



Présentation d'une étude sur une école dont le système de traitement d'air est contrôlé de manière prédictive en vue d'y garantir une qualité d'air optimale tout en limitant l'impact énergétique de la ventilation

Christophe CHUETTE

VILLE DE LIMOGES

1 Square Jacques-Chirac 87000 Limoges

Christophe.chuette@limoges.fr

Objectifs et Contexte

L'étude a été menée au sein d'une école maternelle de la Ville de Limoges, équipée d'une Centrale de Traitement d'Air (CTA). Elle avait pour objectif d'étudier et d'optimiser la qualité d'air intérieur et la performance énergétique liée à la gestion de la ventilation de l'école Maternelle. Elle consiste notamment à étudier l'impact de la gestion de la ventilation sur la réduction du taux de radon mais également des autres paramètres mesurés.

Pour ce faire, des campagnes de mesures ont été menées, sur 4 périodes de 15 jours (2 hors période de chauffe et 2 en période de chauffe).

Il est à noter que les données de ces campagnes de mesure, d'une durée de deux semaines, ont été utilisées pour l'analyse de la qualité d'air intérieur et la qualité d'air extérieur sur chacun des sites du projet. En revanche, même si seules ces données sont généralement exploitées pour le diagnostic qualité d'air, les appareils de mesure remontent en continu des données, toutes les 10 minutes, sur la plateforme web.

Paramètres et Polluants Suivis

Les polluants surveillés sont :

- **Dioxyde de carbone (CO₂)** : Utilisé comme un indicateur de confinement, il renseigne sur l'efficacité de la ventilation et le niveau d'occupation des espaces. Une forte concentration en CO₂ indique un renouvellement d'air insuffisant ou une sur-occupation.
- **Radon** : Ce gaz radioactif, incolore et inodore, provient de la désintégration naturelle de l'uranium dans les sols. Classé cancérigène certain pour le poumon, il représente un enjeu majeur de santé publique. Bien que présent partout à la surface du sol, il est particulièrement associé aux sols granitiques et volcaniques.

- Composés organiques volatils totaux (COVT) : Majoritairement émis par les matériaux de construction, les produits d'entretien et les activités humaines, les COVT permettent d'évaluer les sources internes de pollution. Leur suivi est primordial pour analyser l'impact des comportements et des matériaux sur la QAI.
- Particules fines ($PM_{2.5}$) : Issues principalement de sources extérieures, ces particules permettent d'évaluer le transfert de pollution extérieure vers l'intérieur par le renouvellement de l'air. Leur suivi est essentiel en raison de leur impact sur la santé respiratoire et cardiovasculaire.

Dispositifs de Mesure

Les appareils de mesure déployés sont :

- SENSE (Nexelec) : Cet appareil multifonction mesure le CO_2 , les COV_T , la température, l'humidité relative, la luminosité, le niveau sonore et la pression atmosphérique. Sa polyvalence permet une analyse croisée des paramètres influençant la QAI.
- Spirit Radon (Radonova) : Cet appareil est dédié à la mesure du radon, avec des capteurs intégrés pour la température et l'humidité relative. Il offre des mesures en continu sur les concentrations de ce gaz radioactif dans l'air intérieur.
- POD 2 (Ellona) : Ce dispositif mesure notamment l'ozone et le NO_2 en continu.

Ces appareils de mesure ont été répartis de manière stratégique afin d'assurer une couverture homogène des mesures dans trois salles de classe sélectionnées pour l'instrumentation.

Solutions Technologiques Déployées

En phase d'exploitation d'un bâtiment, la QAI est influencée par une multitude de facteurs, tels que la qualité de l'air extérieur, l'occupation des locaux, et les activités qui s'y déroulent. Pour répondre à ces enjeux, le logiciel INDALO® Supervision a été déployé. Ce logiciel permet de suivre en continu la QAI et de fournir des prévisions sur les 24 prochaines heures. La régulation intelligente ajuste la ventilation en temps réel sur la base des prévisions et des relevés mesurés. La ventilation est ajustée de manière proactive grâce au dispositif Octopilot®, conçu pour s'intégrer au système de ventilation existant.

L'école maternelle est équipée d'une CTA double-flux, avec un débit d'insufflation de 2055 m^3/h et un débit d'extraction de 1600 m^3/h . Ce système comprend un filtre gravimétrique à 90 % pour limiter les particules en suspension, et une batterie électrique de 24 kW pour assurer un préchauffage de l'air insufflé. Initialement, la CTA fonctionnait à plein régime (100 % de sa capacité) en

continu, sans modulation en fonction des besoins réels.

Pour permettre une régulation prédictive de la CTA, deux systèmes de régulation ont été installés sur chacun des moteurs (extraction et soufflage) pour permettre un ajustement précis des débits d'air en se basant sur les prédictions fournies par INDALO® Supervision (Intégration de l'Octopilot® :qui permet de contrôler le moteur d'extraction de la CTA, ajout d'un relais connecté : Ce dispositif, assure le déclenchement du moteur de soufflage de la CTA).

La Ville de Limoges a fixé, les objectifs de QAI suivant :

- Dioxyde de carbone (CO₂) : Maintenir les concentrations en dessous de 1300 ppm, seuil indicatif d'un bon renouvellement d'air.
- Radon : Garantir des concentrations inférieures à 100 Bq/m³, conformément aux recommandations de l'OMS.

Résultats et Bénéfices

Cette étude approfondie sur la QAI au sein de l'école maternelle des Homérides a démontré que le pilotage prédictif de la ventilation, mise en œuvre grâce au système INDALO® Supervision, représente une solution efficace pour allier santé et optimisation énergétique dans les bâtiments scolaires. En intégrant des prévisions basées sur une représentation numérique du bâtiment et de l'intelligence artificielle, le système a permis :

- D'assurer un environnement intérieur sain : Les concentrations de polluants (radon, CO₂, PM_{2,5} et COVT) ont été maintenues en dessous des seuils fixés, même dans des conditions de variabilité saisonnière et d'occupation fluctuante.
- D'optimiser les consommations énergétiques : La ventilation modulée a permis une réduction significative des consommations, via une sollicitation moins importante des moteurs de la CTA et des déperditions thermiques évitées.
- De prolonger la durée de vie des équipements : En évitant le fonctionnement continu à pleine capacité, les systèmes de ventilation ont été protégés des sursollicitations inutiles.