

LES PARTICULES EN MILIEU SCOLAIRE : RETOUR D'EXPERIENCE D'UNE ÉTUDE INNOVANTE ET EXPERIMENTALE SUR LA COEXPOSITION AIR-BRUIT

E. Roux*¹, I. Charles¹, C. Bugajny¹ et L. Herlin²

¹Cerema Hauts de France, 59000 Lille, France

²Dreal Hauts de France, 59000 Lille, France

*Courriel de l'orateur : emmanuel.roux@cerema.fr

PARTICLES IN SCHOOLS: FEEDBACK FROM AN INNOVATIVE AND EXPERIMENTAL STUDY ON AIR-NOISE CO-EXPOSURE

RÉSUMÉ

Le Cerema Hauts-de-France a réalisé une étude expérimentale et innovante sur la qualité de l'air et le bruit en milieu scolaire, cofinancée par la DREAL Hauts-de-France et par la Direction Générale de la Prévention des Risques (DGPR). L'étude a permis d'étudier la présence de polluants spécifiques liés aux activités ou aux bâtiments et d'établir des propositions pour améliorer la Qualité de l'Air Intérieur et réduire le bruit en milieu scolaire. L'étude a mis en évidence des problématiques d'exposition des élèves aux particules PM_{2,5} et PM₁₀ notamment lors des mouvements des élèves dans les classes et d'émissions par les activités de ménage en période hivernale.

ABSTRACT

Cerema Hauts-de-France carried out an experimental and innovative study on air quality and noise in schools, co-financed by the DREAL Hauts-de-France and by the Direction Générale de la Prévention des Risques (DGPR). The study made it possible to study the presence of specific pollutants linked to activities or buildings and to establish proposals for improving Indoor Air Quality and reducing noise in schools. The study highlighted the problem of students' exposure to PM_{2,5} and PM₁₀ particles, particularly during student movement in classrooms and emissions from cleaning activities during winter.

MOTS-CLÉS : Qualité de l'air intérieur, particules PM_{2,5} et PM₁₀, écoles / **KEYWORDS**: Indoor air quality, Particle Matter PM_{2,5} et PM₁₀, co-exposure, schools

1. CONTEXTE ET OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

1.1. Contexte

La qualité de l'air intérieur fait l'objet d'une attention croissante en France depuis les années 2000, notamment avec la création en 2001 de l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur (OQAI). La réglementation N°2010-788 du 12 juillet 2010 oblige les propriétaires et/ou gestionnaires d'Établissements Recevant du Public (ERP) à surveiller la qualité de l'air intérieur des locaux d'écoles maternelles et primaires.

Dans la région Hauts-de-France, de nombreuses écoles sont situées en bordure d'infrastructures routières importantes. Le trafic routier constitue une source de polluants et de bruit qui impacte l'environnement intérieur des salles de classes.

Dans le cadre de la réglementation sur les polluants intérieurs, et en lien avec la problématique des transferts de polluants entre l'air extérieur et l'air intérieur, le Cerema a réalisé une étude expérimentale et innovante sur la qualité de l'air et le bruit en milieu scolaire.

1.2. Objectifs

Les objectifs de l'étude ont porté sur trois enjeux, à savoir :

- L'évaluation de la présence de polluants spécifiques liés aux activités scolaires ou au bâtiment dans l'air intérieur des écoles, ainsi que du bruit liés aux activités scolaires ou au bâtiment
- L'évaluation de la part induite par le transfert de l'air et du bruit extérieur vers l'intérieur des écoles
- Définir et d'établir des propositions de bonnes pratiques et d'améliorations de la Qualité de l'Air Intérieur et de réduction du bruit dans les établissements scolaires.

2. MÉTHODOLOGIE

En collaboration avec le groupe TERA, des capteurs innovants ont été développés pour cette étude. Le principe était de disposer des capteurs dans les salles de classes et ainsi recueillir, grâce à un monitoring,

les données en temps réel et en continu concernant la qualité de l'air intérieur et extérieur, mais également les niveaux de bruit (cf. figure 1).

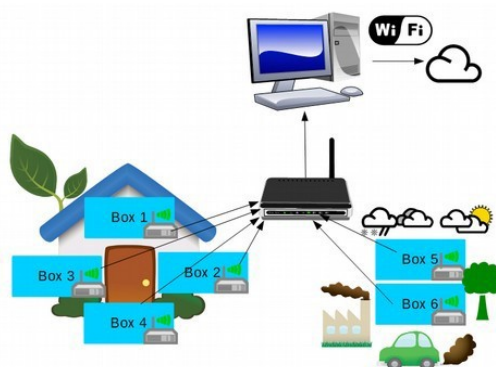


Figure 1. Principe de mesures pour cette étude

Il a été possible de discerner assez finement les mesures selon diverses périodes notamment celles correspondantes à l'occupation de la salle par les élèves, les moments de pause et les activités réalisées. Les capteurs ont fonctionné sans perturber les enfants et les enseignants.

2.1. Choix des écoles

Trois écoles ont été choisies, selon la typologie des bâtiments (superficie, disposition et nombre d'ailes, nombre d'étages) et le type d'environnement extérieur (cf. Tableau 1.). Quatre classes dans chacune des écoles ont été instrumentées de microcapteurs connectés ainsi que deux sites extérieurs au sein de chaque école.

Tableau 1. Caractéristiques des écoles sélectionnées

	Ecole A	Ecole B	Ecole C
Localisation	Proximité trafic	Proximité d'un site industriel	Fond urbain
Années de construction	Années 30	Années 30	1978
Caractéristiques	Pas de ventilation Double vitrage Classes sur une seule orientation	Pas de ventilation Double vitrage Classes sur une seule orientation	Pas de ventilation Double vitrage Classes sur plusieurs orientations
Types d'ouvrants	à soufflet	à soufflet	à soufflet ou basculant

Les mesures ont été réalisées sur une période de 9 mois, de novembre 2016 à juillet 2017, au cours de campagnes de 3 à 4 semaines sur deux périodes (période de chauffe et hors période de chauffe) par école. Un diagnostic technique des bâtiments a permis d'établir un lien entre les mesures de concentrations de polluants, les niveaux sonores et les caractéristiques de chaque bâtiment. Des questionnaires auprès des enseignants et des personnes en charge du ménage ont permis de corrélérer les mesures avec les activités scolaires et les pratiques de nettoyage.

2.2. Choix des polluants

Les paramètres mesurés par les micro-capteurs à l'intérieur des classes concernaient :

- Les composés organiques volatiles (COV);
- Le formaldéhyde ;
- Les fractions de particules $PM_{2.5}$ et PM_{10} ;
- L'ozone et le dioxyde d'azote ;
- Le dioxyde de carbone comme indicateur du confinement;
- Et des paramètres de confort (température et humidité relative) ainsi que le bruit.

Les paramètres mesurés par les micro-capteurs à l'extérieur des écoles concernaient :

- Les fractions de particules $PM_{2,5}$ et PM_{10} ;
- L'ozone et le dioxyde d'azote ;
- Et des paramètres de météorologie (température et humidité relative, direction et force du vent) ainsi que le bruit.

3. RÉSULTATS ET ANALYSES SUR LES PARTICULES

3.1. Émissions de particules lors des activités de ménage

Les concentrations analysées, en période hivernale, pendant les périodes de ménage révèlent des niveaux moyens 2 à 3 fois plus élevés par rapport à d'autres périodes, notamment en période de présence des élèves. De plus, les données en période de ménage montrent aussi que les valeurs d'action rapide de l'HCSP ($75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les PM_{10} et $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les $PM_{2,5}$) sont dépassées (cf Figure 2) sur des courtes périodes de temps.

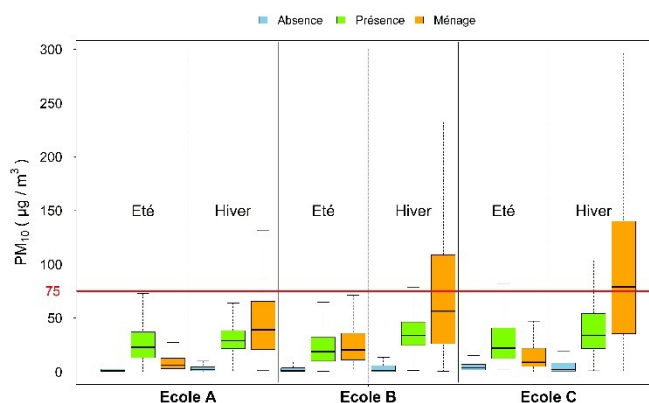


Figure 2. Statistiques des concentrations de PM_{10} en fonction des activités dans les classes

Ces résultats montrent donc que les pratiques de ménage s'effectuent, en période hivernale, avec les fenêtres fermées et ne permettent donc pas de disperser les particules mises en suspension par le ménage.

3.2. Exposition des élèves aux particules

Sur les 3 écoles, on constate que les variations des niveaux de particules et les indicateurs de présence (bruit et CO_2) sont liées. Les résultats des concentrations moyennes en période de présence des élèves sont 2 à 10 fois supérieures qu'en période sans élèves (cf Figure 3).

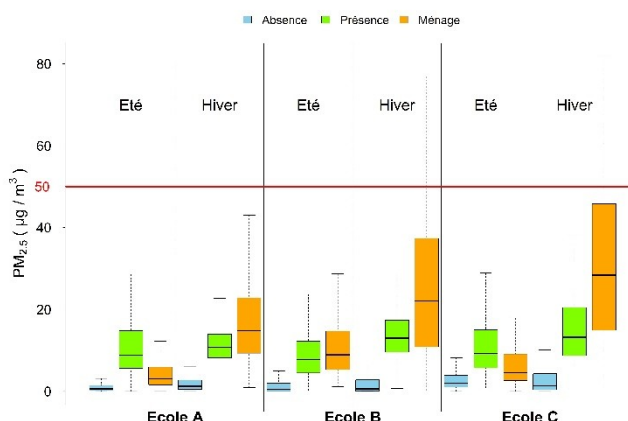


Figure 3. Statistiques des concentrations de $PM_{2,5}$ en fonction des activités dans les classes

Les niveaux moyens de particules PM_{10} et $PM_{2,5}$ en fonction des horaires de présence des élèves dans chacune des salles a ainsi révélé une problématique d'exposition des élèves. En effet, des dépassements de la valeur cible de l'HCSP ont été observés sur les données moyennes pour chaque salle et du seuil d'action

rapide ($75 \mu\text{g}/\text{m}^3$) sur des périodes courtes.

Les élèves sont exposés aux particules, PM_{10} et $\text{PM}_{2,5}$, dans toutes les salles et à toutes saisons.

3.3. Transfert de particules

Cette étude a permis de s'intéresser aux transferts de polluants entre l'extérieur et l'intérieur. Les calculs sur les ratios I/E (concentrations intérieures/ concentrations extérieures) pour les particules de taille $2.5 \mu\text{m}$ et $10 \mu\text{m}$ et selon l'occupation des salles de classe montrent l'influence de la présence des élèves sur les taux de particules ($R > 1$) et de la saison pour la période de ménage (cf Figure 4).

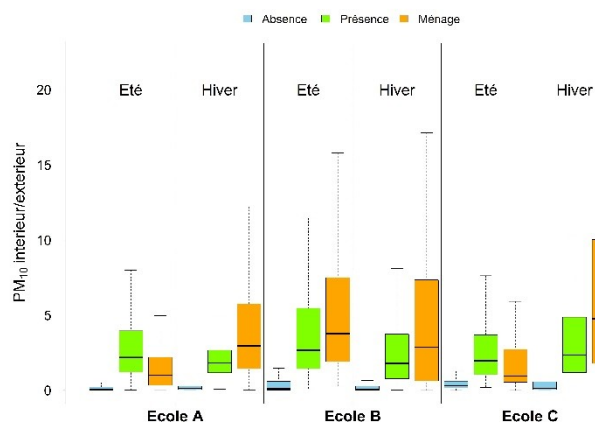


Figure 3. Statistiques des ratio I/E des concentrations de PM_{10} en fonction des activités dans les classes

Les données des campagnes de mesures dans le cadre de cette étude sont supérieures aux données issues de la littérature scientifique sur le domaine à l'exception des périodes d'« absence ». En période d'absence des élèves, le ratio I/E des particules en période d'inoccupation est considéré comme un indicateur par défaut du facteur d'infiltration. Tran *et al.* (2009) a observé qu'en période d'inoccupation, le ratio I/E moyen se situait à $0,65 \pm 0,31$. Les résultats relevés sur l'école A et B en période « Absence » sont en cohérence avec ces résultats alors que les résultats relevés sur l'école C sont un peu plus élevés, mais inférieur à 1. L'école C semble être plus perméable aux polluants issus de l'extérieur que les deux autres écoles. Les menuiseries, relevés sur site, de cette école sont en moins bon état et pourraient être la voie d'infiltration majeure des particules.

En période d'occupation, Tran *et al.* (2009) observe un ratio I/E moyen était de $2,92 \pm 1,40$. Dans notre étude, nous observons des résultats similaires à la littérature scientifique.

4. CONCLUSION

L'étude a permis d'étudier la présence de polluants spécifiques liés aux activités ou aux bâtiments et d'établir des propositions pour améliorer la Qualité de l'Air Intérieur et réduire le bruit en milieu scolaire. L'étude montre que les particules sont une problématique majeure et méconnue en milieu scolaire, notamment en période de présence des élèves. Ces derniers sont exposés, ponctuellement, à des niveaux de particules très importants et régulièrement supérieur aux valeurs de gestion de l'HCSP. Concernant les niveaux de particules pendant les activités de ménage, il convient d'améliorer les conditions d'aération par une ouverture plus fréquente des fenêtres pendant les périodes hivernales. Une étude complémentaire sur l'origine des particules en milieu scolaire permettrait de mieux appréhender la problématique et de pouvoir y remédier.

Ce travail a été soutenu par la Direction Générale de la Prévention des Risques (DGPR) et la Direction Régionale de l'Environnement, Aménagement et du Logement de la région Hauts-de-France (Dreal Hdf).

Tran, T.D., Alleman, L.Y., 2009. Chemical characterization and sourcing of fine particles in French classrooms, 9th International Conference and Exhibition - Healthy Buildings 2009, HB 2009.