



Qualité de l'Air : de la recherche aux solutions opérationnelles

- Identification des sources et leur contribution à la pollution de l'air
- Expositions et Impacts • Solutions opérationnelles

Air Quality: from research to operational solutions

- Identification of sources and their contribution to air pollution
- Exposures and Impacts • Operational solutions

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

www.atmosfair.fr

9 & 10 octobre 2024 - Lyon

En partenariat avec / In partnership with:



intersoil'2024

International Conference on Soils, Sediments and Water

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



bruxelles
environnement
leefmilieu
brussel
.brussels



Good Soil

Santé des sols : c'est grave docteur ?

Bodemgezondheid: hoe ernstig is het, dokter?

Soil health: is it serious, doctor?

5 & 6/12/2024

Bruxelles, Brussel, Brussels



Au programme / Onderwerpen / In the program

- Comment objectiver la notion de santé des sols ? / Hoe kunnen we het begrip bodemgezondheid objectiveren? / How to objectify the notion of soil health?
- Comment appliquer les principes d'économie circulaire aux sols ? / Hoe kunnen principes van de circulaire economie worden toegepast op de bodem? / How to apply the principles of the circular economy to soils?
- Comment réussir le zéro artificialisation nette des sols ? / Hoe bereik je nul netto ruimtebeslag? / How to achieve zero net land artificialization?
- Comment gérer durablement les pollutions du sol ? / Hoe kunnen verontreinigde bodems duurzaam / How to sustainably manage soil pollution?

Interprétation simultanée / Simultaanvertaling / Simultaneous Translation

CONFÉRENCES - CONFERENTIE - CONFERENCES

Inscription ▪ Inschrijving ▪ Registration

EXPOSITION - TENTOONSTELLING - EXHIBITION

Réserver un stand ▪ Boek een stand ▪ Book a stand

www.webs-event.com

aries
CONSULTANTS

brgm
Géosciences pour une Terre durable

REPUBLIQUE
FRANCAISE

Cerema
Centre national de l'information et de l'évaluation des risques

LANXESS
Empowering Chemistry

MÉTROPOLE
GRAND LYON

novasol
2024-2025 LEADER OF THE YEAR

**Osborne
Clarke**

REGENESIS

REMIND
Wallonia

UCLouvain

**Wallonie
environnement
SPW**

**Wallonie
recherche
CRA-W**

**Wallonie
Relance**

**Witteveen
Bos**



Mercredi 9 octobre 2024

Journée Air Intérieur

Programme

09h00 Accueil des participants

Identification des sources et leur contribution à la pollution de l'air

09h30

Campagne nationale logements 2 - Principaux résultats

Olivier Ramalho, Chef de projet Multi-expositions / Qualité de l'air intérieur - Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB)

09h50

Présentation du projet Exp'Air : Evaluation aux phtalates dans l'air de 3 crèches de la Ville de Lyon

- *Claire-Sophie Coeudevez, Directrice opérationnelle - Medieco*
- *Florence Pradier, Responsable du service Santé Environnement, Direction de la Santé - Ville de Lyon*

10h10

Caractérisation de la qualité de l'air dans des salles de sport de différentes typologies (projet QAI-Sport)

Nathalie Costarramone, Ingénieur Recherche - IMT Mines Alès

10h30 Pause-café

11h00

Développement et validation de systèmes analytiques pour l'analyse continue du formaldéhyde et comparaison à la méthode de référence

Jean-Philippe Amiet, Directeur Commercial et Service Client - Chromatotec

11h20

Pourquoi les nettoyeurs de sols qui ne contiennent pas de formaldéhyde dans leurs compositions, sont-ils malgré tout des sources de formaldéhyde en air intérieur ?

Frédéric Thévenet, Enseignant Chercheur - IMT Nord Europe

11h40

Analyse de l'efficacité d'épurateurs d'air en conditions réelles d'utilisation
Étienne de Vanssay, Président FIMEA - Directeur de Cap Environnement

12h00

Table ronde

La nouvelle réglementation sur la surveillance de la qualité de l'air intérieur dans certains établissements recevant du public (crèches, écoles, collèges, lycées) et future réglementation pour les établissements sanitaires et médico-sociaux

Animateur : Dr. Fabien Squinazi, Président de la Commission spécialisée "Risques liés à l'Environnement" - Haut Conseil de la Santé Publique

Participants :

- *Claire-Sophie Coeudevez, Directrice associée - Medieco*
- *Nathalie Costarramone, Ingénieur Recherche - IMT Mines Alès*
- *Laurence Robert, Responsable d'Études - INRS*
- *Driss Samri, Directeur Santé Confort - CSTB*

13h00 Déjeuner

Expositions et impacts

14h00

Caractérisation de la QAI et exposition professionnelle dans des secteurs de la logistique : commerces de détail et entrepôts

Laurence Robert, Responsable d'étude - INRS

14h20

La mesure continue des particules fines : une priorité pour la santé, le bien-être des employés et l'optimisation des systèmes de ventilation

Fabien Pedretti, Commercial France Qualité de l'Air - Acoem

14h40

Mesures et évaluations des risques sanitaires liés aux expositions par des PFAS volatils dans l'air ambiant intérieur (FTOH : Fluortéломère alcools, etc.). Avancement concernant les travaux relatifs aux crèches et écoles en Région Rhône-Alpes : Choix et application des VTR (Valeurs Toxicologiques de Référence), budgets espace-temps, fréquences respiratoires, etc. des PFAS volatils & COHV... dans le cadre des EQRS

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

15h00

L'actualité du cadre juridique concernant les substances PFAS dans l'air : les axes d'évolution

Laurence Lanoy, Avocat associé, Spécialiste en droit de l'environnement - Laurence Lanoy Avocats

15h20 Pause-café

Solutions technologiques

15h50

Purification de l'air des cabines d'avion : le Bleedair

Pascal Alix, Ingénieur R&D / Chef de projets - IFP Energies Nouvelles

16h10

Outil de dimensionnement des systèmes de dépressurisation des sols pour la protection de la qualité de l'air intérieur vis à vis des intrusions de polluants volatils provenant des sols

Juliette Chastanet, Directrice de projets R&D - Ginger-Burgeap

16h30

Développement d'un système pour filtrer les particules en milieu semi-confiné

Florence Richard, Ingénieur de recherche - IFP Energies Nouvelles

16h50 Synthèse de la journée

17h00 Fin de la 1ère journée



Wednesday October 9, 2024

Indoor Air Day

Programme

09h00 Welcome participant's registration

Identification of Sources and their Contribution to Air Pollution

09h30

National housing campaign 2 - Main results

Olivier Ramalho, Multi-exposure project manager / Indoor air quality - Scientific and Technical Building Center (CSTB)

09h50

Presentation of the Exp'Air project: Assessment of phtalates in the air of 3 daycare centers in the City of Lyon

- *Claire-Sophie Coeudevez, Operational Director - Medieco*
- *Florence Pradier, Head of the Environmental Health department - City of Lyon*

10h10

Characterization of indoor air quality in various sports facilities (QAI-Sport project)

Nathalie Costarramone, Research Engineer - IMT Mines Alès

10h30 Coffee Break

11h00

Development and validation of analytical systems for continuous monitoring of formaldehyde and comparison to the reference method

Jean-Philippe Amiet, Sales and Customer Service Director - Chromatotec

11h20

Why do floor-cleaners with no formaldehyde in their compositions are indoor sources of formaldehyde?

Frédéric Thévenet, Teacher Researcher - IMT Nord Europe

11h40

Analysis of the effectiveness of air purifiers in real conditions of use
Étienne de Vanssay, President FIMEA - Director of Cap Environnement

12h00

Round table

The new regulations on the monitoring of indoor air quality in certain establishments open to the public (nursery, schools, middle schools, high schools) and future regulations for health and medico-social establishments

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

Participants:

- *Claire-Sophie Coeudevez, Associate Director - Medieco*
- *Nathalie Costarramone, Research Engineer - IMT Alès*
- *Laurence Robert, Studies Manager - INRS*
- *Driss Samri, Health Comfort Director - CSTB*

13h00 Lunch

Exposures and Impacts

14h00

IAQ and occupational exposure in logistic: retail and warehouse sectors
Laurence Robert, Study Manager - INRS

14h20

Continuous measurement of fine particles: a priority for the health, well-being of employees and the optimization of ventilation systems

Fabien Pedretti, Sales Specialist for Air Quality Product Line - Acoem

14h40

Measurements and health risk assessments of volatile PFAS in indoor ambient air (FTOH: Fluortelomere alcohols, etc.). Progress concerning work relating to nurseries and schools in the Rhône-Alpes Region / France: Choice and application of TRV (Toxicological Reference Values), space-time budgets, respiration rates... for volatile PFAS & COHV, etc

Frank Karg, Scientific Director of the HPC Group & CEO of HPC International SAS, Judicial expert

15h00

Updates on the legal framework concerning PFAS substances in the air: areas for development
Laurence Lanoy, Associate Lawyer, Specialist in environmental law - Laurence Lanoy Avocats

15h20 Coffee Break

Technological Solutions

15h50

Air purification in aircraft cabins: Bleedair

Pascal Alix, R&D Engineer / Project Manager - IFP Energies Nouvelles

16h10

Tool for sizing soil depressurization systems to protect indoor air quality against intrusions of volatile pollutants from soils

Juliette Chastanet, R&D Project Manager - Ginger-Burgeap

16h30

Development of a system to filter particles in a semi-confined environment

Florence Richard, Research engineer - IFP Energies Nouvelles

16h50 Conclusions of the day

17h00 End of day one

Campagne Nationale Logements 2 : Principaux résultats sur la qualité de l'air dans les logements en France métropolitaine

Olivier Ramalho, Claire Dassonville, Anthony Gregoire, Sutharsini Sivanantham,
Emma Lafaurie, Maria José Rueda Lopez, Pierre Bonnet, Virginie Desvignes, Driss Samri

olivier.RAMALHO@cstb.fr

Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB), Direction santé confort, OQEI

En septembre 2003, l'Observatoire de la qualité de l'air intérieur (OQAI), devenu aujourd'hui l'Observatoire de la qualité des environnements intérieurs (OQEI), lançait sa première campagne nationale sur l'état de la qualité de l'air dans les logements. Terminée en décembre 2005, cette première campagne (CNL1) a constitué un socle de référence aux différentes études sur la qualité de l'air intérieur menées par la suite, aux démarches d'évaluation des impacts sanitaires et d'élaboration de valeurs de références qu'elles soient sanitaires ou de gestion, ainsi qu'à l'essor de politiques publiques aussi bien dans le secteur résidentiel que dans les établissements recevant du public.

Depuis plus de 15 ans, des changements se sont opérés, que ce soit du fait de l'évolution des pratiques des usagers et de l'attention portée à leur environnement ou encore de la mise en place de nouvelles réglementations comme l'étiquetage des émissions de composés organiques volatils (COV) par les produits de construction. Par ailleurs, l'émergence de nouvelles substances dans les produits du quotidien vient conforter une méconnaissance latente de la qualité de l'air intérieur et le besoin d'évaluer l'exposition de la population à ces composés. Tous ces changements ont rendu nécessaire la mise à jour des données collectées lors de cette première campagne nationale.

La deuxième campagne nationale sur la qualité de l'air dans les logements en France (CNL2) couvre la période de novembre 2020 à février 2023. Sur le même format que la CNL1, la campagne associe des mesures de qualité de l'air au domicile des participants sur une semaine de 7 jours à une enquête sur les caractéristiques des logements, des occupants et des équipements et produits présents. L'enquête intègre également la perception des occupants sur leur confort et un budget espace-temps activités sur la semaine. Le recueil d'un auto-questionnaire relatif à la santé respiratoire et allergique des occupants pour exploitation par Santé publique France clôture l'enquête.

Une hiérarchisation sanitaire des substances mise à jour d'après leur dangerosité, leur occurrence et la faisabilité métrologique a été menée pour sélectionner les paramètres d'intérêt à mesurer. Plus de 170 polluants et paramètres ont été mesurés dans l'air des logements pour cette campagne nationale : composés organiques volatils (dont aldéhydes et certaines substances considérées émergentes), composés organiques semi-volatils (parmi lesquels hydrocarbures aromatiques polycycliques, phtalates, retardateurs de flamme bromés, polychlorobiphényles, alkylphénols, muscs), pesticides, particules fines, dioxyde d'azote, dioxyde de carbone, radon, température et humidité relative, débit d'air ou pression aux bouches.

Les mesures ont été réalisées par prélèvement passif ou enregistreur dans la chambre de la personne de référence ainsi qu'à l'extérieur, et par prélèvement actif dans le séjour principal. Une seule intervention d'une semaine a été réalisée dans le logement. Les enquêtes se sont succéder tout au long de l'année.

L'échantillon enquêté représentait 571 logements et 1516 occupants, répartis dans 321 communes et 84 départements. L'élaboration d'un jeu de pondération permet d'exprimer les résultats observés à l'échelle du parc de 29,7 millions de résidences principales en France métropolitaine continentale. Les logements étaient majoritairement des maisons individuelles (56 %), situés en zone urbaine (66 %),

avec des occupants propriétaires dans 60 % des cas. Les logements étaient équipés d'un système de ventilation mécanique (63 %) ou de ventilation naturelle (22 %) et 15 % d'entre eux ne disposaient d'aucun système. Dans une grande majorité, les occupants étaient non-fumeurs (75 %) et non-vapoteurs (92 %).

De nombreux polluants sont détectés et quantifiés dans plus de la moitié des logements. Les concentrations médianes varient de quelques centièmes de ng/m^3 pour certains composés organiques semi-volatils à moins d'une vingtaine de $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les terpènes, les aldéhydes et les particules fines. Des valeurs parfois très élevées de plusieurs centaines de microgrammes par m^3 ont été observées dans quelques logements pour de nombreux COV, le NO_2 et les particules fines (fraction $\text{PM}_{2,5}$). Plusieurs substances restent très peu détectées dans les logements (fréquence de détection inférieure à 5 %), parmi lesquels des COV halogénés et les PBDE.

Une analyse menée sur les ratios de concentrations intérieures/extérieures permet de mettre en avant une contribution des sources intérieures pour la plupart des COV dans une majorité de logements. Pour le benzène et le NO_2 , la majorité des logements montre plutôt une contribution des sources extérieures.

Pour plus de 99 % des logements, au moins un des polluants mesurés présente une concentration dans l'air qui dépasse le 75ème centile de la distribution. Mais seulement 1,4 % des logements affichent une concentration d'au moins la moitié des polluants supérieure au 75ème centile de la distribution. Tous les logements présentent au moins un des polluants mesurés qui dépasse le 25ème centile de la distribution.

De manière générale, une baisse des niveaux de concentration en COV, aldéhydes et particules est observée pour la CNL2 par rapport à la CNL1. Elle est particulièrement marquée (plus de 80 % de baisse) pour les COV halogénés (1,4-dichlorobenzène, trichloroéthylène et tétrachloroéthylène), le 1-méthoxy-2-propanol et le n-décane. Une baisse significative de 30 % à 50 % est également observée pour le benzène, les particules fines et le formaldéhyde. Quelques polluants ne montrent pas d'évolution entre les deux campagnes. Il s'agit de l'hexaldéhyde, du 1-méthoxy-2-propyl acétate (très peu détecté dans les deux campagnes), du CO_2 et du radon.

Les résultats complets de la campagne sont encore dans un processus de validation du conseil scientifique de l'OQEI. A l'issue du processus, le rapport relatif à l'état de la qualité de l'air dans les logements en France métropolitaine continentale (période 2020-2023) sera mis à disposition sur le site internet de l'OQEI.

Présentation du projet Exp'Air : Évaluation aux phtalates dans l'air de 3 crèches de la Ville de Lyon

Intervenantes :

COEUDEVEZ CLAIRE-SOPHIE

Directrice

☎ 06 45 44 43 50 - 04 13 41 96 70

✉ cs.coeudevez@medieco.fr

📍 Antenne de Nantes

🌐 www.medieco.fr



Florence PRADIER

Responsable du Service Santé-Environnement

Direction de la Santé

Ville de Lyon

04 72 83 14 07



Résumé technique :

L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) définit depuis 2012 les perturbateurs endocriniens comme étant « des substances ou mélanges chimiques exogènes d'origine naturelle ou artificielle qui peuvent altérer le fonctionnement du système endocrinien et entraîner des effets néfastes sur l'organisme d'un individu ou sur ses descendants ».

La Ville de Lyon a signé la Charte Villes et territoires sans perturbateurs endocriniens en octobre 2021. Son plan d'actions perturbateurs endocriniens, délibéré en janvier 2023, se compose de 27 actions. Le projet Exp'Air présenté constitue l'action 7.

Ce projet a été financé par l'appel à projet Aact'Air de l'ADEME ainsi que par l'Institut national contre le cancer.

La Ville de Lyon a souhaité évaluer l'exposition des enfants aux COSV présents dans les environnements intérieurs et principalement la famille des phtalates. En effet, ces polluants courants ne sont pas à ce jour mesurés dans le cadre de la surveillance réglementaire de l'air intérieur.

Trois établissements ont été choisis en fonction de différentes caractéristiques telles que l'année de construction ou de rénovation, le type de revêtement de sol ou encore le système de ventilation et de chauffage.

Huit phtalates ont été mesurés lors de deux campagnes de 5 jours, en période de chauffe et en période hors-chauffe, dans l'air et les poussières de trois crèches.

Les résultats obtenus montrent la présence de tous les phtalates recherchés soit dans l'air, soit dans les poussières, à différents niveaux de concentrations dans chacun des établissements.

La concentration moyenne annuelle de phtalates dans l'air est nettement plus élevée dans la crèche la plus ancienne. Les sources peuvent être multiples.

Les sources d'émission des phtalates peuvent être fixes comme les matériaux de construction, le mobilier, les tissus d'ameublement. Elles peuvent être également ponctuelles, dépendantes notamment des usagers et de leurs pratiques (produits d'entretien, parfums, jouets, vêtements, etc.).

Dans le cadre du projet, une analyse documentaire des produits retrouvés dans les établissements (produits de change, produits d'entretien) a également été réalisée.

La réduction des concentrations en phtalates dans les établissements d'accueil de populations vulnérables nécessite de limiter les sources d'émissions de ces polluants. Des préconisations ont donc été proposées à la Ville de Lyon afin de limiter les phtalates dans ces ERPs.

**Caractérisation de la qualité de l'air dans des salles de sport
de différentes typologies (projet QAI-Sport)**
Characterization of indoor air quality in various sports facilities (QAI-Sport project)

Nathalie Costarramone¹, Barbara Le Bot², Pierre Le Cann², Hervé Plaisance¹, Gaëlle Raffy², Emilie Surget², Valérie Desauziers¹

¹IPREM, IMT Mines Ales, Université de Pau et des Pays de l'Adour, E2S UPPA, CNRS, Pau, France

²Univ Rennes, Inserm, EHESP, Irset (Institut de Recherche en Santé, Environnement et Travail), UMR_S 1085, F 35000, Rennes, France

COSTARRAMONE Nathalie
Ingénieure de recherche
IMT Mines Alès, Technopôle HélioParc, 2 Av. Pdt Angot, 64000 PAU
Mail : nathalie.costarramone@mines-ales.fr
Tél. : 05 40 17 52 51

La qualité de l'air intérieur des salles de sport est encore peu connue et étudiée, notamment en France, en comparaison de celle des logements et d'autres Etablissements Recevant du Public (ERP). Pourtant, avec le nombre croissant d'amateurs de sport, les installations sportives intérieures ont connu une forte augmentation au cours des dernières décennies. Avec des niveaux de pollution qui peuvent être plus élevés à l'intérieur qu'à l'extérieur, l'activité physique intense pratiquée dans les salles de sport peut contribuer à augmenter le risque d'exposition aux contaminants en suspension dans l'air.

Le projet QAI-SPORT a pour objectif de caractériser l'exposition aux polluants organiques volatils (COV) et semi-volatils (COSV) et aux contaminants microbiologiques (moisissures, virus et bactéries) au travers de l'étude de 10 de salles de sport d'activités différentes (fitness, dojos, salles de motricité pour jeunes enfants).

Dans un premier temps, des analyses ciblées et non ciblées ont été réalisées en conditions d'occupation et de non-occupation des salles afin d'évaluer l'impact de l'activité physique sur la qualité de l'air. Une attention particulière a été portée à l'identification de contaminants émergents, substances non réglementées ou inattendues dans ces environnements.

Cette étude de screening a permis d'acquérir des données originales sur la nature et les concentrations de contaminants présents dans les différentes salles de sport :

- Une cinquantaine de COV ont été identifiés et quantifiés. La composition et les concentrations sont globalement proches de celles des autres milieux intérieurs, avec une prédominance des composés carbonylés, en particulier de l'hexanal. Cependant, certains composés spécifiques et émergents (comme le benzothiazole, le dècaméthylcyclopentasiloxane et le 1-(2-méthoxy-1-méthyl éthoxy)-2-propanol)) ont été mis en évidence. Les composés acétone et 6-méthyl-5-hepten-one, émis par le corps humain, ont été identifiés comme traceurs d'occupation.
- Les COSV détectés sont principalement des phtalates (DiBP, DBP dans l'air, DEHP, DiNP dans la poussière), des retardateurs de flamme organophosphorés (TCPP, EHDPP dans l'air, EHDPP, TPP dans la poussière) et des HAP (fluorène, phénanthrène dans l'air, phénanthrène, fluoranthène, pyrène dans la poussière) avec des concentrations particulièrement élevées dans les poussières des salles de musculation.
Divers biocides, dont la benzophénone principalement, ont aussi été identifiés dans l'air et les poussières des salles de sport.
- La contamination microbiologique dans les salles de sport étudiées est plutôt faible et les espèces identifiées sont régulièrement observées en environnement intérieur. La présence du SARS-CoV-2 n'a pas été détectée.

Pour trois salles estimées les plus contaminées, la suite du projet visera à identifier les sources d'une dizaine de contaminants (COV, COSV et microorganismes) à partir des analyses de screening précédentes et à mieux comprendre leur répartition en environnement intérieur. Dans ces trois salles de sport, les émissions de COV et de COSV de divers matériaux spécifiques seront évaluées par des mesures in situ.

Remerciements : les auteurs remercient l'ADEME pour le soutien financier au projet QAI-Sport (contrat n° 2162D0018)

**Développement et validation d'un analyseur de formaldéhyde en ligne
pour de la mesure d'air à long terme
Development and validation of an on-line formaldehyde analyser
for long-term air monitoring**

Audrey Grandjean^{1,2}, Mathilde Mascles¹, Damien Bourgain¹, Anaïs Becker², Franck Amiet¹, Jean-Philippe Amiet^{1*}, Damien Bazin¹, Stéphane Le Calvé^{2*}

¹ Chromatotec, 15 Rue d'Artiguelongue, Saint-Antoine, France

² ICPEES – CNRS/University of Strasbourg, 25 rue Becquerel, Strasbourg, France

*Corresponding author: Cell: +33 (0)6.63.73.94.18, Email: jean-philippe.amiet@chromatotec.com

Keywords

Formaldehyde, gas standard, on-line monitoring, indoor air, outdoor air, field monitoring

Abstract

Formaldehyde is a major indoor air pollutant because of its wide use in the manufacture of construction materials. It is also involved in atmospheric chemistry. Because of its carcinogenicity, its presence must be monitored. Whether it is for exposure control or atmospheric studies, robust and sensitive techniques must be developed. The most widely used method for formaldehyde analysis is an off-line method consisting of sampling air on DNPH tube followed by HPLC-UV analysis in the laboratory. While several alternative methods have been developed for continuous formaldehyde detection, they often require high maintenance, or the need for complex and time-consuming data reprocessing. The aim of this study was to validate the performance of a newly developed on-line formaldehyde analyser designed for long-term field monitoring in various settings. It was done through laboratory-controlled experiments, involving custom-built formaldehyde gas and humidity generators, and through field measurements in both indoor and outdoor environments for extended periods of time.

Pourquoi les nettoyants de sols qui ne contiennent pas de formaldéhyde dans leurs compositions, sont-ils malgré tout des sources de formaldéhyde en air intérieur ?

Gabriel Rossignol^{1,2}, Vincent Gaudion¹, Marie Verrièle¹, Melanie Nicolas², Frédéric Thevenet^{1,*}

¹ IMT Nord Europe, Université de Lille, CERI EE, F-59000 Lille, France

² CSTB Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB), F-38000, Grenoble, France

* auteur correspondant : frederic.thevenet@imt-nord-europe.fr

RESUME

Bien que le formaldéhyde soit réglementé dans les produits de nettoyage, des substituts, appelés libérateurs de formaldéhyde sont largement utilisés dans les formulations. Ce travail vise à déterminer la production de formaldéhyde dans les nettoyants pour sols lorsqu'ils sont stockés et mis en oeuvre, ainsi que l'émission de formaldéhyde pendant et après le processus de nettoyage. Sur la base d'une sélection de nettoyants pour sols représentatifs contenant du Bronopol, les produits sont appliqués selon un scénario de nettoyage défini dans la pièce expérimentale IRINA de 40 m³. La quantification du formaldéhyde dans les produits et leurs dilutions, associée au suivi des profils de concentrations émises, permettent : (i) d'identifier la formation de formaldéhyde et (ii) de déterminer ses taux d'émission massique. Les facteurs déterminants de la production et de l'émissions du formaldéhyde sont présentés. En repérant une voie d'émission inexplorée de formaldéhyde en air intérieur, ce travail éclaire : (i) les effets secondaires inattendus de la réglementation, et (ii) les recommandations visant à limiter l'exposition des utilisateurs.

MOTS CLES

détergent; COV; taux d'émission massique; formaldéhyde; libérateurs de formaldéhyde; échelle 1:1

1 INTRODUCTION

Si elles permettent d'assainir nos environnements intérieurs, les activités de ménage sont clairement identifiées comme sources de COV en air intérieur. Une réglementation spécifique vise à encadrer les émissions de COV, notamment de formaldéhyde, issues des activités domestiques (éco-étiquetage des produits, règlement REACH). Cependant, certains substituts aux COV réglementés peuvent conduire à des voies d'émission inexplorées en air intérieur. À cet égard, les libérateurs de formaldéhyde sont utilisés dans les produits ménagers comme agents conservateurs et biocides à la place du formaldéhyde. Parmi les produits de grande consommation, 34 % des produits ménagers contiennent des libérateurs de formaldéhyde dans leur composition. Le Bronopol, c'est-à-dire le 2-Bromo-2-nitropropane-1,3-diol, représente 45 % des libérateurs de formaldéhyde présents dans les produits ménagers. La dégradation du Bronopol en milieu aqueux conduit à la production de formaldéhyde et à son transfert ultérieur vers la phase gazeuse, ce qui constitue potentiellement une source intérieure indirecte et inexplorée de formaldéhyde.

Ce travail vise à déterminer les facteurs d'émission du formaldéhyde liés à la dégradation du Bronopol selon des scénarios représentatifs de nettoyage des sols. L'objectif final est de mettre à disposition des données d'émission précises et déterminées en échelle 1:1 pour caractériser cette nouvelle voie d'émission et permettre l'évaluations de l'exposition et des risques associés à cette activité.

2 METHODOLOGIE

Une sélection de nettoyeurs pour sols représentatifs est réalisée. Leurs teneurs en formaldéhyde et en libérateurs de formaldéhyde sont déterminées, dans leurs formats liquides, sur une période d'un an. Lorsqu'ils sont mis en oeuvre pour le nettoyage des sols, les produits sont dilués dans : (i) de l'eau à température ambiante ($23 \pm 1^\circ\text{C}$), ou (ii) de l'eau chaude ($50 \pm 1^\circ\text{C}$). La quantification des libérateurs de formaldéhyde et du formaldéhyde lui-même est réalisée : (i) lors de la préparation et (ii) 15 min après la préparation. Les titrages des libérateurs de formaldéhyde et du formaldéhyde sont effectués simultanément à l'aide d'une méthode spécifique basée sur la dérivation par la 2,4-DNPH et la détection HPLC-UV.

La mise en oeuvre échelle 1:1 des nettoyeurs est réalisée selon différents scénarios dans la pièce expérimentale IRINA (*Innovative Room for Indoor Air Studies*) de 40 m^3 . Le taux de renouvellement de l'air est contrôlé à $0,3 \pm 0,1 \text{ h}^{-1}$. Sur la base d'une méthodologie d'application de nettoyage des sols validée, les émissions de formaldéhyde sont quantifiées dans la pièce à l'aide de l'analyseur de formaldéhyde ProCeas® avec une limite de détection de 1 ppb.

3 RESULTATS & DISCUSSION

Premièrement, bien que le formaldéhyde soit réglementé dans la composition des produits de nettoyage, le formaldéhyde est identifié et quantifié dans les nettoyeurs pour sols. Il est formé à partir du Bronopol, qui est également quantifié dans les produits. Leurs concentrations respectives restent stables au fil des mois dans les produits stockés. La dilution du produit de nettoyage avant l'application promeut la dégradation du Bronopol et la production de HCHO. Ce processus est considérablement favorisé par la température de l'eau de dilution et le temps. Les concentrations maximales de formaldéhyde émises lors de la mise en oeuvre du produit dans la pièce expérimentale dépassent 20 ppb alors que ce COV n'était pas censé être présent. L'impact du taux de ventilation sur le profil de concentration est mis en évidence comme un déterminant direct pour contrôler et éventuellement diminuer les concentrations émises.

Deuxièmement, ces travaux permettent, à partir du traitement des données de concentration, de déterminer l'évolution du taux d'émission massiques du formaldéhyde en fonction du temps. Il est intéressant de noter que les données produites sont indépendantes des caractéristiques de la chambre d'émission (taux de renouvellement d'air, pertes dans les parois, etc.). Outre le formaldéhyde, les taux d'émission massiques d'autres COV émises, et de l'eau, sont déterminés pour renseigner l'impact global de l'activité de nettoyage des sols sur l'air intérieur.

4 CONCLUSIONS

Bien que les produits de nettoyage du sol ne sont pas censés contenir de formaldéhyde, ils constituent des sources de formaldéhyde en air intérieur en raison de la présence de libérateurs de formaldéhyde tels que le Bronopol. Le processus d'application du produit est identifié comme l'étape responsable de la majeure partie de la production de formaldéhyde. Les profils de concentration prouvent que la concentration en formaldéhyde émises lors du nettoyage des sols dépasse les valeurs guides de la qualité de l'air intérieur. Malgré leur caractère transitoire, les taux d'émission massiques de formaldéhyde liés aux activités de nettoyage des sols sont comparables à d'autres sources de formaldéhyde en air intérieur. Ce travail souligne l'intérêt de caractériser cette source indirecte de formaldéhyde associée au produit et à sa mise en oeuvre. Ces travaux offrent une perspective inattendue sur l'impact de la réglementation sur la composition des produits. Ils permettent par ailleurs d'émettre des recommandations de bonnes pratiques et des stratégies d'atténuation pour diminuer l'exposition individuelle du personnel de ménage et des occupants.

REMERCIEMENT

Les auteurs remercient l'ADEME (Agence française pour la transition écologique) pour le financement du projet ILINQA et particulièrement Isabelle AUGEVEN-BOUR.

COORDONNEES :

Frédéric THEVENET

Enseignant-Chercheur

IMT Nord Europe

Centre Enseignement Recherche Innovation Energie Environnement (CERI EE)

941 rue Bourseul

59500 Douai, France

03 27 71 26 12

frederic.thevenet@imt-nord-europe.fr

Analyse de l'efficacité d'épurateurs d'air en conditions réelles d'utilisation

Étienne de Vanssay, Président FIMEA - Directeur de Cap Environnement

vanssay@rincent.com

vanssay@fimea.fr

Les particules fines et ultrafines sont potentiellement responsables de millions de décès à l'échelle mondiale en lien avec l'augmentation de nombreux risques pour la santé (accidents vasculaires cérébraux, insuffisance cardiaque, asthme, cancer du poumon, vecteurs des maladies infectieuses...) et représentent à ce titre un enjeu sanitaire majeur. Dans la mesure où les populations passent en moyenne plus de 80 % de leur temps dans des lieux clos, l'air intérieur représente une part importante de l'exposome aux particules inhalées.

Depuis une dizaine d'années, diverses solutions de traitement de l'air intérieur sont apparues sur le marché et notamment les **épurateurs d'air autonomes**. L'essor de ces systèmes depuis la pandémie de la Covid-19, comme moyen complémentaire à un renouvellement de l'air, permet aujourd'hui d'envisager une diminution de l'exposition des individus aux particules fines. Cependant, alors qu'il existe depuis 2016 une norme (NF B44-200 - mai 2016) qui évalue les performances intrinsèques des épurateurs d'air autonomes par le calcul d'un indicateur d'efficacité sur banc d'essais, il n'existe à ce jour aucun système de qualification normé ou équivalent de ces instruments en configuration réelle de fonctionnement.

C'est dans ce contexte qu'une convention a été engagée entre FIMEA et l'ADEME (opération « Qualité Air Solutions Territoires ») pour mener des actions en lien avec les systèmes de traitement de l'air intérieur dont **une qualification expérimentale des performances *in situ*** et l'établissement des bonnes pratiques de leur mise en œuvre.

Ainsi, une série d'expérimentation réalisée par Rincent Air visant à caractériser l'efficacité d'épurateurs d'air sur l'abattement des particules a été menée dans les locaux de la bibliothèque municipale de Nogent-sur-Marne (94). **Au total, 5 épurateurs d'air à filtration mécanique HEPA de marques commerciales différentes ont été testés durant 12 semaines.**

Cette présentation résume les modalités de l'expérimentation *in situ* et l'analyse des résultats obtenus ayant permis la **définition de plusieurs indicateurs d'efficacité d'un épurateur d'air dans des conditions réelles d'utilisation**. Ces premiers indicateurs – qui sont amenés à évoluer – doivent permettre aux fabricants et aux installateurs de déterminer ou de faire évoluer les préconisations d'implantation pour une meilleure efficacité en conditions « vrai vie ».

Ces premiers résultats seront consolidés dans les mois à venir par de nouvelles expérimentations qui seront portées par FIMEA et co-financées par l'ADEME.

Rincent Air | 5 rue Edmond Michelet 93360 Neuilly-Plaisance | www.rincent-air.fr

Une entreprise du groupe Rincent Laboratoires | www.rincent.fr

Rincent Air est membre de Fimea | www.fimea.fr

Caractérisation de la QAI et exposition professionnelle dans les secteurs de la logistique : commerces de détail et entrepôts

L. ROBERT* – R GUICHARD – J KLINGLER

INRS

1 rue du Morvan – 54519 Vandoeuvre-lès-Nancy

T : 03-83-50-20-00

Email : laurence.robert@inrs.fr

Les produits manufacturés neufs stockés peuvent avoir de forts pouvoirs émissifs en composés organiques volatils (COV) à la fois de par leur fabrication récente ou parce qu'ils ont dû être fumigés avant un transport par bateau. Or dans leur chaîne de distribution, des plateformes logistiques aux commerces de détail, de nombreux salariés sont à leur contact.

Depuis plusieurs années l'institut national de recherche et de sécurité (INRS) pour la prévention des accidents de travail et des maladies professionnelles évalue la qualité de l'air intérieur (QAI) et le risque chimique auquel les salariés de la logistique peuvent être exposés dans ces environnements de travail.

Basé sur l'impact du bien de consommation stocké sur la QAI résultante, cette étude présente un état de la QAI dans un panel de commerces et de plateformes logistiques. Ces locaux professionnels présentent des caractéristiques très différentes (fonctionnement, taille, stockage et agencement des marchandises, renouvellement de l'air, etc.) ; aussi des conclusions spécifiques au type de local se dégagent de ces campagnes de mesures.

Dans les commerces de détail, la QAI est très impactée par le type de produits vendus. Les produits sont déballés et exposés en permanence, avec un turn-over important, ce qui favorise le dégazage des COV qu'ils contiennent. Dans le panel d'une dizaine de commerces investigués, on note une signature chimique propre aux biens vendus : hydrocarbures dont BTEX dans les commerces d'équipement automobile, composés terpéniques et aldéhydes dans les commerces de mobiliers et de bricolage, toluène dans le commerce de chaussures et maroquinerie ou encore siloxane dans les commerces proposant des produits à base de tissus (vêtement, mobilier ou articles de sport). En revanche, certains composés sont présents dans tous les environnements, avec des plages de concentrations néanmoins variables : c'est le cas du toluène que l'on a mesuré entre 1 et 250 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ et le formaldéhyde entre 5 et 85 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Même si les concentrations sont très en dessous des Valeurs Limites d'Exposition Professionnelles (VLEP), elles peuvent, pour le formaldéhyde se rapprocher des Valeurs Guides de l'Air Intérieur (VGAI). En outre, cette étude a montré une grande disparité de qualité de l'air entre les espaces de vente et les réserves de stockage. En effet, on a constaté une dégradation significative de la QAI dans les zones de stockage qui s'explique par plusieurs raisons. Les espaces de vente sont généralement des espaces ventilés et maintenus à des températures relativement constantes au cours de l'année ; ce sont en outre, des espaces moins denses en produits tandis que les espaces de stockage sont surchargés de produits, ils sont non ventilés la plupart du temps et les produits y sont généralement déballés plusieurs fois par jour. L'impact du déballage sur l'exposition a été objectivé au cours de cette étude en équipant des salariés d'équipements de mesure temps réel mais aussi par des expériences en laboratoire.

Dans les plateformes logistiques la problématique est différente : la taille des entrepôts est imposante, ce sont des espaces non chauffés et non ventilés. Cependant, les deux différences les plus significatives ayant un impact sur la QAI sont l'arrivage et le dépotage quotidien de conteneurs et l'emballage des produits. En effet, le fait que les produits arrivent pour la plupart emballés limite leur impact en termes de dégazage de COV dans l'air ambiant. C'est pourquoi dans les plateformes logistiques, parmi les 7 entrepôts investigués dans cette étude, on note des niveaux de formaldéhyde, toluène et autres COV

en concentration moins élevée que dans les commerces. Par exemple, le toluène a été quantifié entre 4 à et 85 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ et le formaldéhyde entre 9 et 45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Cependant, ces conclusions ne sont plus vraies dès lors que les marchandises stockées ne sont plus emballées. C'est le cas particulier des entrepôts de pneumatiques dans lesquelles une pollution très significative a été observée lors de ces campagnes, avec des concentrations en COV totaux de plus de 5 mg/m^3 contre en moyenne moins de 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dans les entrepôts de biens emballés (mobilier, articles de décoration divers ou mobilier d'extérieur). Plusieurs composés spécifiques au produit « pneu », dont certains sont reconnus CMR, ont été quantifiés à des valeurs très significatives notamment au niveau des opérateurs. C'est le cas par exemple de l'aniline, du MIBK, du benzothiazole. Il existe différents postes de travail dans ce type de plateformes logistiques et les expositions aux COV pour les travailleurs sont très dépendantes du poste occupé. Des mesures d'exposition réalisées sur différents travailleurs ont révélé sans surprise que les agents qui effectuent le dépotage de conteneurs sont nettement plus exposés que les préparateurs de commande qui évoluent dans l'ensemble du dépôt. Une mesure dans un conteneur de pneumatiques avant ouverture et introduction des dépoteurs a révélé la présence d'un cocktail de COV et gaz nocifs au-delà des VLEP. Outre les COV issus des produits, on note une exposition des dépoteurs aux gaz de fumigation : chloropicrine, phosphine et formaldéhyde, alors que des campagnes de sensibilisation ont été amorcées depuis plus de dix ans pour cette profession.

La Mesure Continue des Particules Fines : Une Priorité pour la Santé, le Bien-Être des Employés et l'Optimisation des Systèmes de Ventilation

Fabien Pedretti, Commercial France Qualité de l'Air
Tel : 03 7 72 50 18 05 - fabien.pedretti@acoem.com

Dans les environnements industriels, comme les fonderies, la gestion de la qualité de l'air est essentielle pour la santé des travailleurs. Les particules fines en suspension, telles que les PM2.5 et PM10, peuvent avoir des effets nocifs importants sur la santé respiratoire et cardiovasculaire. La surveillance continue de ces particules est donc cruciale pour la protection des employés.

L'importance de la mesure en continu des particules fines se manifeste au travers de plusieurs aspects clés :

1. **Prévention des risques sanitaires** : Les particules fines sont suffisamment petites pour pénétrer profondément dans les poumons et entrer dans la circulation sanguine. Une exposition prolongée à ces particules peut provoquer des maladies respiratoires chroniques, des troubles cardiovasculaires et d'autres problèmes de santé. La mesure continue permet de détecter et d'évaluer les concentrations de particules en temps réel, facilitant ainsi une gestion proactive des risques pour la santé des travailleurs.
2. **Amélioration des conditions de travail** : Un environnement de travail exempt de niveaux élevés de particules fines contribue au confort et à la sécurité des employés. En surveillant en continu la concentration de ces particules, il est possible d'identifier les périodes ou les zones où la qualité de l'air est compromise et ainsi d'intervenir pour améliorer les conditions de travail.
3. **Réactivité et intervention rapide** : La mesure en temps réel des particules fines permet une réaction rapide face à des augmentations soudaines de leur concentration. Cette capacité d'intervention rapide est cruciale pour corriger les sources de pollution et mettre en place des mesures correctives avant que les niveaux de particules ne deviennent nuisibles.
4. **Identification des sources émettrices** : La mesure continue des particules fines permet également d'identifier les sources spécifiques de forte émission au sein de l'usine. En localisant précisément les zones ou les équipements qui génèrent des niveaux élevés de particules, les décideurs peuvent cibler leurs efforts pour optimiser les systèmes de ventilation. Cette approche permet de réduire les concentrations de particules fines à la source, d'améliorer l'efficacité des systèmes de ventilation existants, et de minimiser les coûts opérationnels liés à des interventions générales moins ciblées.

En déployant des instruments de mesure en continu des particules fines, les fonderies peuvent non seulement protéger la santé de leurs employés mais aussi contribuer à un environnement de travail plus sûr et plus efficace. La technologie avancée utilisée dans les instruments déployés assure une surveillance précise et fiable en continu, permettant ainsi une gestion proactive des risques liés à la qualité de l'air et une optimisation efficace des systèmes de ventilation.

**Mesures et évaluations des risques des expositions par des PFAS volatils dans l'air ambiant intérieur (FTOH : Fluortéломère alcools, etc.). Avancement concernant les travaux relatifs aux Crèches et Ecoles en Alpes Maritimes :
Choix et application des VTR*, Budgets Espace-Temps, Taux de respiration, etc. des PFAS volatils & COHV, etc.) dans le cadre des EQRS
(* Valeurs Toxicologiques de Référence)**

**Measurements and Health Risk assessments of volatile PFAS in indoor Ambient Air (FTOH: Fluortelomere alcohols, etc.). Progress concerning work relating to Nurseries and Schools in Alpes Maritimes / France:
Choice and application of TRV*, Space-Time Budgets, Respiration Rates, etc. for volatile PFAS & COHV, etc.)
(* Toxicological Reference Values)**

Frank KARG, Directeur scientifique du Groupe HPC & CEO d'HPC International SAS, Expert judiciaire
Lucie ROBIN-VIGNERON, Directrice Générale d'HPC International SAS

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

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

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

1. Introduction

Les Valeurs Toxicologiques de Référence (VTR) sont des Valeurs de relation de dose à effet toxicologique. Ces effets toxicologiques sont soit génotoxiques (cancérogène, mutagène ou tératogène) sans seuil de dose à effet ou épigénétiques ou système-toxiques (neurotoxiques, hépatotoxiques, néphrotoxiques, etc.) avec un seuil de dose à effet.

Ceci veut dire, qu'une seule molécule d'un produit cancérogène pourra déclencher la formation d'une cellule cancéreuse, donc avec la même gravité que dans le cas d'une exposition plus forte. Par contre l'augmentation de l'exposition augmente aussi le risque d'occurrence du cancer. Dans quasiment de l'ensemble des pays de la Communauté Européenne, les USA, Canada, Australie, Nouvelle Zélande, etc. Cette occurrence de cancer tolérée est limitée pour une exposition (par ex ; dans une zone contaminée ou d'un site pollué) à un cancer supplémentaire pour 100 000 personnes, soit un

ERI : Excès de Risque Individuel de 10^{-5} (ou $10E-5$).

Cette limitation statistique était nécessaire pour des substances sans seuil de dose à effet. Elle est une définition politique de l'OMS et de presque tous les pays industrialisés.

Les VTR cancérogènes s'expriment par un ERU : Excès de Risque Unitaire, par ex. sous forme de SF : Slope Factor pour l'ingestion en $[\text{mg}/\text{kg}/\text{j}]^{-1}$ et UR : Unit Risk pour l'inhalation en $[\text{mg}/\text{m}^3]^{-1}$. Dans la plupart des cas une VTR cancérogène (ERU) indique donc l'occurrence d'un risque de cancer d'un $\text{ERI} = 10^{-5}$ pour une dose par poids corporel donné $[\text{mg}/\text{kg}]$ ou un volume respiratoire donné. Cet ERI ne devrait pas être dépassé. En multipliant l'ERU avec une dose journalière d'exposition $[\text{en mg}/\text{kg}/\text{j}]$ ou une concentration d'exposition $[\text{en mg}/\text{m}^3]$, on obtient le risque de cancer. Dans le cas d'exposition par inhalation un taux de respiration moyen est souvent considéré a priori pour la définition des ERUI (par ex. $20 \text{ m}^3/\text{j}$). Dans ce cas l'ERU est de fois exprimé en $[\text{mg}/\text{m}^3]^{-1}$ afin de permettre un calcul d'un excès de risque de cancer pour une concentration dans l'air inhalé. Néanmoins la considération du taux de respiration nous amené toujours aussi à une dose d'exposition, par ex. en $[\text{mg}/20 \text{ m}^3/\text{j}]^{-1}$

Concernant les polluants à effet épigénétiques ou système-toxiques (neurotoxique, hépatotoxique, néphrotoxique, etc.) avec un seuil de dose à effet, la définition des VTR et les évaluations des risques sont plus simples, car une dose limite d'exposition (DJE) est donnée sous forme de [mg/kg/j] ou [mg/m³] ou par ex. [mg/20 m³/j]. Cette dose ne devrait pas être dépassée afin d'assurer un risque acceptable sous forme d'un

IR : Indice de Risque = DJE/VTR ≤ 1.

Les VTR sont, selon les Organismes de publication (ANSES, EFSA, OMS, US-EPA, ATSDR, RIVM, OHHA, UBA, etc.), exprimés en

DJT : Doses Journalières Tolérables [en mg/kg/j], par ex. pour l'ingestion ou le contact cutané ; RfD, TDI, WTI, TRD, etc.

De façon simplifiée, la définition des VTR est basée sur des POD : *Point of Departure*, par ex. les doses critiques de type LOAEL, BMD, NOAEL etc. (*Non Observed Adverse Effect Level* ou "dose sans effet nocif observable"). Par l'ajout des facteurs de sécurité concernant les incertitudes et pour la transposition des observations sur les animaux sur l'humain, des effets sub-chroniques vers les effets chroniques, etc. les VTR sont définies.

Concernant l'exposition par inhalation, les VTR (DJT) sous forme de RfC, etc. sont indiquées et correspondent souvent à un taux de respiration moyen pour l'humain (par ex. 20 m³/j). Dans ce cas, la DJT est souvent exprimée en [mg/m³] afin de permettre un calcul d'un IR : Indice de Risque (ou de danger) ou en [mg/m³]⁻¹ pour déterminer un excès de risque de cancer pour une concentration dans l'air inhalé. Néanmoins la considération d'un taux de respiration fixé nous conduit à interpréter la dose d'exposition pour un volume donné, par ex. en [mg/kg/20 m³/j] lorsque la VTR par inhalation est dérivée d'une dose par ingestion.

Certaines VTR sont indiquées sous forme d'équivalence de dose, *Relative Potency Factors (RPF)* ou *Toxic Equivalency Factors (TEF)*. Il s'agit d'une équivalence de toxicité d'une substance par rapport à une substance de référence (comportant moins d'incertitudes toxicologiques) du même groupe chimique, par exemple pour certains Polychloro-dibenzo-para-dioxines et furanes (PCDD/F) par rapport au 2,3,7,8-TCDD, de certains HAP par rapport au Benzo[a]pyrène ou de certains PFAS par rapport au PFOA. Le TEF ou le RPF de la substance en question est utilisé pour la transposition de la VTR de la substance de référence.

2. Choix des VTR

Plusieurs VTR sont proposées par des organismes différents.

Selon la Circulaire Note d'information n° DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31/10/14 relative aux modalités de sélection des substances chimiques et de choix des valeurs toxicologiques de référence pour mener les évaluations des risques sanitaires dans le cadre des études d'impact et de la gestion des sites et sols pollués (<https://aida.ineris.fr/reglementation/note-dinformation-ndeg-dgseal dgpr2014307-311014-relative-modalites-selection>), le choix des VTR est recommandé comme suit :

« La VTR utilisée doit être publiée dans l'une des 8 bases de données suivantes : Anses (1), US-EPA (2), ATSDR (3), OMS (4) /IPCS (5), Santé Canada (6), RIVM (7), OEHHA (8) ou EFSA (9). Une façon rapide de vérifier l'existence d'une VTR est de consulter le site internet Furetox (10).

Cette première recherche sur des méta-bases de données ou des portails d'information, doit toujours être approfondie par une vérification sur les sites des organismes de référence.

- (1) ANSES : Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail : <http://www.anses.fr/> Les VTR sont disponibles sur le site internet, via le lien VTR.
- (2) US-EPA : United States –Environmental Protection Agency – <http://www.epa.gov/iris/>
- (3) TSDR : Agency for Toxic Substances and Disease Registry (États-Unis) – <http://www.atsdr.cdc.gov/>
- (4) OMS : Organisation Mondiale de la Santé (WHO).
- (5) IPCS : International Program on Chemical Safety – <http://www.inchem.org>
- (6) Santé Canada: <http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/contaminants/psl1-Ispl/index-fra.php>
- (7) RIVM : Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu. Institut national de la santé publique et de l'environnement (Pays-bas) <http://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/711701025.pdf>
http://www.rivm.nl/en/Documents_and_publications/Scientific/Reports/2009/juli/Re_evaluation_of_some_human_toxicological_Maximum_Permissible_Risk_levels_earlier_evaluated_in_the_period_1991_2001
- (8) OEHHA : Office of Environmental Health Hazard Assessment (antenne californienne de l'US-EPA) <http://www.oehha.ca.gov/risk/ChemicalDB/index.asp>
- (9) EFSA :European Food Safety Authority - <http://www.efsa.europa.eu/fr/>
- (10) <http://www.furetox.fr/>

Toute valeur toxicologique de référence présentée dans un dossier devra être accompagnée au minimum du nom de la substance chimique, de son numéro CAS, de l'effet critique considéré, de sa voie d'administration (orale, inhalation...), de la durée d'exposition (aiguë, subchronique, chronique), du nom de l'organisme qui l'a produite et de sa date de révision/construction. »

Pour assurer un choix des VTR sur une base uniquement scientifique, l'application des critères de choix des VTR suivantes est recommandée (Heilier & Rousselle et al. : 2023 et F. Karg et al. 2023) :

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	Mammal	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	No		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	No		Yes	
13b	Transposition: Animal to Human	No	Yes		
13c	Transpositions : From in-Vitro	N		Yes	
13d	Transpositions : From in-Silico	No		Yes	
14	Study time-representatively	≥ chronic (> 180 d)	sub-chronic (90 d) to c hronic (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	

3. Applications des VTR

En résumé, l'application des VTR dans le cadre des évaluations des risques sanitaires pourra être présentée d'une façon simplifiée comme suit (cf. aussi SFSE, C. Rouselle et al. 2023 & SFSE, F. Karg et al. 2023) :

A. Les Effets sans seuil de dose :

En général, il s'agit des effets génotoxiques (cancérogènes, mutagènes et tératogènes) à l'exception des effets épigénétiques. Dans ce cas, les Doses Journalières d'Exposition (DJE) sont multipliées par la VTR, sous forme d'Excès de Risque Unitaire (ERU) ou *Slope Factor* (SF) ou *Unit Risk* (UR), exprimés par ex. en $[(\text{mg}/\text{kg}/\text{j})^{-1}]$, soit :

$$\text{ERU } [(\text{mg}/\text{kg}/\text{j})^{-1}] \bullet \text{DJE } (\text{mg}/\text{kg}/\text{j}) = \text{ERI } (-) : \text{Excès de Risque Individuel}$$

L'ERI doit rester inférieur à « 10^{-5} », sinon le risque est considéré comme non-acceptable.

B. Les Effets avec seuil de dose :

Il s'agit des effets toxicologiques systémiques (neurotoxicité, hépatotoxicité, néphrotoxicité, etc.). Dans ce cas, les Doses Journalières d'Exposition (DJE) sont divisées par la VTR, sous forme de DJT (Dose journalière Tolérable), exprimée par ex. en $[\text{mg}/\text{kg}/\text{j}]$, soit :

$$\text{DJE } (\text{mg}/\text{kg}/\text{j}) / \text{DJT } (\text{mg}/\text{kg}/\text{j}) = \text{QR } (\text{Quotient de Risque}) \text{ ou } \text{QD } (\text{Quotient de Danger})$$

Le QR (ou QD) doit rester inférieur à « 1 », sinon le risque est considéré comme non-acceptable

Les effets de mélange des polluants (« Combined Exposure to multiple Chemicals») sont considérés depuis 2009 par l'IPCS & OMS (WHO) etc. via une additivité des doses d'exposition et des risques, si les effets toxicologiques sont similaires ou les mêmes.

Les exceptions sont :

- les Synergies (interaction) qui montrent des effets toxicologiques plus importants que l'additivité des doses ou
- les Antagonismes (interaction) qui provoquent des effets toxicologiques moins importants que l'additivité des doses.

Une différence doit être faite entre :

- l'exposition agrégée (« Aggregate Exposure ») aux polluants individuels par l'ensemble des voies d'exposition,
- l'exposition cumulée (« Cumulative Exposure ») évaluant un risque combiné par plusieurs polluants.

Il faut identifier les polluants montrant les mêmes mécanismes toxicologiques (ou organes cibles). Ces groupes de polluants sont appelés les « MOA: Common Toxic Mode of Action ».

Addition pour chaque groupe MOA, par ex. via l'application suivante :

- Quotient de Risque : QR = Exposition 1 (DJE)/DJT + Exposition 2 (DJE)/DJT +
- Excès de Risque Individuel : ERI = Exposition 1 (DJE) • ERU + Exposition 2 (DJE) • ERU +

Par conséquent le risque cumulatif ou « Hazard Index (HI) » peut être exprimé comme suit : :

$$HI = \sum_{i=1}^n QD_i = \sum_{i=1}^n \frac{DJE_i}{VTR_i}$$

Équation 1 : Principe de calcul du HI où HI est le *Hazard index* (indice de risque), QD_i le quotient de danger du constituant i, DJE_i la dose journalière l'exposition au constituant i et VTR_i la VTR du constituant i.

La définition des VTR est basé sur un « Point of departure (PoDi) » :

La définition des VTR est basée sur un « Point of departure (PoDi) consiste à comparer l'exposition des substances directement aux indicateurs de toxicité animale recueillis dans la littérature pour l'effet commun (Équation 2). Ces indicateurs sont les NOAEL*, LOAEL* et BMDL (« *point of departure index*» ou PoDi). Le facteur d'incertitude (ou de sécurité) n'étant pas (encore) pris en compte dans cette approche, le résultat est présenté avec une marge de sécurité équivalente à ce facteur global (généralement 100).

$$PoDI = \sum_{i=1}^n \frac{DJE_i}{PoD_i}$$

* LOAEL : Lowest observed adverse effect level; NOAEL : No observed adverse effect level, BMD : Benchmark Dose

Les DJE sont dépendantes du scénario d'exposition et des voies d'exposition associées, comme le budget espace-temps de présence par jour (xh/24h), par an (xj/365j) et pendant la vie (années/vie moyenne) dans une zone contaminée. De plus, une plus grande sensibilité des enfants par rapport aux adultes est à considérer pour les substances, qui sont à la fois mutagènes et cancérigènes (cf. UBA: 2001 & 2004 et US-EPA: 2005).

Il est donc absolument indispensable d'adapter les VTR aux taux de respiration réels des enfants et adultes (hommes et femmes et selon les activités, car il existe de très grandes variations par rapport à un taux de respiration fixé [par ex. 20 m³/j].

Exemples des taux de respiration :

Dans la littérature scientifique, les VTR par inhalation sont exprimées en [mg/m³] et souvent basées sur un taux de respiration de [20 m³/j], en particulier lorsqu'elles sont dérivées de doses par ingestion. Or, il existe des données statistiques plus précises concernant ces taux de respiration, qui dépendent notamment de l'activité et de l'âge du sujet :

Exemple de taux de respiration, selon l'âge et des activités physiques (ALMBL 2000 ou CIBLEX):

Age	1	2	3	4	5	6	7
Age (ans)	< 1	1-3	4-6	7-9	10-14	15-19	20-75
Repos (m ³ /d)	1,9	3,8	7,6	11	15	17	17
Activité faible (m ³ /d)	3,8	7,6	15	23	30	34	34
Activité Moyenne (m ³ /d)	7,6	15	30	46	61	68	68
Activité Intense (m ³ /d)	13	27	53	80	106	120	120

L'évaluation des risques sanitaires (EQRS) nécessite donc une adaptation du scénario d'exposition à la réalité, soit la correction des taux de respiration prises en compte dans les VTR de respiration :

Le tableau suivant montre quelques corrections des VTR possibles selon les extrêmes des taux de respiration ainsi que les variations des risques associées:

Exemple de polluant volatil	VTR de base pour 20 m ³ /j respiration	Organisme de définition	VTR pour 1,9 m ³ /j respiration	VTR pour 120 m ³ /j respiration	Facteurs de variations des risques
Aniline	UR : (1,6 µg/m ³) ⁻¹	USEPA (2018)	16,6 µg/m ³	0,26 µg/m ³	0,095 – 6,02
Benzène	DJT : 22 µg/m ³	ANSES (2013)	231 µg/m ³	3,6 µg/m ³	
Chlorure de vinyle	DJT: 3,8 µg/m ³	ANSES (2012)	39,9 µg/m ³	0,63 µg/m ³	
8 :2-FTOH (PFAS)	RfC : 1,5 µg/m ³	SLU (2017)	17,7 µg/m ³	3,3 µg/m ³	
Pyridine	TDI : 120 µg/m ³	SLU (2017)	1 262 µg/m ³	19,9 µg/m ³	
Trichloroéthylène (TCE)	ERU : (1 µg/m ³) ⁻¹	ANSES (2018)	39,9 µg/m ³	0,634µg/m ³	

En conclusion concernant les VTR :

L'adaptation des VTR aux taux réels d'inhalation peut avoir un effet de variation des risques de diminution à 10 % seulement ou de majoration jusqu'à un facteur 6.

4. Etude pilote en Rhône-Alpes concernant la prioritisations des écoles et crèches concernant les investigations et évaluations des risques sanitaires nécessaires par rapport au risque PFAS volatils

Une étude entre le Service Santé – Environnement de la Ville de Lyon et HPC International, au sein de la SFSE (Société Francophone de Santé et Environnement) avait permis d'identifier les critères à risque afin de développer et d'appliquer une méthodologie de score des priorités applicables aux écoles et crèches concernant les pollutions (volatils) par des PFAS (FTOH : Fluorotéломère Alcool, etc.) afin d'identifier les priorités des diagnostics et des évaluations des risques sanitaires nécessaires à réaliser (13, 18).

Tableau : Exemple des critères à risque afin de développer et d'appliquer une méthodologie de score des priorités applicables aux écoles et crèches concernant les pollutions (volatils) par des PFAS

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

Activité (historique) sur site depuis 1946 : ➤ si existent seulement en amont hydrologique ou hydrogéologique : Score x 0,5 ➤ si existant un évènement d'incendie au préalable : Score x 2 ➤ si il existe d'autres polluants volatils (BTEX, HC5-16, COHV.. : Score x 1,5 (co-émanations)	Sensibilité et usage du site et Score :							
	Crèche / Ecole	Résidentiel avec jardin individuel	Résidentiel collectif	ERP autres	Aire de jeux	Production alimentaire	Commercial	Industriel
1.Entrainements anti-incendie	16	15	14	13	12	11	10	15
2.Aéroport ou base aérienne site militaire	15	14	13	12	11	10	9	14
3.Site d'incendie et utilisation des AFFF (mousses anti-incendie)	14	13	13	12	11	10	9	14
4.Galvanisation électrochimique	14	13	12	11	10	9	8	13
5.Papiers ou cartons « cirés »	13	12	11	10	9	8	7	12
6.Textiles imperméables	13	12	11	10	9	8	7	12
7.Sprays, peintures, laques d'imperméabilisation	13	12	11	10	9	8	7	12
8. Production et application des Teflons (PTFE, etc.)	13	12	11	10	9	8	7	12
9.Sites pétrolières 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	13	12	11	10	9	8	7	12
10.Applications des solvants (garages, pressings, blanchisseries, etc.)	13	12	11	10	9	8	7	12
11.Décharges et anciennes décharges (ISDD, ISDND, ISDD, etc.)	12	11	10	9	8	7	6	11
12.Teinturerie & Tannerie	12	11	10	9	8	7	6	11
13.Moquettes, tapis, tissus et plastiques avec des retardateurs des flammes	11	10	9	8	7	6	5	10
14.Production des objets et meubles contenant des surfaces	10	9	8	7	6	5	4	9
15.Produits de nettoyage	10	9	8	7	6	5	4	9
16.Chimie photographique	10	9	8	7	6	5	4	9
17.Eléments électroniques	9	8	7	6	5	4	3	8
18.Pesticides et biocides	9	8	7	6	5	4	3	8
19.Produits cosmétiques	8	7	6	5	4	3	2	7
20. Sites ayant reçus des Boues de STEP	7	6	5	4	3	2	1	10
21. Retombées (potentielles) d'émissions PFAS sur des sols superficiels et la production des aliments	13	12	11	10	9	8	7	12

5. Références

1. AFSSET, Karg, F. et al (2010): Valeurs toxicologiques de référence (VTR) pour les substances cancérigènes (Toxicological Reference Values for cancerogenic Compounds) - Méthode de construction de VTR fondées sur des effets cancérigènes - Saisine n°2004/AS16. Agence Française de Sécurité Sanitaire de l'Environnement et du Travail, 05/2010 (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>
2. 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>
3. ALMBL (2000): Arbeitsgemeinschaft der leitenden Medizinalbeamten und -Beamten der Länder: Bericht des Ausschusses für Umwelthygiene. 152 p.
4. ATSDR (2021): Toxicological Profile for Perfluoroalkyls. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp200-p.pdf>
5. Heilier, J.F., Rousselle, C., Karg, F., Ronga, S., Charlate, P., Pouzaud, F. (2023) : Evaluation et Gestion des PFAS : 9. Toxicité et Valeurs Toxicologiques de Référence. Guide de Gestion des PFAS de la SFSE : Société Francophone de Santé et Environnement. Mise en ligne, le 27/11/2023. <https://sfse.wetransfer.com/downloads/e193f037a0dcb952f56e28b7e58a989220231123142128/f19c7b>
6. 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.
7. 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
8. 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.
9. 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
10. Karg, F. (2016): MOA-Methodology of Risk Assessment and Exposure on Pollutant Cocktails (Agent Orange & Agent Blue, Dioxins, Pesticides, Chloro-phenols, Arsenic). Méthodologie MOA des évaluations des expositions aux cocktails de polluants : Agent Orange et Agent Bleu, etc. (Dioxines, Pesticides, Chlorophenols, Arsenic). Intersol Congress Minutes, Lille 16th of March 2016
11. Karg, F. (2022): ERP sensibles (Ecoles, Crèches) & Habitations et Diagnostics, Evaluation des Risques Toxicologiques et Traitements des PFAS, notamment les FTOH : Fluorotélomère-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

12. 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.

13. Karg, F., Heilier, J.-F., Ronga-Pezeret, S., Rousselle, C., Bouhoulle, E. (2023) : Evaluation et Gestion des PFAS : 10. Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires et mélanges. Guide de Gestion des PFAS de la SFSE : Société Francophone de Santé et Environnement. Mise en ligne, le 27/11/2023.
<https://sfse.wetransfer.com/downloads/e193f037a0dcb952f56e28b7e58a989220231123142128/f19c7b>

14. UBAD: Umweltbundesamt (2001): Gefährdungsabschätzung von Umweltschadstoffen - Zur Frage von Unterschieden in der Empfindlichkeit von Kindern gegenüber krebserzeugenden Stoffen im Vergleich zu Erwachsenen. Berlin.

15. UBAD: Umweltbundesamt (2004): Environmental Health Risks - What are the differences between children and adults? - Aktionsprogram Umwelt und Gesundheit. Umweltbundesamt, Berlin, Mai 2004.

16. US-EPA (2005): EPA’s new guidance for assessing cancer risks from early life exposures: Genotoxic mode of action and implications for human health-based standards. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C.

17. 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

18. SFSE : Karg, F., Heilier, J.-F., Pradier, F., Triau, O., Rousselle, C., Jailler, M. (2023) : Evaluation et Gestion des PFAS : 3. Hiérarchisation des sources de pollution : Exemple de la Ville de Lyon concernant les ERP sensibles. Guide de Gestion des PFAS de la SFSE : Société Francophone de Santé et Environnement. Mise en ligne, le 27/11/2023.
<https://sfse.wetransfer.com/downloads/e193f037a0dcb952f56e28b7e58a989220231123142128/f19c7b>



Laurence LANOY
Docteur en droit
Avocat / Spécialiste en droit de l'environnement
3, rue Antoine Arnauld • 75016 PARIS
Tél. +33 (0)1 45 20 13 10 •
llanoy@laurencelanoy.com

L'actualité du cadre juridique concernant les substances PFAS dans l'air : les axes d'évolution

Les substances per et polyfluoroalkyliques (PFAS) appartiennent à une grande famille de perturbateurs endocriniens utilisés dans de nombreux processus industriels et la fabrication d'objets de la vie quotidienne. En effet, par leurs propriétés uniques, ces substances peuvent être utilisées notamment en tant que revêtements anti adhérents d'ustensiles de cuisine, matériaux d'emballage d'aliments mais également dans les textiles ou ameublements grâce à leur action de répulsion des huiles et de l'eau.

Les effets nocifs sur la santé des PFAS ont progressivement bien que tardivement été révélés sous l'impulsion des institutions européennes. Ainsi ces perturbateurs endocriniens impacteraient le système immunitaire et seraient également à l'origine d'élévations du taux de cholestérol, de diabète, d'obésité, de troubles hépatiques, de troubles de la fertilité et d'une réduction des hormones thyroïdiens. De plus, le PFOA, un composé PFAS, est cancérigène.

Parmi cette famille de composés, il existe des PFAS volatils, les Fluorotéломère-Alcools (FTOH), susceptibles de se retrouver dans l'air ambiant par migration à partir des sols ou des eaux souterraines. Une contamination de l'air par ces substances peut également provenir d'objets qui en contiennent tels que des tapis, vêtements ou encore des ameublements. L'air ambiant peut donc constituer une source d'exposition à ces substances avec des risques pour la santé.

Ce constat est d'autant plus problématique que les substances FTOH peuvent être transformés dans l'environnement en PFAS per-fluorés qui sont nocifs et persistants et notamment en PFOA.

La prise de conscience relative à ces substances et leurs effets est à la fois récente et majeure : des mesures des PFAS dans l'air et notamment dans l'air intérieur s'imposent afin de restreindre l'usage de ces composés et de réduire au maximum l'exposition.

La réglementation des PFAS évolue donc beaucoup dans la période actuelle. Une proposition de restriction a été présentée à l'ECHA par cinq pays européens dans le cadre du REACH. En France, une proposition de loi visant à restreindre l'exposition au PFAS leurs usages est en cours d'adoption. Par ailleurs le plan d'actions interministériel du 5 avril 2024 constitue le cadre des futures mesures de surveillance des PFAS dans l'air et notamment dans les émissions des installations d'incinération et de co-incinération.

Laurence Lanoy, avocat spécialiste en droit de l'environnement, exposera les réglementations applicables à ces substances et celles à venir au vu des objectifs affichés des institutions européennes pour leur limitation stricte, avant de présenter les enjeux relatifs à leur gestion.

* * *

Avocat depuis 1990 et Docteur en droit, Laurence Lanoy a développé une pratique approfondie en droit de l'environnement avant de fonder en 2005 le cabinet Laurence Lanoy Avocats. Elle conseille et assiste des entreprises nationales et internationales, des collectivités publiques et des cabinets d'avocats internationaux notamment en droit de l'environnement et du développement durable, en droit minier et en droit de l'énergie.



Purification de l'air des cabines d'avion : le Bleedair

Pascal ALIX, Mickael LEBLANC, Guillaume PETAUD, Matthieu TALLEU,
Vincent GIUFFRIDA, Sebastien MAGAND

IFP Energies nouvelles
Etablissement de Lyon
Rond-point de l'échangeur de Solaize - BP 3
69360 Solaize - France
Tél. : 04 37 70 21 82
Port : 06 26 07 82 92
pascal.alix@ifpen.fr

Mots-clés :

Bleedair, cabines d'avions, purification, TCP

Résumé :

La qualité de l'air est une préoccupation majeure dans les cabines d'avions autant pour la santé des passagers et celle de l'équipage que pour le bon déroulement du vol. Dans ces cabines, l'air est composé d'environ 50% d'air recyclé et 50% d'air frais (aussi appelé bleed air) aspiré et comprimé au niveau des turboréacteurs. Cela permet de bénéficier de la surpression et limite les consommations énergétiques. Il existe plusieurs solutions de traitement de l'air frais, que ce soit notamment par utilisation de catalyseurs ou charbons actifs. Ces solutions permettent d'éliminer différents polluants comme l'ozone (O₃) ou certains composés organiques volatils (COV). L'air recyclé passe classiquement dans un filtre HEPA pour éliminer les particules fines qu'il contient. Durant certaines phases de vols, notamment lors des phases de montées ou descentes, des fuites d'huile moteur peuvent passer dans le bleed air. Elles produisent alors des tricresyl-phosphates (TCP), a priori principalement sous la forme d'aérosols de moins de 100 nm [FACTS, 2020]. Ces TCP entrent dans la cabine via l'air frais, donc sans passer par le filtre HEPA, et sont suspectés d'être à l'origine d'événements de contamination de l'air en cabine (événement CAC) [rapport ANSES, Oct 2023].

Le recours à un système susceptible de traiter ces composés avant qu'ils ne pénètrent dans la cabine pourrait permettre d'en réduire la concentration et d'en éviter la dissémination. En vue de proposer cette nouvelle fonction sur la flotte existante d'aéronefs, une intégration sans modification majeure des circuits d'air est à privilégier.

L'étude menée permet d'écartier certaines technologies qui pourraient être adaptées à des aérosols de cette taille. Elle ouvre la voie à des idées de dispositifs à bas TRL qui pourraient répondre à la problématique.

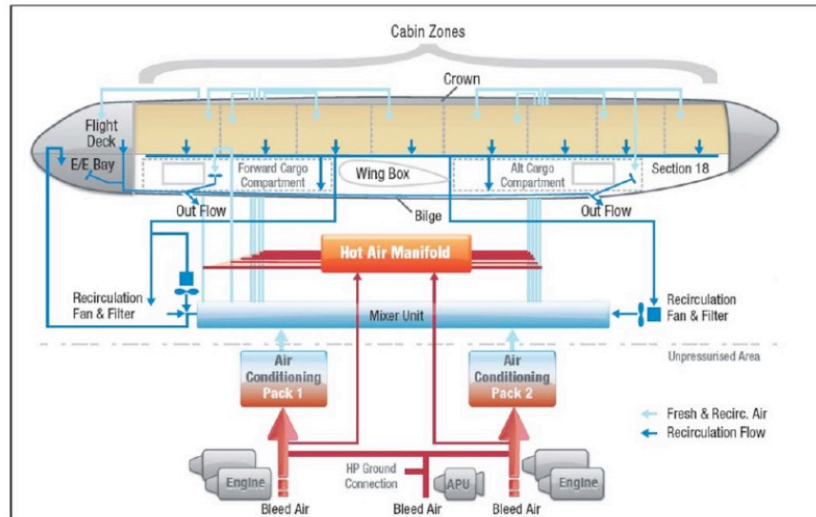


Schéma de principe de la circulation de l'air dans les cabines d'avion

Air purification in aircraft cabins: the Bleedair

Keywords:

Bleedair, aircraft cabins, purification, TCP

Summary:

Air quality is a major concern in aircraft cabins, both for the health of passengers and crew and for the smooth running of the flight. In these cabins, the air is composed of about 50% recirculated air and 50% fresh air (also called bleed air) sucked in and compressed at the turbojet engines. This makes it possible to benefit from overpressure and limits energy consumption. There are several solutions for treating fresh air, whether by using catalysts or activated carbons. These solutions treat various pollutants such as ozone (O3) or certain volatile organic compounds (VOCs). Recycled air is typically passed through a HEPA filter to remove the fine particles it contains. During certain phases of flight, especially during climb or descent, engine oil leaks can pass into the bleed air. They then produce tricresyl phosphates (TCPs), a priori mainly in the form of aerosols of less than 100 nm [FACTS, 2020]. These TCPs enter the cabin via fresh air, therefore without passing through the HEPA filter, and are suspected of being the cause of cabin air contamination events (CAC event) [ANSES report, Oct 2023].

The use of a system that can treat TCPs before they enter the cabin could reduce their concentration and prevent their release. In order to propose this new system on the existing fleet of aircraft, integration without major changes to the air systems is required.

The study made it possible to rule out certain technologies that could be adapted to aerosols of this size. It paves the way for ideas for low-TRL devices that could address the problem.

Outil de dimensionnement des systèmes de dépressurisation des sols pour la protection de la qualité de l'air intérieur vis à vis des intrusions de polluants volatils provenant des sols

Auteurs : J. CHASTANET¹, S. TRAVERSE¹, M. LEMOINE¹, R. GILLET¹

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

Caractère innovant du sujet proposé

La pollution volatile présente dans les terrains du fait d'un passif environnemental peut être une des sources potentielles de la dégradation de la qualité de l'air intérieur. En présence de ce type de pollution, les bâtiments sont généralement construits avec des mesures constructives permettant de limiter les transferts vers les environnements intérieurs. Parmi ces mesures, le système de dépressurisation actif des sols sous dallage est une solution de plus en plus déployée pour les constructions neuves de plus de 200 m² sans qu'une étude de conception soit toujours préalablement réalisée. Cette conception en vue d'aboutir aux débits d'extraction et aux caractéristiques de l'extracteur nécessite en effet la modélisation de phénomènes complexes. Nous proposons de présenter un nouvel outil de dimensionnement pour ces SDS actifs permettant de dimensionner et d'assurer l'efficacité de ce type de système.

Mots-clés : qualité de l'air intérieur, polluant volatil, pollution des sols, gaz du sol, mesures constructives, système de dépressurisation des sols (SDS), outil de dimensionnement

Résumé

Les travaux qui seront présentés ont été réalisés dans le cadre du projet BARIAIR cofinancé par l'ADEME, un projet visant à améliorer l'efficacité et les performances des dispositifs de dépressurisation des sols sous dallage (SDS). Le principe de ce dispositif repose sur la mise en dépression des sols sous la dalle par rapport à l'environnement intérieur du bâtiment. Elle est obtenue grâce à une extraction d'air (naturelle ou mécanique) sous son plancher. Le SDS est généralement couplé à un système d'étanchéité placé au-dessus du système de dépressurisation au niveau de la dalle pour bloquer les flux diffusifs. Pour des grands bâtiments, la mise en dépression doit être mécanique (à l'aide d'un extracteur) et la propagation de la dépression sous dalle est généralement générée par un réseau de drains. Dès lors se posent les questions de comment dimensionner et garantir l'efficacité du système et quelles sont les consommations électriques attendues.

Les travaux qui seront présentés s'articulent autour de :

- La mise en œuvre d'un système de dépressurisation des sols sur une plateforme expérimentale dont les conditions sont contrôlées pour améliorer la compréhension du fonctionnement d'un tel dispositif et fournir un jeu de données permettant la validation de l'outil de dimensionnement ;
- Le développement d'un outil de dimensionnement du SDS. Cet outil permet de choisir la géométrie du dispositif et les caractéristiques de l'extraction mécanique pour assurer l'efficacité du système ;
- La mise en œuvre de l'outil dans différentes situations et des recommandations opérationnelles pour leur déploiement (aux étapes de conception, de réception du chantier et de l'exploitation).

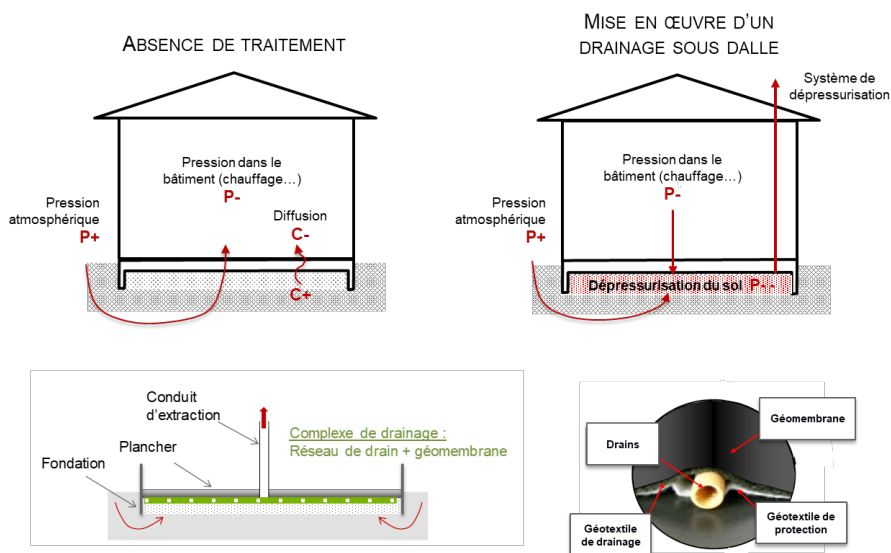


Figure 1 : Principe de système de dépressurisation actif sous dallage

Développement d'un système pour filtrer les particules en milieu semi-confiné **Development of a compact system to capture fine particles** **in a semi-confined environment**

Florence RICHARD, Ingénieur de recherche
IFP Energies nouvelles – Direction Physico-chimie et Mécanique appliquées
1 et 4 avenue de Bois-Préau - 92852 Rueil-Malmaison Cedex - France
Tél. : 01 47 52 57 80
florence.richard@ifpen.fr

Mots-clés :

Particules, milieu semi-confiné, industrie, polluants, prototype, mesure

Résumé :

La qualité de l'air de certains espaces semi-confinés, tels que les quais de stations ferroviaires souterraines, est régulièrement débattue en raison notamment de taux élevés de particules fines associés à leur fréquentation importante. Grâce aux compétences développées dans ses domaines historiques, IFP Energies nouvelles (IFPEN) a développé et évalué des solutions de filtration de particules adaptées. Il s'agit ici d'illustrer cette démarche via l'exemple d'un prototype conçu spécifiquement pour un usage en stations ferroviaires souterraines.

Plus précisément, IFPEN a développé la technologie d'abattement de particules Re'Air qui repose sur un principe propriétaire de filtration mécanique. Le dispositif, intégré dans un système compact et robuste, permet de capter les particules dans l'air, qu'elles soient de nature métallique ou minérale, nano- et micrométriques. Le choix d'intégration de l'élément filtrant facilite la maintenance et permet d'envisager sa réutilisation après régénération. La seule consommation d'énergie provient de la mise en circulation de l'air.

Un prototype a été évalué dans les laboratoires IFPEN en reproduisant des aérosols analogues, présentant certaines caractéristiques représentatives d'aérosols réels. Les mesures réalisées indiquent un abattement en masse des particules allant jusqu'à 50% selon la taille considérée. A terme, du fait de sa compacité et facilité de mise en œuvre, cette technologie peut être envisagée dans différents lieux des réseaux ferroviaires (tunnels, ventilations, quais, ...).

Le taux de particules captées par le prototype sur le banc d'essai dans des conditions proches d'une station de métro sera donné pour différentes configurations. Enfin, les pistes pour améliorer la solution proposée seront évoquées.

Keywords :

Particle, semi-confined environment, industry, pollutants, prototype, measurement

Abstract :

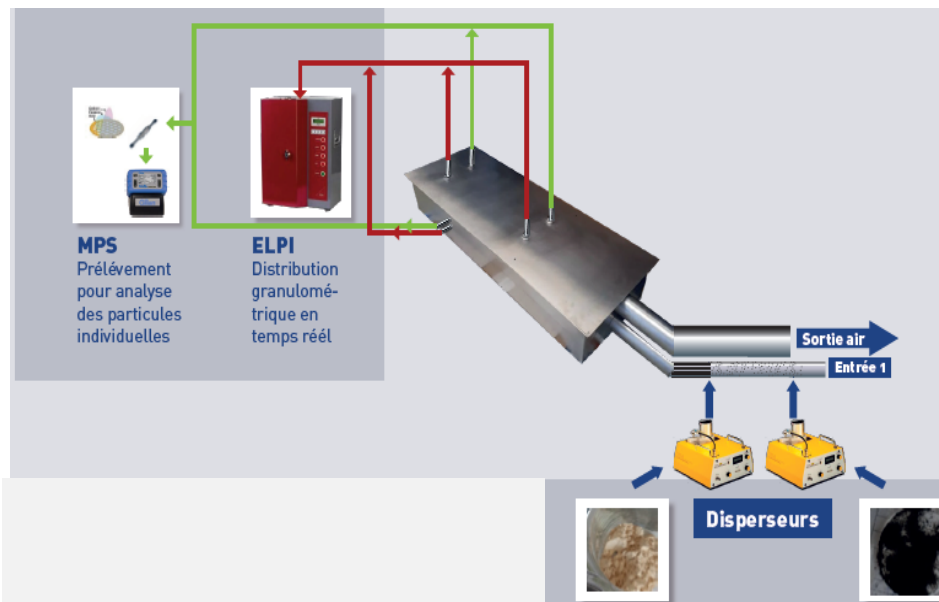
The air quality of semi-confined environments, such as the platforms of underground railway stations, is regularly debated, due to the high levels of fine particles associated with their high number of visitors. Thanks to the skills developed in its historical fields, IFP Energies nouvelles (IFPEN) has developed and evaluated suitable particle filtration solutions. The aim here is to illustrate this approach through the example of a prototype developed specifically for use in underground railway stations.

More specifically, IFPEN has developed the Re'Air particle filtration technology, which is based on a proprietary principle of mechanical filtration. The device, integrated into a compact and robust system, captures particles in the air, whether metallic or mineral, nano- and micrometric in nature. The choice of integration of the filter element facilitates maintenance and allows its reuse after regeneration. The only energy consumption comes from air circulation.

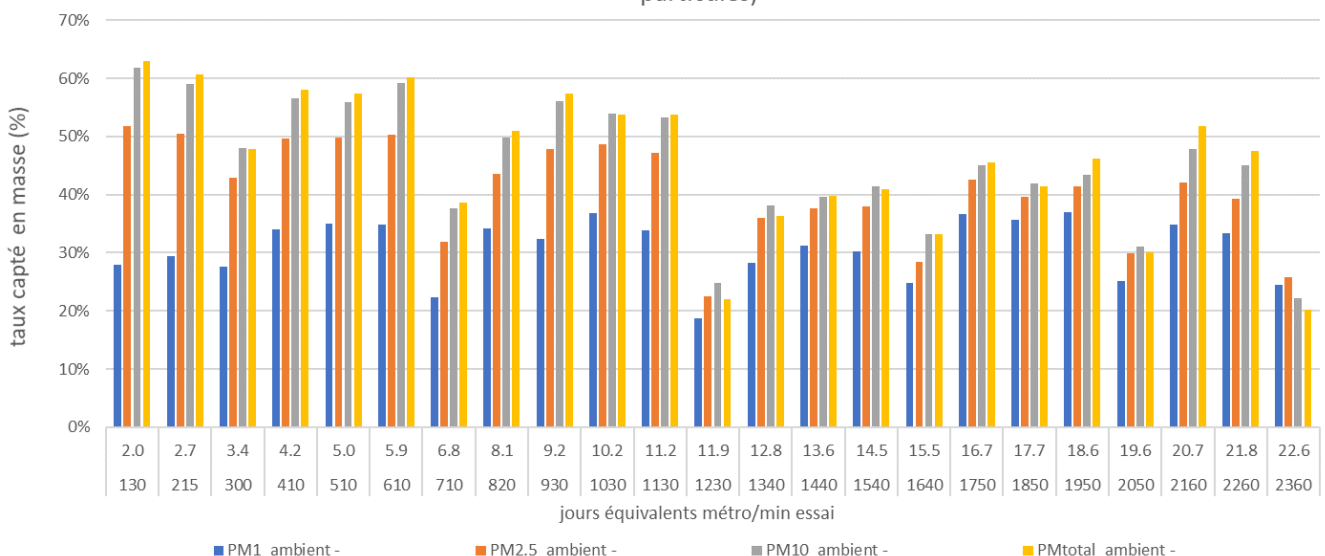
A prototype was evaluated in IFPEN's laboratories by reproducing analogous aerosols with some representative characteristics of real aerosols. The measurements carried out indicate a mass reduction of particles of up to 50% depending on the size considered. In the long term, due to its compactness and ease of implementation, this technology can be considered in different places in the railway networks (tunnels, ventilation, platforms, etc.).

The rate of particles captured by the prototype on the test bench in conditions close to a metro station will be given for different configurations. Finally, ways to improve the solution will be discussed.

Le montage réalisé et les tests du prototype seront présentés.



captage des particules par le système de filtration vitesse courroi1 (estimé 1.5 à 3.3 mg/m3 de particules)





Jeudi 10 octobre 2024

Journée Air Ambient

Programme

09h00 Accueil des participants

Solutions politiques, sociétales, de gouvernance et réglementaires

09h20

Panorama normatif et actualités jurisprudentielles : Expositions et Impacts
Corentin Chevallier, Avocat - UGGC Avocats

09h40

Quelles solutions opérationnelles pour réduire les émissions de polluants atmosphérique dans un contexte d'abaissement des valeurs limites des concentrations dans l'air ?
Françoise Rousseille, Directrice de projet Air-Santé-Odeurs et Traitement - BU Grands Ouvrages, Eau, Environnement, Energie - EGIS

10h00

Les éléments indispensables d'une surveillance dans l'air autour des installations classées pour une interprétation pertinente
Virginie Migne, Ingénieur environnement - INERIS

10h20 Pause-café

Expositions et impacts

10h40

Simulations numériques et analyses de sensibilité pour la qualité de l'air en milieu urbain
Stéphane Jay, Chef de projet - IFP Energies Nouvelles

11h00

Diagnostic et impact environnemental des PFAS dans l'air

Pierre-Yves Guernion, Consultant en gestion de la qualité de l'air - Ramboll

11h20

Etude d'incidence du dynamitage d'une tour aéroréfrigérante et d'une cheminée d'une centrale thermique

Julien Rodriguez, Ingénieur d'études - Tauw France

11h40

Retour d'expérience du développement d'une méthode analytique OTM50 sur la quantification des composés fluorés (PFAS) volatils avec un prélèvement sur canister

Mario Nerva, Directeur des Laboratoires Environnement - Mérieux NutriSciences, Chelab (Italie)

12h00

Table ronde

La révision de la directive européenne sur la qualité de l'air ambiant, avec les enjeux sur les nouveaux seuils réglementaires du dioxyde d'azote et des particules fines

Animateur : Dr. Fabien Squinazi, Président de la Commission spécialisée "Risques liés à l'Environnement" - Haut Conseil de la Santé Publique

Participants :

- *Clotilde Pionneau, Bureau de la Qualité de l'Air - Direction du Climat, de l'Efficacité Énergétique et de l'Air - Ministère de la Transition Écologique et de la Cohésion des Territoires*
- *Éric Fournier, Conseiller régional Région Auvergne-Rhône-Alpes - Conseiller spécial délégué en charge de l'air, du climat et de l'énergie - Président d'Atmo Auvergne-Rhône-Alpes - Président de la Communauté de communes de la Vallée de Chamonix-Mont-Blanc - Maire de Chamonix*
- *Marine Latham, Directrice Atmo AURA*
- *Tony Renucci, Directeur général - Association Respire*

13h00 Déjeuner

Identification des sources et leur contribution à la pollution de l'air

14h00

OLGA hOlistic & Green Airports : Détermination des sources d'émission de COV et aérosols sur la plateforme aéroportuaire Roissy-CDG

Joris Leglise, Expert scientifique - Addair

14h20

Projet Aérosols – Qualité de l'air et impact sur la santé des particules primaires semivolatiles et secondaires, et leur réduction

Mickaël Leblanc, Chargé de Recherche & Innovation - IFP Energies Nouvelles

14h40

Etat de l'art des modélisations régionales d'ammoniac et développement de l'outil web agrivision'air

Nicolas Moreau, Ingénieur modélisation - Air Breizh

15h00

MAVERIC (Miniaturized Autonomous and VERSatile gas Chromatograph) : Développement d'un chromatographe en phase gazeuse GC basé sur un détecteur innovant NGD (Nano-Gravimetric-Detector)

Malak Bigourd, Ingénieur de recherche - LATMOS-CNRS

15h20

Prédiction aveugle de la concentration d'odeurs dans les processus de désodorisation d'une station d'épuration des eaux usées à l'aide du nez électronique et de l'olfactométrie dynamique

Christelle Michel, Ingénieure principale avant-vente - Ellona

16h00 Pause-café

Solutions technologiques

16h20

La technologie de combustion intégrée combinée pour la réduction simultanée des NOx et des composés gazeux combustibles dans les chaudières à biomasse

Mohammad Aleysa, Directeur général & Souha Meriee, Assistante scientifique - Département Combustion et Technologie Environnementale, Institut Fraunhofer de Physique du Bâtiment (IBP) à Stuttgart (Allemagne)

16h40

Expérimentation urbaine : Comprendre les enjeux de la qualité de l'air et les flux de mobilité lors de l'aménagement urbain

Benjamin Evain, Directeur développement commercial ventes et marketing & Ludovic Piovesan, Responsable développement commercial - Ecomesure

17h00

Impact de l'épandage agricole de digestats de biométhanisation et de STEP sur les émissions atmosphériques de N₂O et solution de valorisation

Pascal Jacques, Directeur technique - John Cockerill Europe Environnement

17h20

Nouvelles données sur la qualité de l'air grâce aux célomètres

Markus Vuolahti, Responsable de marché au département Energie, Urbanisme et Industrie - Vaisala (Finlande)

17h40 Synthèse de la journée

18h00 Fin de la 2ème journée / Fin du congrès



Thursday October 10, 2024

Ambient Air Day

Programme

09h00 Welcoming participants

Political, societal, governance and regulatory solutions

09h20

Normative overview and case law: Exposures and Impacts
Corentin Chevallier, Lawyer - UGGC Avocats

09h40

What operational solutions to reduce emissions of atmospheric pollutants in a context of lowering the limit values for concentrations in the air?
Françoise Rousseille, Project Director, Air-Health-Odors and Treatment - EGIS

10h00

Essential elements of air monitoring around ICPE (French designation: Facilities Classified for environmental Protection) for relevant interpretation
Virginie Migne, Environmental engineer - INERIS

10h20 Coffee Break

Exposures and Impacts

10h40

Numerical simulations and sensitivity analyzes for air quality in urban areas
Stéphane Jay, Project Manager - IFP Energies Nouvelles

11h00

Environmental impact assessment of PFAS in ambient air
Pierre-Yves Guernion, Managing consultant, Air Quality - Ramboll

11h20

Impact of the blasting of an air-cooling tower and a chimney of a thermal power station
Julien Rodriguez, Design Engineer - Tauw France

11h40

Feedback from the development of an OTM50 analytical method for the quantification of volatile fluorinated compounds (PFAS) using canister sampling
Mario Nerva, Director of Environmental Laboratories - Mérieux NutriSciences, Chelab (Italy)

12h00

Round table

The revision of the European directive on ambient air quality, with the issues surrounding the new regulatory thresholds for nitrogen dioxide and fine particles
Moderator: Dr. Fabien Squinazi, President of the Specialist Commission "Environmental Risks" - High Council for Public Health (France)

Participants:

- *Clotilde Pionneau, Air Quality Office - Climate Energy Efficiency and Air Department - Ministry of Ecological Transition and Territorial Cohesion*
- *Éric Fournier, Regional Advisor Auvergne-Rhône-Alpes Region - Delegated Special Advisor in charge of air, climate and energy - President of Atmo Auvergne-Rhône-Alpes - President of the Community of Communes of the Chamonix-Mont-Blanc Valley - Mayor of Chamonix*
- *Marine Latham, Director - Atmo AURA*
- *Tony Renucci, General Director - Association Respire*

13h00 Lunch

Identification of Sources and their Contribution to Air Pollution

14h00

OLGA hOlistic & Green Airports: Identifying sources of VOC and aerosol emissions at the Roissy-CDG airport
Joris Leglise, Scientific Expert - Addair

14h20

Aerosols project – Air quality and health impact of primary semivolatile and secondary particles, and their abatement
Mickaël Leblanc, Research & Innovation Manager - IFP Energies Nouvelles

14h40

State of the art of regional ammonia modeling and development of the agrivision'air web tool
Nicolas Moreau, Modeling engineer - Air Breizh

15h00

MAVERIC (Miniaturized Autonomous and VERsatlle gas Chromatograph): Development of a GC gas chromatograph based on an innovative NGD detector (Nano-Gravimetric-Detector)
Malak Bigourd, Research engineer - LATMOS-CNRS

15h20

Blind prediction of odor concentration in deodorization processes of a wastewater treatment plant using electronic nose and dynamic olfactometry

Christelle Michel, Pre-Sales Lead Engineer - Ellona

16h00 Coffee Break

Technological Solutions

16h20

The combined integrated combustion technology for the simultaneous reduction of NO_x and combustible gaseous compounds in biomass boilers

Mohammad Aleya, Head manager & Souha Meriee, Scientific assistant - Department Combustion and Environmental Technology, Fraunhofer Institute for Building Physics (IBP) in Stuttgart (Germany)

16h40

Urban experimentation: understanding the issues of air quality and mobility flows during urban development

Benjamin Evain, Business Development Sales and Marketing director & Ludovic Piovesan, Sales Development manager - Ecomesure

17h00

Impact of agricultural spreading of biomethanization digestates and WWTP on atmospheric N₂O emissions and recovery solution

Pascal Jacques, Technical director - John Cockerill Europe Environnement

17h20

New air quality data insights using ceilometers

Markus Vuolahti, Market Manager at the Energy, Urban and Industry department - Vaisala (Finland)

17h40 Conclusions of the day

18h00 End of day two / End of the congress

Panorama normatif et actualités jurisprudentielles ; Expositions et Impacts

Corentin CHEVALLIER

Avocat associé

47, rue de Monceau
75008 PARIS

Telephone : +33 1 56 69 70 93

Email : c.chevallier@uggc.com

<https://www.uggc.com/>

Enjeu majeur pour la santé et l'environnement, la pollution atmosphérique est une préoccupation mondiale croissante. Bien qu'une tendance à la baisse ait été observée ces dernières années - grâce à la mise en œuvre de stratégies et plans d'action nationaux - les niveaux de pollution demeurent encore nettement supérieurs aux normes recommandées, notamment celles établies par l'Organisation mondiale de la santé (« OMS »).

Sur le plan normatif, au niveau européen, face à la nécessité de moderniser les règles régissant la qualité de l'air ambiant, la Commission européenne a proposé, le 26 octobre 2022, d'actualiser et de fusionner les directives existantes sur la qualité de l'air ambiant (2004/107/CE et 2008/50/CE). L'objectif est de fixer des valeurs limites plus strictes pour les polluants atmosphériques en alignant plus étroitement les normes européennes sur celles de l'OMS. Plusieurs polluants sont concernés, dont les particules fines (PM_{2,5} et PM₁₀), le dioxyde d'azote, le dioxyde de soufre ou encore l'ozone. Les valeurs inscrites dans cette proposition de nouvelle directive sont-elles à la hauteur des ambitions ?

L'accord provisoire obtenu entre le Parlement européen et le Conseil, le 20 février 2024, est moins ambitieux que prévu. Les seuils de pollution à ne pas dépasser restent supérieurs à ceux préconisés par l'OMS. A titre d'exemple, la valeur limite annuelle pour le principal polluant, à savoir les particules fines (PM_{2,5}), est réduite de plus de moitié passant de 25 µg/m³ à 10 µg/m³, bien que le seuil recommandé par l'OMS soit de 5 µg/m³. Le texte prévoit néanmoins que les seuils des polluants couverts par la directive seront réexaminés fin 2030 et au moins tous les cinq ans ensuite, sauf si de nouvelles découvertes scientifiques dans le domaine de la qualité de l'air justifient une révision. Le texte est actuellement en attente de la position du Conseil en première lecture.

On notera également l'adoption de deux nouveaux règlements concernant l'interdiction des gaz à effet de serre fluorés (ou gaz F) et l'interdiction des substances appauvrissant la couche d'ozone (SAO ou ODS).

Enfin, le Règlement 2024/1257 du 34 avril 2024 dispose de nouvelles prescriptions en matière de durabilité pour les véhicules, les systèmes, les composants, et les entités techniques distinctes, qui devront respecter des limites d'émission fixées en annexe du Règlement.

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).

A ce titre, l'Etat a une obligation de publier chaque année « *un rapport sur la qualité de l'air, son évolution possible et ses effets sur la santé et l'environnement et les risques qui en résultent* » (article L.221-6 du Code de l'environnement). Le Bilan de la qualité de l'air extérieur en 2022, publié en décembre 2023, révèle une amélioration depuis les années 2000, mais souligne la persistance de dépassement dans certaines agglomérations, notamment en ce qui concerne l'ozone. Aussi, bien que la plupart des seuils réglementaires européens soient respectés, de nombreuses agglomérations françaises dépassent largement les valeurs guides de l'OMS. Ainsi en 2022, 97 % des agglomérations dépassent ces valeurs pour les PM2,5, 95 % pour l'O3, 82 % pour le NO2 et 72 % pour les PM10.

Particulièrement actif, **le juge joue un rôle déterminant** dans le respect des objectifs fixés tant au niveau européen que national.

Au niveau européen, la Cour de justice de l'Union européenne (« CJUE ») a prononcé plusieurs condamnations à l'encontre de la France (affaire C-286/21) ainsi que d'autres Etats membres, pour des dépassements systématiques et persistants des valeurs limites de divers polluants, notamment le NO2.

Récemment, la France a de nouveau été mise en demeure, le 7 février 2024, par la Commission européenne pour non-respect de la décision de la CJUE du 24 octobre 2019 (affaire C-636/18) relative au non-respect de la directive de 2008 sur la qualité de l'air ambiant : « *la France ne s'est toujours pas conformée à l'arrêt de la Cour de justice en ce qui concerne les valeurs limites annuelles de NO2 dans quatre zones de mesure de la qualité de l'air : Paris, Lyon, Strasbourg et Marseille-Aix* ». La France a désormais deux mois pour répondre aux manquements soulevés par la Commission européenne.

Au niveau national, compte tenu de la persistance de la pollution à Lyon et à Paris, le Conseil d'Etat considère que la décision du 12 juillet 2017 n'est pas totalement exécutée. Il condamne ainsi l'Etat au paiement de deux astreintes de 5 millions d'euros dans une décision du 24 novembre 2023. Cette condamnation fait suite à la décision du 10 juillet 2020, qui a infligé une astreinte de 10 millions d'euros par semestre à l'Etat français, afin de réduire les niveaux de concentration de NO2 et PM10 en dessous des valeurs limites dans huit zones en France.

Le juge national est également confronté à une multiplication des contentieux initiés par des particuliers cherchant à obtenir réparation des préjudices qu'ils ont subis en raison du non-respect par l'Etat des valeurs limites de concentration de polluants. Pour la première fois, une juridiction française a reconnu le droit des particuliers à être indemnisés de leurs préjudices résultant de la pollution de l'air en région parisienne. Le tribunal administratif de Paris a reconnu l'Etat responsable des problèmes de santé de riverains vivant près du périphérique par une décision du 16 juin 2023.

Il demeure que la reconnaissance de préjudices se heurte souvent à l'établissement du lien de causalité entre la dégradation de l'état de santé des requérants et le dépassement des seuils de pollution atmosphérique. Saisie sur renvoi préjudiciel, la CJUE avait précisé, le 22 décembre 2022, 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.

Cependant, il est à souligner que la révision de la Directive sur la qualité de l'air, en attente de la position du Conseil, prévoit de rendre l'accès à la justice plus facile pour les citoyens et les ONG et prévoit la possibilité pour les justiciables de contester des décisions, des actes, ou des omissions qui iraient à l'encontre de la Directive révisée. Par conséquent, il est probable que les litiges augmenteront avec l'adoption de la prochaine directive.

Enfin, le juge national est saisi, dans de nouveaux types de litiges, sur les questions relatives à la qualité de l'air.

Le syndicat Solidaires RATP a saisi le tribunal administratif de Paris le 5 janvier 2024 pour réduire la pollution de l'air dans le métro et le RER en Ile-de-France. Il demande au juge administratif d'enjoindre à l'Etat de prendre les mesures nécessaires pour limiter les émissions de particules fines PM2,5 et de métaux lourds, ainsi que mettre en place des mesures en continu sur le réseau Métro et RER. Parallèlement, il a déposé une plainte auprès de la Commission européenne pour non-respect des articles 35 (protection de la santé) et 37 (protection de l'environnement) de la Charte des droits fondamentaux.

Concernant les personnes privées, le tribunal judiciaire de Brest a condamné une société exploitant une industrie des engrais à indemniser à hauteur de 115.000 euros quatre association de protection de l'environnement pour l'atteinte aux intérêts collectifs qu'elles défendent. Malgré les injonctions administratives, la société avait persisté à dépasser les valeurs limites d'ammoniac dans les émissions atmosphériques, allant parfois jusqu'à dix fois supérieurs aux seuils autorisés.

Dans un arrêt du 23 mai 2024, la Cour administrative d'appel de Douai a condamné l'Etat en raison d'un manquement d'usage du pouvoir de police en matière d'ICPE, et retient que ne pas exiger de diminution significative des polluants atmosphériques (en l'espèce, du mercure) est une faute de nature à engager sa responsabilité. Si la rédaction de l'arrêt laisse penser que le juge suggère une certaine proactivité pour ce qui relève de la protection de l'environnement et de l'atmosphère, la solution reste décevante, puisque c'est le préjudice de perte de valeur vénale des biens immobiliers qui est indemnisé.

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.

Quelles solutions opérationnelles pour réduire les émissions de polluants atmosphérique dans un contexte d'abaissement des valeurs limites des concentrations dans l'air ?

Françoise ROUSSEILLE, Directrice de projets

Francoise.rousseille@egis-group.com

EGIS

15, avenue du Centre

78286 SAINT QUENTIN EN YVELINES Cedex

La qualité de l'air en Europe montre des signes d'amélioration, notamment grâce au renouvellement du parc automobile, comme le révèlent les études d'impact environnemental. Cependant, la récente révision de la directive européenne de février 2024 vise à aller plus loin en abaissant les seuils de pollution atmosphérique d'ici 2030. Cette révision implique des réductions significatives, notamment sur les niveaux des particules fines et le NO₂, ce qui obligera les nouveaux projets d'aménagement à être plus vertueux.

De nombreuses grandes villes françaises sont concernées par des dépassements réguliers des normes européennes en matière de qualité de l'air. Dans une volonté d'être proactive, une de ces métropoles a lancé en 2022 une étude menée par les experts Air Odeur et Santé d'Egis et regroupant les différents acteurs engagés dans l'amélioration de la qualité de l'air. L'objectif était de disposer d'un outil concret d'aide à la décision en matière d'urbanisme et de protection des publics sensibles. Pour cela Egis a élaboré un panorama de solutions innovantes visant à réduire l'impact de la pollution atmosphérique sur la santé des habitants et des travailleurs de ce territoire.

Plusieurs solutions ont été étudiées, portant sur deux grandes thématiques que sont :

- La réduction à la source :
 - Aspiration sur les systèmes de freinage de véhicules pour capter les particules fines ;
 - Rétrofit de véhicules à essence ou diesel en électrique ;
 - Report de trajets en cas de pollution avec compensation financière ;
 - Monitoring et Communication sur la qualité de l'air pour informer le public, inciter les usagers de la route à emprunter des itinéraires moins pollués, et prendre conscience de leur contribution à la pollution ;
 - Utilisation de matériaux biosourcés et réemploi de matériaux pour réduire les transports de marchandises ;
 - Aménagement de l'espace public pour réduire la pollution sur les populations les plus sensibles ;
 -
- Le traitement des pollutions :
 - Végétalisation des toits et murs par de végétaux captant les polluants de l'air par phytoremédiation ;
 - Façades nettoyantes par utilisation de matériaux détruisant la pollution par photocatalyse ;
 - Filtres à particules et à oxydes d'azote, par différentes technologies de captation, d'adsorption, ou d'ionisation.

Ces approches ne sont qu'une partie de la solution pour améliorer la qualité de l'air urbain. Les solutions de réduction à la source vont avoir un impact sur une qualité de l'air à l'échelle de la ville, alors que les solutions de traitement auront un impact plus localisé, notamment dans des espaces de type parkings, gares souterraines par exemple. Le couplage de ces solutions est une piste à privilégier mais doit aussi être portée par les parties prenantes. Cette étude a en effet mis en évidence l'importance d'associer ces dernières aux prises de décision des collectivités avec un besoin de compréhension et d'appropriation des solutions.

L'amélioration de la qualité de l'air est également le fruit des efforts réalisés par les industriels, et soutenue par des réglementations spécifiques et en constantes évolutions. Les BREFs régissent ainsi depuis 2010 les émissions selon les activités industrielles tout en cataloguant les Meilleures Technologies Disponibles. Dans ce domaine aussi les valeurs limites se sévèrent avec une obligation de transparence et une incitation à la participation du public.

C'est pour relever ce défi du XXI^e siècle qu'est la qualité de l'air qu'Egis accompagne les collectivités et les industriels depuis la définition de leurs besoins jusqu'à la mise en place de solutions adaptées.

Les éléments indispensables d'une surveillance dans l'air autour des installations classées pour une interprétation pertinente

Essential elements of air monitoring around ICPE (French designation: Facilities Classified for environmental Protection) for relevant interpretation

Virginie Migné-Fouillen

Ingénieur d'études

Unité « Caractérisation du milieu air en PROXimité de source »
Direction Milieux et impacts sur le vivant

Institut national de l'environnement Industriel et des risques

Parc technologique Alata - BP 2 - F-60550 Verneuil-en-Halatte

Tél. : 03 44 55 69 31 / 06 17 99 17 52

Mail : virginie.migne@ineris.fr

www.ineris.fr

Les retombées atmosphériques des émissions des installations industrielles sont constituées de gaz ou de particules qui restent en suspension dans l'air ambiant (concentrations dans l'air) et/ou se déposent sur les compartiments environnementaux intégrants (sols, végétaux, eaux de surface) en contact direct avec l'atmosphère (dépôts atmosphériques). Ces retombées, selon les substances et l'utilisation des milieux, peuvent potentiellement conduire à une exposition de la population, soit directement (inhalation), soit indirectement par la consommation de matrices environnementales accumulatrices (ingestion).

En décembre 2021, l'Ineris a publié une nouvelle version du guide national « Surveillance de l'air autour des installations classées - retombées des émissions atmosphériques, impacts des activités humaines sur les milieux ». Ce guide fournit la méthodologie pour définir et mettre en œuvre la stratégie de surveillance environnementale qui va du choix du polluant à suivre à la période des mesures en passant par le choix de la métrologie et de la localisation des points de prélèvement. Sachant que l'objectif de la surveillance environnementale est d'obtenir des résultats de mesures qui permettront de déterminer si les retombées locales des émissions atmosphériques actuelles d'un site précis présentent un risque pour l'environnement ou l'exposition des populations, il convient d'être vigilant sur l'interprétation des valeurs mesurées. Aussi, le guide inclut la démarche d'interprétation des résultats des campagnes de mesures à adopter.

Si le guide fournit de manière complète la méthodologie à suivre pour mener correctement une surveillance environnementale, il convient de mettre en avant les éléments incontournables d'une bonne surveillance sans quoi l'exploitation des résultats pourrait aboutir à une conclusion erronée qui pourrait être une surestimation des concentrations mesurées dans l'environnement ou à l'inverse l'absence d'impact non justifiée d'une installation. Ainsi, à travers de cas concrets, nous verrons qu'il est indispensable de prévoir au cours de la campagne de mesures un suivi des conditions météorologiques, des prélèvements au niveau d'un emplacement témoin correspondant à un emplacement en dehors de l'influence de l'installation et un blanc de terrain par support de prélèvements.

Simulations numériques et analyses de sensibilité pour la qualité de l'air en milieu urbain

Sirine Hamdana, Mathis Pasquier, Karine Truffin, Stéphane Jay

IFPEN, 1-4 avenue de Bois Préau, 92 852 Rueil-Malmaison, Cedex, France

Caractère innovant du sujet proposé : Simulations numériques de la dispersion de polluants avec sources d'émissions du trafic obtenues à partir de données d'usage réel

Mots clés : simulation numérique, analyse de sensibilité, pollution atmosphérique urbaine, indices de Sobol, méthode de quasi Monte Carlo, dispersion turbulente, décomposition de variance, analyse de données, fonction d'Ishigami, logiciel SIRANE

Objectifs : Réaliser des analyses de sensibilité des différents facteurs influant sur la qualité de l'air et évaluer les solutions d'améliorations (régulations, aménagements ...)

La pollution atmosphérique est aujourd'hui un enjeu majeur de santé publique. Cependant, les décideurs publics manquent d'outils pour évaluer l'impact du trafic routier sur la qualité de l'air extérieur et éclairer les décisions à prendre pour réduire les émissions de polluants. Depuis plusieurs années, IFPEN œuvre pour la recherche dans ce domaine en récoltant des données d'émissions de polluants en usage réel des véhicules, afin de cartographier précisément les zones d'émissions.

Ce travail a pour objectif, tout d'abord, de montrer comment exploiter ces données à travers le code SIRANE, un simulateur numérique de dispersion atmosphérique de polluants. Ensuite, des analyses de sensibilité sont réalisées dans le but de déterminer l'impact relatif des conditions météorologiques d'une part et des facteurs humains d'émissions de polluants d'autre part sur la qualité de l'air en milieu urbain. Des données relatives à l'agglomération de Lyon ont été utilisées dans cette étude. Le couplage des données IFPEN avec SIRANE s'avère souhaitable.

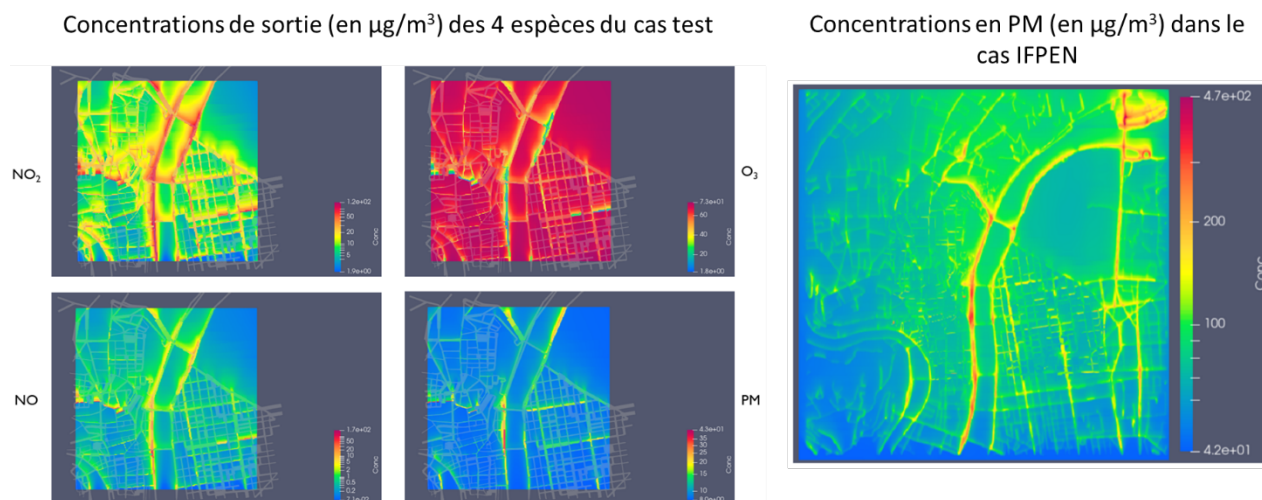


Figure 1 Présentation des données utilisées sur l'agglomération de Lyon

Les analyses de sensibilité révèlent globalement un impact prépondérant des émissions liées au trafic routier notamment par rapport aux conditions environnementales comme la vitesse et la direction du vent sur la concentration de l'air urbain en polluants. Ceci reste toutefois à nuancer dans certaines zones selon la géométrie urbaine.

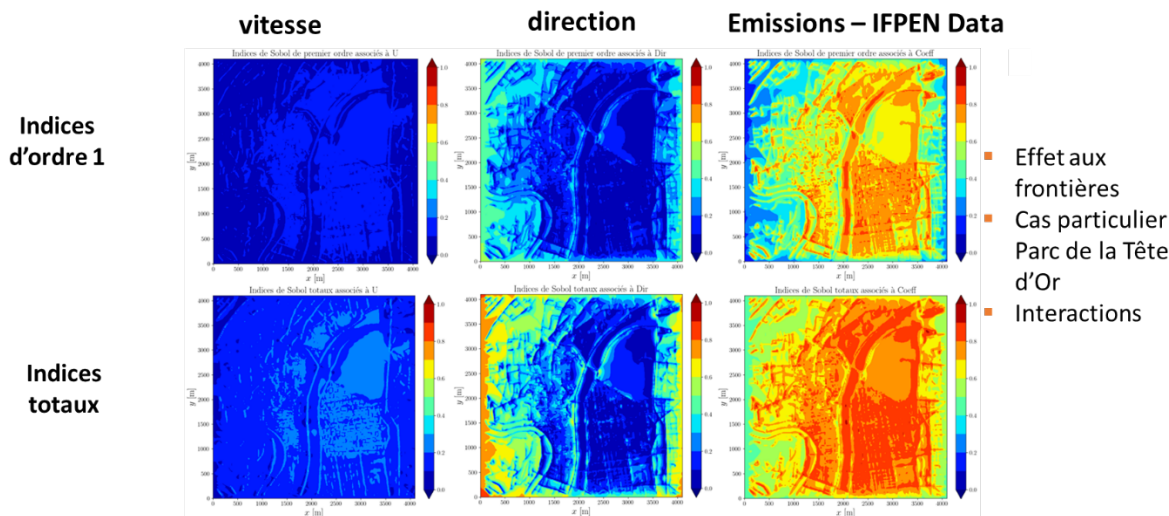


Figure 2 Analyses de sensibilité appliquées aux données d'émissions IFPEN

Les méthodologies développées ouvrent des perspectives intéressantes pour déterminer les grandeurs d'intérêt comme les probabilités de dépassement de seuil et les facteurs d'impact sur la qualité de l'air dans les différents quartiers de la ville. À terme, il est envisagé de combiner ces méthodes d'analyse de sensibilité avec la chaîne de modélisation permettant d'exploiter plus largement les données d'usage réel, pour l'évaluation de scénarios d'amélioration de la qualité de l'air.

Références

- Grylls, T., Le Cornec, C. M., Salizzoni, P., Soulhac, L., Stettler, M. E. et van Reeuwijk, M. (2019). Evaluation of an operational air quality model using large-eddy simulation. *Atmospheric Environment* : X, 3:100041.
- Hertwig, D., Soulhac, L., Fuka, V., Auerswald, T., Carpentieri, M., Hayden, P., Robins, A., Xie, Z.-T. et Coceal, O. (2018). Evaluation of fast atmospheric dispersion models in a regular street network. *Environmental Fluid Mechanics*, 18(4):1007–1044.
- Iooss, B. (2011). Revue sur l'analyse de sensibilité globale de modèles numériques. *Journal de la Société Française de Statistique*, 152(1):3–25.
- Liang, M., Chao, Y., Tu, Y. et Xu, T. (2023). Vehicle pollutant dispersion in the urban atmospheric environment : A review of mechanism, modeling, and application. *Atmosphere*, 14(2):279.
- Pasquier, M. (2023). Quantification d'incertitudes pour la dispersion turbulente de polluants liés au trafic routier en milieu urbain : Rapport de mi-thèse. Thèse de doctorat, IFP Energies nouvelles, Rueil-Malmaison (92), France.
- Soulhac, L. (2000). Modélisation de la dispersion atmosphérique à l'intérieur de la canopée urbaine. Thèse de doctorat, Ecole Centrale de Lyon, Ecully (69), France.
- Soulhac, L., Salizzoni, P., Cierco, F.-X. et Perkins, R. (2011). The model SIRANE for atmospheric urban pollutant dispersion ; part i, presentation of the model. *Atmospheric Environment*, 45(39):7379–7395.

Diagnostic et impact environnemental des PFAS dans l'air **Environmental impact assessment of PFAS in the air**

Pierre-Yves Guernion – Ramboll
Senior managing consultant
2, rue du Commandant Cousteau - 33100 Bordeaux
M +33763398905 / pyguernion@ramboll.com

Caractère innovant :

Le sujet des PFAS dans l'environnement prend aujourd'hui une part croissante. Au-delà des problématiques environnementales usuelles de type Eau/Sols/Végétaux associées à ces molécules, il s'avère que l'air peut être non seulement une source d'exposition directe, mais aussi un vecteur de transport des PFAS, en vue d'une exposition ultérieure par ingestion par des phénomènes de transport et déposition. Ce sujet, encore peu traité en France sur la question des rejets atmosphériques et des mesures en air ambiant mérite donc d'être exposé.

Mots clés : PFAS, mesure air ambiant, dispersion atmosphérique, modélisation, impact environnemental, évaluation des risques sanitaires

Objectif : présenter les enjeux et les outils à disposition concernant la bonne prise en compte du vecteur Air dans la problématique environnementale des PFAS

Résumé technique :

Les PFAS (pour substances per- et polyfluoroalkylées) sont une famille de molécules qui contiennent toutes des liaisons carbone-fluor, et qui regroupe, selon la définition de l'OCDE environ 10 000 molécules. Ces composés, produits depuis le milieu du 20^{ème} siècle, ont la caractéristique d'être persistants dans l'environnement, et, pour certains, bioaccumulables. Les enjeux sanitaires et environnementaux associés à ces molécules sont de plus en plus prégnants depuis quelques années. D'un point de vue technique, le nombre élevé de molécules différentes, la nécessité de rechercher ces composés à de très faibles concentrations, et le risque non négligeable de contamination croisée du fait de leur présence dans de nombreux produits du quotidien lors des échantillonnages sont autant de défis à relever pour réaliser un diagnostic pertinent.

Comme pour de nombreuses autres molécules, les voies d'exposition de l'homme aux PFAS sont nombreuses. La littérature met en avant de manière prépondérante l'ingestion, via l'eau ou encore les aliments, mais l'inhalation est également une voie possible d'exposition. D'autres voies d'exposition ne sont pas à négliger, comme, par exemple, l'exposition cutanée par des produits cosmétiques contenant des PFAS.

Le fait d'une possible voie d'exposition directe par inhalation nécessite de pouvoir conduire des campagnes de mesures et d'analyses de PFAS dans l'air. Cette nécessité est également renforcée par le fait que, à l'instar des molécules comme les dioxines, la présence de PFAS dans le réservoir atmosphérique peut également avoir comme conséquence qu'après dispersion dans l'environnement dans l'air, et ce parfois sur de très longues distances, ces molécules sont susceptibles de se déposer au sol, puis de s'accumuler dans la chaîne alimentaire. Ainsi, à titre d'exemple, le programme de mesures du PNUE (Programme des Nations Unies pour l'Environnement), montre que ces molécules sont présentes à l'état de traces dans l'air ambiant dans des territoires a priori très éloignés de sources de PFAS.

Comme précédemment évoqué, au vu de la voie d'exposition prépondérante par ingestion pour les PFAS, les valeurs de référence ont prioritairement été définies pour cette voie, via l'établissement de VTR par ingestion, déclinées ensuite parfois en valeurs réglementaires dans l'eau de boisson, les aliments... L'évolution récente des connaissances sur le sujet fait également que ces valeurs de référence évoluent également rapidement.

Assez peu de valeurs de référence existent dans l'air ambiant. Si l'on regarde les bases de données internationales de VTR (Valeurs Toxicologiques de Référence) listées comme étant à prendre en compte dans la réglementation française, aucune VTR n'existe à date pour la voie inhalation. Seul le TCEQ (Texas Commission on Environmental Quality), qui ne fait pas partie des bases de référence, a défini des VTR par inhalation pour 9 composés par dérivation voie à voie de VTR par ingestion.

A l'échelle nationale, aucune réglementation en air ambiant n'existe pour ces composés. Toutefois, à l'échelle infranationale, certains états des Etats-Unis, et des provinces comme l'Ontario (Canada), ou les Flandres (Belgique), ont également défini des valeurs repères pour la matrice Air ambiant pour une ou plusieurs molécules d'intérêt.

Sur la base de ces éléments, il paraît donc important de disposer de méthodes permettant de réaliser des diagnostics associés aux PFAS dans la matrice Air. Tout d'abord, il est donc nécessaire d'être capable de déterminer les flux de PFAS émis à l'atmosphère. Des méthodes de prélèvement et d'analyses à l'émission ont à cet effet été développées, dans un premier temps aux Etats-Unis. En particulier, la méthode dite OTM-45 a été publiée par l'US-EPA avec pour objectif de standardiser les mesures à l'émission pour les sources industrielles canalisées. En France, le Ministère de la Transition Ecologique et de la Cohésion des Territoires dans sa [note en date du 7 mars 2024 à l'attention des laboratoires agréés des émissions de sources fixes](#) cite cette norme comme étant la référence à utiliser en précisant les exigences spécifiques associées à ces mesures.

Concernant les mesures d'air ambiant, les PFAS pouvant être présents, en fonction des molécules, en phase gazeuse et/ou en phase particulaire, les méthodes de prélèvement combinent souvent un filtre (en quartz, en fibre de verre...) et un milieu adsorbant, qui peut être une mousse de type PUF (PolyUrethaneFoam), une résine XAD et/ou une combinaison de ces deux supports.

Usuellement, les méthodes les plus précises pour les mesurages en air ambiant sont les méthodes actives, qui permettent de connaître précisément les volumes prélevés, mais le fait que ces molécules soient présentes à l'état de traces, et qu'il y ait des risques de contaminations croisées importantes avec les composants usuels des pompes et des préleveurs (joints...) rend délicat ces opérations. Plusieurs publications sont disponibles sur le développement de ces méthodes, et des travaux préliminaires ont été engagés également en France par Atmo Auvergne-Rhône-Alpes (résultats non publiés à date).

Aussi, les méthodes de prélèvements passifs sont plus généralement utilisées. Même si celles-ci sont moins précises, elles ont l'avantage d'être plus faciles à mettre en œuvre, ne nécessitant pas d'électricité et ayant des durées d'exposition très longues, ce qui permet d'avoir une très bonne couverture temporelle à des coûts moindres. Le risque de contamination croisée est également limité, du fait de l'absence de pompes, joints... Enfin, le retour d'expérience large à travers le monde permet d'estimer un débit d'air prélevé, et donc de pouvoir exprimer les résultats en concentration.

Enfin, il est également possible de mettre en œuvre des études de dispersion atmosphérique des PFAS dans l'air, à l'aide de logiciels de dispersion usuels, et sur la base de mesures à l'émission. Toutefois, pour être au plus près de la réalité, une bonne connaissance et une attention particulière à la partition gazeuse et particulaire des molécules sont nécessaires, et ce afin d'appréhender le mieux possible les phénomènes de dispersion et de dépôts secs et humides, en vue de reproduire au mieux par la modélisation les phénomènes réels.

**Etude d'incidence du dynamitage d'une tour aerorefrigerante et d'une cheminee
d'une centrale thermique**
Impact of the blasting of an air-cooling tower and a chimney of a thermal power station

Julien RODRIGUEZ
Ingénieur d'études Air Sante Odeur

TAUW France SAS

91-93 Boulevard du Parc d'Artilerie
Bâtiment 83
69007 Lyon
M +33 6 07 31 98 30

Caractère innovant du sujet proposé : dans le cadre du dynamitage de la tour aéroréfrigérante et de la cheminée d'une centrale thermique en milieu urbain, TAUW France a accompagné un industriel pour la définition amont des incidences sanitaires du dynamitage. Le suivi connecté des émissions de poussières émises et l'interprétation des données collectées ont apporté une information complète sur l'impact du projet, notamment en termes sanitaire.

Mots clés : Santé - Milieu urbain - Métrologie - Dispersion de polluants - Exposition individuelle et multi-milieux

Objectifs : **permettre le suivi des incidences sanitaires d'une opération de dynamitage en milieu urbain, évaluer l'efficacité des moyens de prévention mis en œuvre et l'impact potentiel pour les usagers.**

Les opérations de dynamitage de grande ampleur font l'objet de mesures de prévention et de suivi qui donnent généralement peu d'information sur leur éventuel impact sanitaire auprès des populations environnantes.

Le dynamitage d'une partie d'une centrale thermique en milieu urbain a fait l'objet d'une étude d'incidence préalable par TAUW France permettant de présenter à l'administration les impacts attendus et les enjeux à protéger. Sur cette base un programme de monitoring a pu être mis en œuvre.



Figure 1: installation de suivi des poussières fines au dynamitage de la TAR (tour aéroréfrigérante) — sur site



Figure 2: installation de suivi des poussières fines au dynamitage— hors site

Les données collectées ont permis d'observer :

- L'impact des moyens de prévention mis en œuvre,
- La dynamique de propagation des poussières,
- La répartition des poussières liées aux éléments dynamités et celles liées au souffle du sol notamment,
- L'impact sanitaire éventuel pour les potagers voisins,
- La participation du dynamitage par rapport à l'exposition moyenne urbaine locale.

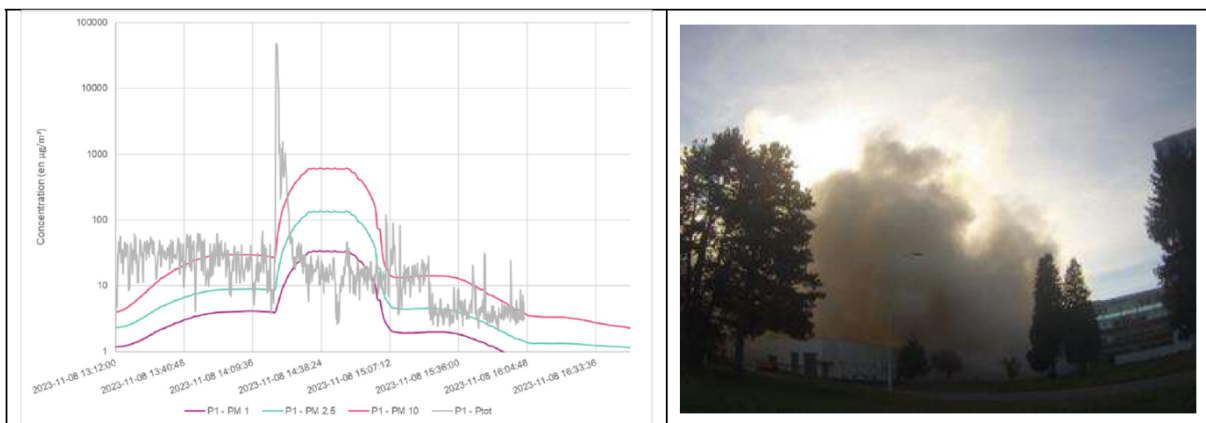


Figure 3: suivi sur site de la dynamique de propagation des poussières

Les résultats des mesures et l'interprétation sanitaire ont pu être communiqués à l'administration qui suit la mission depuis la définition de l'étude d'incidence via une réunion de cadrage. L'étude a pu satisfaire les attentes du client et de l'administration dans un délai de réalisation extrêmement contraint pour l'étude préalable et l'intervention de terrain incluant un état initial à réaliser avant le dynamitage dont la date était imposée par le projet.

Les moyens mis en œuvre permettent de définir des opportunités de suivi sur des travaux à venir et d'optimisation du monitoring.

Dans le cadre de la mission, les conclusions ont pu valider un dynamitage réussi, avec la maîtrise des impacts et l'absence de risques sanitaires pour les populations voisines. La cinétique de déplacement des poussières a pu être étudiée grâce aux capteurs mis en œuvre dans l'étude ainsi qu'aux divers enregistrements vidéo et drone de l'intervention. L'interprétation des résultats a pu être réalisée sur des distances, des vitesses d'impact, l'efficacité des systèmes en place et une comparaison par rapport à la situation moyenne des jardins potagers voisins.

La présentation reprendra les principaux éléments de dimensionnement du programme de suivi sur et hors site ainsi que les retours d'expérience en termes d'une part des impacts mesurés et d'autre part de la comparaison avec les impacts estimés dans l'étude d'incidence préalable.

Presentation:

Dr Mario NERVA

Environmental Laboratory Director

Merieux NutriSciences Italy

mario.nerva@mxns.com

Retour d'expérience du développement d'une méthode analytique OTM50 sur la quantification des composés fluorés (PFAS) volatils avec un prélèvement sur canister

Aujourd'hui il n'existe pas de méthodes standardisées pour quantifier les composés fluorés dans l'air. Néanmoins une méthode américaine a été mise en place l'OTM45 pour prélever et identifier 49 PFAS dans les rejets atmosphériques. Les chaînes courtes de PFAS ne sont pas représentées dans la recherche de ces composés et une nouvelle méthode a été mise en place : l'OTM50.

Une liste de 30 molécules a été établie sur la base de produits industriels connus et de produits de dégradation. Le Laboratoire Mérieux NutriSciences se propose de faire son retour d'expérience sur le développement de cette méthode: application, portée, sensibilité, interférences.

Feedback from the development of an OTM50 analytical method for the quantification of short-chain PFAS using canister sampling

Today there are no standardized methods for quantifying fluorinated compounds in the air. However, an American method has been implemented, OTM45, to sample and identify 49 PFAS in atmospheric emissions. The short chains of PFAS are not represented in the search for these compounds and a new method has been implemented: OTM50.

A list of 30 molecules was established on the basis of known industrial products and degradation products. The Mérieux NutriSciences Laboratory intends to provide feedback on the development of this method: application, range, sensitivity, interference.

OLGA hOlistic & Green Airports : Détermination des sources d'émission de COV et aérosols sur la plateforme aéroportuaire Roissy-CDG

OLGA hOlistic & Green Airports: Identifying sources of VOC and aerosol emissions at the Roissy-CDG airport

Joris LEGLISE – Expert scientifique
j.leglise@addair.fr – Tel : 09.86.22.20.30

Mots-clés : Aéroport, sources d'émission, COV, aérosols
Keywords: Airport, emission sources, VOC, aerosols

J. Leglise¹, E. Chopard¹, A. Marpillat¹, S. Missoum², Y. Long², C. Nicolet-Chanal², L. Bourdon², S. Verlhac²

¹ADDAIR, Buc, France

²Groupe ADP, Tremblay-en-France, France

Résumé technique

Le projet OLGA est un projet européen réunissant 58 parties prenantes de l'industrie, des fournisseurs de technologie, des universitaires, de régulateurs et d'associations, dans l'objectif de démontrer l'impact des innovations et des concepts environnementaux à l'échelle d'une plateforme aéroportuaire. L'aéroport de Roissy-CDG est le premier aéroport français et le second européen en termes de trafic passagers avec 36,7 millions sur l'année 2023. Si les vols sont responsables d'une partie des émissions de polluants, le fonctionnement intrinsèque de la plateforme aéroportuaire est une source importante de pollution atmosphérique, que ce soit en composés organiques volatils (COV) ou en aérosols, et peuvent impacter un grand nombre de personnes. Afin de caractériser cette pollution, plusieurs campagnes de mesure sont organisées depuis 2022 sur une durée totale de 5 ans au niveau de deux stations, l'une en bout de piste du doublet nord (Site DN), l'autre au centre de la plateforme (CTFE).



Tableau 1 : Récapitulatif des campagnes menées jusqu'à présent.

Campagne	Localisation	Période
C1	Site DN	Mai 2022 – Août 2022
C2	CTFE	Février 2023 – Mai 2023
C3	Site DN	Octobre 2023 – Janvier 2024
C4	Site DN	Juillet 2024 – Octobre 2024

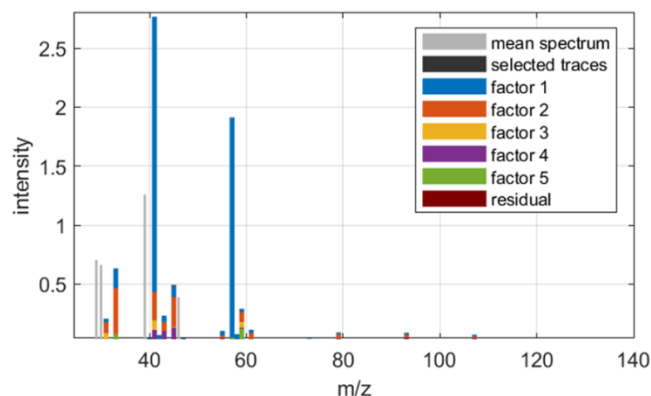
Le parc instrumental déployé fournit ainsi des informations sur les concentrations en NO_x, PM, BC, et particules ultrafines (PUF). Par ailleurs, un PTR-TOFMS est également installé pour identifier et quantifier les COV émis ainsi que la composition chimique de l'aérosol submicronique.

L'aéroport Roissy-CDG est impacté par plusieurs sources potentielles, dont la plateforme elle-même, mais également le trafic routier, les émissions urbaines de la région Ile-de-France et les émissions agricoles. Par le couplage de ces différents instruments de mesure, des données météorologiques ainsi que des informations relatives aux mouvements avion, l'objectif est de suivre les proportions relatives de ces sources d'émission et d'évaluer l'impact des mesures environnementales implémentées. Dans un premier temps, les campagnes de mesures permettront de réaliser un état des lieux de l'empreinte chimique de Roissy-CDG et de dériver des traceurs caractéristiques de certaines sources d'émission. Trois campagnes ont eu lieu depuis 2022 et dont les données sont actuellement en cours d'analyse. Néanmoins, des premières observations peuvent être dressées en ce qui concerne ces sources d'émission et seront présentées ici. Dans un second temps, le suivi de ces traceurs permettra d'évaluer l'évolution des sources d'émission au niveau de la plateforme aéroportuaire.

Mesures PTR-TOFMS et Non-negative Matrix Factorization

Un spectromètre de masse à transfert de protons, couplé à un module de thermodésorption des aérosols est déployé sur toute la durée du projet. Cet instrument mesure de façon séquentielle et automatisée la phase gazeuse ainsi que la phase condensée de l'air ambiant. Cette technologie permet de mesurer une fraction importante des COV présents dans l'air et, grâce à sa résolution massique élevée ($> 6000 \text{ m}/\Delta\text{m}$) de pouvoir identifier les molécules mesurées. Plusieurs centaines de composés sont mesurés et quantifiés, permettant ainsi d'identifier les principales sources d'émission des polluants. Pour ce faire, nous avons utilisé un outil de factorisation de matrices non négatives (NMF) sur les données gaz et aérosols et sur deux périodes de mesure : du 15 au 30 Mai 2023 (Campagne C2 – Site CTFE) et du 01 au 14 Décembre 2023 (Campagne C3 – Site DN).

Pour les données aérosol, le diamètre de coupure inférieur d'analyse de l'instrument utilisé est de 150 nm, ce qui empêche en partie de capturer la fraction provenant des réacteurs d'avion, les aérosols étant émis par ce type de combustion ne mesurant que quelques dizaines de nm. D'autres sources d'émission impactent cependant la qualité de l'air au sein de Roissy-CDG. Ainsi, pour la campagne C3, un des facteurs principaux est la combustion de biomasse imputé au chauffage résidentiel notamment. En ce qui concerne les données gaz, le facteur le plus important est en revanche lié aux émissions des avions, comme le montre la figure ci-dessous.



En effet, les masses 41.035 et 57.070 Th sont respectivement attribuées au C_3H_4^+ et C_4H_8^+ , qui sont des fragments d'hydrocarbures. D'autres facteurs d'émissions sont identifiés pour les phases gazeuses et particulaires.

PROJET AÉROSOLS - QUALITÉ DE L'AIR ET IMPACT SUR LA SANTÉ DES PARTICULES PRIMAIRES SEMIVOLATILES ET SECONDAIRES, ET LEUR RÉDUCTION

Mickaël LEBLANC, Chargé de R&I
IFP Energies nouvelles, Rond-point de l'échangeur de Solaize, 69360 Solaize, France
Institut Carnot IFPEN Transports Energie
mickael.leblanc@ifpen.fr

Authors: Mickaël LEBLANC¹, Soheil ZERAATI-REZAEI², Fotis KATSAROS³

¹ IFP Energies nouvelles, Rond-point de l'échangeur de Solaize, 69360 Solaize, France ; Institut Carnot IFPEN Transports Energie

² Department of Mechanical Engineering, School of Engineering, University of Birmingham, Edgbaston, Birmingham, B15 2TT, United Kingdom

³ Institute of Nanoscience and Nanotechnology, NCSR "Demokritos", Patr. Gregoriou E' & 27 Neapoleos Str, 15341 Agia Paraskevi, Athens, Greece

Mots clés : Emissions primaires et secondaires, composés organiques volatiles, Aérosols organiques secondaires, particules, transports routiers, émissions en conditions réelles, qualité de l'air, santé

Abstract :

Le projet AEROSOLS ("Qualité de l'air et impact sur la santé des particules primaires semi-volatiles et secondaires, et leur réduction") est un projet d'une durée de 36 mois, ambitieux et multidisciplinaire financé par l'Union Européenne et le UK Research and Innovation (UKRI). Les partenaires du consortium sont l'université de Birmingham (UK), Le centre national pour la recherche scientifique "Demokritos" (Grèce), IFP Energies Nouvelles (France), l'université d'Oslo (Norvège), Airmodus Oy (Finlande), Le bureau fédéral de l'environnement (Allemagne), Ionicon Analytik (Autriche) et l'université de Nottingham (UK).

AEROSOLS vise à définir des méthodologies de mesure et de modélisation robustes et transparentes, afin de quantifier les émissions primaires et secondaires volatiles/semi-volatiles (V/S-V) actuellement négligées, ainsi que les risques associés. En outre, des mécanismes technologiques et législatifs de surveillance/réduction seront proposés pour contrôler ces émissions et contribuer à améliorer la qualité de l'air et la santé publique. Ceci sera réalisé via :

- Une quantification de la formation, de la réduction et de la dynamique des émissions V/S-V du véhicule en conditions réelles (RDE) sur route et en laboratoire à l'aide d'instruments et de méthodologies innovantes,
- Une caractérisation des mécanismes de formation d'aérosols secondaires et d'évolution atmosphérique à l'aide d'instruments avancés (par exemple pour des particules aussi petites que 1 nm), de méthodologies et de modélisation pour fournir des preuves scientifiques du rôle des précurseurs,
- En catégorisant et hiérarchisant avec l'aide de l'intelligence artificielle, les composés constitutifs des émissions primaires et secondaires, en fonction de leur impact sur la santé (en utilisant des tests in vitro/vivo), de l'évaluation du cycle de vie (ACV) et des risques environnementaux et sociaux associés.

Des recommandations seront finalement fournies aux parties prenantes et aux décideurs législatifs/politiques, alors que des propositions seront formulées pour améliorer les normes et réglementations, et par conséquent la qualité de l'air. Le soutien des parties prenantes et des partenaires accélérera la transition vers une société/économie plus propre et neutre pour le climat.

Remerciements :

Cette recherche a été financée par le programme de recherche et d'innovation Horizon Europe de l'Union européenne dans le cadre du projet AEROSOLS dans le cadre de l'accord de subvention n° 101096912 et par UK Research and Innovation (UKRI) dans le cadre de la garantie de financement Horizon Europe du gouvernement britannique [n° 10092043 et 10100997].

AEROSOLS PROJECT - AIR QUALITY AND HEALTH IMPACT OF PRIMARY SEMIVOLATILE AND SECONDARY PARTICLES, AND THEIR ABATEMENT

Key words: Primary and Secondary Emissions, Volatile Organic Compounds, Secondary Organic Aerosols, Particle, Road transport, Real Driving Emissions, Air quality, Health

Abstract:

The AEROSOLS project (Air quality and health impact of primary semi-volatile and secondary particles and their abatement) is a 36-months timely, ambitious, and interdisciplinary project funded by European Union and UK Research and Innovation (UKRI). The consortium partners include University of Birmingham (UK), National Center for Scientific Research "Demokritos" (Greece), IFP Energies Nouvelles (France), University of Oslo (Norway), Airmodus Oy (Finland), Umweltbundesamt (Germany), Ionicon Analytik (Austria), and University of Nottingham (UK).

AEROSOLS aims to define robust and transparent measurement and modelling methodologies to quantify the currently disregarded volatile/semi-volatile (V/S-V) primary and secondary emissions, and their associated risks. Furthermore, technological and legislative monitoring/abating mechanisms will be proposed to control these emissions in order to help improve air quality and public health. This will be achieved by:

- Quantifying V/S-V emissions formation, abatement and dynamics within the vehicle system under real driving emissions (RDE) testing conditions on roads and in labs utilising innovative instrumentations and methodologies,
- Characterising secondary aerosol formation and atmospheric evolution mechanisms employing advanced instrumentations (e.g. for particles as small as 1nm), methodologies and modelling to provide scientific evidence of the precursors' role,
- Categorising ('taxonomising') and prioritising (assisted by Artificial Intelligence) primary and secondary emissions compounds based on their health impact (by employing in vitro/vivo testing), environmental/social life-cycle-assessment (LCA) and risk.

Advocacy information will be provided to the stakeholders and legislation/policy makers and proposals will be made for improving the standards/regulations, and consequently the air quality. The support of stakeholders and partners will accelerate the transition to a cleaner and climate-neutral society/economy.

Acknowledgments:

This research was funded by the European Union's Horizon Europe research and innovation programme within the AEROSOLS project under grant agreement No. 101096912 and UK Research and Innovation (UKRI) under the UK government's Horizon Europe funding guarantee [grant numbers 10092043 and 10100997].

ETAT DE L'ART DES MODELISATIONS REGIONALES D'AMMONIAC ET DEVELOPPEMENT DE L'OUTIL WEB AGRIVISION'AIR

N. Moreau¹, L. Oddos², A. Guézengar², S. Leray¹, L. Beff², M. Le Quilleuc¹

¹Air Breizh, Rennes, France*

²Chambre d'agriculture de Bretagne, Rennes, France

Coordonnées :

N.Moreau : nmoreau@airbreizh.asso.fr – 02 23 20 90 95

Contexte et enjeu

Le projet LIFE ABAA (2021-2025) a pour objectif la réduction des émissions d'ammoniac (NH₃) d'origine agricole. Il s'inscrit dans l'engagement national du Plan de Réduction des Emissions de Polluants Atmosphériques (PREPA) de baisser de 13% les émissions d'ammoniac entre 2005 et 2030. L'ammoniac étant d'une part une forme de l'azote et d'autre part un précurseur de particules fines, la réduction de ses émissions a pour but de préserver la valeur fertilisante des engrais et d'améliorer la qualité de l'air ambiant.

Dans ce contexte, l'action modélisation du projet se concentre sur deux volets : tout d'abord, elle réalise un état de l'art des modélisations régionales d'ammoniac existantes. Cette analyse critique permet de comprendre les méthodologies actuelles, leurs points forts et leurs limites. En parallèle, elle mène une analyse de performance mettant à profit les données de mesure du réseau des Associations Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air (AASQA) pour évaluer la qualité de ces modèles. Le sujet de l'assimilation des données de mesures pour l'amélioration des modélisations est en cours d'étude par l'équipe modélisation du projet.

L'action modélisation a également participé, au travers de la création d'un indice de volatilisation prenant en compte les conditions météorologiques, au développement de l'Outil d'Aide à la Décision (OAD) estimant la volatilisation de l'ammoniac à l'épandage. Agrivision'air a pour but d'apporter des informations aujourd'hui méconnues via un outil simple et rapide d'utilisation à des réalisateurs d'épandage devant composer avec de nombreuses contraintes techniques et réglementaires.

Création de l'outil d'aide à la décision Agrivision'air

Méthode utilisée pour le chiffrage de la volatilisation

Utilisation de calculs et références validées pour l'impact des pratiques d'épandage

Les Facteurs d'Emission et d'Abattement (FE et FA) liés aux pratiques d'épandage sont référencés dans des sources validées et le Centre Interprofessionnel Technique d'Etude de la Pollution Atmosphérique (CITEPA) donne les formules de calcul associées. L'Équation 1 donne un exemple de cette formule pour un épandage d'engrais organique.

Équation 1 : Calcul de la quantité d'azote ammoniacal émis pour un épandage d'engrais organique selon les caractéristiques du produit et la méthode d'apport, et origine des données utilisées. ¹Saisi par l'agriculteur ; ²RMT élevage et environnement, 2019 ; ³Concept-Dig, 2019 et Ferti-Dig, en cours en 2023 ; ⁴CITEPA, 2018 ; ⁵Soenen et al., 2021 ; ⁶OMINEA, 2022

$$\text{N-NH}_3 \text{ émis (kg/ha)} = \text{Qtité produit effluent (t ou m}^3\text{/ha)}^1 * \text{teneur N-NH}_4 \text{ (g/kg)}^{1,2,3} * \text{FEproduit}^{4,5} * \text{FAMatériel}^3 * \text{FAdélai_enfouissement}^3$$

Création d'un indice de volatilisation pour estimer l'impact des conditions météorologiques.

Le but de l'Indice de Volatilisation (IV) créé est de caractériser le risque de volatilisation lié aux conditions météorologiques prévues pour la journée et les deux jours à venir. L'indice se base sur les

éléments suivants : le cycle diurne, la stabilité de l'atmosphère via la longueur de Monin-Obhukov qui décrit sa stratification, la vitesse du vent et le cumul de pluie.

Tableau 1 : Critères et seuils qui définissent l'attribution de l'indice à chaque classe de risque considérée

Classe	Faible	Moyen	Modéré	Fort
Conditions	Atmosphère stable OU Précipitations supérieures à 0.4mm	Atmosphère neutre	Atmosphère instable	Atmosphère instable ET Vent supérieur à 5m/s

L'IV ainsi produit est divisé en 4 classes de risque (faible, moyen, modéré et fort) définies par les conditions présentées sur le Tableau 1. Il est calculé à un pas de temps horaire pour chaque cellule géographique, est agrégé à l'échelle de la journée et de la commune en considérant la classe d'indice la plus représentée, puis envoyé quotidiennement vers AgrivisionN'air.

Calibration de l'impact de l'IV sur les émissions de NH₃ avec le modèle ALFAM

Pour intégrer l'IV dans le calcul de la volatilisation, la méthode a été de définir un Facteur de Modulation (FM) de la quantité d'azote volatilisé. Pour cela, le modèle ALFAM (Søgaard, 2002) a été utilisée sur des chroniques météo bretonnes pour borner le FM sur une gamme réaliste de variation de la volatilisation. Le FM est ensuite ajouté à l'Équation 1 pour intégrer l'impact des conditions météorologiques dans l'estimation de la quantité d'azote volatilisé (Équation 2).

Équation 2 : Calcul de la quantité d'azote ammoniacal émis pour un épandage d'engrais organique selon les caractéristiques du produit, la méthode d'apport et les conditions météorologiques

$$N-NH_3 \text{ émis (kg/ha)} = \text{Qtité produit effluent (t ou m3/ha)} * \text{teneur N-NH}_4 \text{ (g/kg),} * F_{E\text{produit}}, * F_{A\text{matériel}} * F_{A\text{délai_enfouissement}} * F_{M\text{indice_volat}}$$



Indicateurs et synthèses annuelles pour mieux qualifier l'estimation de la volatilisation

Le résultat de la simulation donne : la quantité d'N-NH₃ volatilisé, un indicateur lié à la part d'azote perdue par rapport à l'azote apporté (efficacité de la fertilisation), un indicateur sur l'efficacité du matériel et délai d'enfouissement, et un indicateur météo qui traduit directement la classe de risque de l'IV. L'ensemble de ces informations, ainsi que l'accès à des synthèses annuelles sur la bases des interventions enregistrées, permettent à l'utilisateur d'agir à court terme (décaler la date d'intervention, changer de matériel ou de délai d'enfouissement) ou de prendre connaissance des moyens à mettre en œuvre à plus long terme (achat de matériel plus performant, travail sur l'organisation des chantiers d'épandage) pour réduire la volatilisation.

Figure 1 : Exemple de résultat d'une simulation d'épandage sur une des trois journées données.

État de l'art des modélisations régionales d'ammoniac existantes

Les modélisations régionales produisent de nombreuses données sur les concentrations d'ammoniac. Cependant, leurs performances dans la région Bretagne n'ont pas été étudiées. L'un des axes de l'action de modélisation a été de rassembler un historique de ces données afin de les comparer entre elles d'une part, et aux mesures produites par les AASQA du réseau ATMO France d'autre part. Cette analyse prépare également le second grand axe du projet, à savoir l'assimilation de ces données de mesures.

Amélioration des modélisations régionales et prévision statistique.

Les données de mesures produites par le réseau de mesure d'Air Breizh ont été utilisées afin d'améliorer les résultats des modélisations régionales. Une méthode d'assimilation des données de mesure a donc été mise en place dans le cadre du projet ABAA. Dans un second temps, cette méthode d'assimilation est couplée avec de la prévision statistique afin de produire une prévision horaire améliorée des concentrations d'ammoniac en Bretagne.

Sources :

- CITEPA (2018), Inventaire des émissions de polluants atmosphériques en France au titre de la convention sur la pollution atmosphérique transfrontalière à longue distance et de la directive européenne concernant la réduction des émissions nationales de certains polluants atmosphériques
- OMINEA (2022), BDD édition 19.1
- RMT élevage et environnement (2019), Brochure Valorisation des effluents d'élevage et environnement
- Soenen B., Henaff M., Lagrange H., Lanckriet E., Schneider A., Duval R. et Streibig J-L. (2021), Label Bas Carbone, Méthode Grandes Cultures, Version 1.1. LBC_MethodeGC_Annexe03_referentiel engrais
- Sørensen H. T., Sommer S. G., Hutchings N. J., Huijsmans J. F. M., Bussink D. W., et Nicholson F. (2002). Ammonia volatilization from field-applied animal slurry- the ALFAM model. Atmospheric Environment 36, 3309-3319.

MAVERIC (Miniaturized Autonomous and VERsatlle gas Chromatograph): Développement d'un chromatographe en phase gazeuse GC basé sur un détecteur innovant NGD (Nano-Gravimetric-Detector)

Dr. Malak RIZK-BIGOURD
Ingénieure de recherche CNRS – LATMOS
11 Boulevard d'Alembert - 78280 Guyancourt, FRANCE
malak.bigourd@latmos.ipsl.fr
+ 33 (0)1 80 28 51 43

Malak RIZK-BIGOURD¹, Cécile GAIMOZ², Eric COLINET³, Jean-Pierre PINEAU¹, Vincent GUERRENI¹, Vivien TRANIER¹, Fabrice BERTRAND¹, David COSCIA¹, Anaïs FERON⁴, Michel CABANE¹, Cyril SZOPA¹, Patrice COLL⁴, Agnès BORBON⁵, François RAVETTA¹

¹LATMOS/IPSL, UVSQ Université Paris-Saclay, Sorbonne Université, CNRS, 11bd d'Alembert, 78280 Guyancourt, France.

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

³Apix Analytics, Miniparc Polytec, Immeuble Tramontane, 60 rue des Berges, 38000 Grenoble, France

⁴Université Paris Cité and Univ Paris Est Creteil, CNRS, LISA, F-75013 Paris, France

⁵Université Clermont Auvergne, Laboratoire de Météorologie Physique, OPGC/CNRS UMR 6016, 63000, Clermont-Ferrand, France

Les Composés Organiques Volatils COV ont un impact avéré sur la santé humaine et la qualité de l'air. Mesurer de façon autonome, en réseau, et sur des temps longs, la partition entre composés biogéniques et anthropiques permettrait de mieux estimer leurs sources et de mieux contraindre la réactivité des masses d'air. De plus, le développement d'analyseurs miniaturisés, autonomes, robustes et ayant une faible consommation de gaz pour l'analyse des COV dans des environnements extrêmes ou peu accessibles est une nécessité.

L'analyseur MAVERIC a été développé dans ce contexte et repose sur un transfert de technologie du chromatographe spatial développé pour la mission MSL (*Mars Science Laboratory*). Il s'agit d'un GC portable de 10 Kg, autonome et versatile (Figure 1). Le système est formé d'un piège amovible, d'une colonne capillaire et d'un détecteur innovant NGD (Nano Gravimetric Detector, APIX Analytics) basé sur un dispositif de résonance nanométrique en technologie NEMS (Nano Electro Mechanical System). Le système fonctionne uniquement avec l'hélium comme gaz vecteur et avec un débit de 2 mL.min⁻¹.

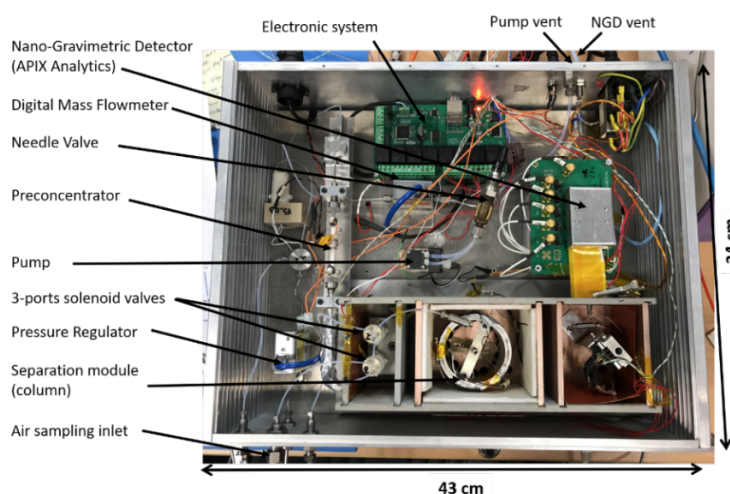


Figure 1: Photo de l'instrument MAVERIC avec les différents modules.

Une optimisation des conditions de fonctionnement de l'analyseur a été réalisée au laboratoire en déterminant le volume de saturation du piège et le volume maximal d'air à échantillonner (70% du volume de saturation). Les différents tests ont permis de déterminer un débit d'échantillonnage optimal de 65 mL.min⁻¹ pour une durée de 10 min. Les limites de détection (LOD) de l'analyseur ont ensuite été déterminées par une analyse d'un mélange gazeux étalon contenant différents COV allant de C₅ à C₉ (fourni par NPL) à une concentration d'environ 4 ppb (± 2%). Les limites de détection déterminées expérimentalement varient entre 0,3 ppb pour le 1,3,5-Triméthylbenzène (1,3,5-TMB) et de 1,75 ppb pour le benzène avec une durée totale d'analyse de 20 minutes environ (Figure 2).

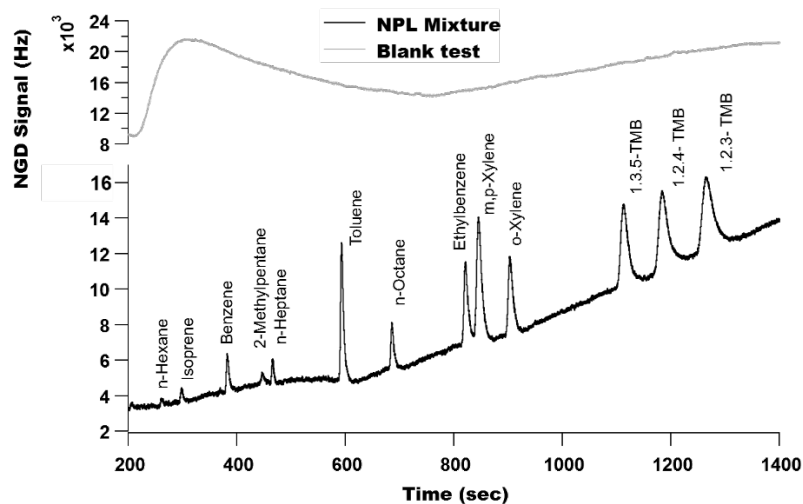


Figure 2: Chromatogramme obtenu avec l'instrument MAVERIC en analysant un mélange gazeux étalon (NPL).

L'instrument MAVERIC a été ensuite étalonné avec un mélange de 13 COV ayant des concentrations entre 10 et 300 ppb. Les mesures expérimentales montrent une très bonne répétabilité sur un échantillon de 21 mesures avec un coefficient de variation maximal de 0,14% pour le temps de rétention, 5% pour la largeur à mi-hauteur des pics et de 5,1% pour l'aire des pics. MAVERIC montre également une très bonne linéarité des mesures (entre 4 et 300 ppb) avec un coefficient de corrélation allant de 0.9922 à 0.9984. Enfin, une seconde génération du détecteur NGD a été testée et les résultats obtenus montrent une meilleure sensibilité avec un facteur allant de 2,2 pour le n-pentane à 12 pour le n-décane.

Pour conclure, l'instrument MAVERIC est robuste, portable et adapté à des campagnes de mesures de longue durée dans des environnements difficilement accessibles ou dans des conditions extrêmes. Des travaux seront réalisés dans le futur pour comparer ses performances avec des instruments de référence et dans des conditions réelles.

Key Words: Miniaturized Gas Chromatograph, Volatile Organic Compounds, NEMS, Nano Gravimetric Detector NGD.

Prédiction aveugle de la concentration d'odeurs dans les processus de désodorisation d'une station d'épuration des eaux usées à l'aide du nez électronique et de l'olfactométrie dynamique

Isabelle Crosnier^a , Assia Nevers^b, Fida Maalem^c , Madani Diallo^d , Fabien Siino^e , Vincent Bourges^f , Fatma Ayouni^{*} , Jean-Christophe Mifsud^{*} .

^{a, b, c, d, e, f} SIAAP Direction Environnement, Service Maitrise de l'Impact

^{*}ELLONA , 3 Avenue Didier DAURAT 31400 Toulouse, France

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

Le SIAAP (Syndicat Interdépartemental de l'Assainissement de l'Agglomération Parisienne) a souhaité évaluer la capacité des nez électroniques à prédire avec une bonne précision la concentration d'odeurs sur la base d'un entraînement à la méthode de référence utilisant la procédure d'olfactométrie dynamique (EN 13725 : 2022) dans un environnement variable comme les sources de désodorisation. Ce projet montre comment l'optimisation avec un entraînement réduit permet d'atteindre 90 % de prédiction correcte du niveau d'odeurs à partir d'échantillons aveugles collectés dans des sources canalisées.

Les IOMS (WT1) ont été déployés dans l'armoire du séchoir Ellona à la sortie des unités de désodorisation et l'air brut a été échantillonné en temps réel. La formation des analyseurs consiste à quantifier les émissions d'odeurs des sources avec des données d'olfactométrie dynamique pendant 5 jours de campagne sur une période de 3 mois.

Le déploiement du matériel, la méthode de formation, le protocole et l'optimisation du signal sont présentés avec un pipeline de données allant de la collecte des données à la modélisation avec la plateforme IOT utilisant des statistiques multivariées. Un modèle de régression linéaire (PLS) permet de construire des courbes d'étalonnage pour les deux sites étudiés ($R^2 > 0,93$) et de valider la corrélation instrumentale avec les scores d'olfactométrie afin d'implémenter l'algorithme dans les nez électroniques pour la surveillance des nuisances olfactives. Après l'étape d'apprentissage, les perspectives de réalisation d'un suivi en temps réel prenant en compte les opérations à la source, les nuisances olfactives et les gaz aux points d'émission sont discutées avec la prévision de l'impact des odeurs sur les émissions afin de contrôler les opérations et d'améliorer l'étude de l'environnement.

The combined integrated combustion technology for the simultaneous reduction of NO_x and combustible gaseous compounds in biomass boilers

Authors: Souha Merice¹, and Mohammad Aleysa¹

¹Fraunhofer-Institute for Building Physics, Department of Combustion and Environmental Technology, Nobelstr. 12, 70569 Stuttgart /Germany.

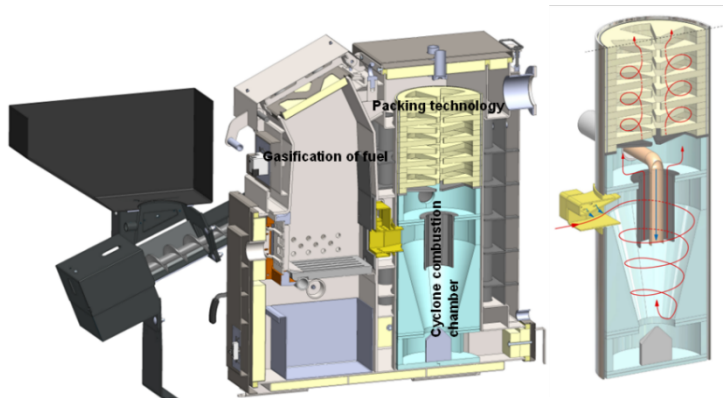
The growing use of biomass for energy must not result in increased harmful pollutant emissions, nor should it compromise the sustainability of biomass, particularly given the current shortage of energy resources. There is a rising awareness of the need for new concepts and modern biomass combustion technologies that can ensure both economic viability and environmental sustainability in energy production.

The Combined Integrated Combustion Technology (CIC-Technology) is a multi-stage combustion system with an integrated flue gas treatment technology consisting of two units: the cyclone combustion chamber as a NO_x reduction zone and the packing technology as a main thermal treatment step for the reduction of combustible organic gaseous compounds. The CIC-Technology can be regarded as a primary measure that functions as a downstream gas cleaning system within the combustion chamber, positioned before the heat exchanger. It is specifically designed for the thermal utilization of different kinds of biomass in automatically charged biomass boilers, particularly for low-quality wood chips (in comparison to ISO wood chips of DIN EN ISO 17225-4). Furthermore, CIC-Technology can handle a wide range of biogenic fuels classified under fuel numbers 8 and 13 of the 1.BImSchV / paragraph number 3, such as straw and green cuttings from landscaping and forest residues. The multi-stage combustion allows for precise air supply across the three steps and optimizes combustion conditions by expanding the active reaction zones in both the reduction and oxidation chambers over the different phases of operation. This ensures that the main combustible pollutant emissions (CO, OGC and fine dusts), as well as NO_x emissions, are significantly reduced.

According to the concept of the CIC-technology, the combustion process occurs through multi-stage combustion of the fuel in three separate combustion chambers, designed to reduce not only the main combustible pollutant emissions (CO, OGC and fine dust) but also NO_x emissions. These stages are: The gasification chamber, the reduction zone in the form of the cyclone combustion chamber and the oxidation zone in the form of packing technology with ceramic plates. In the gasification chamber, the solid fuel is continuously fed and converted into fuel gas with better combustion properties. The produced fuel gas is then introduced into the reduction zone, where secondary air is slightly supplied with a lambda value of 0.8 - 0.9 into the cyclone combustion chamber, creating a reduction zone that minimizes NO_x formation. In this zone, NO_x precursors, including NH-, CN- and CH- and N-radicals, will react in the first stage of fuel gas combustion to form molecular nitrogen N₂. Additionally, the already formed NO can also act as an oxidant for unburned substances such as CO, H₂ and C_nH_m and is further reduced to N₂ under reducing conditions, with temperatures between 800°C and 1100 °C, a Lambda-value (λ) of 0.8 -0.9, and a residence time of at least 0.3 seconds. This results in significantly lower NO_x emissions. Next to that, the other organic combustible gas components (CO, OGC and soot) are subsequently oxidized under the surplus supply of tertiary air, ensuring that excess air in the flue gas is maintained at 6 % - 8 % by volume.

A key advantage of CIC-Technology is its ability to operate in three distinct combustion configurations: classic direct combustion, classic two-stage combustion (where the fuel gas produced in the gasification chamber undergoes single stage of combustion) and three-stage combustion (where the fuel gas produced in the gasification chamber undergoes two stages of combustion).

Figure 1: The technical realization of CIC-Technology in an automatically biomass boiler of a thermal output of up to 75 kW.



Experimental methodology

The CIC-technology was investigated in automatically charged biomass boilers with a thermal output of up to 75 kW, based on a design study conducted in accordance with the standard DIN EN 303-5 and the Machinery Directive 2006/42/EG. The complete test setup, including the biomass boiler with the combined integrated combustion technology, was manufactured by HDG Bavaria as a prototype for research purposes. The packing technology, which serves as the main thermal treatment stage, was developed and produced in various designs by TONA Tonwerke Schmitz GmbH. The basic configuration of both

the cyclone combustion chamber and the packing technology was developed through arithmetic modelling, taking into account the key boundary conditions and relevant operational parameters.

Various experimental investigations were conducted using wood chips with different combustion characteristics to evaluate the functionality and the effectiveness of the CIC-technology. Initially, the stability of combustion process and its behavior were studied to assess the concept's effectiveness in biomass boilers. Then, the function and the system operating limits of the test boiler were determined in terms of optimal operating conditions for combustion control, minimum draft pressure, and thermal output range. Additionally, the controllability of the combustion process and the performance of the combined air supply system - comprising primary, secondary, and tertiary air suppliers- were examined across different modes of operation (classic direct combustion, gasification with one-stage fuel gas combustion and gasification with two-stage fuel gas combustion). In these tests, a combined combustion air supply system was used in the test boiler. While a passive air supply system using a motor-controlled damper was implemented solely for the supply of primary air, an active air supply system in the form of pressure blowers was used for the supply of secondary and tertiary air. Typically, the air damper operation is supported by the exhaust gas draft system, which creates a negative pressure to expel flue gases from the system. In contrast, the air blowers operate independently of draft pressure in the exhaust gas stack, allowing for rapid adjustments in air supply by modifying the rotational frequency of the blower.

To evaluate the functionality of CIC-technology, as well as its combustion and emission behavior, a variety of measuring systems with different configurations were employed during the experimental study. Exhaust gas analysis and the measurement of its various gas components (emissions concentrations) were conducted in accordance with DIN EN 303-5, using exhaust gas samples taken from the exhaust gas pipe connected to the test boiler. Meanwhile, the courses of flue gas temperatures and pressure drops throughout the different parts of the test boiler were determined in the exhaust gas pipe and the different regions of test boiler using thermocouples and pressure gauges. The volume flow rate was also measured in the exhaust gas pipe using impeller counter.

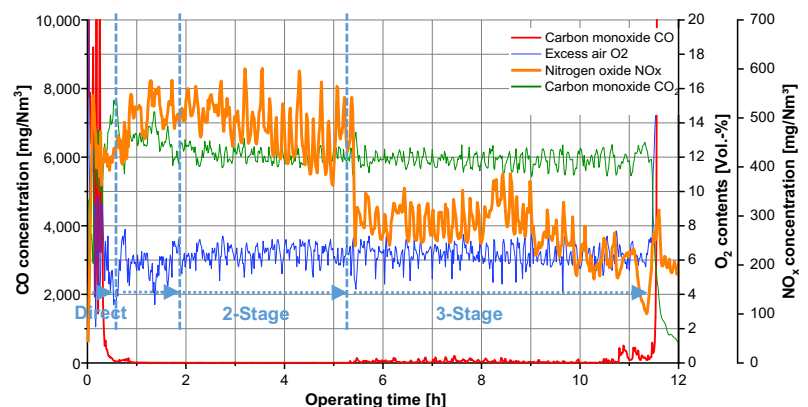
The primary focus of this experimental study was the investigation of this test boiler for the reduction of fine dust and the main gaseous emissions, in line with the German and European requirements outlined in (EU) 2015/1189. For this purpose, comprehensive measurements of dust and gaseous pollutants emissions were conducted, particularly for CO, NO_x, OGC and particulate matters, using both high- and low-quality wood chips. The reduction of NO_x at both low and high nitrogen oxide levels was specifically investigated. To intentionally increase the nitrogen content of the fuel used, green cuttings and straw pellets were mixed with wood chips in predefined ratios to raise NO_x emissions level.

Summary and Results

Based on the results obtained, CIC-technology demonstrated stable operational behavior with high power modulation over extended period. The German requirements of the 1.BImSchV for CO and total fine dust as well as the European Commission regulation of Eco-design Directive (EU) 2015/1189 for CO, OGC, NO_x and fine dust were completely complied with when high- and low-quality wood chips were used. Moreover, critical combustion phases, such as the start-up, burnout, and partial load operating phases, where emissions tend to increase, were significantly shortened (by approximately 40 % to 60 %) due to the high modulation capability of the system's thermal power. For standard and commercial wood chips, less than 20 mg/Nm³ of carbon monoxide were observed during regular operation phase. Also, almost no detectable levels of OGC were present in the exhaust gas for both types of wood chips.

In addition, the reduction of NO_x emissions was specifically investigated in the test boiler at relatively higher nitrogen oxides by using fuel with higher nitrogen content. In this context, the performance of CIC-technology was assessed during the combustion of commercial wood chips mixed with straw pellets, where three equal portions of commercial wood chips were combined with one portion of straw pellets. NO_x emissions averaging of 517 mg/Nm³ were measured during classic direct combustion. This was slightly reduced to approximately 473 mg/Nm³ in two-stage combustion. However, when three-stage combustion of the CIC-technology was implemented, NO_x emissions were significantly reduced to 270 mg/Nm³. This represents a total NO_x reduction efficiency of up to 50 % and up to 43 % compared to classic two-stage combustion, see figure 2.

Figure 2: Courses of NO_x, CO, and O₂ concentrations during the combustion of a mixture of straw pellets and commercial wood chips for the respective mass ratio 1:3 in the test boiler.



Depending on the nitrogen content of the fuel used, a remarkable reduction in NO_x emissions in the range of between 35 % and 48 % of the total NO_x emissions was achieved compared to conventional biomass boiler operating under the direct combustion principle. Here, it applies: the higher the nitrogen content, the greater the reduction efficiency of NO_x emissions will be.

A noticeable reduction in fine dust emissions of about 75 % was observed with CIC-Technology compared to classic automatically charged biomass boilers, which - without the use of filters - typically exhibit higher fine dust emissions ranging from 40 mg/Nm³ to 90 mg/Nm³, depending on the fuel properties. A remarkable achievement was noticed in terms of particulate matters in the size of 2.5 micrometers and less in the turbo-modules of the packing technology, where concentrations of around 10 mg/Nm³ were measured, representing a reduction of around 45 % by mass compared to the case without packing technology. In addition, dust concentrations remained consistently below 20 mg/Nm³ in real operation and well below 14 mg/Nm³ in controlled test bench conditions.

The most significant achievement regarding emissions is presented in Table 1, which shows averages calculated over the regular operating phase of each mode of operation and the respective fuel used.

Table 1: Emissions and combustion gas products averaged over the regular operating phase of the respective mode of operation using different kinds of fuel.

Parameter		Mode of operation	Averaged emissions and gaseous products according to (EU) 2015/1189					Total fine dust
			O ₂	CO ₂	CO	OGC	NO _x	
Unit		--	[Vol.-%]		[mg/Nm ³]			
Limit @10% O ₂		--	--	--	500 ⁽¹⁾	20	200 ⁽²⁾	40
Fuel type	High-quality wood chips	2-stage	6.4	14.0	16	< 5	200	10
	Commercial wood chips	2-stage	7.9	13.1	8	< 5	215	15
		3-stage	8.0	13.0	16	< 5	138	
	Commercial wood chips + green cuttings	2-stage	7.8	13.2	39	< 5	454	33
		3-stage	8.1	12.9	83	< 5	269	
	Commercial wood chips + straw pellets	2-stage	8.7	12.3	7	< 5	491	36
3-stage		9.2	11.8	54	< 5	271		

⁽¹⁾ The threshold of CO-emissions for fuel number 8 and 13 according to 1.BImSchV/ §3 is 250 [mg/Nm³].

⁽²⁾ The threshold of NO_x-emissions for fuel number 8 and 13 according to 1.BImSchV/ §3 is 500 [mg/Nm³] for 2014 appliances and 600 [mg/ Nm³] for 2010 appliances.

The contribution of the packing technology to the overall performance of CIC-technology was investigated and compared to operation without the packing technology. A significant impact of the packing technology was observed during the cold start phase, particularly when using humid and low-quality wood chips. In this context, proper combustion conditions - characterized by a high oxidation temperature of over 850°C, a residence time of greater than 0.7 seconds, and intense turbulent flow were achieved in less than 20 minutes, despite the moisture content of the fuel used. This was largely due to the heat storage capacity of the packing technology and the specialized structure of the new plate system of the packing technology. In contrast, conventional biomass boilers typically require longer (up to two hours) to achieve stable and efficient combustion.

Finally, by reducing the main anthropogenic pollutant emissions – specifically for CO, OGC (including NMOGC), NO_x, PM₁₀ and PM_{2.5} - the combined integrated combustion technology will not only ensure compliance with national and European standards, such as 1.BImSchV and the European Commission Regulation (EU) 2015/1189 of Eco-design Directive, but will also support the national plan for achieving the Germany's emission reduction commitments under the European Directive (EU) 2016 / 2284. Furthermore, the operation of the test facility with CIC-technology resulted in very low emissions, with low excess air levels of less than 6 % - 8 % in the flue gas outlet. This led to a respective increase in the obtained boiler efficiency by 2 % - 5 % compared to a conventional modern biomass boiler of the same thermal output.

Keywords:

Biomass, low emission combustion, air quality control, energy, renewable energy

Expérimentation urbaine : comprendre les enjeux de la qualité de l'air et les flux de mobilité lors de l'aménagement urbain

Caractère innovant : combiner l'expertise de la mesure de la qualité de l'air à l'expertise de mesure et analyse des flux de mobilité

Mots clés : mobilité, ozone, particules, air extérieur, milieu urbain, santé

Objectifs : Fournir aux décideurs des informations essentielles pour favoriser une mobilité plus durable et un air plus sain.

Intervenants :

Benjamin EVAIN, Directeur Business Développement Sales & Marketing

Benjamin.evain@ecomasure.com

Ludovic PIOVESAN, Sales Development Manager

ludovic.piovesan@ecomasure.com

La qualité de l'air est un enjeu de santé publique majeur, avec plus de 4 millions de décès prématurés attribués à une mauvaise qualité de l'air chaque année dans le monde. Malgré les progrès réalisés en termes de réduction de la pollution atmosphérique, des défis persistent, notamment dans les zones urbaines densément peuplées telles que l'Île-de-France.

Le trafic routier demeure la principale source de pollution, nécessitant une action urgente des pouvoirs publics. En Île-de-France, le trafic routier est responsable de plus de 50 % des émissions d'oxydes d'azote et de presque un quart des émissions de particules fines.

Comment les pouvoirs publics peuvent s'emparer du sujet et inclure la qualité de l'air dans leurs décisions (aménagement urbain, réglementation de la vitesse) ? Ils ont besoin de connaître de manière plus clairvoyante l'incidence des actions mises en place sur la qualité, la quantité du trafic et la qualité de vie des citoyens.

Le projet est de fournir aux décideurs des données précises sur l'impact des actions d'aménagement urbain et de réglementation de la circulation sur la qualité de l'air et les flux de mobilité.

À travers une collaboration entre ECOMASURE et FLOWARE, des outils d'aide à la décision sont en voies de développement pour surveiller en temps réel les fluctuations des flux de mobilité et leur corrélation avec la pollution atmosphérique.

Expérimentation

Une expérimentation d'un an a été lancée au sein du quartier du Marnois dans la ville de Noisy-Le-Grand.

Une dizaine de capteurs de mesure de la qualité de l'air et de flux de mobilité sont installés à des endroits stratégiques. L'objectif est d'accompagner l'expérimentation urbaine de ce quartier en mesurant l'impact des changements d'aménagement urbains entrepris (sens de circulation, stationnement...) sur les flux de mobilité et par conséquent sur la qualité de l'air.

Le nouvel aménagement urbain est mis en place à la fin du troisième trimestre. Il faudra attendre la fin de l'année pour avoir les résultats de l'impact du réaménagement sur la qualité de l'air et les flux de mobilité.

Impact de l'épandage agricole de digestats de biométhanisation et de STEP sur les émissions atmosphériques de N₂O et solution de valorisation de l'azote

Pascal JACQUES, Directeur Technique - John Cockerill Europe Environnement

pascal.jacques@johncockerill.com

Tel : 0646681012

Abstract :

Les unités de digestion de biométhanisation (boues de STEP ou agricoles) génèrent des digestats riches en azote qui sont aujourd'hui majoritairement épandues. Or, la fraction azotée de ces digestats est souvent trop riche pour les sols et les cultures proches des lieux de production, et l'azote en excès se transforme en N₂O ; gaz à fort impact sur l'effet de serre. Une solution technologique est de séparer l'azote ammoniacal des autres composés, et de valoriser cet azote sous forme d'engrais, pouvant être stocké et valorisé sur un territoire plus vaste, limitant les impacts.

New air quality insights using ceilometers

Elena Garcia, Strategy and Market Development Manager – Vaisala

markus.vuolahti@vaisala.com

R. ROININEN, E. GARCIA PALLAS, Vaisala

The urban atmosphere is a complex mix of elements, including the interplay between the atmospheric boundary layer and city infrastructure. These interactions impact air pollution. Monitoring changes in the boundary layer, which controls pollutant concentrations, can provide valuable insights into pollutant levels, their movement and the associated risks to communities.

Ceilometers are known to be robust, stand-alone, and cost-effective lidar-based remote sensing instruments. Typically, ceilometers are used in aviation to detect cloud base heights. However, ceilometer attenuated backscatter profile data can be used to obtain much more.

High-quality total attenuated backscatter profiles enable atmospheric profiling, including applications of cloud, boundary-layer, and elevated aerosol layer profiling. Further developments in conventional ceilometers, such as the depolarization ratio, enables more effective sensing of the atmosphere. The depolarization ratio measurement capability enables differentiation of liquid and solid particles, which in turn enables differentiation of liquid and ice clouds, and aerosol layers like dust, forest fire smoke and volcanic ash as an example.

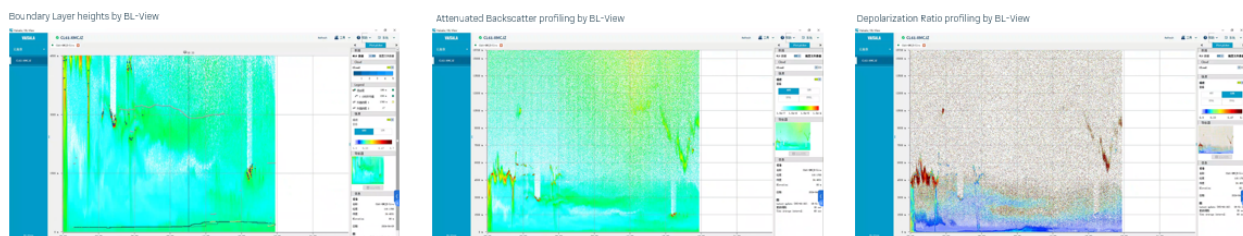
Vaisala ceilometers help cities across the United States measure, understand and mitigate air pollution

The U.S. Environmental Protection Agency (EPA) has created national and regional rules to reduce emissions of pollutants that form ground-level ozone.

The organization requires states to participate in the Photochemical Assessment Monitoring Stations (PAMS) network, the purpose of which is to measure ozone precursors in cities with at least one million residents.

Ozone precursors are primarily found in the boundary layer or mixing layer of the atmosphere, where air from the surface blends with air higher aloft. EPA requirements call for accurate detection of the mixing layer height, which is key for determining the volume of the air available for pollutant dilution and forecasting ozone formation.

After careful evaluation, the EPA found that the Vaisala ceilometer meets all of their requirements for measuring Planetary Boundary Layer studies by CL61 mixing layer height. More than 70 ceilometers monitor mixing layer height across the USA.



New insights on wildfire smoke using ceilometers

Puget Sound Clean Air Agency works to protect public health and air quality in Puget Sound on the northwestern coast of the U.S. state of Washington. Puget Sound is home to more than 4.1 million people, over half the state’s population. It is a busy and complex area - surrounding the second largest estuary in the USA and the greater Seattle urban corridor.

Many residents use wood burning stoves to heat their homes in winter. Wood smoke contains PM2.5, which can be hazardous to breathe in high concentrations. There has also been a significant increase in summer wildfires in the surrounding thick forest.

Puget Sound Clean Air uses several Vaisala ceilometers including the new CL61. The agency used this data to look at mixing layer height as well as smoke plumes.

- The CL61 provides accurate mixing layer measurement and detects smoke, dust and volcanic ash layers.
- The groundbreaking depolarization provides advanced particulate differentiation and is the first of its kind to offer this capability.
- Smoke plumes can be easily differentiated from water clouds because the smoke particles generally have small depolarizations values.

“With this information forecasters can understand the current state of the atmosphere and forecast the smoke mixing down to the surface later in the day.” The agency made the 24-hour visualization available for public view on their website where it was featured by a local news channel.

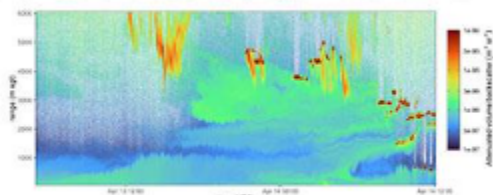
German cities and the atmospheric boundary layer

Funded by the European Research Council (ERC) and conducted by researchers at Universities of Freiburg, Reading, Stuttgart, and FORTH, ERC urbisphere is a synergistic collaboration to observe how the city affects the air as it travels across the urban areas, including the height fluctuations of the atmospheric boundary layer from rural to urban to rural areas over diurnal and annual cycles.

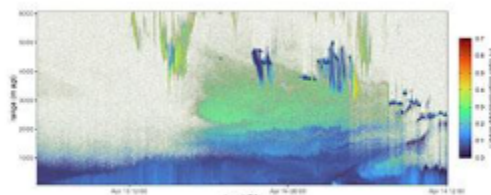
ERC urbisphere network includes five Vaisala Ceilometer CL61s and five Vaisala Ceilometer CL31s. The network detected measurable difference in boundary-layer height and aerosol characteristics between the urban and rural areas.

The ALC network also detected large-scale synoptic events during the campaign. Notably, the CL61s captured plumes of dust originating from the Saharan desert above the boundary layer.

Ceilometer CL61 boundary layer measurements



Backscatter profile of Saharan dust event, April 2022.



Depolarization profile of Saharan dust event, April 2022.

Atmospheric boundary layer dynamics are major factors influencing pollution dispersion. The high density of sensors improves understanding of local variations in weather phenomena and provides knowledge that will help air quality authorities develop and evaluate the next generation of air quality models.

intersol'2025

Congrès-Exposition International sur les Sols, les Sédiments et l'Eau
International Conference-Exhibition on Soils, Sediments and Water



Pollution des sols : peut-on vivre avec ? Vers une stratégie intégrée !

- Sous nos pieds, comprendre le sol et le sous-sol ?
- Actualités juridiques, réglementaires et normatives
- Évaluations des risques sanitaires et environnementaux
 - Gestion des pollutions : traiter ou vivre avec ?
- Stratégie intégrée pour la gestion pérenne des sols et des sous-sols
- Innovation : session jeunes chercheurs, créateurs, startups

Soil pollution: can we live with it? Towards an integrated strategy!

- Under our feet, understand the soil and the subsoil?
 - Legal, regulatory and normative news
 - Health and environmental risk assessments
 - Pollution management: treat or live with it?
- Integrated strategy for the sustainable management of soils and subsoils
- Innovation: young researchers, creators, startups session

Appel à communications / Call for papers
Deadline: December 12, 2024

www.intersol.fr

25, 26 & 27 mars 2025 – Lyon, France

En partenariat avec :
In partnership with:



Entreprises / Companies (2024)



Institutionnels / Institutional (2024)





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