



Offre de thèse: Evaluation de la qualité de l'air intérieur dans les établissements d'enseignement

SUJET DETAILLE

Contexte

Dans les écoles mal ventilées, le risque d'exposition quotidienne à divers polluants est accru et représente une menace environnementale majeure sur la santé des élèves et des enseignants. Les polluants biologiques apparaissent par exemple dans des bâtiments mal isolés et mal ventilés dans lesquels humidité, condensation et moisissures apparaissent aux droits des ponts thermiques. Les polluants chimiques, principalement les Composés Organiques Volatils (COVs) tels que les aldéhydes, hydrocarbures, dérivés halogénés et terpènes se trouvent dans plusieurs types de matériaux et produits de construction du bâtiment. Les polluants physiques sont les fibres, le radon, et les particules fines et ultrafines. Ces dernières sont facilement inhalées et leurs effets néfastes sur la santé sont avérés. Ces polluants sont présents en fortes concentrations à proximité des routes et des activités industrielles.

Il est important de rappeler que le CO₂ aux niveaux de concentrations que l'on peut rencontrer dans les salles (500 ppm à 6000 ppm, selon le niveau de ventilation) n'est pas un polluant aussi dangereux que ceux cités plus haut, mais la variation de sa concentration dans les salles permet de déterminer indirectement le niveau de la Qualité de l'Air Intérieur QAI via le calcul de l'indice de qualité de l'air intérieur IIAQ [1] et de celui du confinement ICONNE [2,3]. Il faut rester néanmoins vigilant dans l'interprétation hâtive de faibles indices IIAQ et ICONNE en bonnes qualités de l'air, car très peu de recherches se sont intéressées à la présence d'agents biologiques et des substances chimiques [4] dans les salles et de leurs dégradations en sous-produits, qui même en faibles concentrations peuvent s'avérer plus dangereux que les produits sources.

En France, plusieurs campagnes de mesures des polluants atmosphériques à l'intérieur de différents établissements ont été réalisées et pilotées par l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur (OQAI). Selon leur campagne de mesures réalisée entre 2003 et 2005, l'air intérieur est 8 fois plus pollué que l'air extérieur [5]. Les pratiques d'aération dans 300 écoles et crèches analysées par l'OQAI entre 2009 et 2010, ainsi qu'une campagne nationale débutée en 2012 sur les lieux de vie fréquentés par les enfants (les piscines et patinoires couvertes) sur les polluants d'air intérieur, ont montré que les concentrations des COVs sont élevées notamment pour trois substances : l'hexaldéhyde, l' α -pinène et le limonène [6]. Ces polluants sont dus à la présence d'ossature bois, parquet, mobilier ainsi qu'aux produits d'entretien. Plus récemment, une campagne nationale sur la "Qualité de l'air et Confort dans les écoles en France" s'est déroulée de 2013 à 2017. Cette campagne a concerné 301 écoles réparties dans 31 départements dont seulement le Finistère sur le territoire breton et la synthèse des principaux résultats publiée en 2022 [7] confirme que la problématique du renouvellement d'air



insuffisant est généralisée dans les salles de classes en France et nécessite un engagement fort des pouvoirs publics à la hauteur de l'enjeu sanitaire.

Avec les rénovations énergétiques en cours des enveloppes des bâtiments et le renforcement de leur étanchéité à l'air, une ventilation non maîtrisée peut aggraver l'exposition des usagers. C'est en ce sens qu'il sera utile d'analyser les interactions entre la QAI et la performance énergétique des bâtiments scolaires et de remédier le cas échéant aux dysfonctionnements des systèmes de ventilation.

Le dispositif réglementaire qui encadre la surveillance de la qualité de l'air intérieur dans ces établissements, entré en vigueur au 1^{er} janvier 2023 repose sur :

- Un diagnostic de la qualité de l'air au moins une fois tous les quatre ans ;
- L'évaluation des moyens d'aération ou systèmes de ventilation ;
- La mise en œuvre d'une campagne de mesures de polluants réglementés à chaque étape clé de la vie des bâtiments pour évaluer le confinement d'air et l'indice de confinement.

Objectifs de la thèse

La thèse proposée sera conduite par deux laboratoires de l'Université de Rennes: l'Institut de Physique de Rennes (IPR) et le Laboratoire de Génie Civil et Génie Mécanique (LGCGM). L'IPR apportera son expertise en matière de chimie des polluants atmosphériques tandis que le LGCGM apportera son savoir-faire dans le domaine des systèmes énergétiques et de l'aérodynamique du bâtiment. Il s'agit donc d'un consortium hautement interdisciplinaire impliquant une co-direction.

Dans le cadre de ce projet de thèse nous nous intéresserons aux mesures 1) des concentrations de CO₂ 2) des particules fines, et 3) des COVs totaux et dans la mesure du possible nous ciblerons des COVs spécifiques en fonction des moyens expérimentaux que l'on pourra déployer. A minima, conformément aux exigences réglementaires, les concentrations du formaldéhyde et du benzène seront mesurées. Pour les questions liées à la santé, il est envisagé de solliciter les conseils du EHESP (Ecole des Hautes Etudes de la Santé Publique) de Rennes.

En portant ce projet de thèse dans le dispositif COFRA, le Rectorat de Région Académique Bretagne s'appuie sur les compétences des équipes de recherche précitées et les mobilise en soutien d'une politique publique précurseur sur un sujet de santé publique. Il s'agit d'œuvrer collectivement depuis la recherche jusqu'à l'action publique, pour aller du diagnostic jusqu'aux actions de remédiation qui passeront par la création d'un service public technique d'appui aux décideurs que sont les chefs d'établissements, les collectivités territoriales et les administrations déconcentrées. Ces actions incluront également des sessions de formation des usagers des bâtiments que sont élèves et leurs parents, les enseignants et les gestionnaires techniques. Ces nouvelles compétences seront également mobilisées dans le cadre de constructions de nouveaux bâtiments.



En termes de diagnostic et d'actions, on peut présenter les objectifs de la thèse comme suit :

1/ dresser un état du parc des établissements scolaires en Ile et Vilaine en termes de QAI et du confort (thermique et éventuellement acoustique) en lien avec l'état énergétique des bâtiments.

2/ répertorier les polluants chimiques et physiques présents dans les salles (classes, salles de motricité, dortoirs, réfectoires) et analyser leur transformation chimique dans l'air et ses impacts sur la QAI et sur la santé.

3/ déterminer les sources de polluants et proposer des actions visant la réduction ou l'élimination de ceux-ci, à la fois par action sur les sources et sur l'évacuation des agents polluants par un système de ventilation adéquat.

4/ dans une démarche visant à réduire l'impact environnemental des bâtiments sans négliger la santé et le bien être des usagers, une réflexion sur le triptyque QAI, confort et consommation énergétique sera menée pour chaque établissement

5/ construire une base de données qui sera introduite, moyennant un appui spécialisé, dans une application informatique. Elle représentera le démarrage d'une démarche vertueuse de suivi réguliers de la QAI dans les établissements scolaires. Cette application constituera un outil d'aide à la gestion de la QAI dans les établissements.

6/ accompagner les évolutions réglementaires par de la connaissance scientifique en termes de risques.

Par rapport aux obligations réglementaires du décret n° 2015-1000 du 17 août 2015 susmentionné, la plus-value de ce projet sera d'aller au-delà du simple constat en 1) identifiant les causes, 2) proposant des solutions et des moyens d'action 3) offrant une plateforme numérique de centralisation et de suivi des campagnes.

Références bibliographiques

- [1] S. Castanet, "Contribution à l'étude de la ventilation et de la qualité de l'air intérieur des locaux," 1998.
- [2] J. Ribéron, O. Ramalho, C. Mandin, and V. Cochet, "Guide d'application pour la surveillance du confinement de l'air dans les établissements d'enseignement, d'accueil de la petite enfance et d'accueil de loisirs, Rapport CSTB DESE," Santé N, 2012
- [3] J. Ribéron et al., "Indice de confinement de l'air intérieur : des écoles aux logements, POLLUTION ATMOSPHERIQUE N° 228 - JANVIER-MARS 2016
- [4] M. Holland, "The Clean Air for Europe (CAFE) Programme: Towards a Thematic Strategy for Air Quality," AEA Technol., 2005
- [5] A. Grégoire, M. Lethrosne, J. Ribéron, and S. Kirchner, "Environnement Intérieur, Qualité de l'air et Santé." Pollution Atmosphérique N° 204 - Octobre-Décembre 2009
- [6] C. Mandin, M. Derbez, and S. Kirchner, "Écoles, bureaux, espaces de loisirs : des lieux de vie variés, des pollutions intérieures contrastées. Revue générale des connaissances disponibles sur la qualité de l'air dans ces espaces," présenté aux Annales pharmaceutiques françaises, 2012, vol. 70, pp. 204-212
- [7] C. Mandin, M. Derbez, O. Ramalho, S. Sivanantham, A. Grégoire, C. Dassonville. "Renouvellement de l'air insuffisant dans les écoles : un constat établi de longue date", Bull. Epidemiol. Hebd. 2022 (19-20): 349-353.



[8] “Décret n° 2015-1000 du 17 août 2015 relatif aux modalités de surveillance de la qualité de l’air intérieur dans certains établissements recevant du public.”

[9] Décret n° 2012-14 du 5 janvier 2012 relatif à l’évaluation des moyens d’aération et à la mesure des polluants effectuées au titre de la surveillance de la qualité de l’air intérieur de certains établissements recevant du public, JORF n°0005 du 6 janvier 2012