. *Environ. Sci. Technol.* **2017**, 51, 2197–2205. <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.est.6b05005>
21. McMurdo, C.J.; Ellis, D.A.; Webster, E.; Butler, J.; Christensen, R.D.; Reid, L.K. Aerosol enrichment of these surfactant PFO and mediation of the water-air transport of gaseous PFOA. *Environ. Sci. Technol.* **2008**, 42, 396– 397. <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/es7032026>
22. Sinclair, E.; Mayack, D.T.; Roblee, K.; Yamashita, N.; Kannan, K. Occurrence of perfluoroalkyl surfactant in water, fish, and birds from New York State. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* **2006**, 50, 398–410.
<https://link.springer.com/article/10.1007/s00244-005-1188-z>
23. Ghisi, R.; Vamerali, T.; Manzetti, S. Accumulation of perfluorinated alkyl substances (PFAS) in agricultural plants: A review. *Environ. Res.* **2019**, 169, 326–341.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0013935118305577?via%3Dhub>
24. 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. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00244-004-0133-x>
25. 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/>

Congrès AtmosFair – Paris 27 & 28 Juin 2023

26. Kopf, L ; (2017) : Biotransformationsprozesse von Fluortelomeralkoholen/ PFC-Chemismus und FTOH-Analytik in der Bodenluft. Duale Hochschule Baden-Württemberg, Karlsruhe TSHE14.
27. 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.
<https://www.nature.com/articles/s41370-018-0094-1>
28. 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
https://journals.lww.com/oem/Abstract/2020/12000/Per_and_Polyfluoroalkyl_Substance_and_Cardio_16.aspx
29. 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]
30. 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]
31. 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]
32. 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]
33. 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]
34. Lau, C.;Anitole, K.;Hodes, C.;Lai,D.;Pfahles- Hutchens,A.; Seed,J.: Perfluoroalkyl acids: A review of monitoring and toxicologicalfindings. *Toxicol.Sci.*2007,99,366–394.[CrossRef]
35. 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]
36. 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]
37. Nilsson, H.; Kärrman, 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]
38. 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>
39. 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]
40. 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]
41. 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]
42. 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]

Congrès AtmosFair – Paris 27 & 28 Juin 2023

43. 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 perfluoro-octane sulfonic acid and perfluorooctanoic acid in food. *EFSA J.* **2018**, 16, e05194. [CrossRef]
44. 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
45. 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]
46. 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).
47. 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]
48. 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]
49. 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]
50. 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]
51. 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]
52. 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]
53. Readon, 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]
54. 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]
55. DiNiso, A.; Sabovic, I.; Valente, U.; Tescari, S.; Rocca, M.S.; Guidolin, D.; Dall'Acqua, S.; Acquasaliene L.; Pozzi, N.; Plebani, M.; et al. (2019) Endocrine disruption of androgenic activity by perfluoroalkyl substances: Clinical and experimental evidence. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* **2019**, 104, 1259–1271. [CrossRef] [PubMed]
56. 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]
57. 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]

Congrès AtmosFair – Paris 27 & 28 Juin 2023

58. Di-Niso, 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](#)]
59. Consonni, D.; Straif, K.; Symons, J.M.; Tomenson, J.A.; Van Amelsvoort, L.G.P.M.; Sleeuwenhoek, 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](#)]
60. 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](#)]
61. 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](#)]
62. 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](#)]
63. Hanahan, D.; Weinberg, R.A. The hallmarks of cancer. *Cell* **2000**, *100*, 57–70. [[CrossRef](#)]
64. Hanahan, D.; Weinberg, R.A. Hallmarks of cancer: The next generation. *Cell* **2011**, *144*, 646–674 [[CrossRef](#)]
65. 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](#)]
66. 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](#)]
67. 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](#)]
68. Emre, E.; Çetin, Ö. Genotoxicity assessment of perfluoroalkyl substances on human sperm. *Toxicol. Ind. Health* **2018**, *34*, 884–890. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
69. 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](#)]
70. Peters, J.M.; Shah, Y.M.; Gonzalez, F.J. The role of peroxisome proliferator activated receptors in carcino-genesis and chemoprevention. *Nat. Rev. Cancer* **2012**, *12*, 181–195. [[CrossRef](#)]
71. Behr, A.C.; Lichtenstein, D.; Braeuning, A.; Lampen, A.; Bührke, 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](#)]
72. 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 Glob. Access Sci. Source* **2017**, *16*, 56. [[CrossRef](#)]
73. IARC: International Agency for Research on Cancer (2016): 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.
74. US-EPA (2020): Health Effects Support Document for Perfluorooctane Sulfonate (PFOS). https://www.epa.gov/sites/default/files/2016-05/documents/pfoss_hesd_final_508.pdf
75. 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>

Congrès AtmosFair – Paris 27 & 28 Juin 2023

76. 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>
77. ANSES (2015) : Connaissances relatives aux données de contamination et aux expositions par descomposés de la famille des Perfluorés (Tome 2). <https://www.anses.fr/fr/system/files/SUBCHIM2009sa0331Ra-102.pdf>
78. ANSES (2015) : Connaissances relatives aux données de toxicité sur les composés de la famille desPerfluorés (Tome 3). <https://www.anses.fr/fr/system/files/SUBCHIM2009sa0331Ra-103.pdf>
79. Biel, W.; 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>
80. 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>
81. 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
82. 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>
83. ITRC (2022): PFAS — Per- and Polyfluoroalkyl Substances. Interstate Technology Regulatory Council. Juni 2022. <https://pfas-1.itrcweb.org/9-site-risk-assessment/>
84. 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.
85. Monti, C. (2022): PFAS Fingerprinting: A multivariate forensic analysis to detect the origin and extent of PFAS contamination in Northern Italy. Minutes of International PFAS Congress, 20 October 2022, Paris. https://www.saturne.net/mud/index.php?d=pfas_congress22_abstracts_pg
86. Stockholm Convention: Perfluorooctanoic acid (PFOA), its salts and PFOA-related compounds. <http://chm.pops.int/Implementation/Alternatives/AlternativestoPOPs/ChemicalslistedinAnnexA/PFOA/tabid/8292/Default.aspx>
87. Wang, N. Szostek, B., Buck, R.C., Folsom, P.W., Sulecki, L.M., Gannonet, J.T. (2009): Fluortelomer alcohol aerobic soil biodegradation : Pathways, metabolites and metabolite yields. Chemosphere. Volume 75, Issue 8, May 2009, Pages 1089-1096 <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653509000496>
88. Liu, J., Avendaño, S.M. (2013): Microbial degradation of polyfluoroalkyl chemicals in the environment: a review. Environment international. 1 November 2013, DOI:10.1016/j.envint.2013.08.022. Corpus ID: 28773717. <https://www.semanticscholar.org/paper/Microbial-degradation-of-polyfluoroalkyl-chemicals-Liu-Avenda%C3%B1o/cd3c413c79adf7cec83822997cf350a9705cd23d>
89. Zhang, Z., Sarkara, D., Kumar, J., Datta, B.R. (2022): Biodegradation of per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS): A review. Bioresource Technology, Volume 344, Part B, January 2022, 126223 <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960852421015650>
90. Wang, Z.Y., Cousins, I.T., Scheringer, M., Hungerbuhler, K. (2013): Fluorinated alternatives to long-chain perfluoroalkyl carboxylic acids (PFCAs), perfluoroalkane sulfonic acids (PFSAs) and their potential precursors, Environ. Int., 2013, 60, 242–248. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24660230/>
91. 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

Congrès AtmosFair – Paris 27 & 28 Juin 2023

- 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.
92. Karg, F. (2022): Management of FTOH: Fluorotelomere Alcohols (volatile PFAS) in ambient air of public site use scenarios (schools, kindergartens) & residences: site investigation, toxicological Health Risk Assessments (TERQ) / Gestion des FTOH : Fluorotéloïmère-Alcools (PFAS volatils) dans l'air ambiant des ERP sensibles (écoles, crèches) & habitations : diagnostics et évaluation des risques toxicologiques. AtmosFair, Lyon: 20 & 21/09/2022. Congress Minutes.
https://www.saturne.net/mud/index.php?d=atmosfair2022_program_abstracts
93. Karg, F. (2022): Actualized Legal framework of PFAS management in Soil, Groundwater and soil & discharge effluents and Leachates in Germany and France & EC wide potential evolution of the legislation concerning PFAS management in the next years. RemTech, Ferrara – Italia, 22/09/2022. Minutes of Congress.
94. Karg, F. (2022): PFAS: Poly- & Perfluorierte aliphatische Substanzen: Vorkommen, Umweltchemie und Management Seminar zum PFAS-Management (PFC/PFT): Technische & juristische Lösungen zum Management bei PFAS-Altlasten (Boden & Grundwasser sowie bei Bodengas & Raumluftkontaminationen mit FTOH = flüchtige PFAS). HPC INTERNATIONAL-Seminar: Düsseldorf-Ratingen 27.09.2022.
95. Karg, F. (2022): PFAS: Management of Pollution and Health Risks: Site Investigations, Environmental Chemistry, Risk Assessment (sensitive ERP and others), Regulatory Thresholds and Treatments (including volatile PFAS FTOH in soils, groundwater, soil gas & ambient air). International PFAS-Congress ARET-SFSE-HPC INTERNATIONAL, Paris 20 October 2022. Minutes of Congress.
https://www.saturne.net/mud/index.php?d=pfas_congress22_abstracts_pg
96. Karg, F, Hintzen, U., ROBIN-VIGNERON, L., MOSTERSTEG, S. (2022): Einzelfallprüfung bei PFAS. Altlastenspektrum 06.2022, 31. Jahrgang, Dezember 2022, Seiten 157 – 204.
<https://altlastendigital.de/ce/einzelfallpruefung-bei-pfas/detail.html>
97. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (2022): Leitfaden zur PFAS-Bewertung. Stand: 21.02.2022.
https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Bodenschutz/pfas_leitfaden_bf.pdf
98. BAuA (2014): Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin: Technische Regeln für Gefahrstoffe, TRGS 402, Abschnitt 5.2.1 Stoff- und Bewertungsindex, <http://www.baua.de/de/Themen-von-A-Z/Gefahrstoffe/TRGS/pdf/TRGS-402.pdf?blob=publicationFile&v=7>
99. LAWA (2017): Ableitung von Geringfügigkeitsschwellenwerten für das Grundwasser: Per- und polyfluorierte Chemikalien (PFC). Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser. 28. 07. 2017.
https://www.lawa.de/documents/03_anlage_3_bericht_gfs_fuer_pfc_endfassung_22_11_2017_2_1552_302208.pdf
100. WHO/IPCS (2009): Assessment of combined exposures to multiple chemicals: report of a WHO/IPCS international workshop on aggregate/cumulative risk assessment.
https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/44113/9789241563833_eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y
101. AFSSET, Karg, F. et al (2010): Valeurs toxicologiques de référence (VTR) pour les substances cancérogènes (Toxicological Reference Values for cancerogenic Compounds) - Méthode de construction de VTR fondées sur des effets cancérogènes - Saisine n°2004/AS16. Agence Française de Sécurité Sanitaire de l'Environnement et du Travail, 05/2010 (now ANSES : Agence Nationale de Sécurité Sanitaire).
http://www.afsset.fr/upload/bibliotheque/141844903203317036420911165719/VTR_cancer_methodologie_afsset_mars10.pdf <https://www.anses.fr/fr/system/files/CHIM2004etAS16Ra.pdf>
102. Umweltbundesamt (2011): Arbeitshilfe zur Expositionabschätzung und Risikoanalyse an kontaminierten Standorten.
<https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/REP0351.pdf>
103. ITVA-E1-AH7 (2020): Draft: Arbeitshilfe zur standortspezifischen humantoxikologischen Gefährdungsabschätzung und Ableitung von Maßnahmenwerten zum Management von schädlichen Bodenveränderungen oder Altlasten. Entwurf 2020.

Congrès AtmosFair – Paris 27 & 28 Juin 2023

104. IPCS / WHO (2010): WHO Human Health Risk Assessment Toolkit: Chemical Hazards. 88 pages.
https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/44458/9789241548076_eng.pdf;jsessionid=B27779C17F31F535ED9F5AD57DA7D023?sequence=1
105. Umweltbundesamt (2020): Senkung der Vorsorge-Maßnahmenwerte für PFOA/PFOS im Trinkwasser.
<https://www.umweltbundesamt.de/senkung-der-vorsorge-massnahmenwerte-fuer-pfoapfos>
106. LANUV (2022): Bewertungsmaßstäbe für PFAS-Konzentrationen für NRW. Leitfaden des Bundes zur PFAS-Bewertung, in NRW per Erlass vom 04.03.2022 eingeführt.
<https://www.lanuv.nrw.de/umwelt/gefahrenstoffe/pfc/bewertungsmassstaebe#c6521>
107. ATSDR (2021): Toxicological Profile for Perfluoroalkyls. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp200-p.pdf>
108. 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
109. TCEQ (2016) : Perfluoro Compounds (PFCs): RfD Values. Texas Commission on Environmental Quality <https://www.tceq.texas.gov/assets/public/implementation/tox/evaluations/pfcs.pdf>
110. 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>
111. UBA (2020): 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
112. 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
113. BfR 2018): Perfluorierte Verbindungen PFOS und PFOA sind in Lebensmitteln unerwünscht. Bundesinstitut für Risikobewertung. <https://www.bfr.bund.de/cm/343/perfluorierte-verbindungen-pfoss-und-pfoa-sind-in-lebensmitteln-unerwuenscht.pdf>
114. 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>
115. US Department of Defense (Assessed 27/02/2022): Appendix I - PFAS Toxicity Profiles.
<https://defence.gov.au/Environment/PFAS/docs/Tindal/Reports/201806HHRAApplToxicityProfiles.pdf>
116. 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>
117. 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=134AF5A3441CFB49FFE7BB_A90CE64A74DDF7936B3178BEF86DE71342FFBADF1A81613100CDB6638F9DEE07BFEF182C65&originRegion=eu-west-1&originCreation=20220227001829
118. 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

Congrès AtmosFair – Paris 27 & 28 Juin 2023

119. 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&searchall=&showcriteria=2&simplesearch=0&timstype=
120. UPDS (2021): Les Polluants emergent. La Magasine des Professions de dépollution des sites. No 9, Juin 2021. https://www.fnade.org/ressources/_pdf/2/3425-UPSD_Mag_9.pdf
121. EFSA (2020): PFAS in Lebensmitteln: Risikobewertung und Festlegung einer tolerierbaren Aufnahmemenge durch die EFSA. European Food Safety Authority. 17.09.2020. <https://www.efsa.europa.eu/de/news/pfas-food-efsa-assesses-risks-and-sets-tolerable-intake>
122. Bil, W., Zeilmaker, M., Fragki, S., Lijzen, J., Verbruggen, E., Bokkers, B. (2020): Risk Assessment of Per- and Polyfluoroalkyl Substance Mixtures: A Relative Potency Factor Approach. Environ Toxicol Chem 2021;40:859–870. <https://setac.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/etc.4835>
123. Bil, Wieneke Bil Veronika Ehrlich, Guangchao Chen, Rob Vandebriel, Marco Zeilmaker, Mirjam Luijten, Maria Uhl, Philip Marx-Stoelting, Thorhallur Ingi Halldorsson, Bas Bokkers (2023) : Internal relative potency factors based on immunotoxicity for the risk assessment of mixtures of per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) in human biomonitoring. Environ Int.. 2023 Jan;171:107727.doi: 10.1016/j.envint.2022.107727. Epub 2023 Jan 4. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36628859/>
124. 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 – Congress Minutes AtmosFair, Lyon 28/09/2010. https://www.santepubliquefrance.fr/content/download/146182/document_file/20614_9325-9325-ps.pdf
125. 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.
126. Karg, F. (2011): Methodology of risk management in case of exposure uncertainties on working places with special regard on contaminated sites and buildings. Congress Minutes INTERSOL, Lyon le 29/03/2011.
127. 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 Chlordécone 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>
128. Gorenne, 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.
129. 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.
130. 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, Chlordécone, 2,4-D and Glyphosate/AMPA in Europe, Asia (China & Vietnam) and South America). Minutes of INTERSOL 2012, Paris-Ivry 27-30/03/2012.
131. Gorenne, P., Imbert, M., Ronga-Pezzeret, S., Karg, F., Bonvallet, N., Boulanger, G., Maurau, S., Guillou, 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

Congrès AtmosFair – Paris 27 & 28 Juin 2023

- sanitaires" de la SFSE. Objectifs et résultats attendus d'une évaluation des risques sanitaires. Environnement Risque Sante 2012 ; 11 : 240-2.doi : 10.1684/ers.2012.0541
132. Karg, F. (2012): Combined professional and Residential Toxicological Exposure Risks by VOC. AtmosFair Congress Book, Lyon / France 26-27/09/2012.
133. 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.
134. 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.
135. 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.
136. 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.
137. 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.
138. 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, Chlorophénols, Arsenic). Intersol Congress Minutes, Lille 16th of March 2016
139. 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. <https://content.iospress.com/articles/journal-of-alzheimers-disease/jad160310>
140. 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.
141. 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.
142. Karg, F. (2018): Internationale Ansätze in der Gefährdungsabschätzung im Vergleich zum deutschen Bodenschutzrecht. (International Approaches of Health Risk Assessments in Comparison with German Regulations) Seminar: Wirkungspfad Boden – Mensch: Regierungspräsidium Stuttgart (Seminar: Exposures from Soil to Humans. Stuttgart / Germany 20/02/2018. Seminarunterlagen).
143. 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.
144. 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

Congrès AtmosFair – Paris 27 & 28 Juin 2023

- in Gebäuden (Health Risks by PCB in Buildings). DECONEx Fachkongress Schadstoffmanagement / Congress Pollution Management in Buildings. Essen / Germany 19-20/01/2022. Congress Minutes.
145. Karg, F. (2022): ERP sensibles (Ecoles, Crèches) & Habitations et Diagnostics, Evaluation des Risques Toxicologiques et Traitements des PFAS, notamment les FTOH : Fluorotélorème-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
146. B-LFU (2022): Vorläufige Leitlinien zur Bewertung von PFAS-Verunreinigungen in Wasser und Boden. Bayerisches Landesamt für Umwelt. Stand Juli 2022.
https://www.lfu.bayern.de/analytik_stoffe/doc/leitlinien_vorlaufbewertung_pfc_verunreinigungen.pdf
147. Held, T. (2020) : Precursor. Altlastenspektrum. 06/2020.p. 225. https://www.altlastenspektrum-itva.de/neuheft6_20.html
148. Huang, S. & Jaffé, R. (2019): Defluorination of Perfluorooctanoic Acid (PFOA) and Perfluorooctane Sulfonate (PFOS) by Acidimicrobium sp. Strain A6. Environmental Science & Technology. 2019 Oct 1; 53(19):11410-11419. doi: 10.1021/acs.est.9b04047.
<https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/acs.est.9b04047>
149. Georgi, J., Busch, 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
150. Karg, F. & HINTZEN, U. (2023): PFAS sicher und preiswert sanieren. VDI – Umweltmagazin (Verein Deutscher Ingenieure), 1 – 2 / 2023 Seiten 46 – 48. <https://elibrary.vdi-verlag.de/10.37544/0173-363X-2023-1-2/umweltmagazin-jahrgang-53-2023-heft-1-2?page=1>
151. Karg, F., Hintzen, U., Robin-Vigneron, L. & Mostersteg, (2022): Einzelfallprüfung bei PFAS: Anwendung der neuen Mantelverordnung für verhältnismässige und kostenoptimierte Sanierungen bei Vielstoffbelastung. (Site specific Risk Assessment and Cost effective Site Remediation of PFAS). Altlastenspektrum 06/2022, p. 180 – 192, ITVA December 2022. <https://altlastendigital.de/ce/einzelfallpruefung-bei-pfas/detail.html>
152. Karg, F. & Hintzen, U. (2023): PFAS sicher und preiswert sanieren (Safe and Cost effective Site Remediation of PFAS): Umweltmagazin 02/2023, p. 46 - 49 VDI: Verein Deutscher Ingenieure/ Association des Ingénieurs Allemands.
153. Monti C & K. Dasu (2023): Advanced fingerprinting analysis of PFAS in groundwaters: the use of advanced multivariate statistics and Machine learning techniques. Abstract submitted to the Congress "PFAS – Management of Environmental and Health risks". Paris, June 13-14, 2023, 6 pp.
154. Karg, F. (2023) : Traitements in-situ des Polluants émergents dans les Sols et les Eaux souterraines - Exemples des aménagements des sites polluées par des HET-NSO & PFAS. Minutes of Congres INTERSOL Lille / France : 29th to 31st of March 2023.
155. Karg, F., SFSE et. al. (2023 en cours) : Guide et Fiches de gestion des pollutions par des PFAS. Société Francophone de Santé en Environnement.
156. Karg, F. (2023) : PFAS : Chimie Environnementale, Diagnostics & Identification des Sources, Toxicologie et Evaluation des Risques (EQRS), incluent les FTOH. PFAS / Environmental Chemistry Investigations, Source Identification, Toxicology and TERQ Risk Assessments, including FTOH. Abstract submitted to the Congress "PFAS – Management of Environmental and Health risks". Paris, June 13-14, 2023.
157. Karg, F. & HUETTMANN, S. (2023) : Traitements durables in-situ des PFAS dans les sols et eaux souterraines contaminés, notamment par lavage via des Biopolymères protéiniques / Sustainable In-situ Treatments of PFAS in contaminated Soil and Groundwater, Washing with Protein Bio-polymers. Introduction. Abstract submitted to the Congress "PFAS – Management of Environmental and Health risks". Paris, June 13-14, 2023.
158. Executive Office of the Président of the United States of America (2023): Per- and Polyfluoroalkyl Substances (PFAS) Report. Joint Subcommittee on Environment, Innovation and Public Health – Per-

Congrès AtmosFair – Paris 27 & 28 Juin 2023

and Polyfluoroalkyl Substances Strategy Team of the National Science and Technology Council, Washington DC, March 2023. <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2023/03/OSTP-March-2023-PFAS-Report.pdf>

159. Ladics G.S., Stadler J.C., Makovec G.T., Everds N.E., Buck R.C. Subchronic toxicity of a fluoroalkylethanol mixture in rats. *Drug Chem. Toxicol.* 2005;28:135–158. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15865257/>
160. Fasano W.J., Carpenter S.C., Gannon S.A., Snow T.A., Stadler J.C., Kennedy G.L., Buck R.C., Korzeniowski S.H., Hinderliter P.M., Kemper R.A. Absorption, distribution, metabolism, and elimination of 8-2 fluorotelomer alcohol in the rat. *Toxicol. Sci.* 2006; 91:341–355. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16543293/>
161. Sheng N., Zhou X., Zheng F., Pan Y., Guo X., Guo Y., Sun Y., Dai J. Comparative hepatotoxicity of 6:2 fluorotelomer carboxylic acid and 6:2 fluorotelomer sulfonic acid, two fluorinated alternatives to long-chain perfluoroalkyl acids, on adult male mice. *Arch. Toxicol.* 2017;91:2909–2919 <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28032147/>
162. Maras M., Vanparrys C., Muylle F., Robbens J., Berger U., Barber J.L., Blust R., De Coen W. Estrogen-like properties of fluorotelomer alcohols as revealed by mcf-7 breast cancer cell proliferation. *Environ. Health Perspect.* 2006;114:100–105. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1332663/>
163. Vanparrys C., Maras M., Lenjou M., Robbens J., Van Bockstaele D., Blust R., De Coen W. Flow cytometric cell cycle analysis allows for rapid screening of estrogenicity in MCF-7 breast cancer cells. *Toxicol. In Vitro.* 2006;20:1238–1248. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16797915/>
164. Rosenmai A.K., Taxvig C., Svingen T., Trier X., van Vugt-Lussenburg B.M., Pedersen M., Lesne L., Jegou B., Vinggaard A.M. Fluorinated alkyl substances and technical mixtures used in food paper-packaging exhibit endocrine-related activity in vitro. *Andrology.* 2016;4:662–672. [PubMed] [Google Scholar]
165. Liu C., Deng J., Yu L., Ramesh M., Zhou B. Endocrine disruption and reproductive impairment in zebrafish by exposure to 8:2 fluorotelomer alcohol. *Aquat. Toxicol.* 2010;96:70–76 <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27152447/>
166. Mukerji P., Rae J.C., Buck R.C., O'Connor J.C. Oral repeated-dose systemic and reproductive toxicity of 6:2 fluorotelomer alcohol in mice. *Toxicol. Rep.* 2015;2:130–143. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5598097/>
167. Mylchreest E., Munley S.M., Kennedy G.L., Jr Evaluation of the developmental toxicity of 8-2 telomer B alcohol. *Drug Chem. Toxicol.* 2005;28:315–328 <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16051557/>
168. SLU (Swedish University of Agricultural Science) / Bo Sha (2017): Perfluoroalkyl substances (PFASs), flame retardants and cyclic volatile methylsiloxanes in indoor air in Uppsala, Sweden – occurrence and human exposure assessment. Department of Aquatic Sciences and AssessmentMaster thesis • 30hec • Advanced level A2E. Sustainable Development, Uppsala 2017 https://stud.epsilon.slu.se/10280/1/sha_b_170913.pdf

Mesures aériennes innovantes par ballons captifs

Julie Dautel
Co-fondatrice EONEF
06 37 88 80 25
www.eonef.com

Caractère innovant & objectifs : Proposer un outil de mesures verticales inédites avec un ballon captif équipé de micro-capteurs pour recueillir des données aériennes. Ces dernières permettent une meilleure compréhension de la dispersion de polluants, la complémentation et validation de modèles numériques, ou encore la réalisation de gradients de mesures.

Mots Clefs : ballon captif, aérostat, mesures aériennes, Axe verticale, pollution industrielle, pollution urbaine, prévention, suivi aérien, micro capteur, canister, innovation, sensibilisation.

1/ Acquisition innovante de données hyperlocalisées pour complémenter celles des réseaux de surveillance réglementaires

La majorité des équipements mettant à disposition des données de la qualité de l'air sont fixes, à hauteur d'homme ou au point d'émission en sortie de cheminée. Équiper un ballon captif d'une station de mesure adaptée à la mobilité permet d'obtenir des données hyperlocalisées de la qualité de l'air à un instant T et à une position dans l'espace en 3D prenant en compte la dimension verticale.

Le ballon captif est gonflé à l'hélium et attaché au sol par un câble. Cette plateforme aérienne est passive, le mouvement d'air s'écoule naturellement autour sans perturbation dans le flux, ce qui permet d'observer la dispersion des polluants dans l'air en temps réel.

Nos ballons peuvent intégrer toutes les marques de micro capteurs du marché selon leur pertinence et leurs performances sur les mesures à effectuer.

Cette solution aéroportée innovante offre la possibilité d'effectuer des gradients de mesures en collectant des données par paliers selon l'altitude de vol du ballon (jusqu'à 120m de hauteur). Les mesures peuvent à présent se faire tridimensionnellement au niveau d'un panache de fumée, à la croisée de plusieurs industries émettrices ou encore en mesure de fond de l'air.

En fonction des conditions climatiques (vent, températures), les polluants émis peuvent être entraînés à distance du point de rejet sans que cela ne soit perçu ou mesuré. Le ballon captif permet de :

- rendre compte de la réalité de la pollution;
- comparer les données avec celles du réseau de surveillance classique;
- comprendre la dispersion des polluants et particules dans l'air.

Réaliser ces campagnes de mesures aéroportées enrichit la mesure globale de la qualité de l'air en apportant une troisième dimension au réseau existant et étend les observations environnementales à l'échelle d'un territoire, que ce soit en ville ou sur sites industriels.

2/ Campagne aéroportée en zones urbaines

Dans les agglomérations, le trafic routier constitue une part importante de la pollution avec des dépassements fréquents des valeurs limites réglementaires du dioxyde d'azote (NO₂) et des particules fines (PM_{2.5}, PM₁₀).

Le moyen utilisé par les habitants pour se chauffer (chauffage au bois, charbon), la proximité avec des entreprises d'incinération ou des sites agricoles concourent aussi à la pollution urbaine avec notamment l'émission de monoxyde de carbone (CO) et de composés organiques volatils (COV).

Observer ces polluants en prenant de la hauteur permet de mieux prendre en considération les sources d'émission et d'identifier rapidement les endroits où agir en priorité pour protéger les riverains.

2-1 / Un dispositif qui permet de valider ou affiner la modélisation numérique du territoire

Le ballon captif d'EONEF peut être équipé de tout type de capteurs tels que des caméras pour prendre des photos ou avoir un retour vidéo vues d'en haut. Pour la mesure de la pollution, le dispositif intègre le capteur de mesures en mobilité EcomTrek d'ECOMESURE et complète ainsi les modèles numériques en intégrant le volet environnemental.

Par exemple, pendant la période estivale, les images couplées à la mesure de la température et de l'ozone (O₃) permettent d'identifier rapidement les îlots de chaleur urbains et le bénéfice apporté par la végétalisation d'un bâtiment ou écoquartier.

La modélisation du territoire qui inclut une plateforme aérienne améliore la compréhension du fonctionnement du territoire urbain et de son impact environnemental. Elle accompagne les décideurs dans leur réflexion sur l'évolution de la ville de demain et renforce l'appui aux pouvoirs publics pour intégrer de plus en plus la gestion de la qualité de l'air dans les politiques d'aménagement du territoire.

2-2/ Un outil de sensibilisation à la qualité de l'air

Les instruments scientifiques et les capteurs pour la mesure de la qualité de l'air sont disposés à différents endroits sur des sites industriels ou en ville (installation sur mâts, toits de locaux techniques) sans que les administrés prennent conscience de la présence et du rôle de ces technologies.

Le ballon captif d'EONEF équipé de micro-capteurs rend la mesure de la qualité de l'air visible en ville tout en étant silencieux et bien accepté dans son environnement. L'enveloppe du ballon est personnalisable en termes de couleur et de message, il devient ainsi un véritable objet de communication et de sensibilisation. C'est un moyen supplémentaire pour la ville de communiquer aux citoyens qu'elle s'engage dans une politique de compréhension et de réduction de la pollution atmosphérique.

3/ Mesure tridimensionnelle en sites industriels

3-1/ Prélèvement d'air sur sites industriels

La prise de hauteur de la mesure environnementale s'applique à la surveillance des activités émettrices de composés organiques volatils (COV), sulfure d'hydrogène (H₂S), dioxyde de soufre (SO₂) telles que les raffineries, les industries agro-alimentaires, les stations d'épuration...

Suivre l'évolution de la concentration de ces polluants dans l'air permet de prévenir des effets négatifs sur la santé des travailleurs présents sur site et les riverains vivants à proximité.

Dans ce cadre, le ballon d'EONEF peut être équipé d'un système de prélèvement d'air connecté tel qu'EcomCapture d'ECOMESURE. Ce dispositif collecte l'air contaminé dans un canister uniquement lorsqu'un pic est atteint et s'adapte donc astucieusement à la réalité du terrain. Les prélèvements font ensuite l'objet d'une analyse plus précise en laboratoire.

Cette analyse permet de s'assurer de l'absence de certaines substances chimiques, de relever l'attention sur la présence d'autres volatiles et de comprendre l'origine de la pollution.

Disposer des données des différents polluants sur sites est notamment très utile pour analyser les sources d'un incident en déterminant s'il s'agit d'un épisode de pollution particulier ou bien d'une pollution de fond comparable aux valeurs habituelles.

3-2/ Intégration des données environnementales aux logiciels industriels de supervision

Les données collectées lors des campagnes aéroportées sont disponibles en ligne en temps réel sur une plateforme web dédiée et peuvent aussi être intégrées à des logiciels de supervision spécialisés et utilisés par les sites industriels.

Cela permet aux responsables Qualité Hygiène Santé Environnement (QHSE) de :

- Contrôler à distance les capteurs
- Effectuer un inventaire complet des émissions
- Analyser rapidement les risques
- S'assurer du respect des réglementations.

Des alertes en cas de dépassement de seuil de pollution de l'air sont configurables pour informer les fonctions QHSE lorsque les conditions environnementales ne respectent pas les réglementations de manière à agir rapidement pour réduire les risques sanitaires.

3-3/ Mesure aérienne en cas d'urgence

Le déploiement d'une plateforme aéroportée équipée de micro-capteurs de qualité de l'air, de caméra et de système de communication répond au besoin de situations d'urgence lorsqu'il faut rapidement sécuriser une zone (accident industriel, incendie).

C'est un moyen pour les industriels d'obtenir un diagnostic du terrain autour de leurs sites, d'inspecter les risques et de suivre les conséquences en cas d'accident. Le ballon vient ainsi compléter le triptyque de mesures air-terre-eau des Forces d'Interventions Rapides (FIR) sur des interventions sensibles au niveau de sites SEVESO comme à Lubrizol ou plus récemment sur les entrepôts Bolloré à Rouen.

Les campagnes de mesure en continu réalisées en amont peuvent également participer à l'élaboration du plan de prévention des risques en permettant d'échanger les informations entre les différents bassins industriels et de fluidifier la coopération pour atténuer les effets post-accidents.

Conclusion

Le ballon captif équipé de micro-capteurs est une solution adaptable et reconfigurable selon les besoins du site de déploiement. Ces campagnes de mesures verticales offrent la possibilité d'une meilleure compréhension des dispersions, enrichissent les modèles numériques et rendent visible la mesure de la qualité de l'air.

EONEF est ouvert à collaborer sur des campagnes de mesures aéroportées pour des laboratoires ou des bureaux d'étude ayant des besoins ou contraintes spécifiques ou sur des projets innovants et précurseurs sur des mesures de polluants non réglementés (particules ultra-fines (PUF) / sulfure d'hydrogène (H₂S)).

L'OMS, l'Union Européenne, et les pays adaptent leurs recommandations et leurs réglementations pour fixer un cap plus ambitieux pour la décarbonation de la planète.

En tant que pionnière, EONEF est déjà engagée dans la lutte climatique et la préservation de l'environnement en démocratisant les données environnementales.

Nous souhaitons aujourd'hui faire connaître cet outil de mesure aux professionnels de la qualité de l'air afin de réaliser des campagnes de mesures à impact positif !

Tethered balloons take airborne air quality measurements to new heights

Innovative character & objectives: To propose a new vertical measurement tool using a tethered balloon equipped with micro-sensors to collect aerial data. The latter will allow a better understanding of the dispersion of pollutants, the completion and validation of numerical models, or the creation of measurement gradients.

Key words: tethered balloon, aerostat, aerial measurements, vertical axis, industrial pollution, urban pollution, prevention, aerial monitoring, micro-sensor, canister, innovation, awareness.

1/ An innovative method for recording and combining hyperlocal data with data from regulatory monitoring networks

Most air quality monitors are stationary and located either at eye level or directly on a stack outlet. The combination of EONEF's tethered balloon and portable microsensors provides an innovative way to obtain hyperlocal air quality data at specific points in time and specific 3D positions at a given altitude.

The tethered balloon is inflated with helium and attached to the ground by a cable. The entire airborne platform is passive, meaning that air flows around it naturally and without causing turbulence so that pollutant dispersion processes can be observed in real time.

Our balloons can integrate all brands of micro sensors on the market according to their relevance and performance on the measurements to be made.

Measurements across gradients can be obtained by gathering data at various altitudes as the balloon ascends to as high as 120 m/394 ft. Measurements can now be taken threedimensionally in a smoke plume and at midway points between multiple industrial sources. Even measuring background pollution is now possible.

Depending on wind and temperature variations, pollutants can be carried away from their source without being noticed or measured. The tethered balloon outfitted with microsensors can:

- Measure actual pollution levels
- Compare these levels with those obtained by conventional monitoring networks
- Provide a better understanding of the dispersion of airborne pollutants and particles

Conducting airborne monitoring surveys improve air quality measurements as a whole because they provide three-dimensional representations of existing networks and expand the scope of environmental observations across entire urban environments or industrial sites.

2/ Airbone monitoring in urban areas

Road traffic is a major source of air pollution in urban areas, where regulatory limits for nitrogen dioxide (NO₂) and fine particles (PM_{2.5}, PM₁₀) are often exceeded.

Added to this are carbon monoxide (CO) and volatile organic compounds (VOCs) from residential wood or coal heating systems as well as incineration plants and agricultural operations.

Observing these pollutants from high up in the air makes it possible to better understand emission sources and quickly identify actions that should be taken first to protect residents.

2-1/ Validates and refines numerical models for a given area

EONEF's tethered balloon can be outfitted with sensing devices of any type, such as still-shot cameras or a video cameras. When used for pollution monitoring purposes, it is equipped with ECOEMSURE's EcomTrek mobile monitor to add an environmental component to numerical models.

For example, images coupled with temperature and ozone (O₃) measurements taken during the summer can be used to quickly identify urban heat islands (UHIs) and the benefits of green roofs and ecodistricts.

Using airborne platforms to model urban land use offers three advantages: it improves understanding of how urban areas function and impact the environment; it aids policymakers in making informed decisions for shaping their cities' futures; and it provides the evidence needed to convince local governments to place more focus on air quality management in land-use planning policies.

2-2/ A public outreach tool

More often than not, the general public is completely unaware of the presence and purpose of scientific instruments and sensors used to measure air quality at industrial sites and in urban areas. This is because they are usually mounted atop poles or rooftops.

In contrast, the pairing of EONEF's tethered balloon with microsensors brings air quality measurements back in the public eye, but in a way that is neither intrusive nor noisy. The balloon's envelope can be customized with colors and messages to inform and engage. For example,

it can be used by municipal governments to communicate to their constituents that they are committed to a policy of monitoring and tackling air pollution.

3/ Three-dimensional measurements at industrial sites

3-1/ Air sampling at industrial sites

The use of airborne platforms to measure atmospheric pollutants lends itself well to the monitoring of refineries, agrifood operations, sewage treatment plants and other facilities that emit VOCs, hydrogen sulfide (H₂S), and sulfur dioxide (SO₂).

Monitoring changes in the concentrations of these airborne pollutants makes it possible to protect the health of the workers at these sites as well as nearby residents.

EONEF's balloon can be outfitted with EcomCapture, ECOMESURE's connected air sampling system. EcomCapture intelligently adapts to in-field conditions by pulling air into a canister only when pollution limits are exceeded. The grab samples are then subjected to detailed laboratory analysis to confirm whether they contain certain pollutants, flag the presence of other volatile compounds, and determine pollution sources.

Having data on the types of pollutants present at a given location is particularly useful for determining whether an incident is due to a specific pollution episode or background pollution in line with regulatory limits.

3-2 / Integration of environmental data with supervisory control systems

Data collected during airborne monitoring surveys are accessible in real time on a dedicated web platform. They also can be integrated into supervisory control systems to allow Quality, Health and Environment (QHSE) to:

- Control sensors remotely
- Conduct a comprehensive emissions inventory
- Analyze risks quickly
- Ensure compliance with regulations

Air pollution threshold alerts can be configured to inform QHSE staff when environmental conditions exceed regulatory limits and allow them to act quickly to reduce health risks.

3-3 / Airborne measurements in emergency situations

The deployment of an airborne platform outfitted with air quality microsensors, cameras, and communication systems helps incident command leaders to quickly secure areas in the event of industrial accidents, fire, and other emergencies.

It allows operators of industrial sites to map the area around their sites, assess risks, and monitor the consequences of an accident. In doing so, it supplements the air, land and water measurements carried out by rapid-response teams when tackling challenging incidents at Seveso1 sites (such as the Lubrizol plant fire and, more recently, the Bolloré warehouse fire, both of which occurred in the French city of Rouen).

Continuous measurement surveys carried out before an incident happens can also help officials to establish risk prevention plans by enabling industrial regions to share information and collaborate closely together to mitigate the impacts of incidents.

Conclusion

EONEF's tethered balloon outfitted with microsensors is a solution that can be adapted and configured to the needs of each site where it is deployed. The vertical measurement surveys conducted using this innovative airborne platform provide a better understanding of dispersion processes, enhance the reliability of numerical models, and put the spotlight on air quality measurements.

EONEF is keen to collaborate on airborne measurement surveys with laboratories and engineering offices that have specific requirements and constraints. We also are looking to team up on innovative and pioneering projects for measuring unregulated pollutants (ultra-fine particles [UFPs]/hydrogen sulfide [H₂S]).

The WHO as well as EU and non-EU countries are adapting their guidelines and regulations to chart a more ambitious course for the decarbonization of the planet.

As a pioneer, EONEF is already engaged in the fight against climate change and the preservation of the environment by democratising environmental data.

We now want to make this measurement tool known to air quality professionals in order to carry out positive impact measurement campaigns!

Evaluer le risque émissif dans l'assainissement à l'aune du changement climatique

Fida MAALEM^{a*}, Christophe GERY^b, Fabien SIINO^a, Madani DIALLO^a, Isabelle CROSNIER^a,
Léa COCHARD^b, PIET Hélène^c

^a SIAAP, Route Centrale des Noyers, MAISONS-LAFFITTE (78), France

Fida.MAALEM@siaap.fr

^b EGIS, Air/Odor department, SAINT-QUENTIN-EN-YVELINES (78), France

christophe.gery@egis-group.com

^c EGIS, Air/Odor department, AIX-EN-PROVENCE (13), France

helene.piet@egis-group.com

Résumé

Les émissions de gaz odorants résultant de l'activité biologique des eaux usées sont un phénomène connu et documenté dont les effets peuvent être néfastes aussi bien pour les riverains que pour les gestionnaires de réseaux et de stations d'épuration. De plus, nous connaissons un changement climatique depuis plusieurs années, qui provoque une augmentation des températures moyennes à la surface de la Terre ainsi que des événements météorologiques exceptionnels récurrents. Ces effets peuvent avoir des conséquences majeures dans la gestion des systèmes d'assainissement qui sont particulièrement soumis aux aléas météorologiques.

Dans ce contexte, le SIAAP (Syndicat interdépartemental pour l'assainissement de l'agglomération parisienne) a dressé un inventaire des facteurs favorisant la production du gaz H₂S (Hydrogène sulfuré), composé odorant prépondérant dans le domaine de l'assainissement, à travers une bibliographie tant dans la littérature scientifique que dans les études antérieures. Ces facteurs ont été comparés aux données du réseau de mesure SIAAP pour la période 2000-2022 et aux scénarios d'évolutions futures afin de déterminer si les effets du changement climatique pourraient entraîner une détérioration de l'impact olfactif des installations de collecte et de traitement des eaux usées. L'étude montre que les effets du changement climatique contribueront à la création d'un risque supplémentaire de pic de production d'hydrogène sulfuré majeur sur les stations d'épuration et les réseaux du SIAAP. Ce risque est essentiellement lié à l'augmentation de la température de l'air et des eaux usées et à la réduction des débits d'effluent.

Abstract

Emissions of odorous gases resulting from the biological activity of wastewater is a known and documented phenomenon whose effects can be as detrimental to nearby residents as to network and WWTP managers. In addition, we have been experiencing global warming for several years, which has caused and continues to cause an increase in average temperatures on the earth's surface as well as a modification of other meteorological factors. Thus, it appears crucial for wastewater system managers to understand the evolutions caused by climate change to anticipate and reduce future impacts on their facilities.

In this context, the SIAAP (Syndicat interdépartemental pour l'assainissement de l'agglomération parisienne) has drawn up an inventory of the factors promoting the production of odorous gasses (in particular H₂S) through a literature review. These factors were compared with data from the SIAAP

measurement network for the period 2000-2022 and future evolution scenarios to determine if the global warming effects could lead to a deterioration in the odorous impact of wastewater collection and treatment facilities. The study shows that the effects of climate change seem to have contributed, from a probabilistic point of view to the creation of an additional risk of major H₂S peak production on SIAAP WWTP and networks, almost exclusively related to the increase in temperature.

1 Introduction

Le SIAAP est un établissement public en charge de la collecte, du transport et du traitement des eaux usées de plus de 9 millions d'habitants de Paris et des villes voisines. Il est en charge de l'exploitation de plus de 440 km de réseaux et de 6 stations d'épuration, dont la station Seine Aval (SAV), l'une des plus grandes au monde avec un débit moyen d'environ 1,2 million de m³/jour.

Depuis de nombreuses années, le SIAAP doit faire face au risque d'émission de gaz provenant de l'activité bactérienne dans les réseaux d'eaux usées et les stations d'épuration. Ces gaz sont essentiellement le méthane (CH₄), l'hydrogène sulfuré (H₂S), les composés soufrés (RSH), et les composés organiques volatils COV. Leurs émissions peuvent avoir des conséquences à plusieurs niveaux, en termes de sécurité du personnel, de protection des équipements et d'impacts olfactifs dans l'environnement.

Aujourd'hui, les effets du changement climatique sont localement mesurables et le SIAAP souhaite évaluer les impacts de ce changement sur le risque d'émissions olfactives de ses sites, afin d'adapter les solutions de traitement en conséquence. L'objectif de cet article est de présenter les travaux menés par les équipes du SIAAP, en collaboration avec le cabinet de conseil EGIS, sur l'évaluation des effets du changement climatique sur les émissions H₂S, composé odorant prépondérant, dans les réseaux d'assainissement et les stations d'épuration SIAAP.

2 Identification des paramètres influençant la production H₂S

2.1 La problématique H₂S dans l'assainissement – Etude bibliographique

Les facteurs environnementaux liés à la génération de sulfure d'hydrogène se répartissent en trois domaines d'étude scientifique de base: l'action chimique, physique et biologique. Une recherche approfondie a été menée afin de mettre en évidence les effets de divers paramètres de qualité et de débit des eaux usées affectant la production et l'émission de H₂S.

Parmi les principaux facteurs influençant la formation de H₂S, la littérature scientifique met en évidence :

- **Les paramètres liés à la charge de l'eau brute** : demande chimique en oxygène (DCO), MES, DBO₅, pourcentage de MVS (Matières volatiles en suspension);
- **Une concentration d'oxygène dissous inférieure à 1 ppm** favorise généralement la réduction des sulfates (Pomeroy, 1974).
- Le taux de réactions métaboliques dans le biofilm des égouts, et donc le taux de génération de sulfures, est affecté **par les changements dans le pH des eaux usées** (Gutierrez et coll., 2009). La relation quantitative entre les différentes espèces de sulfures (H₂S⁻/S²⁻) est contrôlée par le pH des eaux usées. A pH 6, 90% du sulfure sera présent sous forme de H₂S, et plus la concentration est élevée, plus sa tendance à se volatiliser est grande. Inversement, à pH 10, 100% du sulfure sera présent sous forme de S²⁻.

- La concentration H₂S augmente avec l'augmentation de la température des égouts (Zuo et coll., 2019). La formation de sulfure augmente de 7% par degré, jusqu'à 40°C. À l'inverse, en dessous d'une température minimale, les sulfures n'apparaîtraient presque plus.
- Le débit des eaux usées dans le pipeline – vitesse inférieure à 1 m/s (mètre par seconde) permettra au gravier inorganique de s'accumuler au fond, ce qui entraînera une accumulation de sulfures.
- Un temps de séjour élevé dans le système de collecte favorise la formation de H₂S.

2.2 Analyse du retour d'expérience SIAAP sur le risque H₂S

Entre 2013 et 2018, le SIAAP a mené une étude (indicateur du SAN) qui avait pour objectif l'élaboration d'un indicateur de risque d'émissivité H₂S basé sur le réseau de mesure du SIAAP. Cet indicateur devait par la suite être utilisé pour ajuster l'injection de nitrate de calcium dans les eaux usées utilisé pour réduire la production de sulfures. Pour ce faire, cette étude a déterminé la relation entre les pics d'émissions d'H₂S (>5 ppm) et les paramètres disponibles, fiables et facilement mesurables : température de l'air et de l'eau, volumes de précipitation et vitesse d'écoulement de l'eau.

Le niveau H₂S de 5 ppm a été choisi comme une condition peu fréquente reflétant une émissivité élevée du réseau par rapport à l'historique des mesures et à l'impact olfactif dans l'environnement. Le point de mesure pris en compte est situé à l'entrée de l'usine de Seine Aval, au niveau du poste de la Frette sur Seine. Basé sur un ensemble de données de 6 ans (2011-2017), ce travail a permis d'établir un indicateur et de déterminer la probabilité d'occurrence d'un pic majeur de H₂S en fonction du niveau d'intensité de chacun des paramètres. Les corrélations les plus fortes ont été constatées avec la température de l'air ($R^2 = 0,98$), la température de l'eau (0,98), les précipitations cumulées sur 4 heures (0,67) et le nombre de jours secs avant la pluie (0,67).

Ainsi, cette première partie a permis d'identifier les paramètres qui devaient être étudiés spécifiquement pour évaluer l'évolution dans le temps du pic d'émission majeur de H₂S et étudier l'impact du changement climatique sur leur évolution. Les paramètres retenus sont les suivants :

- Température de l'air
- Température des eaux usées
- Débit d'effluent (lien avec le temps de séjour et la vitesse d'écoulement)
- La pluviométrie
- Les périodes de sécheresse

3 Etude de l'impact du changement climatique sur le risque H₂S

3.1 Objectifs

A la suite de la première partie de recherche bibliographique, les objectifs de cette deuxième partie sont :

- Décrire les effets du changement climatique sur les paramètres influençant le risque émissif qui ont été identifiés en première partie.
- Déterminer si les tendances observées pourraient conduire à une augmentation du risque de pic d'émission de H₂S majeur dans les réseaux d'assainissement et les STEP.

- Caractériser les tendances d'évolution de ces paramètres avec les projections du rapport 2020 de l'Agence Climat de Paris (APC).

Dans cette deuxième partie, une analyse statistique a été réalisée à partir des données relevées entre 2000 et 2021 par les capteurs de mesure d'hydrogène sulfuré positionnés à l'entrée du site de Seine aval ainsi que sur la station météorologique du site (mat de 100m). En complément, les données du réseau national de stations météorologiques (station Météo-France, Vélizy-Villacoublay) ont également été exploitées (pluviométrie et nombre de jours secs).

3.2 Résultats

3.2.1 Effet des changements de température de l'air et des eaux usées

Dans l'étude « indicateur SAN », il a été mis en évidence la relation entre le risque d'un pic majeur H₂S (> 5 ppm) à l'entrée de l'usine en fonction de la température de l'air et des eaux usées. Le résultat est illustré dans la figure ci-dessous :

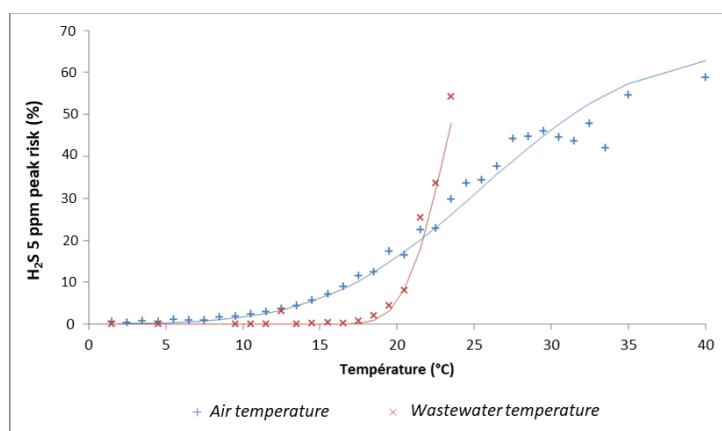


Figure 1 : Risque d'un pic de H₂S de 5 ppm au SAV en fonction de la température de l'air et de l'eau

Ce graphique indique que, pour une **température de l'air** supérieure à 20 °C, le risque d'émettre un pic H₂S de 5 ppm est supérieur à 15 %, et cette probabilité augmente linéairement jusqu'à la température de 35 °C où le risque atteint 60 %.

En ce qui concerne la **température de l'eau**, le dépassement de la valeur de 20°C entraînerait une augmentation significative du risque de production de H₂S. En effet, entre 20 et 24°C le risque est augmenté d'un facteur 5. Ainsi, l'augmentation du nombre d'heures annuelles dépassant le seuil de température de 20°C (air et eau) liée au changement climatique doit être étudiée.

3.2.2 Evolution de la température de l'air sur les 20 dernières années

Comme le montre la figure 2 ci-dessous, l'évolution de la température moyenne annuelle reflète une lente augmentation malgré une plus grande variabilité des valeurs sur la période 2000-2021. En 21 ans, nous avons constaté une augmentation de la température moyenne d'environ 1°C, ce qui est relativement conforme aux observations nationales.

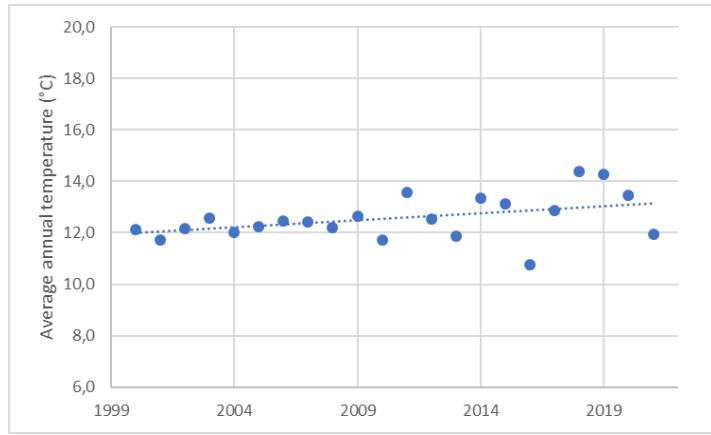


Figure 2 : Evolution des températures moyennes annuelles sur les mesures de la station météorologique SIAAP (Achères 2000-2021)

Selon la modélisation des données de Météo-France décrite dans le rapport 2020 de l'Agence du climat de Paris (APC), les projections à court et moyen terme estiment une hausse moyenne d'environ 2,5°C en 2030 et 2,7°C en 2050 par rapport au niveau de 1885. Les projections à long terme sont plus incertaines et dépendent grandement de notre capacité à limiter les émissions de gaz à effet de serre.

Par ailleurs, l'analyse des dépassements de la température seuil de 20°C indique une augmentation de l'ordre de 600h/an entre 2000 et 2020, soit une augmentation de 30%. Selon le rapport 2020 de l'Agence du climat de Paris (APC), cette tendance devrait se poursuivre. En effet, le nombre de jours où les températures dépassent 25 °C devrait passer de 54,8 à 60,2 jours entre 2010 et 2030.

Par conséquent, l'augmentation du nombre d'heures annuelles dépassant la température seuil de 20°C sur la période 2000-2021 tend à produire une situation plus favorable pour l'émission des pics de H2S. S'il est certain que ces pics ne sont pas la seule cause du risque gaz, ils sont un indicateur fiable de l'activité biologique des réseaux et du potentiel émissif des effluents. L'élévation actuelle et future de la température de l'air nous amène à prévoir une aggravation du risque émissif dans l'assainissement du point de vue de ce phénomène.

3.2.3 Etude de l'évolution de la température des eaux usées

L'évolution de la température des effluents alimentant l'usine de Seine Aval sur la période 2000-2021 a été étudiée afin de déterminer une tendance. La figure ci-dessous illustre cette évolution.

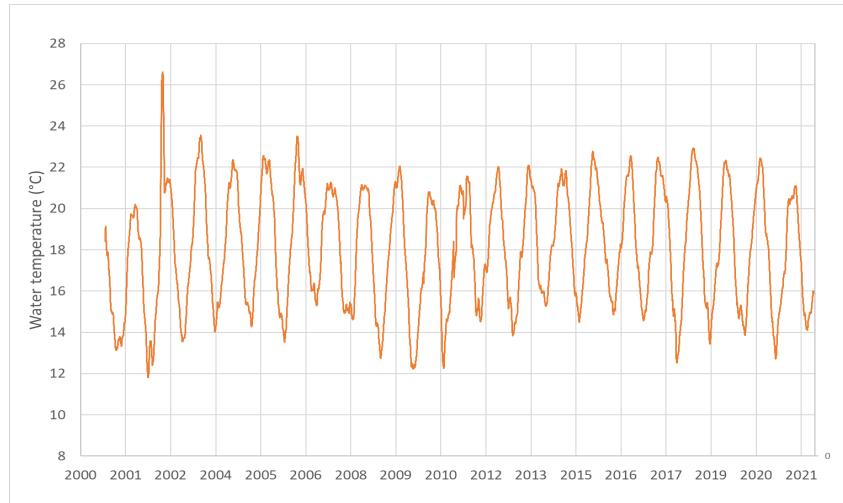


Figure 3 : Évolution de la température moyenne des eaux usées
à l'entrée des SAV entre 2000 et 2021

La température annuelle moyenne des eaux usées à l'entrée de SAV est relativement stable dans le temps. Cependant, des variations peuvent être observées d'une année sur l'autre, notamment pour les températures minimales. Nous observons également que les vagues de chaleur estivales comme 2003 et 2018 entraînent des pics de température maximale supérieurs à 22 °C.

L'augmentation de la température des eaux usées de l'usine de Seine aval (SIAAP) n'est pas clairement mise en évidence sur la période 2000-2021 sauf pour le cas spécifique des grandes vagues de chaleur. Cette observation sur la température mesurée en entrée de l'usine de Seine aval peut s'expliquer par deux facteurs :

- La profondeur des réseaux d'assainissement du SIAAP qui limite l'influence de la température extérieure sur les eaux usées.
- L'importance du débit d'alimentation de l'usine de Seine aval qui entraîne une masse d'eau conséquente moins sujette aux fortes variations de température.

Il est intéressant de noter que l'augmentation de la température des eaux usées a été observée dans la station d'épuration de la ville de Marseille. Les recherches menées par cet exploitant tendent à montrer une augmentation des températures moyennes des effluents de l'ordre de +3°C entre 2001 et 2017 (LAPLACE ET AL., 2018).

L'évolution de la température des eaux usées est influencée par plusieurs facteurs tels que la configuration du réseau, le débit d'alimentation, l'apport en eaux pluviales etc... Au regard de l'influence directe de la température des eaux usées sur la production de l'H₂S, il sera nécessaire d'analyser ce paramètre de manière plus fine et sélective sur les réseaux et usines du SIAAP, notamment par l'analyse sur des STEP de moins grand ampleur que le site de Seine aval.

3.2.4 Etude de l'influence et l'évolution des périodes de sécheresse.

L'analyse des études antérieures a permis de mettre en évidence la relation entre le risque d'un pic majeur H₂S en entrée de l'usine en fonction des périodes de sécheresse. Il semble que l'augmentation du risque de pics majeurs de H₂S soit faible, étant donné qu'une journée sèche

supplémentaire contribue à une augmentation du risque d'environ 0,2%. Pour voir un effet significatif, une évolution importante des périodes de sécheresse serait nécessaire, comme une augmentation de 50 jours pour une augmentation du risque de 10%.

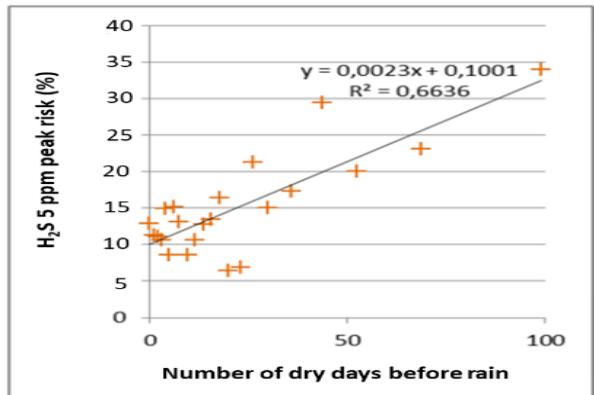


Figure 3 : Risque d'un pic de H₂S de 5 ppm au SAV en fonction du nombre de jours secs avant la pluie

Pour compléter les données météorologiques du mat météo installé sur l'usine de Seine aval, nous avons analysé l'évolution des périodes de sécheresse entre 2000 et 2021 pour la station Météo-France de Vélizy-Villacoublay. C'est la station la plus représentative pour laquelle suffisamment de données sont disponibles. La figure 5 décrit l'évolution annuelle du nombre de périodes concernées par un manque de précipitations supérieur à 1mm.

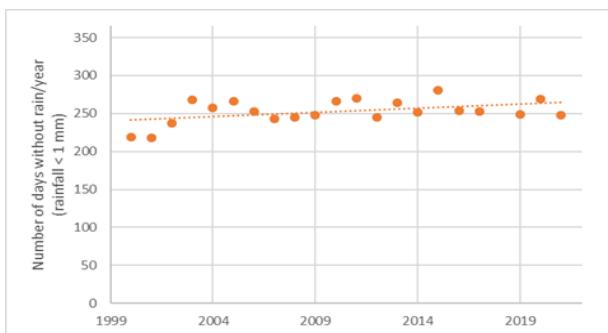


Figure 4 : Evolution du nombre de jours sans pluie entre 2000 et 2021
Station météorologique de Vélizy-Villacoublay

Les observations locales montrent une augmentation moyenne du nombre de jours sans pluie entre 2000 et 2021. Ce changement est de l'ordre d'un jour supplémentaire par année. La modélisation des données de Météo-France décrit une poursuite de l'augmentation du nombre de jours sans pluie au moins jusqu'en 2030.

Si les projections des modélisations réalisées sont pour l'instant rassurantes sur les moyennes annuelles, la question se pose sur les périodes plus courtes comme pour la saison hivernale 2023 où le nombre de jours sans pluie est historiquement faible. L'évolution de ce paramètre sera donc approfondie avec les données des années 2022 et 2023.

3.2.5 Influence des volumes de précipitations et des débits d'eaux usées

Depuis de nombreuses années, des réductions du débit d'eaux usées sont constatées sur les usines du SIAAP comme le montre les deux graphiques ci-dessous où l'on observe une nette tendance à la baisse avec la perte d'environ 800 000 m³/j entre 2000 et 2021 du volume total d'eau traitée par l'usine de Seine aval :

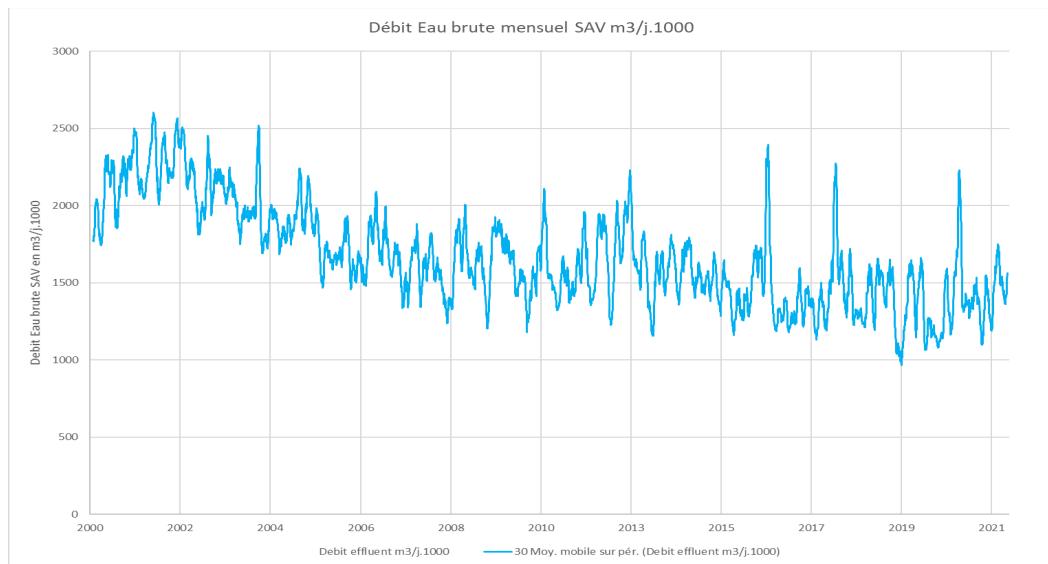
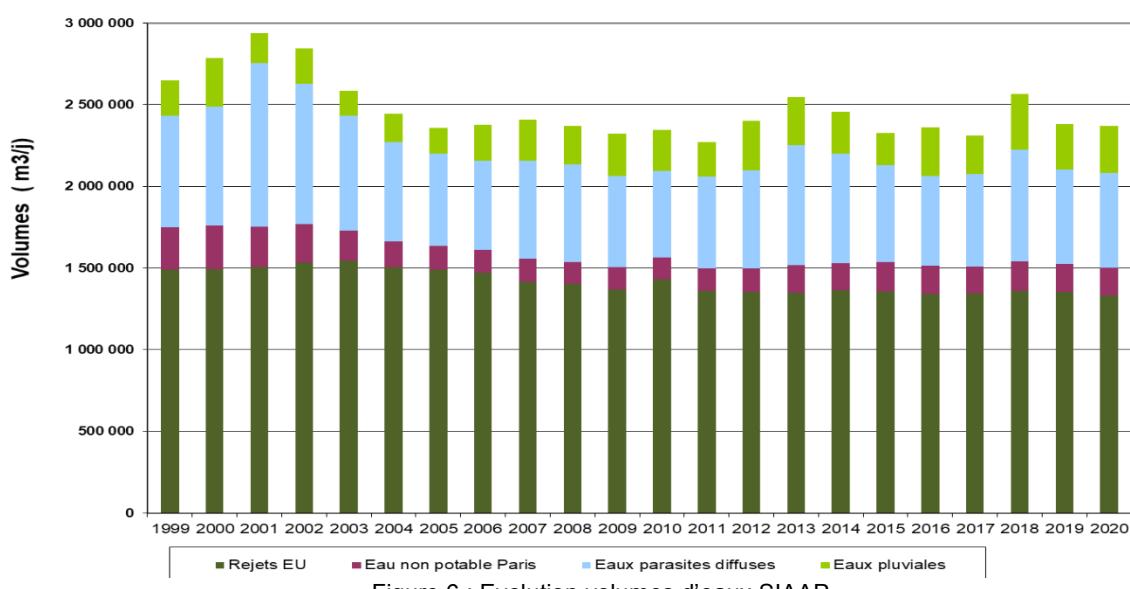


Figure 5 : évolution du débit d'effluent Seine aval 2000-2020



Cette baisse de débit s'explique par deux facteurs :

- Une baisse de l'utilisation de l'eau potable
- Une baisse de la pluviométrie en période estivale. En effet, si les niveaux d'eaux pluviales restent assez stables en moyenne annuelle sur les 20 dernières années, l'évolution des sécheresses météorologiques estivales est marqué par une hausse de 30 à 50% en fonction

des scénarios d'après le rapport DRIAS 2020. Ces sécheresses estivales impactent fortement le débit d'alimentation des STEP.

Nous savons, d'après la première partie de l'étude, qu'une baisse de débit dans les réseaux et les STEP peut entraîner :

- Une augmentation de la charge organique de l'effluent
- Une réduction de la vitesse d'écoulement dans les canalisations et les stations d'épuration.

Ces deux paramètres sont identifiés comme favorisant le risque gaz dans les réseaux et une accumulation de la sédimentation. L'analyse documentaire et le retour d'expérience des opérateurs des réseaux montrent un consensus sur l'influence négative des deux facteurs. On peut donc considérer la baisse de débit d'effluent comme un facteur favorisant les émissions H₂S dans les réseaux et en entrée de STEP. Il sera donc important de mettre en œuvre des solutions spécifiques aux périodes estivales particulièrement impactées par la baisse de débit.

3.2.6 D'autres facteurs d'influence à explorer

D'autres facteurs influençant le risque émissif des réseaux et des stations d'épuration ont été étudiés mais nécessitent plus de recherches pour être exploitables. D'ores et déjà, l'impact des facteurs suivant est en cours d'étude :

- L'impact de l'évolution des événements extrêmes tel que les sécheresses météorologiques estivales ou l'intensification des précipitations sur une courte période. L'analyse des études antérieures a mis en évidence une relation intéressante entre le risque d'un pic majeur de H₂S à l'entrée de l'usine le niveau d'eau pluviométrique. Selon les opérateurs de réseaux locaux, malgré cette augmentation moyenne des volumes d'eau, des précipitations importantes sur une courte période sont un phénomène qui se produit de plus en plus fréquemment. Ces événements maximisent le risque d'émission, particulièrement lorsqu'ils surviennent à la suite d'une longue période sans pluie ;
- L'évolution marquée et durable des vitesses et des directions dominantes des vents. Ces facteurs n'influencent pas directement la production de gaz odorants mais contribuent, par les caractéristiques de leur dispersion, à influencer l'impact olfactif dans l'environnement.

4 Conclusions

La revue bibliographique nous a permis d'établir une liste de facteurs d'influence qui favorisent la production ou la dispersion de gaz provenant des réseaux d'égouts et des usines de traitement. Nous avons sélectionné parmi ces facteurs ceux pour lesquels nous pouvions soupçonner une évolution possible en lien avec le réchauffement climatique. Sur la base des données du SIAAP et des données publiques, ces travaux ont montré que l'usine de Seine aval et son réseau associé sont concernés par :

- Une augmentation de la température moyenne de l'air d'environ +1°C sur la période 2000-2021 qui devrait se poursuivre dans les décennies à venir, ainsi que l'occurrence plus fréquente de journées chaudes (>25°C). Sur la base d'une étude SIAAP, il apparaît que cette tendance passée et future devrait contribuer à l'augmentation des émissions de gaz odorants.

- Une augmentation des périodes de sécheresse d'environ +1 jour/an sur la période 2000-2021 qui devrait se poursuivre au moins jusqu'en 2030. Le risque associé à la moyenne annuelle est faible (+0.2%), cependant, sur des périodes plus courtes et saisonnière, cet impact pourrait être plus conséquent. Cet aspect sera étudié par l'analyse des périodes de sécheresses historiques rencontrées sur les 20 dernières années.
- L'évolution de la pluviométrie qui peut impacter fortement le débit d'alimentation de l'usine. Cependant, les projections météorologiques sont assez stables jusqu'en 2050 concernant la pluviométrie annuelle. Sur ce point, l'impact sur le risque d'émissions de gaz est donc faible.

En conclusion, l'étude montre que les effets du changement climatique contribuent, d'un point de vue statistique, à la création d'un risque supplémentaire de pic de production de H2S majeur sur les stations d'épuration et les réseaux SIAAP. Les paramètres majeurs impliqués sont la température de l'air, la température des eaux usées et la baisse des débits d'effluents impacter par des périodes de sécheresses estivales.

Par ailleurs, cette étude ouvre la voie à de nouvelles perspectives qui s'articulent en trois objectifs :

- ❖ D'une part l'analyse des effets du changement climatique sera complétée sur les trois paramètres suivants :
 - La récurrence des événements météorologiques extrêmes (sécheresses météorologiques estivales, les vagues de chaleurs et canicules ou encore les pluies extrêmes)
 - Les effets de la réduction de l'approvisionnement en eaux des stations d'épuration
 - L'évolution de la charge polluante en entrée de Station d'épuration dans les prochaines années.
- ❖ Le deuxième objectif est la mise en œuvre de plusieurs actions pour faire face à l'augmentation du risque H2S. Pour cela nous souhaitons travailler sur des outils de modélisation qui nous permettront de prévoir les émissions de gaz dans les réseaux d'assainissement. Cette prévision nous permettra d'une part d'adapter le traitement des odeurs en conséquence pour être plus efficace (injecter au bon moment) et d'autre part de développer une communication environnementale auprès des riverains pour les prévenir d'un risque d'odeurs accrue par exemple.
- ❖ Enfin, le troisième objectif s'inscrit dans une volonté de réduire notre empreinte carbone. Il est essentiel que nous prenions conscience de l'impact de nos activités industrielles sur le changement climatique. Dans notre domaine spécifique du traitement des odeurs, nous souhaitons donc réaliser un bilan GES du fonctionnement des installations de désodorisation et trouver des solutions pour réduire l'utilisation de produits chimiques.

Ces perspectives permettront de mieux orienter les choix futurs en terme de gestion du risque émissif et d'adapter les modes d'exploitation du traitement de l'air vicié à ce défi majeur qu'est le changement climatique.

Illustrations

Figure 1 : Risque d'un pic de H2S de 5 ppm au SAV	4
Figure 2 : Evolution des températures moyennes annuelles	5
Figure 3 : Évolution de la température moyenne des eaux usées	Erreur ! Signet non défini.
Figure 4 : Risque d'un pic de H2S de 5 ppm au SAV en fonction du nombre de jours secs avant la pluie	7

Figure 5 : Evolution du nombre de jours sans pluie entre 2000 et 2021 Station météorologique de Vélizy-Villacoublay	7
Figure 6 : évolution du débit d'effluent Seine aval 2000-2020	8
Figure 7 : Evolution volumes d'eaux SIAAP	8

Bibliographie

- Pomeroy R. D., 1974, Process design manual for sulfide control in sanitary sewerage systems, US Environmental Protection Agency, Technology Transfer, USA.
- Gutierrez, O., Park, D., Sharma, K.R., Yuan, Z., 2009, Effects of long-term pH elevation on the sulphate-reducing and methanogenic activities of anaerobic sewer biofilms, Water Res. 2009, 43, 2549–2557.
- Zuo, Z., Chang, J., Lu, Z., Wang, M., Lin, Y., Zheng, M., Zhu, D.Z., Yu, T., Huang, X., Liu, Y., Hydrogen sulfide generation and emission in urban sanitary sewer in China: What factor plays the critical role, Environ. Sci. Water Res., Technol. 2019, 5, 839–848.
- Fayoux C., 1988, Networks corrosion by hydrogen sulfide (in French), Sicteub experiment, TSM,-1, january.
- Laplace, D., Hesse, N., & Mertz, J.M., 2018. Marseille's sewage system in front of climate changes (in French). TSM, Urban Engineering Rural Engineering, 12, 41-50.
- Rapport DRIAS (Donner accès aux scénarios climatiques Régionalisés français pour l'Impact et l'Adaptation de nos Sociétés et environnement) 2020

Avancées technologiques dans la surveillance en continue de substances toxiques à l'état de traces dans l'air par FTIR

Advances in Continuous Monitoring of Trace Level Air Toxics by FTIR

Laurent REMY, Senior Sales Development Representative EMEA (Gas FTIR Analyzers)

Thermo Fisher Scientific
16 Avenue du Quebec, 91945 Courtaboeuf, France
Mobile: +33 6 47 45 67 95
laurent.remy@thermofisher.com

Mots-clefs : FIR, technologie FTIR, ppb, mid-ppt, VOCs

Keywords: FIR, FTIR technology, ppb, mid-ppt, VOCs

Abstract

Petroleum refineries and other chemical processing companies can have hundreds of compounds present on their site or adjacent sites at any time. The release of any of these compounds at levels exceeding OSHA's exposure limits could harm plant personnel and residents downwind of the facility. Unfortunately, there are few technologies that can simultaneously measure and speciate hundreds of gases in real-time at the levels required to protect the health of workers and the community. While offline laboratory analysis of VOCs samples may be cost-effective, a continuous monitoring approach is necessary to immediately respond to a chemical release and prevent community exposure.

FTIR gas analyzers have been used widely for real-time gas phase measurement of air toxics for more than 30 years. However, until very recently, limitations in the sensitivity of FTIR made the technology unsuitable for measuring air toxics at physiologically relevant ppb levels. Traditional FTIR data analysis techniques were limited by cross-interference from other air toxics and atmospheric constituents such as moisture.

With recent innovations in data analysis algorithms and a novel approach to zeroing spectral interferences, FTIR now has the sensitivity and specificity to measure numerous air toxics simultaneously at trace levels, including but not limited to carbon monoxide, carbon dioxide, hydrogen cyanide, hydrogen chloride, hydrogen fluoride, hydrogen bromide, sulfur dioxide, nitric oxide, nitrogen dioxide, acrolein, ethylene oxide, formaldehyde, and BTEX. This technology represents a high potential for ambient air monitoring and fire effluents determination, such as FIR (Force d'Intervention Rapide).

The new analysis algorithms will be discussed along with how the analyzer was optimized to measure at low ppb levels without cross-interferences. Data will be presented to demonstrate quality assurance and performance.

Stratégies de développement durable pour les Industries

Sylvain MOURARD, Responsable Commercial France - Water & Environment

Mérieux NutriSciences Italia
Rag. Soc. Chelab S.r.l.
Europarc Ste Victoire Bat 1
1 route de Valbrillant |13590 Meyreuil, France
Tel. +33 (0) 684 63 69 49 / Sylvain.mourard@mxns.com

Le changement climatique est devenu un sujet de grand intérêt économique ces dernières années. Des paramètres objectifs montrent qu'un processus de transformation de la biosphère est en cours, qui est désormais sous l'attention de la communauté scientifique qui s'interroge sur les causes de ce changement et les conséquences qu'il entraîne, mais qui cherche aussi des solutions à un climat qui change surtout à cause de l'activité humaine. Pour atteindre l'objectif européen de neutralité climatique d'ici 2050 , il est nécessaire d'identifier des outils techniques permettant à une entreprise de prendre des mesures pour mesurer son impact environnemental et mettre en place des actions d'intervention efficaces en ce sens. Dans ce scénario, il est essentiel que les organisations aient une stratégie de durabilité claire qui fasse de la durabilité un élément clé de leur modèle d'entreprise.

Les laboratoires Mérieux NutriSciences Italia accompagnent les organisations sur cette voie, en les accompagnant dans l'intégration progressive des enjeux de durabilité au sein de leurs activités corporates.

La première étape dans la définition d'objectifs de réduction environnementale est identifiée dans la mesure de son empreinte CO2 .

Au niveau organisationnel, la mesure de l'empreinte CO2 permet à l'entreprise d'identifier les principales sources d'émissions et d'identifier une stratégie de développement durable sur mesure pour atteindre ses objectifs de réduction.

Dans ce contexte, Merieux NutriSciences Italia accompagne les organisations dans l'identification d'actions concrètes visant à réduire leur empreinte carbone, dans le but de mettre en œuvre une amélioration continue des processus de l'entreprise pour obtenir des produits et services répondant à des normes de qualité toujours plus élevées. Les crédits carbone sont générés par des projets, certifiés selon des normes internationales, visant à réduire les émissions qui absorbent ou évitent le CO2. De tels projets génèrent non seulement des bénéfices environnementaux, mais aussi des co-bénéfices qui visent à atteindre les 17 Objectifs de Développement Durable des Nations Unies. Les laboratoires Mérieux NutriSciences accompagnent les entreprises dans la sélection de projets non seulement de grande qualité, mais répondant également aux besoins et objectifs de l'organisation elle-même.

Sur cette voie, Merieux NutriSciences Italia accompagne les entreprises : de la rédaction du plan stratégique de développement durable et du business plan, à la définition de la faisabilité et des orientations opérationnelles pour la mise en œuvre des objectifs climatiques.

**Développement et validation d'un auto-GC en ligne
pour la mesure de OVOC et BVOC à l'état de traces**

Development and validation of on-line auto-GC for analysis of trace-level OVCs and BVOCS

Ahmad LAHIB^{1*}, Damien Bourgain², Jean-Philippe Amiet^{3*}, Franck Amiet⁴, Mathilde Mascles⁵, Fanny Bachelier⁵,
Damien Bazin⁵

¹ Ingénieur Technico-Commercial-Export

²Chef de projet applications analytique

³ Directeur commercial et service client Saint-Antoine, France

⁴ Président, Saint-Antoine, France

⁵ Recherche et Développement, Chromatotec, Saint-Antoine, France

*Auteur correspondant : +33 (0)5 57 94 95 09, ahmad.lahib@chromatotec.com

jean-philippe.amiet@chromatotec.com

Key-words

Gas Chromatography, Flame Ionization Detection, Volatile Organic Compounds, Ozone precursor, OVOC, BVOC, VOC

Issue

Atmospheric air pollution is one of the most serious environmental issues with major effect on air quality, climate, and health. Volatile Organic Compounds and semi-Volatile (SVOCs and VOCs) are particularly important atmospheric gaseous pollutants, which are released into the atmosphere from both anthropogenic natural and sources. Biogenic volatile organic compounds (BVOCs) and Oxygenated Volatile Organic Compounds (OVOCs) have an important contribution to the total VOC emissions. Aldehydes and Ketones are generally measured following the ISO 16000-3 method where DNPH cartridges are used to preconcentrate the sample. The method is very sensitive and allows identification and quantification from low ppt to high ppb depending on flow and sampling time. Nevertheless, this technique is time consuming as the sample must be manually eluted from DNPH cartridge before analysis with HPLC-UV. Other techniques allow specific quantification of specific OVOCs such as formaldehyde but cannot quantify at the same time other VOCs such as terpenes. as a result, automated and continuous measurement of Aldehydes, Ketones and Alcohols, as well as VOCs and BVOCs, is required. The goal of this work is to study the performance and limitation of automatic and continuous identification and quantification of OVOCs and BVOCs using an industrial dual Thermal-Desorber Gas Chromatograph equipped with two Flame Ionization Detectors (FIDs) and one Mass Spectrometer (MS). Specific software and algorithms were used to identify automatically coeluted compounds and select results from FID or MS. Inaddition, we will present results from a specific module for measuring light OVOCs.

Surveillance en continu de la qualité de l'air sur sites miniers sans accès à l'électricité

Ludovic PIOVESAN, Sales Development manager
ludovic.piovesan@ecomesure.com / +33 (0) 6 34 46 64 90

Caractère innovant : solution d'autonomie complète adaptée aux conditions in-situ

Mots clés : poussière, contrainte technique et énergétique, air, surveillance en continu, santé, mine à ciel ouvert

Objectifs : Equiper des sites sensibles en répondant aux contraintes techniques pour protéger la santé des employés et des riverains

Dans les mines, l'électricité est souvent produite à partir de combustibles liquides acheminés par la route. Or, son coût de production, empreinte carbone et les contraintes logistiques et financières sont significatives. Les mines sont donc de plus en plus souvent éloignées des réseaux électriques. En effet, nous observons une forte progression des projets reposant sur l'autoproduction d'énergie (de 6 % des projets miniers avant 2000, on est passé à 18 % en 2020, d'après la banque mondiale).

D'autre part, la qualité de l'air reste affectée par les opérations minières en générant d'importantes quantités de particules fines. Il convient de sécuriser ces zones minières pour protéger la santé des employés et des riverains.

Dans ce contexte, il convient de déployer des solutions de mesure de la qualité de l'air en autonomie énergétique sur ces sites sans accès à l'électricité.

Ecomesure installe ses stations de mesure de la qualité de l'air extérieur, EcomSmart, sur ces sites miniers en les associant à un panneau solaire, une batterie, un régulateur de charge et un système de fixation. En plus d'alimenter des systèmes connectés dans des zones sous contrainte énergétique, cela permet de réaliser des économies d'énergie. Le kit d'autonomie proposé est adapté en fonction des conditions d'exposition et du type d'appareil connecté utilisé. Différentes tailles, puissances de panneaux solaires et de batteries sont conseillées et la fréquence d'échantillonnage des mesures peut s'ajuster pour optimiser l'autonomie énergétique.

Cas d'usage

Rio Tinto, acteur majeur du secteur minier, déploie des stations EcomSmart au Canada dans le cadre de sa stratégie de réduction des risques et de diminution des coûts de dépollution. Chaque capteur déployé mesure les particules fines (PM1, PM2.5, PM10) et fonctionne en toute autonomie énergétique avec un panneau solaire, une batterie et un régulateur de charge. L'installation de ces micro-capteurs permet de détecter les augmentations inhabituelles des quantités de poussière en suspension et agir en conséquence comme arroser la zone pour garder la poussière au sol. Surveiller les dépassements de seuil des émissions de poussière limite les accidents du travail et donne la possibilité de se conformer à la réglementation en vigueur et de mener une politique Hygiène, Sécurité et Environnement (HSE) ambitieuse.

Ecomesure a déployé ses systèmes en autonomie énergétique dans des sites miniers avec des partenaires divers que ce soit au Canada, Sénégal, Madagascar ou Portugal.



Valoriser son traitement d'odeurs pour assurer son vivre ensemble!?
**Transformez votre contrainte de traitement en opportunité énergétique,
environnementale et sociétale**

Fabrice Blanco, Responsable activité Traitement et Valorisation des Rejets Atmosphériques
Clauger
7, rue de l'Industrie
69530 Brignais
Cell. : 06 77 60 42 90
fblanco@clauger.fr

Le traitement des odeurs est souvent considéré par les industriels comme une charge dont les résultats sont difficiles à apprécier !

Pour Clauger la valorisation d'une problématique odeurs peut s'articuler autour de 3 axes :

Énergétique : les rejets atmosphériques chauds et / ou humides contiennent une énergie fatale, qui peuvent être récupérer puis valoriser. Sur certains projets de désodorisation, la valorisation énergétique permet de gagner de l'argent tout en désodorisant.

Produit et sous-produit : La récupération de produits ou sous-produits issus du procédé de désodorisation peut certaines fois être valorisée.

Environnemental et sociétal : Une désodorisation a pour objectif d'améliorer la qualité d'air d'un point de vue impact odeur dans son environnement proche.

Elle permet de faire cohabiter sereinement le milieu industriel et le milieu tertiaire ou résidentiel. Elle permet de valoriser l'image de marque de l'industriel (pour ses collaborateurs, auprès de ses voisins, auprès de ses clients, auprès des autorités et des collectivités). Elle s'inscrit dans une politique de responsabilité sociale et environnementale.

Dans l'aspect environnemental, il est important selon Clauger d'intégrer la notion d'impact carbone d'une désodorisation. Le but ultime est de piloter une désodorisation en fonction du risque odeur et de la qualité d'air à respecter : les solutions de traitements énergivores, consommatrices importantes de réactifs, économiquement non viable et ayant une impact carbone catastrophiques sont à éviter. Faute de quoi, la solution mise en place ne sera pas intégré au process de l'industriel et ses performances seront médiocres. L'objectif du « vivre ensemble » est alors un échec complet...



Mercredi 28 juin 2023

08h30

Accueil des participants

Air et Mobilités

09h00

Modélisation et analyse de la dispersion de polluants en milieu urbain

Stéphane Jay, Chef de projet - IFP Energies Nouvelles

09h30

Réseau de qualité de l'air 3D haute résolution à Nicosie - Capacités des nouvelles technologies et aspects régionaux de la qualité de l'air à Chypre

Elena Garcia, Responsable Stratégie et Développement de Marché - Vaisala

10h00

Aujourd'hui l'air est d'abord une question locale, l'exemple portuaire

Dominique Robin, Directeur - AtmoSud

10h30

Pause café

11h00

Cartes en haute résolution spatiale des PM2.5 à partir des capteurs mobiles du réseau Pollutrack : l'exemple de Paris

Eric Poincelet, Directeur - Pollutrack

11h30

Evaluation de l'impact du trafic routier sur la qualité de l'air : retour d'expérience et réflexions autour d'un cas d'étude objet de controverse

Matthieu Bagard, Responsable d'études - BioMonitor

12h00

Développement de capteurs intelligents et connectés au service de la qualité de l'air

Arnaud Frobert, Chef de projet Innovation - IFP Energies Nouvelles

12h30

Une voie vers des émissions de polluants proches de zéro issue des transports routiers
Yoann Bernard, Senior Researcher – International Council on Clean Transportation (ICCT)

13h00

Déjeuner

Air et Bâtiments

14h00

Prise en compte de la biodégradation des hydrocarbures pour la modélisation des transferts de pollution du sol vers l'air intérieur

Sylvie Traverse, Directrice de projet - Ginger Burgeap

14h30

Effet de dopage en charbon actif de béton pervious sur l'adsorption de NO₂ et sa minéralisation : étude pilote

Isabelle Javierre, Responsable Projet & Innovation - Holcim

15h00

Suivi en ligne de la qualité de l'air dans le terminal 2^E de l'aéroport Charles de Gaulle. Suivi de la salubrité chimique et biologique et des émissions de gaz et d'odeurs (OU) Amélioration de la gestion énergétique du bâtiment en l'adaptant à son usage en temps réel

Jean-Christophe Mifsud, Président - Ellona

15h30

Pause café

16h00

MYCO-ACT – Réduire le risque de développements fongiques en phase chantier

Charline Dematteo, Ingénierie Santé Environnement - Inddigo

16h30

Une entrée d'air filtrante pour les logements RE2020

Pierre Guitton, Président - Teqoya

17h00

Développement et validation d'une méthode d'échantillonnage de longue durée pour la détermination des concentrations en hydrocarbures non méthaniques en air intérieur

Sylvie Traverse, Directrice de projet - Ginger Burgeap

17h30

Questions – Réponses – Discussions – Conclusions

18h00

Fin de la deuxième journée

Fin du congrès



Wednesday, June 28, 2023

08h30

Welcoming participants

Air and Mobilities

09h00

Modeling and analysis of the dispersion of pollutants in an urban environment

Stéphane Jay, Project Manager - IFP Energies Nouvelles

09h30

High-resolution 3D air quality network in Nicosia - Capabilities of new technologies and regional aspects of air quality in Cyprus

Elena Garcia, Strategy and Market Development Manager - Vaisala

10h00

Today, air is first and foremost a local issue, the port example

Dominique Robin, Director - AtmoSud

10h30

Coffee Break

11h00

High spatial resolution mapping of PM2.5 using mobile sensors of the Pollutrack Network: the example of Paris

Eric Poincelet, Director - Pollutrack

11h30

Impact assessment of road traffic on air quality: feedback and thoughts on a controversial case study

Matthieu Bagard, Research Manager - BioMonitor

12h00

Smart and connected sensors as Air Quality enforcers

Arnaud Frobert, Innovation Project Manager - IFP Energies Nouvelles

12h30

A way to near-zero pollutant emissions from road transport

Yoann Bernard, Senior Researcher – International Council on Clean Transportation (ICCT)

13h00

Lunch

Air and Buildings

14h00

Taking into account the biodegradation of hydrocarbons for the modeling of pollution transfers from soil to indoor air

Sylvie Traverse, Project Director - Ginger Burgeap

14h30

In-situ effect of pervious concrete slabs doped with activated carbon on NO₂ adsorption and mineralization capacities (process)

Isabelle Javierre, Project & Innovation Manager - Holcim

15h00

Online monitoring of air quality in terminal 2^E of Charles de Gaulle airport. Monitoring of chemical and biological health and gas and odor emissions (OR) Improvement of the energy management of the building by adapting it to its use in real time

Jean-Christophe Mifsud, President - Ellona

15h30

Coffee Break

16h00

MYCO-ACT – Reduce the risk of mold growth during construction stage

Charline Dematteo, Environmental Health Engineer - Inddigo

16h30

A filtering air inlet for single flow ventilation residential buildings

Pierre Guitton, President - Teqoya

17h00

Development and validation of a long-term sampling method for the determination of non-methane hydrocarbon concentrations in indoor air

Sylvie Traverse, Project Director - Ginger Burgeap

17h30

Questions – Answers – Discussions – Conclusions

18h00

End of day two

End of the congress

Modélisation et analyse de la dispersion de polluants en milieu urbain

Modeling and analysis of the dispersion of pollutants in an urban environment

Stéphane Jay, Chef de projet - IFP Energies Nouvelles

stephane.jay@ifpen.fr

Résumé

L'OMS estimait en 2020 que la pollution de l'air intérieur et extérieur est responsable de près de 7 millions de morts par an dans l'ensemble du monde, dont 5.6 millions correspondant à des maladies non transmissibles (accidents vasculaires cérébraux, maladies cardiovasculaires, cancer du poumon, etc.) mais aussi à des pneumonies, touchant majoritairement les femmes, les enfants, les personnes âgées, les populations pauvres et les travailleurs particulièrement exposés. A l'échelle Européenne, la pollution atmosphérique est la principale cause de décès d'origine environnementale et en France, près de 48000 décès non-accidentels annuels pourraient être évités sans la pollution aux particules fines d'origine anthropique dans les métropoles françaises. En milieu urbain, de nombreux leviers existent pour contrôler la pollution atmosphérique. Les plans de protection de l'atmosphère (PPA) permettent de mettre en œuvre des mesures temporaires en cas de pic de pollution dans les agglomérations de plus de 25 000 habitants. On peut s'appuyer sur des restrictions de circulation automobile, contrôler la densité de véhicules Diesel, ou interdire de brûler de la biomasse. En termes d'aménagement urbain, certaines zones peuvent être piétonnisiées, les écoles et hôpitaux peuvent être considérés comme des zones sensibles et donc isolées du trafic routier.

Dans ce contexte, la modélisation en mécanique des fluides numérique est aujourd'hui arrivée à un niveau de maturité qui la rend utilisable pour faire des prévisions à différentes échelles spatiales. Les simulations 3D permettent de capturer la complexité des écoulements, leur caractère turbulent et instationnaire et les géométries complexes dans lesquelles ils se développent. L'utilisation de la simulation aux grandes échelles offre une plus grande précision et son application aux écoulements urbains est de plus en plus répandue. Cela devrait augmenter avec le développement des capacités de calcul à disposition.

Dans cette étude, on utilise un modèle physique pour calculer les émissions routières à partir de données de conduite. L'objectif principal est de réaliser des calculs haute-fidélité de dispersion turbulente d'émissions polluantes dans des géométries représentatives de voisinages urbains, à des fins de diagnostic et d'aménagement en lien avec le problème de la pollution atmosphérique dans les villes. Une chaîne de modélisation incluant le modèle d'émissions couplé à un simulateur de trafic simple pour modéliser les sources de polluants (débits locaux) et identifier les sources d'incertitudes aléatoires liées à ces émissions (composition du trafic sous-jacent et son niveau de fluidité) est présentée et évaluée dans différentes situations.

Abstract

In 2020, the WHO estimated that indoor and outdoor air pollution is responsible for almost 7 million deaths a year worldwide, 5.6 million of which are due to non-communicable diseases (stroke, cardiovascular disease, lung cancer, etc.) and pneumonia, mainly affecting women, children, the elderly, the poor and particularly exposed workers. On a European scale, air pollution is the main cause of death from environmental causes, and in France, almost 48,000 non-accidental deaths a year could be avoided without fine particle pollution of anthropogenic origin in French metropolises. In urban environments, there are many ways of controlling air pollution. Atmospheric protection plans (PPA) enable temporary measures to be implemented in the event of a pollution peak in urban areas with more than 25,000 inhabitants. These can include traffic restrictions, controlling the density of diesel vehicles, or banning the burning of biomass. In terms of urban planning, certain areas can be pedestrianized, and schools and hospitals can be considered sensitive zones and therefore isolated from road traffic.

In this context, computational fluid mechanics modeling has now reached a level of maturity that makes it usable for forecasting at different spatial scales. 3D simulations capture the complexity of flows, their turbulent and unsteady nature, and the complex geometries in which they develop. The use of large-scale simulation offers greater accuracy, and its application to urban flows is becoming increasingly widespread. This trend is set to increase with the development of available computing capacities.

In this study, a physical model is used to calculate road emissions from driving data. The main objective is to perform high-fidelity calculations of turbulent dispersion of pollutant emissions in geometries representative of urban neighborhoods, for diagnostic and planning purposes in connection with the problem of air pollution in cities. A modeling chain including the emissions model coupled with a simple traffic simulator to model pollutant sources (local flows) and identify sources of random uncertainty linked to these emissions (composition of the underlying traffic and its level of fluidity) is presented and evaluated in different situations.

HIGH-RESOLUTION 3D AIR QUALITY MONITORING AND FORECASTING IN NICOSIA - CAPABILITIES OF NEW TECHNOLOGIES AND REGIONAL ASPECTS OF AIR QUALITY IN CYPRUS

*H. Jaakkola, M. Juppo, M. Vogt, T. Roschier, M. Torvinen, E. Garcia
Vaisala Oyj, Vanha Nurmijärventie 21, FI-01670 Vantaa, Finland
Presenting author: Elena Garcia*

EMME CARE

"Eastern Mediterranean Middle East Climate and Atmosphere Research Center", EMME CARE, is a 7-year extensive EU Horizon research program aiming to combine air quality and climate change research in a new and unique manner. The research leverages the strategic position of Cyprus located in the middle of Europe, Middle East and Africa and being exposed to several types of pollution, such as traffic, industries, and Saharan dust. Cyprus Institute, one of the leading European research institutes in this field, is leading the program along with research partners Max Planck Institute, CEA and Institute of Atmospheric Research at the University of Helsinki.



The challenge

Air quality assessment and forecasting is a complex science with many variables involved. Increasingly, environmental protection agencies, governments, and private industry are closely regulated and accountable for protecting public health.

An ideal air quality forecasting system leverages multi-platform datasets to measure, model and predict the emissions. As explained by Committee on Environment and Natural Resources these include: "emissions modelling and meteorological modelling to describe the conditions that affect emissions mixing and movement such as wind and boundary layer height". In addition, WMO recently highlighted "the need for higher vertical resolution observations (...) in the boundary layer" complementing surface observations.

The solution

EMME CARE "High resolution 3D AQ network" project included several observations to conduct the measurements. Air quality was monitored with 2 reference stations and 6 pieces of Vaisala AQT530 air quality sensors monitoring the key parameters for urban air quality: NO₂ and NO, O₃, CO and PM₁, PM_{2.5} and PM₁₀. All key weather parameters, temperature, relative humidity, pressure, wind and rain were also monitored with Vaisala WXT530 Multi-weather sensors and they were installed along with the air quality sensors. Two Vaisala CL51 ceilometers, along with BL-View software, were used to monitor the mixing layer height. Data from all the observations was collected to Vaisala's data collection and management system called Network Manager. Air quality high-resolution modeling and forecasting system was operated in Vaisala's server in Helsinki and the data was provided with FTP server connection.



The network serves 4 Research Work Packages, and the presentation mainly focuses on WP3:

- WP 1: In-situ air quality network development and optimization
- WP 2: Aerosol vertical profiling
- WP 3: Design and optimization of air quality high-resolution model in Nicosia
- WP 4: New innovations for air quality monitoring techniques



Vaisala Air Quality Model and Forecast

WP 3: Design and optimization of air quality high-resolution model in Nicosia

WP3 objectives were set as follows:

- Selecting the most representative data sources for the model
- Optimizing the model to the city of Nicosia for operational use
- Model verification: against fixed sites in Nicosia, modelled vs. observed results

For the model domain environmental description data were collected from OpenStreetMap, Sentinel 2 satellite and global topography dataset. From those data sets emission inventories and population densities were processed. Model were using GFS (American numerical weather model) as Weather forecast data, FMI European SILAM for long-range

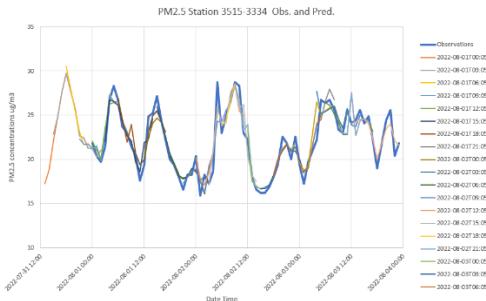
transportation model and Observations from AQICN.org. Model was using measurements from two reference grade air quality stations located in City of Nicosia

Results

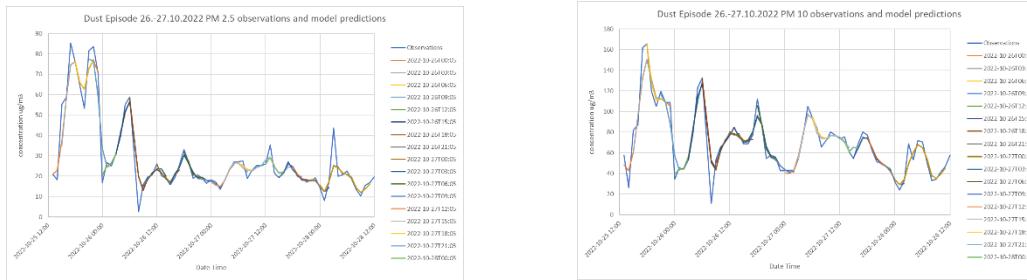
EMME Care high-resolution air quality 3D network have helped understanding pollutants spatial variability around Nicosia.

Vaisala air quality high-resolution modeling and forecasting solution has performed well and in correlation with reference stations observations.

In the model's assimilation phase, the model tries to adjust itself to meet current observed values. The first graphic below shows good correlation between observed values and predicted values for PM2.5.



Several dust events impacted Nicosia end of October 2022 and at the end of February until beginning of March 2023. Both observations and modelling captured the events. Particulate Matter concentration measurements were studied against assimilation period predictions. The graphics below show good correlation for PM2.5 and PM10.



Today, the model covers the area of around 10 to 15 km around the city of Nicosia and the resolution of the model is around 15 m. As end results, the model produces gridded pollutant concentrations for all key parameters and also for Air quality index.

Good correlation between the predicted values and the observed values is shown in the graph including also additional parameters to be integrated in later stages.

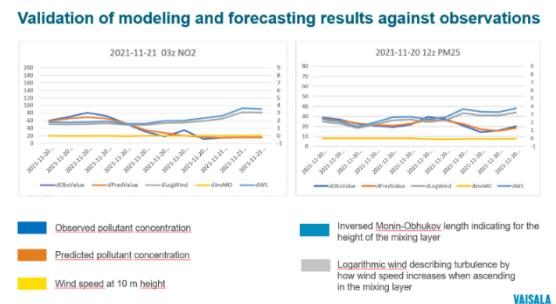
Data is provided as NetCDF data which allows visualization over a selected map.

Conclusions

The project for high-resolution 3D network has now ended but there is a plan to continue the studies, for example related to compact air quality sensor integration into high-resolution modelling and forecasting. As a summary, the project has provided valuable information concerning the use of new technologies in city's air quality monitoring, as well the regional aspects concerning air quality in the city of Nicosia.

Acknowledgement and references

Cyprus institute was leading the project and was instrumental in project execution and work related to research packages. <https://emme-care.cyi.ac.cy/>



Vaisala

Aujourd’hui l’air est d’abord une question locale, l’exemple portuaire

Dominique Robin, Directeur d’AtmoSud



La pluralité des échelles a souvent conduit les acteurs à regarder vers la puissance publique pour réglementer, agir, normaliser. Si les enjeux sanitaires rappelés avec vigueur en septembre 2021 par l’OMS obligent les décideurs nationaux et européens à faire plus pour l’air que nous respirons, le driver de l’action est aujourd’hui résolument local. Il est porté par une attente sociétale liée à la santé, au bien-être, mais également à la responsabilité d’agir que se soit dans la sphère privée ou publique.

La dynamique portuaire n’échappe pas à cette règle. Régie par une réglementation mondiale portée par l’OMI, elle par définition peu ambitieuse, principalement orientée sur une pollution soufrée dont la

plupart des autres secteurs se sont départis depuis plusieurs décennies dans les pays développés. La croissance de la taille des navires, des paquebots en particulier, et la compréhension que les suies et autres polluants ont un impact sur la santé des riverains et des habitants des villes-ports ont entraîné un mouvement profond dans la société, repris par certaines collectivités comme la ville de Marseille. Ce mouvement se traduit aujourd’hui par des actions de maîtrise des rejets volontaires parfois ambitieuses, soutenues par la puissance publique locale comme le programme Escale Zéro Fumée de la Région Sud.

Pour AtmoSud, cette évolution ouvre une nouvelle page de son action autour des ports, mue initialement par des projets prospectifs financés par l’Europe comme APICE en 2004. Il s’agit pour l’AASQA d’une part de mieux préciser la nature et l’ampleur des impacts locaux et régionaux de l’activité maritime et portuaire, mais également au-delà des aspects prospectifs de suivre les évolutions en lien avec les évolutions concrètes, qu’elles soient technologiques, énergétiques, d’aménagement du territoire ou issues de changement de pratiques.

Ces actions sont réalisées dans le cadre la gouvernance quadripartite de l’AASQA, dans laquelle les acteurs portuaires et maritimes ont trouvé naturellement leur place, tels que le GPMM, l’UMF, le club de la croisière, mais également les représentants souvent très mobilisés des riverains.

Concrètement, sur le plan technique, cela se traduit par des développements innovants avec les entreprises et le monde académique pour mieux surveiller, produire des indicateurs pertinents et décrypter au mieux enjeux et progrès réalisés sur le territoire. La signature en 2022, d’une convention d’échanges de data précis avec les armateurs et les acteurs portuaires en est une traduction concrète ouvrant un lien organique entre ces acteurs et l’action d’AtmoSud. Les sujets sont nombreux et ouvrent un espace dans lequel chacun a un rôle à jouer. Citons par exemple le développement de réseaux de capteurs autour des ports, comme ceux de Tera ou Envea, les simulations HD avec Aria, l’utilisation de jumeaux numériques avec la solution Siradel ou les innovations plus proches de la perception développées par Ellona.

Cartes en haute résolution spatiale des PM2.5 à partir des capteurs mobiles du réseau Pollutrack : l'exemple de Paris

E . Poincelet¹, J.-B. Renard², C. Marchand¹

¹Laboratoire de Physique et Chimie de l'Environnement, CNRS, 45000 Orléans Ville, France

² Pollutrack SAS, 75020 Paris, France,

Il est indispensable de surveiller avec précision les PM2.5 qui ont des effets particulièrement délétères sur la santé humaine. En complément du suivi effectué par des instruments normatifs fixes installés sous obligation réglementaire, nous proposons d'utiliser le réseau Pollutrack de capteurs mobiles. Les mesures sont effectuées par des compteurs d'aérosols montés sur le toit de véhicules le plus souvent électriques de flottes professionnelles, fournissant une série constante de mesures dans la plage de taille de 0,3 à 10 µm. Ces mesures sont ensuite agrégées pour déterminer les concentrations massiques en PM2.5. Les performances des capteurs Pollutrack ont été analysées, donnant une incertitude inférieure à 5 µg.m⁻³. Des cartes à partir de mesures à hauteur de respiration avec une résolution spatiale jusqu'à 100 m peuvent désormais être produites chaque jour pour Paris. Des exemples seront montrés pour différentes situations de pollution. Ces cartes Pollutrack montrent fréquemment une forte hétérogénéité spatiale où le nord et l'est de Paris sont plus pollués que l'ouest et le sud. Cette hétérogénéité peut également être observée d'une rue à l'autre, voire d'une portion de la rue à une autre. Ces «points chauds» sont principalement dus à la topologie de la ville, ainsi qu'à la direction et l'intensité du vent dominant. Après les premiers déploiements en France (Paris, Lille, Annecy), le réseau Pollutrack est à présent déployé dans plus de 30 capitales et grandes métropoles européennes, en partenariat étroit avec Geopost/DPD (Groupe La Poste), leader européen de la livraison de colis. Ces cartes à haute résolution seront utiles aux autorités compétentes pour réagir de manière appropriée, voire proactive et préventive, aux sources locales de pollution et pour améliorer la compréhension de l'origine, la formation secondaire et le transport des particules urbaines.

https://dashboard.pollutrack.com/video/Paris_2020-2023.mp4

Eric Poincelet

Président Pollutrack SAS

06 14 44 26 04

e.poincelet@gmail.com

<https://www.pollutrack.net/press-corner/>

<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157579>

**Evaluation de l'impact du trafic routier sur la qualité de l'air :
retour d'expérience et réflexions autour d'un cas d'étude objet de controverse**

**Impact assessment of road traffic on air quality:
Feedback and thoughts on a controversial case study**

Matthieu BAGARD, Responsable d'études

07 86 94 38 27

matthieu.bagard@biomonitor.fr

BioMonitor

Conseil et mesures en environnement

25, rue Anatole France

54530 Pagny-sur-Moselle

<https://www.biomonitor.fr>

CARACTERE INNOVANT DU SUJET :

REX critique sur l'usage des données des microcapteurs pour l'évaluation de la qualité de l'air

MOTS-CLES :

Qualité de l'air extérieur

Microcapteurs

Trafic routier

Validation des données

OBJECTIFS :

Retour d'expérience sur une étude d'impact sur la qualité de l'air d'un aménagement routier controversé

Réflexions sur la validation des données des microcapteurs préalable à l'interprétation des résultats

RESUME :

L'évaluation de l'impact du trafic routier sur la qualité de l'air fait partie des enjeux actuels en matière d'aménagement du territoire et de gestion des mobilités, que ce soit au stade projet au moment de l'étude d'impact ou après la mise en service des infrastructures routières dans le cadre de la surveillance de la qualité de l'air et de l'évaluation de l'exposition des populations. L'essor des microcapteurs et des objets connectés permet aujourd'hui la réalisation à moindre coût de mesures de la qualité de l'air en dehors du cadre de la surveillance réglementaire assurée par les AASQA. Relativement faciles d'utilisation et moins coûteux que les méthodes de référence, les microcapteurs peuvent être déployés en plus grand nombre et ainsi équiper villes, bâtiments, véhicules et personnes. Pour autant, même si la reproductibilité et la fiabilité de ces appareils progressent, ils n'offrent pas encore les garanties techniques des méthodes de référence et restent pour l'instant dédiés à des mesures dites « indicatives ».

Le retour d'expérience présenté ici porte sur une étude d'évaluation de l'impact d'un aménagement autoroutier sur la qualité de l'air d'un territoire rural, dans un contexte de contentieux entre

municipalités et associations d'une part et l'Etat et l'exploitant d'autre part. Des campagnes de mesure ont été réalisées avant et après la mise en service de l'autoroute, sur un réseau de huit points de mesure équipés de microcapteurs de dioxyde d'azote (NO₂) et de particules en suspension (PM). Dans un premier temps, nous nous attacherons à décrire la méthodologie de l'étude et ses principaux résultats avant de proposer une analyse critique des méthodes mises en œuvre et des conclusions pouvant en être tirées. On cherchera notamment à mettre en avant les difficultés techniques rencontrées et les conséquences possibles vis-à-vis de l'interprétation des résultats.

Ce REX a ainsi pour objectif de mettre en avant le potentiel et les limites des microcapteurs pour l'évaluation de la qualité de l'air extérieur, et de souligner les précautions à prendre lors de la conduite de telles études et de l'interprétation de leurs résultats, particulièrement dans un contexte contentieux.

ABSTRACT:

Assessing the impact of road traffic on air quality is one of the current challenges in terms of land use and mobility management, whether at the project stage or during operation of road infrastructure as part of air quality monitoring and population exposure assessment. The rise of microsensors and IoT devices makes it possible to conduct air quality studies at a lower cost, outside the framework of the regulatory AQ monitoring. Relatively easy to use and less expensive than reference methods, microsensors can be deployed in greater numbers in cities and buildings and on vehicles and people. However, even if their reproducibility and reliability are improving, microsensors do not yet offer the technical guarantees of the reference methods and remain for the moment dedicated to so-called "indicative" measurements.

The present work provides feedback on a study led to assess the impact of a recently opened highway on air quality in a rural area in a contentious context. Measurement campaigns were carried out before and after the motorway is operated, using a network of eight stations equipped with NO₂ and PM microsensors. We will first describe the methodology and main results of the study. Secondly, we will discuss the methods used in this study and the conclusions that can be drawn from them, with respect to the difficulties encountered and their possible consequences regarding the interpretation of the results.

The objective of this work is to discuss the potential and limits of microsensors for the assessment of outdoor air quality, and to highlight the precautions to be taken when conducting such studies and interpreting their results, especially in a controversial situation.

Développement de capteurs intelligents et connectés au service de la qualité de l'air

Arnaud FROBERT, Chef de Projet Innovation

IFP Energies nouvelles – Direction Mobilité & Systèmes

Etablissement de Lyon

Rond-point de l'échangeur de Solaize - BP 3

69360 Solaize - France

Tél. : 04 37 70 21 04

Port : 06 26 07 86 76

arnaud.frobert@ifpen.fr

Mots-clés :

Capteurs, mobilité, industrie, polluants, gaz à effet de serre, détection de fuite, cloud-computing

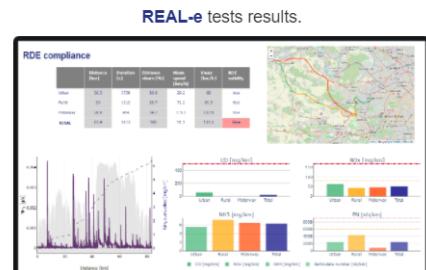
Résumé :

La qualité de l'air est une préoccupation majeure et un diagnostic de l'impact des systèmes énergétique sur la formation de polluants doit être systématique. Dans ce cadre, IFP Energies nouvelles en tant que tiers de confiance se positionne comme un apporteur de solutions globales, du développement du capteur à son intégration dans un écosystème numérique. Il est proposé ici d'illustrer cette démarche via l'exemple du capteur ELEMENTS.

ELEMENTS est un capteur optique de polluants gazeux positionné dans la gamme UV. Le développement initial de ce capteur pour la mesure de l'ammoniac sera présenté, ainsi que son application actuelle à trois domaines distincts : mobilité, industrie et qualité de l'air locale. Les outils numériques associés s'appuient sur du cloud-computing et permettent de mettre en forme, contextualiser et valoriser les résultats obtenus en temps réel.

Les cas d'usage qui seront développés seront les suivants :

- L'analyseur de gaz d'échappement embarqué REAL-e, et son potentiel d'utilisation dans le cadre du contrôle technique des véhicules légers (projet [ADEME SESAME](#) – 2022)



- L'analyseur de qualité de l'air ambiant FLAIRBox, et son application à l'identification de nuisances olfactives et à la recherche de fuites de gaz à effet de serre autour de sites industriels



Smart and connected sensors as Air Quality enforcers

Keywords:

Sensors, mobility, industry, pollutants, GHG, leak detection, cloud-computing

Abstract:

Air quality is one of the majors that have to be currently faced, and in that framework a diagnostic of the impact of the energetic system should be mandatory. IFP Energies Nouvelles as a third party is proposing global solutions, from the sensor development to its integration in a numerical ecosystem. This approach will be illustrated through the example of the ELEMENTS sensor.

ELEMENTS are an optical sensor dedicated to gaseous pollutant, working in the UV bandwidth. The initial development for ammonia will be presented, and then its current application to three distinct fields: mobility, industry, and ambient air quality. The dedicated numerical tools based on cloud computing that allow to organize, contextualize and valorize the results will also be presented.

The used case that will be highlighted are the following:

- The in-house Smart Exhaust Measurement System REAL-e, and its potential for Periodic Technical Inspection (PTI) for used light-duty vehicles ([ADEME SESAME](#) project – 2022)
- The ambient air quality analyzer FLAIRBox, and its application to the identification of odor nuisances and to GHG leaks research around industrial sites

Une voie vers des émissions de polluants proches de zéro issue des transports routiers

Yoann Bernard, Senior Researcher – International Council on Clean Transportation (ICCT)
y.bernard@theicct.org

- Pollution de l'air et décès prématurés dans le monde et en France (étude ICCT et ministère de la transition Eco)
- Nouvelle directive qualité de l'air
- Impact important issue de transport, et en particulier en Europe à cause des fortes émissions des véhicules diesel
- Histoire du Dieselgate et essais menés par l'ICCT
- Comment la triche dépasse seul VW et les US, mais est présente en Europe et autres constructeurs (ICCT publi de fin Mars 2023)
- La mise en place de ZFE en Europe et France pour réduire les émissions liées au parc roulant
- Les limites du contrôle technique actuel et ce que d'autre pays en Europe font pour lutter contre la fraude au filtre à particules et Adblue (PN-PTI en Allemagne, Belgique, Pays bas, et plume chasing par la police au Danemark)
- Le RSD apporte un control surprise des émissions en usage réel et un outil performant pour stopper les pires émetteurs (ex des US et Hong Kong)
- L'important de la mesure des émissions en usage réel dans les villes avec la True initiative et le développement de nouvelles politiques transport.
- Les émissions non-réglementé (NH3, PN < 20 nm, N2O, CH4, etc)
- Euro7 : devrait avoir un impact important sur la réduction des émissions en ville, et limiter les émissions de nouveaux polluants réglementés contribuant à la formation de PM2.5 (NH3), et autre qu'a l'échappement (tels que les freins). Cependant les constructeurs poussent fort pour éviter Euro 7.

Conclusion :

Pour atteindre les objectifs de qualité de l'air il est crucial de suivre la voie vers des émissions de polluants proches de zéro émanant de transports routiers.

Celle-ci est possible d'ici dans la prochaine décennies grâce à la combinaison de plus plusieurs facteurs : ZFE, RSD pour améliorer le contrôle technique, électrification, et Euro 7.

Prise en compte de la biodégradation des hydrocarbures pour la modélisation des transferts de pollution du sol vers l'air intérieur

Auteurs : S. TRAVERSE¹, E. LARUE¹, D. PITAVAL¹

(1) GINGER-BURGEAP, 19 rue de la Villette, 69425 Lyon Cedex 3

Caractère innovant du sujet proposé

La biodégradation aérobie des hydrocarbures dans les sols conduit à la réduction des transferts vers l'air intérieur. Très souvent négligés dans les évaluations des risques sanitaires pour la construction de nouveaux bâtiments, ces phénomènes nécessitent d'être dûment appréhendés et intégrés à la modélisation de l'intrusion de polluants vers l'air intérieur. Les travaux qui sont proposés de présenter portent sur le développement de la modélisation permettant l'intégration de ces phénomènes pour l'évaluation des concentrations dans l'air intérieur et in fine les Evaluations Quantitatives des Risques Sanitaires (EQRS).

Mots-clés : hydrocarbures, BTEX, biodégradation aérobie, air intérieur, gaz du sol, EQRS

Résumé

L'objectif des travaux réalisés dans le cadre du projet CARACTAIR cofinancé par l'ADEME est d'améliorer l'évaluation des concentrations en hydrocarbures dans l'air intérieur des bâtiments construits sur des sites à passif environnemental. La capacité des hydrocarbures à être dégradés par les bactéries en présence dans les sols est mise en évidence par de nombreux auteurs. Cependant, si à l'heure actuelle ces phénomènes ne sont généralement pas considérés en France lors de la construction de nouveaux bâtiments sur de tels sites, des recommandations en ce sens sont formulées aux Etats-Unis et invitent à les prendre en compte (Davis, 2009, De Vaulx 2007, 2011, US-EPA 2013, US-EPA, 2015).

Les travaux qui seront présentés s'articulent autour de :

- L'intégration d'un module de biodégradation de 1^{er} ordre dans la modélisation des transferts et des concentrations dans l'air intérieur et son application à des jeux de données représentatifs de situations réelles pouvant être rencontrées (typologie de l'interface sol/atmosphère, renouvellement d'air et dépression du bâtiment, etc.) ;
- Les expérimentations conduites dans un bâtiment construit sur un site à passif environnemental mettant en évidence le rôle et l'ampleur de cette biodégradation aérobie, à titre illustratif la figure ci-dessous met en regard les évolutions des concentrations en CO₂ et benzène vers l'air intérieur mesurés ;
- La confrontation des développements à la modélisation numérique et aux expérimentations réalisées.

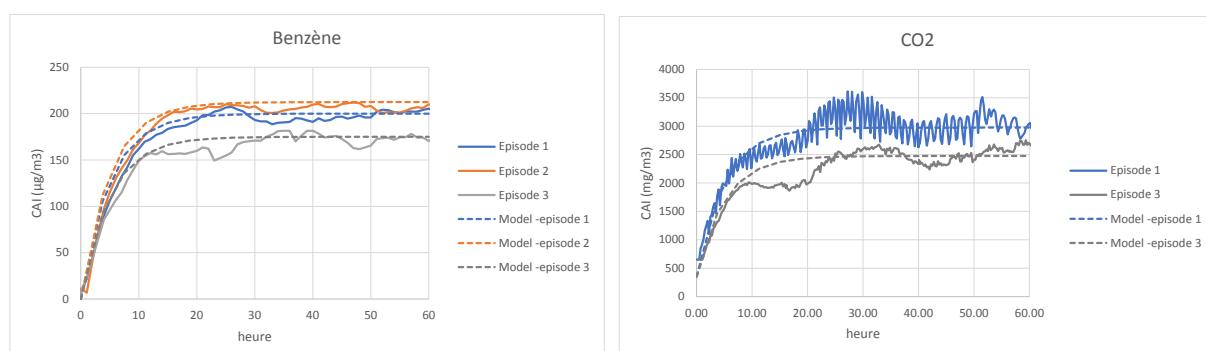


Figure 1 : Evolution des concentrations dans l'air intérieur sur le site expérimental CARACTAIR

Références :

- Davis G.B., Patterson B.M., Trefry M.G. 2009. Evidence for instantaneous oxygen-limited biodegradation of petroleum hydrocarbon vapors in the subsurface. *Ground water monitoring&remediation* 29(1) : 126-137
- DeVaull (2007). Indoor vapor intrusion with oxygen-limited biodegradation for a subsurface gasoline source. *Environ. Sci. Technol.*, 41, 3241-3248
- US-EPA (2013). Evaluation of empirical data and modeling studies to support soil vapor intrusion screening criteria for petroleum hydrocarbon compounds. EPA 510-R-13-001
- US-EPA (2015) Technical guide for addressing petroleum vapor intrusion at leaking groundwater storage tank sites. EPA 510-R-15-001. June 2015

In-situ effect of pervious concrete slabs doped with activated carbon on NO₂ adsorption and mineralization process

I Javierre^a, D. Thomas^a, S. Liebl^b, I. Dubois-Brunner^a

^aHolcim Innovation Center, 95, rue du Montmurier, F-38291 Saint Quentin Fallavier, France

^bLeiter Business Development, Holcim (Deutschland) GmbH, Tropowitzstraße 5, D- 22529 Hamburg

NO_x emission from exhaust gas may adversely affect outdoor air quality and sustain urban heat island effect. Our work reports the result of a pilot field test study performed in Dortmund (Germany) with Activated Carbon (AC) doped pervious concrete slabs a type of concrete made by eliminating some portion of the large aggregate (or sand) in the concrete mix but preserving an average of 10 to 25 MPa. The resulting interconnected air voids formed (porosity from 15% to 30%) in the hardened concrete permit the water to permeate (average drainage rate 500-600L/min/m²). Alongside with the 24 m² casted slabs, control smaller samples were positioned to receive the same level of pollution. Some of them were top covered to follow the effect of rainfall on the regenerating/mineralization process. The outdoor de-NO_x performance monitoring was done for 12 months. The level of “Inlet” outdoor pollution is low, in the WHO recommendation (<20µg/m³). Evolution over time in the de-pollution capacity was evaluated with leaching tests according to standard NF EN 15863-2015 and NO_x (bench scale) adsorbing tests – in which aged specimens are embedded in a flow reactor collecting high NO/NO₂ concentration inlet stream (respectively 768µg/m³ NO and 478µg/m³ NO₂). After 12 months, a 15% NO₂ mitigation capacity is still maintained for the no AC slab and a 30% NO₂ abatement for the 1.5% AC doped slab (up to 40% NO₂ adsorption in some case). No saturation effect is observed. The AC-doped slab records a 5g/m²/year NO₂ adsorbing level with a demonstrated increased mineralization process up to +75%.

INTRODUCTION Growth in urbanization and industrialization in developing countries has led to a dramatic increase in air pollutants emissions. Among them, Particle Matter (PM) and NO_x are the most detrimental. To assist governments to reduce human exposure to air pollution, World Health Organization has periodically issued health-based air quality guidelines publication, leading to the first frame of reference [1]. Pervious Concrete (PC) has been used for water treatment depollution for PM [2], heavy metals [3] or methyl orange [4] at laboratory scale. Shen [5] doped pervious concrete with TiO₂ coating to enhance NO gas mitigation depollution (up to 80%, roughly maintained for 4 months). The present study focuses on NO₂ depolluting capacities of activated carbon doped pervious concrete at field scale. The objective of this paper is to report the following of the outdoor de-polluting capacity during a one-year period.

MATERIALS In pervious concrete, aggregate occupies most of the pervious concrete’s volume. For reference pervious concrete (0-PC), cement CEM III/A 42.5N was used and only limestone gravel in the range size of 2-8 mm was used as a coarse aggregate. The mass ratio of coarse aggregate to the binder was fixed at 5:1. Water to cement ratio was 0.32. For the doped pervious concrete (AC-PC), activated carbon, AC, prepared from peat and steam activated (SA2, Norit), was used as received and incorporated to the pervious concrete at the rate of 1.5% w/cement. In parallel of batching the PC slabs, PC specimens of small sizes were prepared to be collected for testing every 3 months. The PC slabs and the PC specimen compaction is performed with steel roller to obtain 22% volume porosity. Half of the PC specimen were top-covered with a rigid shelter (0-PC^{covered} and AC-PC^{covered}) to compare with the ones exposed to natural rainfall (0-PC^{exposed} and AC-PC^{exposed}).

TEST METHODS Leaching tests were performed according to standard NF EN 15863-2015, adapting the water volume to the PC specimen size in order to keep 2 cm between specimen faces and glass vessel walls. The nitrites and nitrates released in the leachate at the regular intervals were determined using ionic chromatography coupled with UV detection (Thermofisher ICS5000). Quantification limits are 0.02mg/L for nitrites and 0.05mg/L for nitrates. NO_x gas adsorption tests were performed using the same reactor described in [6] with a NO/NO₂ concentration inlet (respectively 768µg/m³ NO and 478µg/m³ NO₂) and outlet streams controlled with an automatic NO_x gas analyser (AC32M from Environnement SA, France). The instantaneous percentage reduction in pollutant gas concentration is expressed as AE_{pollutant}=[(C₀-C_{sample})/C_{inlet}]*100]¹. Samples were exposed in the chamber over a period of 24 hours. PC samples specimen were collected at regular intervals (1-month, 3-month, 6-month, 12-month and 18-month) from the field site.

RESULTS AND DISCUSSION The batching slabs were casted at Dortmund Holcim Ltd plant, alongside a 2-lanes road with a daily avairage traffic of eighty cars and four hundred trucks. The outdoor samplings of NO₂ recorded 10µg/m³ (passive Radiello® 166) for a period of monitoring of fourteen days. The average pollution level is in the range of the new annual 2021 AQR guidelines [1]. PC batch slabs and PC specimen were exposed on field site pollution from August 2021 to January, 2023. Krou [6] proved adsorbed NO₂ gas molecule were transformed into nitrites and nitrates ions by disproportionation mechanism. After leaching, the nitrites released from PC samples removed from field site at regular due date were determined by chromatography and are presented Figure 1. Considering the covered samples as the control samples, after 210 days of leaching, the amounts of nitrites released for AC-PC samples are greater than the ones without AC, whatever the deadlines considered (T0 (29mg/m² versus 24 mg/m²) 6-months (76mg/m² versus 42 mg/m²) or 12 months of exposure (126mg/m² versus 52 mg/m²)). AC in AC-PC samples have boosted NO₂ gas adsorption. Consequently, the NO₂

¹ AE_{pollutant} stands for “adsorption efficiency” for pollutant (NO or NO₂). C₀ and C_{sample} are the simultaneous concentrations of the pollutant, at the outlet of the bypass and of the reactor containing the solid sample, respectively.

gas mineralization process in nitrites is enhanced with the activated carbon (+75% after 6 months and +142% after 1 year). The ranking obtained for the exposed samples is the same with the different deadlines, but the magnitude of the nitrites amount measured is smaller

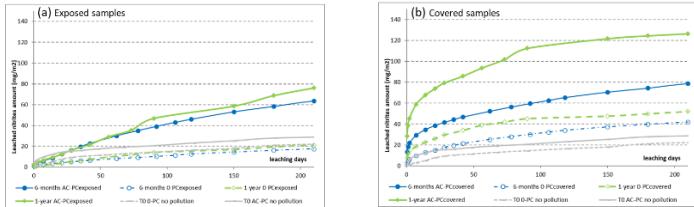


Figure 1 Quantification of the nitrites after leaching for samples (a) exposed to rainfall (b) sheltered from rainfall during 0-6-12 months for 210 days of leaching

tration, during 24 hours, in a semi finite reactor. Figure 2 presents data from NO₂ gas adsorption tests performed on PC samples removed from field site at regular due date. During the first six months, instantaneous NO₂ gas adsorption level is maintained to 10% for 0-PC samples and to 20% for AC-PC samples. The de-polluting capacity increases at an even greater rate after six months (up to 40%), evidencing de-polluting capacity is maintained even after 12 months exposure to low pollution level. No huge difference is noticed

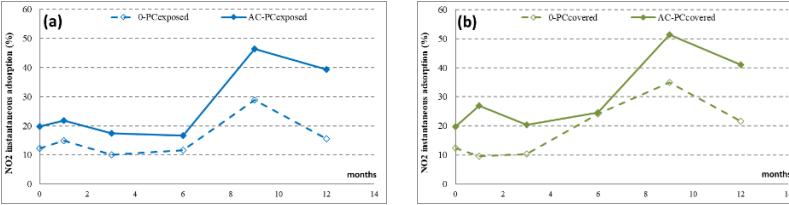


Figure 2 NO₂ instantaneous abatement measured for 0-PC and AC-PC specimen sampled over 12 months of field site pollution, (a) exposed to rainfall or (b) sheltered from rainfall

exterior exposition) as also noticed for standard concrete [8]. The instantaneous NO₂ gas adsorption collected for 24 hours for the control samples (covered) allows us to extrapolate a NO₂ gas adsorption performance for one year: 2.8 g/m²/year for 0-PC^{covered} sample and 5 g/m²/year for AC-PC^{covered} sample. Figure 3 compare the depolluting performance of standard concrete [8] (0% AC and 1.75% AC) with pervious concrete, asphalt and with sedum, thyme and heuchera plants vegetalized roof-top [9]. With no AC addition, pervious concrete exhibits higher depolluting capacity (2.8 g/m²/year for 0-PC^{covered} sample) than standard concrete (1.6 g/m²/year for 0-C25) or than vegetalized roof-top (0.9 g/m²/year). Literature records very few field studies with activated carbon. Chen [10] coupled it with a TiO₂ coating on a 100m long concrete road to measure 12-24% NO_x abatement after 3-months exposure to high traffic cars (toll area of Tsitsihar highway). No recordings of NO₂ abatement are mentioned.

CONCLUSION

Outdoor NO₂ mitigation is approached measuring de-NO_x performance of pervious concrete doped or no with activated carbon. Specimens were exposed to 10 µg/m³ pollution level for one year and removed from field at regular date. Leaching tests highlighted AC addition raised a + 142% NO₂ gas mineralization capacities. NO₂ gas instantaneous adsorption ability is maintained to 20% for the no AC sample and to 40% for the AC sample, even after one year exposure. No saturation is observed.

AKNOWLEDGEMENTS The authors would like to thank TERA Environnement (Crolles, France), and people from Holcim Innovation Center (A. Peuchlestrade, V. Malik) and from Holcim Germany (M. Oehlmann) for their help during the experiments and the interpretation of results.

REFERENCES

- [1] WHO Global Air Quality Guidelines, ISBN 9789240034228.
- [2] T.N.H. Tran, A. Puttiwongrak, P. Pongsopha, D. Intarabut, P. Pitthaya, J. Sukontasukkul Microparticle filtration ability of pervious concrete mixed with recycled synthetic fibers *Const. & Build. Mat.* **270** (2021) 121807.
- [3] R. Ortega-Villara, L. Lizárraga-Mendiola, C. Coronel-Olivares, L. D. López-León, C. A. Bigurra-Alzati, G. A. Vázquez-Rodríguez, *Journal of Environmental Management* **242** (2019) 487-495.
- [4] L. Wu, M. Mei, S. Liu, X. Wang Study on photocatalytic and mechanical properties of TiO₂ modified pervious concrete *Case Studies in Const. Mat.* **17** (2022) e01606.
- [5] S. Chen, M. Burton, B. Jobson, L. Haselbach Pervious concrete with titanium dioxide as a photocatalyst compound for a greener urban road environment *Const. & Build. Mat.* **35** (2012) 874-883.
- [6] J. Krou, I. Batonneau-Gener, T. Belin, S. Mignard, M. Horgnies, I. Dubois-Brugger Mechanisms of NO_x entrapment into hydrated cement paste containing activated carbon — Influences of the temperature and carbonation *Cem. Concr. Res.* **53** (2013) 51-58.
- [7] A. Torres, J. Hu, A. Ramos The effect of the cementitious paste thickness on the performance of pervious concrete *Const. & Build. Mat.* **95** (2015) 850-859.
- [8] M. Horgnies, I. Dubois-Brugger, E.M. Gartner NO_x de-pollution by hardened concrete and the influence of activated charcoal additions *Cem. Concr. Res.* **42** (2012) 1348-1355.
- [9] Y. Arbid, C. Richard, M. Sleiman Towards an experimental approach for measuring the removal of urban air pollutants by green roofs *Build. & Env.* **205** (2021) 108286.
- [10] M. Chen, J.-W. Chu NO_x photocatalytic degradation on active concrete road surface from experiment to real-scale application *J. Cleaner Prod.* **19** (2011) 1266-1272.

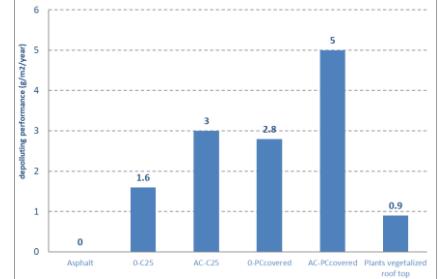


Figure 3 comparison of depolluting performance of concrete, PC and roof-top plants extrapolated for 1 year

**Suivi en ligne de la qualité de l'air dans le terminal 2^E de l'aéroport Charles de Gaulle
Suivi de la Salubrité chimique et biologique et des émissions de gaz et d'odeurs (OU)
Amélioration de la gestion énergétique
du bâtiment en l'adaptant à son usage en temps réel**

Jean Christophe Mifsud Ph.D.* Fatma Ayouni * Jean Sébastien Mackiewicz HUBONE (ADP)

*ELLONA , 3 Avenue Didier DAURAT 31400 Toulouse, France

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

La pandémie a impacté fortement le trafic aérien, mais a en même temps favorisé les initiatives technologiques pour améliorer la salubrité chimique et surtout biologique des environnements intérieurs et cela, afin de sécuriser les usagers et les collaborateurs.

La société Aéroport de Paris (ADP) a pris l'initiative de combiner plusieurs technologies afin de répondre à ces défis environnementaux et rassurer les passagers, le personnel navigant et le personnel de l'aéroport.

Les objectifs sont de :

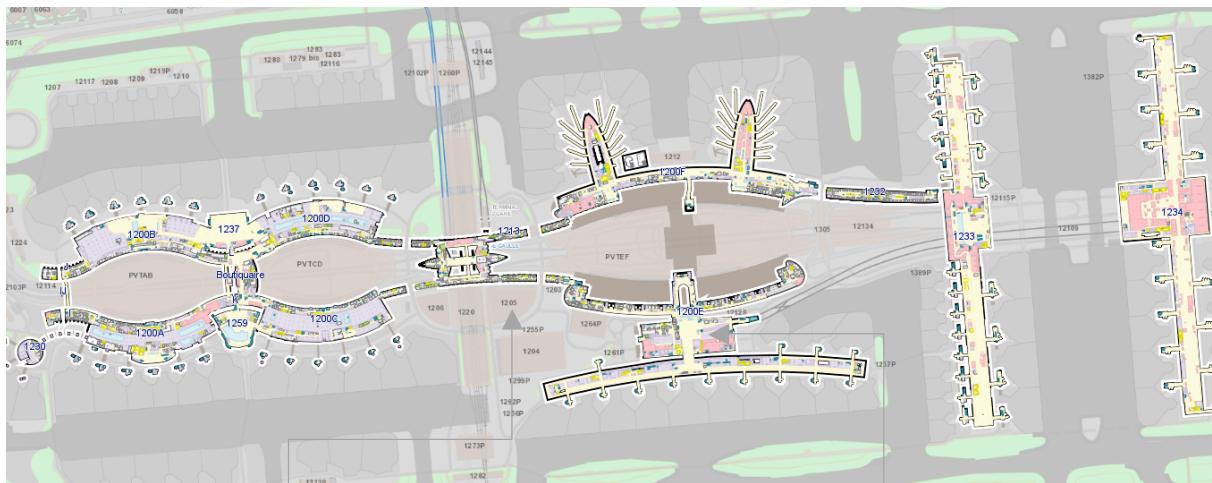
- 1> Améliorer la salubrité chimique et virale ;
- 2> Améliorer le confort des passagers ;
- 3> Augmenter l'engagement du personnel en fournissant un environnement plus sain ;
- 4> Diminuer l'empreinte carbone et énergétique du bâtiment en l'adaptant en temps réel à son usage.

Plusieurs technologies visant à améliorer la qualité de l'air ont été sélectionnées. L'une visait à générer du peroxyde d'hydrogène (H2O2) par un réseau de lampes UV B dans les systèmes d'aération développés par la société CASPER pour oxyder le biofilm se déposant sur les surfaces, et l'autre visait, avec la société ELLONA, à mesurer les émissions environnementales (gaz, odeur, lumière, particules...). Cela a permis de diagnostiquer la situation, de mesurer les éléments environnementaux, l'impact sur les usagers, l'efficacité de la remédiation par H2O2 sur la qualité de l'air et mettre en place une gestion de l'air conditionné et de la consommation électrique associée.

Ces modules de détection d'émissions environnementales et d'odeurs POD2 permettent non seulement la surveillance en ligne des diverses émissions de gaz, et notamment le H2O2, mais aussi l'identification de l'empreinte des odeurs. Le POD combine ainsi une gamme de capteurs miniaturisés (MEMS MOS, EC,...) avec des techniques de traitement de données IA.

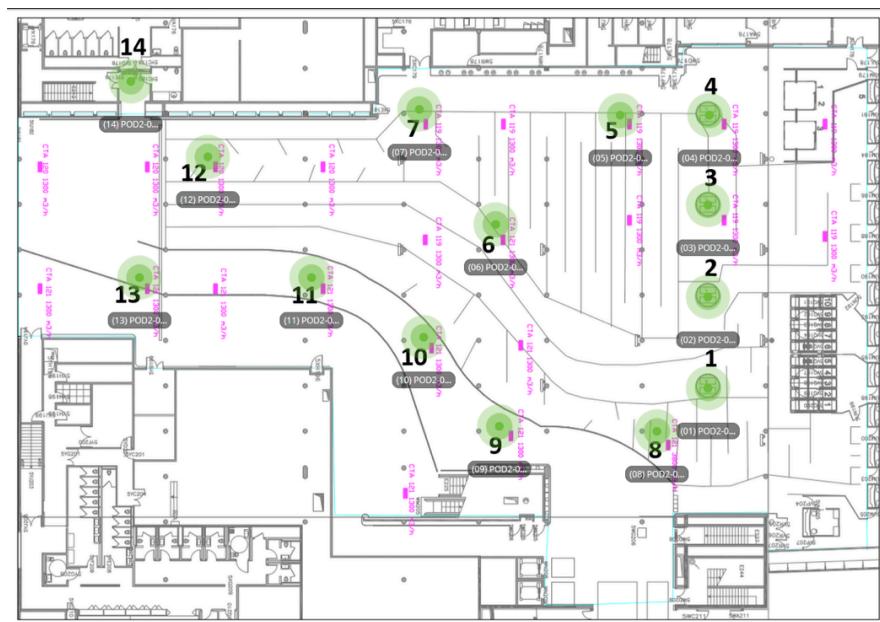


Un réseau de différents dispositifs de surveillance des gaz et des odeurs POD d'ELLONA comprenant des capteurs H2S, TVOC, NH3, H2O2, particules et odeurs a été déployé dans le terminal 2E.

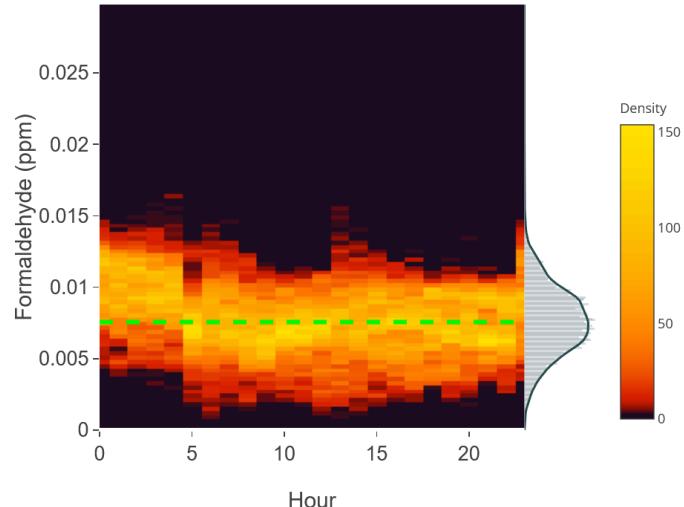


Luggage dispatchment command post

Transit zone



Un des éléments importants et inattendus initialement, fut non seulement un suivi des émissions gazeuses et particulières,



mais aussi l'économie d'énergie très importante résultant d'une optimisation du système d'aération permettant ainsi d'adapter le bâtiment et ces procédures à son usage.

La présentation comprendra le plan expérimental, la description de la technologie, la méthodologie d'identification de l'intensité des gaz et des odeurs, ainsi que le traitement des données impliquées dans le plan expérimental.

MYCO-ACT – Réduire le risque de développements fongiques en phase chantier

Charline DEMATTEO^{*1}, Mickaël DERBEZ², Stéphane MOULARAT², Rukshala ANTON²,
Pierre LE CANN³, Mariangel SANCHEZ⁴, Laure MOURADIAN⁵

¹ INDDIGO, Bâtiment, énergies & climat, 4, avenue Millet, 44000 Nantes, c.dematteo@inddigo.com

² CSTB, Direction Santé Confort, 84 avenue Jean Jaurès, 77420 Champs-sur-Marne, mickael.derbez@cstb.fr,
stephane.moularat@cstb.fr, rukshala.anton@cstb.fr

³ Univ Rennes, Inserm, EHESP, IRSET - UMR_S 1085 Avenue du Pr Léon Bernard, 35043 Rennes
Pierre.LeCann@ehesp.fr

⁴ AQC, 11bis, avenue Victor-Hugo, 75116 Paris, m.sanchez@qualiteconstruction.com

⁵ CETIAT, 25 Avenue des Arts 69100 Villeurbanne, laure.mouradian@cetiat.fr

Mots clés : construction, chantier, moisissure, développement fongique, humidité, air intérieur

* contact : c.dematteo@inddigo.com

Résumé

Alors que des associations ont été clairement établies entre troubles respiratoires et présence d'humidité et de moisissures dans les logements [1], les constats de développements fongiques lors des phases chantiers se multiplient. Ces moisissures, même si elles sont invisibles lors de la livraison, pourraient réapparaître en phase d'usage des bâtiments et avoir un impact sur la santé des occupants.

La problématique de développement fongique dans les Bâtiments Performants en Energie (BPE) a été identifiée dans le cadre des programmes REX Bâtiments Performants en Énergie mené par l'Agence Qualité Construction et OQAI-BPE mené par l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur (OQAI) [2]. Les mesures réalisées par INDDIGO et l'EHESP dans le cadre du projet de R&D ICHAQAI – Impact de la phase CHAntier sur la Qualité de l'Air Intérieur - ont également mis en évidence cette problématique [3].

Le projet MYCO-ACT - *Réduire le risque de développements fongiques en phase chantier* - réunit le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB), l'Ecole des Hautes en Santé Publique (EHESP), l'Agence Qualité Construction (AQC), le Centre Technique des Industries Aérauliques et Thermiques (CETIAT), et le bureau d'études INDDIGO pour la coordination. Le projet bénéficie du soutien de l'ADEME dans le cadre des programmes BAT-RESP 2018 « Vers des bâtiments responsables à l'horizon 2020 » et CORTEA 2019 « Connaissances, Réduction à la source et Traitement des Émissions dans l'Air ».

Les objectifs de l'étude sont de mieux comprendre les dynamiques de développement fongique en phase chantier, d'évaluer les risques possibles pour la santé des futurs occupants, mais aussi de proposer des solutions aux acteurs de la construction. Il s'agit en effet de réduire les risques associés à une humidité élevée en phase chantier, et s'inscrire ainsi dans une démarche qualité.

Initié en octobre 2018, le projet MYCO-ACT s'est déroulé en plusieurs étapes, comprenant à la fois des études théoriques et expérimentales. Les études de modélisation effectuées à l'échelle bâtiment ont permis de hiérarchiser les différents facteurs de risque d'excès d'humidité dans les bâtiments en cours de chantier. En parallèle, trois opérations de construction, réparties dans des zones climatiques contrastées, ont fait l'objet d'un suivi poussé comprenant des campagnes de mesures de contamination fongique, depuis la mise hors d'eau-hors d'air des bâtiments jusqu'à leur phase d'occupation. Les suivis expérimentaux ont associé des mesures de température/hygrométrie, des prélèvements d'air pour la recherche de moisissures, ainsi que la mesure de l'Indice de Contamination Fongique (ICF). Cet indice de contamination est basé sur l'identification de Composés Organiques Volatils (COV) spécifiques, avec pour objectif, le diagnostic précoce et rapide d'un développement fongique [4]. L'association des différentes méthodes de mesure a permis de mieux comprendre les dynamiques de développement fongique, leur

évolution en cours de chantier ainsi que les risques de réémergence une fois les bâtiments occupés. Par ailleurs, des solutions de ventilation provisoire ont été mises en œuvre sur deux opérations afin d'évaluer leur efficacité, et d'expérimenter leur mise en œuvre. Enfin, des solutions ont été testées dans le cadre d'un chantier pilote. Celles-ci ont été d'ordre préventif (respect des règles de l'art, vigilance sur les modalités de stockage des matériaux, etc.) ou actif (évacuation des excès d'humidité par une ventilation provisoire).

Le projet MYCO-ACT permet ainsi de formuler des recommandations auprès des professionnels de la construction. Les actions à mettre en œuvre doivent être adaptées au contexte de chaque opération. En effet, selon la zone climatique, la saison de réalisation des travaux, le procédé constructif, le déroulement des tâches, etc. les risques associés à l'humidité sont différents. Par conséquent, les solutions, qu'elles soient d'ordre préventif ou actif, doivent être réfléchies en amont, et faire l'objet d'échanges entre les différents intervenants. Le projet MYCO-ACT proposera un outil permettant de faciliter les prises de décision, et d'anticiper les solutions de gestion de l'humidité à mettre en œuvre selon les spécificités de chaque opération.

Références

- [1] ANSES (2016). Moisissures dans le bâti. Avis de l'Anses. Rapport d'expertise collective. Avis et rapports révisés en octobre 2016.
- [2] Derbez, M., G. Wyart, et al. (2016). Base de référence nationale sur la qualité de l'air intérieur et le confort des occupants de bâtiments performants en énergie – Deuxième état descriptif de la qualité de l'air intérieur et du confort de bâtiments d'habitation performants en énergie. Champs sur Marne (France), CSTB: 99 pp.
- [3] Gallon V., Le Cann P., Sanchez M., Dematteo C., Le Bot B. Emissions of VOCs, SVOCs and mold during the construction process: contribution to indoor air quality and future occupants. Indoor Air, 2020, 30, 4, 691-710. <https://doi.org/10.1111/ina.12647>
- [4] Moularat, S., E. Robine, et al. (2008). "Detection of fungal development in a closed environment through the identification of specific VOC: Demonstration of a specific VOC fingerprint for fungal development". Science of the Total Environment 407(1): 139-146.

A filtering air inlet for single flow ventilation in residential buildings

Une entrée d'air filtrante pour les logements RE2020

Pierre Guitton
Co-founder and President of Teqoya
pierre.guitton@teqoya.com

As we all know, PM2.5 pollution (ultrafine particles) has decreased in many european cities along recent years, including in France. But they are still well above WHO annual average guideline ($5 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

This outdoor pollution gets indoor: the infiltration ratio is generally considered to be around 30% (as an order of magnitude) for ultrafine particles (PM2.5 and PM1.0).

French health agency ANSES recommended in 2016 to expand the use of air filtration in ventilation systems:

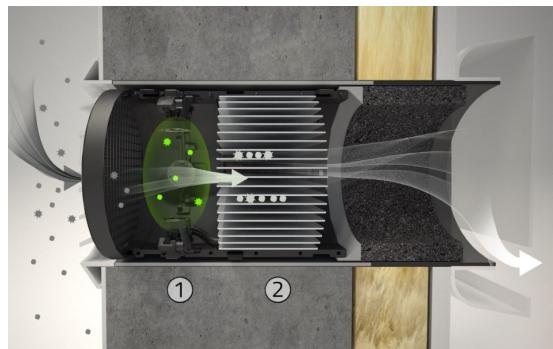
Poursuivre la mise en place de la filtration de l'air par un système mécanique de ventilation, en tenant compte de la qualité de l'air extérieur dans les prescriptions réglementaires relatives à l'aération/ventilation des constructions neuves et l'étendre aux bâtiments existants.

In France, while dual-flow ventilation usage increases, approximately 80% of buildings keep being constructed or renovated with single-flow mechanical ventilation. These ventilation system does not allow for air filtration, till now.

TEQOYA and ALDES Group jointly developed the very first filtering air inlet compliant with single-flow air ventilation systems.



In order to match French regulation on air inlets, the filter is an electrostatic precipitator (ESP). The air gets through a set of ionizers and then a system of polarized parallel plates where particles are collected. The air openings are never below 4 mm. The pressure drop of the filter in itself is around 1 Pa.



The technology is *not just a regular ESP*: it takes great care of avoiding electrostatic discharge and parasitic corona discharges, to ensure safety, comfort of use (noise) and avoidance of by-product emissions (ozone especially). To achieve this, ionizers and collector plates use a patented pattern of conductive and isolating materials.

Filtration rate has been measured at CETIAT. It goes up to 90% and depends on particle size and air flow: it is around 80% for PM2.5 and PM1.0 on the main range of airflows applied for that kind of air inlets.

Its compact size (diameter 110 mm, length 156 mm) allows its usage in most modern buildings. It will equip 1500 bedrooms in the Paris 2024 Olympics village.

Its impact on indoor air quality has been estimated based on calculation and real-life testing. It strongly depends on indoor occupation and activities, and openings usage patterns. It is then difficult to generalize. But the benefit regarding reducing the exposure to urban ultrafine particles is high, especially for buildings close to roads and other sources of PM pollution, where it is known that PM pollution can be much higher than average and windows often closed because of noise.

The filter behavior along time has been carefully studied: when loading the filter with the equivalent of 10 years PM2.5 Paris pollution (as an order of magnitude), the filtration rate decrease was only of 30% and impact on pressure drop was low. Cleaning the ionizers was enough to get back most of the optimal filtration performance: plates needs only to be roughly cleaned to avoid any risk of air flow reduction over time.

Users indoors are alerted about the need to clean the filter once a year with a visual indicator. A brush is fixed on the system to avoid loss. A QR code on the filter provides access to a tutorial explaining the cleaning procedure, which is simple and can be achieved by anyone.

Développement et validation d'une méthode d'échantillonnage de longue durée pour la détermination des concentration en hydrocarbures non méthaniques en air intérieur

Auteurs: D. Urupina¹, S. Traverse², T. Leonardis¹, M. Lemoine², R. Gillet R, C. Varlet¹, E. Eymard-Vernain³, J. Guilhermet³, N. Locoge¹,

(1) IMT Nord Europe, Institut Mines-Telecom, Univ. Lille, Centre for Energy and Environment, F-59000 Lille, France

(2) GINGER-BURGEAP, 19 rue de la Villette, 69425 Lyon Cedex 3

(3) Tera, 628 Rue Charles de Gaulle – 38920 Crolles

L'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES) considère la pollution de l'air intérieur comme un enjeu mondial de santé publique. Sur les sites à passif environnemental, l'intrusion de vapeur toxique, essentiellement des composés organiques volatils, depuis les sols vers l'air intérieur de bâtiment constitue une problématique majeure. Afin d'évaluer les risques sanitaires pour les occupants liés à l'intrusion de polluants venant du sol, les prélèvements dans l'air intérieur sont réalisés sur des périodes les plus longues possibles au regard des dispositifs existants (MTES, 2017).

En effet, la variabilité temporelle des concentrations dans l'air intérieur en polluants venant du sol, documentée par de nombreux auteurs (Holton et al. 2013, Traverse et al. 2017...), conduit à des recommandations sur le nombre et la durée des campagnes de mesures (Traverse et al. 2013, BRGM-INERIS, 2016, MTES, 2017) en vue d'évaluer les expositions chroniques des populations. Les prélèvements des composés organiques volatils dans l'air intérieur sont réalisés généralement à l'aide de supports passifs de type radiello® sur des durées de quelques jours à 2 semaines maximum en lien avec les recommandations des fabricants (BRGM-INERIS, 2016, Hulot et al, 2017, décret n°2015-1000). Cependant, ces durées demeurent faibles au regard de la variabilité observée des concentrations. Par ailleurs, l'échantillonnage passif souffre d'une incertitude associée au fait que le débit d'échantillonnage n'est pas régulé et peut dépendre des espèces adsorbées, des niveaux de concentrations rencontrés et des conditions environnementales. Ainsi, il peut être intéressant de disposer d'une méthode d'échantillonnage en air intérieur permettant de réaliser des mesures intégrées sur de longues durées afin de prendre en compte la variabilité temporelle des concentrations et de contribuer ainsi à une évaluation solide des risques chroniques d'une exposition à long terme aux COV dans les environnements intérieurs.

L'objectif du travail réalisé dans le projet CARACTAIR est de développer une méthode pratique et rentable d'échantillonnage actif d'une durée de 7 jours à 2 mois utilisant des tubes d'échantillonnage remplis d'adsorbant thermo-désorbables associés à l'utilisation des pompes faible débit permettant la détermination des concentrations dans l'air intérieur en HCnM contenant de 6 à 10 atomes de carbone. À cette fin, la stratégie suivante a été adoptée :

- (i) **développer une méthode analytique** pour la détermination de dix HCnM couramment rencontrés, tels que l'hexane, l'heptane, l'octane, le décane, le benzène, le toluène, l'éthyl-benzène, le m,p-xylène, l'o-xylène et le naphtalène, échantillonnes sur des tubes « Triple Lit » remplis de trois lits d'adsorbants de manière à intensifier la rétention des espèces visées : Carbograph 2 (particle size 20/40 mesh, SSA=10 m² g⁻¹), Carbograph 1 (particle size 20/40 mesh, SSA=100 m² g⁻¹), Carboxen 1003 (particle size 40/60 mesh, SSA=1000 m² g⁻¹) ;
- (ii) **évaluer l'efficacité de piégeage** des dix HCnM sur des durées de 8h à 28 jours pour des concentrations de 1µg/m³ à 700µg/m³ ;
- (iii) **calculer l'incertitude de la méthode** de mesure pour la détermination de la concentration, intégrant l'échantillonnage et la partie analytique ;

- (iv) tester la méthode au cours d'une campagne de deux mois sur un site à passif environnemental à Lyon.

Travaux issus du projet CARACTAIR (partenaires : GINGER BURGEAP, IMT, TERA Environnement, Métropole de Lyon, co-financement : ADEME).

BRGM-INERIS (2016). Gestion des sites et sols pollués. Guide pratique pour la caractérisation des gaz du sol et de l'air intérieur en lien avec une pollution des sols et/ou des eaux souterraines. RP-65870-FR - DRC-16-156183-01401A - version 3.0- 25/11/2016

Holton, C.; Luo, H.; Dahlen, P.; Gorder, K.; Dettenmaier, E.; Johnson, P. C. Temporal variability of indoor air concentrations under natural conditions in a house overlying a dilute chlorinated solvent groundwater plume. Environ. Sci. Technol. 2013, 47, 13347–13354

Hosangadi V., Shaver B., Hartman B., Pound M., Kram M.L., Frescura C. 2017. High frequency continuous monitoring to track vapor intrusion resulting from naturally occurring pressure dynamics. Remediation, spring 2017

MTES (2017). Méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués. 19 avril 2017.
www.installationsclassees.developpement-durable.gouv.fr/Outils-de-gestion.html

Traverse S., Schäfer G., Chastanet J., Hulot C., Perronet K., Collignan B., Cotel S., Marcoux M., Côme J.M., Correa J., Quintard M., Pepin L., 2013. Projet FLUXOBAT, Evaluation des transferts de COV du sol vers l'air intérieur et extérieur. Guide méthodologique. Novembre 2013. 257 pp. Accessible sur www.fluxobat.fr

Traverse S., Chastanet J., Hulot H., Gleize T., Richez F., Dorffer L., 2017. Projet TEMPAIR – partie 1. Variabilité temporelle des concentrations en PCE dans les gaz du sol et l'air intérieur. Mars 2017

Décret n° 2015-1000 du 17 août 2015 relatif aux modalités de surveillance de la qualité de l'air intérieur dans certains établissements recevant du public



World Event Business Solutions



18, rue Jules César - 78420 Carrières-sur-Seine - France
Tél. : +33 (0)1 39 68 26 08
E-mail : contact@webs-event.com
www.webs-event.com