

Caractérisation détaillée des mécanismes de transfert de COV à l'interface matériau-air pour le développement de modèles numériques prévisionnels de la QAI

Mots-clés : QAI, métrologie, COV, polluants, adsorption/désorption, CFD, modélisation, mécanique des fluides, ventilation.

1. Contexte

La qualité de l'air intérieur représente un enjeu de santé aujourd'hui largement reconnu. Si la qualité de l'air intérieur des principaux lieux de vie ou de travail (logements, écoles, bureaux) est d'ores et déjà bien documentée, celle des lieux de stockage et de leurs locaux de travail adjacents n'a encore été que très rarement étudiée. Or ces environnements, accueillant des personnes sur des durées relativement longues, peuvent potentiellement faire état d'un niveau de pollution important. Ils représentent donc une réelle préoccupation de santé au travail en termes d'exposition et de prévention face au risque chimique.

Quelques études, essentiellement américaines, conduites dans des enseignes de vente de détail, révèlent l'importance des sources intérieures sur les niveaux d'expositions des salariés. Les interactions entre matériaux et air intérieur y sont identifiés comme des éléments clés influençant la QAI. Les produits stockés sont généralement vus comme des sources contribuant majoritairement aux apports en COV. A ce jour, leur contribution à la QAI est intégrée dans des modèles à travers une valeur constante de leur taux d'émission, mais cette approche néglige la dynamique des émissions à l'interface des matériaux. En effet, des phénomènes nettement plus contrastés peuvent se produire : émission de COV par diffusion depuis le cœur du matériau puis désorption, piégeage de COV par adsorption, etc. Par ailleurs, les conditions environnementales (température, humidité, vitesse d'air), influencent ces échanges gaz/surface et conditionnent ainsi le comportement de matériaux en tant que sources ou puits de COV.

Dans ce contexte, l'INRS conduit une étude intitulée : « *exposition des salariés et qualité de l'air intérieur dans les espaces de stockage* » et qui comporte deux objectifs principaux :

- mieux renseigner la QAI des espaces de stockage,
- prédire et améliorer la QAI de ce type de lieux de travail.

Pour ce faire, le second objectif vise l'élaboration d'un outil de simulation des émissions et des concentrations intérieures en COV dans ces locaux de travail. Cela nécessite une modélisation des phénomènes de transfert de COV entre les différentes zones de travail afin d'y associer des indicateurs pertinents d'exposition des salariés.

2. Description du sujet de thèse

Le travail de thèse proposé nécessitera d'aborder différents aspects scientifiques :

- **La caractérisation expérimentale des paramètres régissant les phénomènes de sorption et de diffusion de COV entre la phase gazeuse et les matériaux cibles**

Cette première tâche consiste à mettre en œuvre en laboratoire, des moyens métrologiques permettant de déterminer chaque paramètre hétérogène régissant l'interaction COV/surface. Le recours à l'utilisation de cellules FLEC ou réacteurs de percée associés à des instruments analytiques permettant de renseigner la dynamique temporelle des émissions en COV, sera nécessaire. La sensibilité de l'émission et du piégeage des COV aux conditions environnementales (température, humidité, vitesse d'air, concentration en COV) sera déduite. La finalité de cette 1^{ère} tâche est de définir expérimentalement les sources d'émissions des COV qui seront intégrées aux modèles numériques de transport des polluants dans les locaux.

- **L'intégration des lois d'émissions d'adsorption / désorption dans un contexte de CFD**

La possibilité d'intégrer les modèles classiques d'adsorption / désorption dans un contexte de CFD sera étudiée. Les vérifications numériques, à ce stade, s'appuieront sur une comparaison des concentrations moyennes des polluants entre la CFD et un modèle parfaitement mélangé pour lequel des données bibliographiques existent.

De façon plus globale, un modèle CFD de transport des COV pouvant inclure différentes zones de travail sera développé. Il permettra de prédire la répartition spatio-temporelle des polluants à l'échelle d'un bâtiment.

- **La validation expérimentale de l'outil proposé dans un hall pilote.**

Un hall pilote INRS sera agencé comme un espace de stockage réel avec l'un des matériaux dont on connaîtra les lois d'émission. Ce hall pilote sera instrumenté du point de vue thermo-aéroulque (température, humidité, traçage gazeux, vitesse d'air, turbulence) pour valider le calcul de l'écoulement d'air. Il sera également équipé de dispositifs de mesure des concentrations en COV pour valider les émissions et le transport des substances chimiques dans les différentes zones de l'espace de travail. La mise en place de cet équipement expérimental fera partie intégrante du travail de thèse.

Le modèle numérique sera alors appliqué à cet espace de stockage pilote. Cette confrontation amènera possiblement à des ajustements de l'approche numérique et permettra également de définir les possibilités et les limites d'applicabilité du modèle dans un contexte de prévention.

3. Organisation

La thèse sera co-encadrée par l'IMT Lille Douai (Département SAGE) et l'INRS. Elle se déroulera sur une période de 3 ans. Le/la doctorant(e) sera basé(e) à l'INRS de Nancy et accueilli(e) à l'IMT Lille Douai (site de Douai) pour des séquences expérimentales selon un programme établi ; il/elle bénéficiera des savoir-faire et des équipements présents dans chaque laboratoire.

4. Partenaires

L'INRS est l'Institut National de Recherche et de Sécurité pour la prévention des maladies professionnelles et des accidents du travail. Le département « Ingénierie des Procédés » de l'INRS a pour mission de rechercher, d'étudier et de promouvoir des solutions de prévention en réponse aux problèmes d'exposition aux agents toxiques (gaz, aérosol liquide ou solide). Après identification et évaluation des expositions, le département recherche la solution la plus pertinente en analysant l'ensemble des processus à l'origine du problème d'exposition : mise en œuvre des produits chimiques dans les procédés, génération et émission de polluants, dispersion dans l'environnement et transfert des polluants vers l'Homme à son poste de travail. Le laboratoire « Ingénierie aéroulque » a pour mission de proposer des solutions de prévention basées spécifiquement sur la ventilation pour maîtriser l'exposition des salariés aux substances dangereuses et à la chaleur.

L'IMT Lille Douai est une école d'ingénieur généraliste et un centre de recherche. Le département « Sciences de l'Atmosphère et Génie de l'Environnement » (SAGE) est une unité d'enseignement et de recherche dont les activités scientifiques visent à une meilleure compréhension des processus physico-chimiques de génération et de transformation des polluants gazeux et particulaires. Les projets de recherche conduits au sein du département SAGE s'appuient sur une recherche fondamentale et appliquée en Sciences de l'Atmosphère. L'équipe « Réactivité et Traitement de l'Air » travaille au développement de procédés innovants d'amélioration de la qualité de l'air intérieur ainsi qu'à la compréhension des processus physico-chimiques homogènes et hétérogènes régissant la QAI.

5. Contacts

Envoyer CV et lettre de motivation à :

frederic.thevenet@mines-douai.fr

laurence.robert@inrs.fr