

Promouvoir l'amélioration de la qualité de l'air dans les écoles

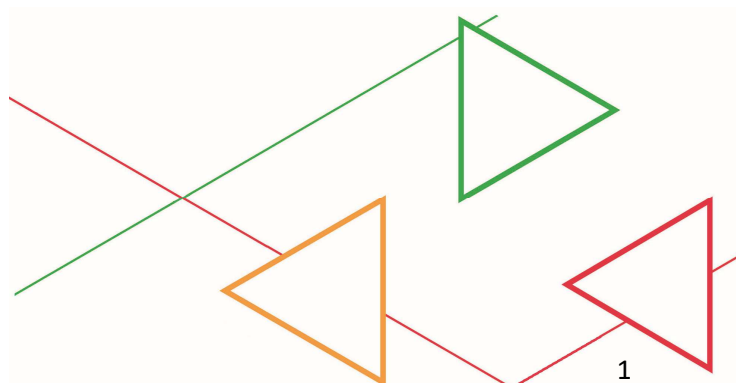
AIR-ECOLE

—

RAPPORT FINAL

Mars 2020

Rapport final n°00659/2020 – AIR-ECOLE
Institut Scientifique de Service Public – www.issep.be



Promouvoir l'amélioration de la qualité de l'air dans les écoles

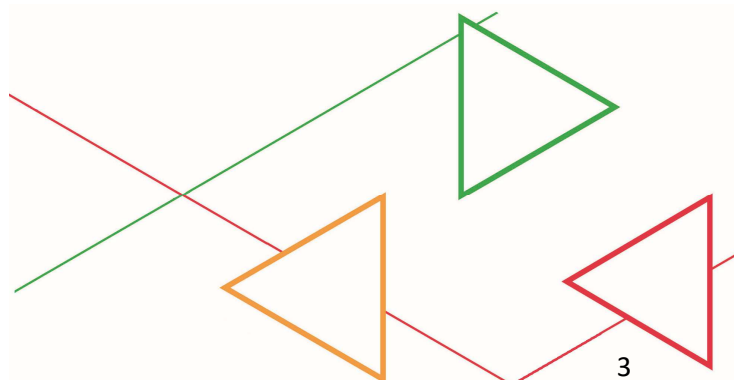
AIR-ECOLE

Durée du projet	Du 01/01/2019 au 31/03/2020
Membres d'équipe du projet	Sophie Crévecoeur (Cellule Environnement Santé) Elodie Bouhoulle (Cellule Environnement Santé) Léa Champon (Cellule Environnement Santé) Suzanne Remy (Responsable de la CES)
Personnes de contact	Sophie Crévecoeur – s.crevecoeur@issep.be & Léa Champon – l.champon@issep.be
Vérificateur	Suzanne Remy (Responsable Cellule Environnement Santé)

PRÉAMBULE

Le présent document a été réalisé en vertu des dispositions prises dans le plan Environnement-Santé. La responsabilité de l'ISSeP ne peut pas être engagée, directement ou indirectement, du fait d'inexactitudes, d'omissions ou d'erreurs ou tous faits équivalents relatifs aux informations utilisées. L'exactitude de ce document doit être appréciée en fonction des connaissances disponibles et objectives et, le cas échéant, de la réglementation en vigueur à la date d'établissement du document. Par conséquent, l'ISSeP ne peut pas être tenu responsable en raison de l'évolution de ces éléments postérieurement à cette date. La mission ne comporte aucune obligation pour l'ISSeP d'actualiser ce document après cette date. Au vu des missions qui lui incombent, l'ISSeP n'est pas décideur. Les avis, recommandations, préconisations ou équivalent qui seraient proposés par l'ISSeP dans le cadre des missions qui lui sont confiées, ont uniquement pour objectif de conseiller le décideur dans sa prise de décision. Par conséquent, la responsabilité de l'ISSeP ne peut pas se substituer à celle du décideur qui est donc notamment seul responsable des interprétations qu'il pourrait réaliser sur la base de ce document. Tout destinataire du document utilisera les résultats qui y sont inclus intégralement ou sinon de manière objective. L'utilisation du document sous forme d'extraits ou de notes de synthèse s'effectuera également sous la seule et entière responsabilité de ce destinataire. Il en est de même pour toute autre modification qui y serait apportée. L'ISSeP dégage également toute responsabilité pour chaque utilisation du document en dehors de l'objet de la mission.

Référencement : ISSeP (2020), Qualité de l'air dans les écoles, résultats des analyses réalisées dans 20 écoles en Région wallonne, rapport n°00659/2020.



Résumé

Le projet AIR-ECOLE qui a été mené par l'ISSeP, Institut Scientifique de Service Public, en collaboration avec les Service d'Analyse des Milieux Intérieurs (SAMI) provinciaux et l'asbl Hypothèse s'inscrit dans le développement de mesures de prévention des risques sanitaires environnementaux souhaité par le Gouvernement wallon. Il a contribué aux objectifs du plan ENVieS 2019-2023 de renforcer la dissémination des outils d'information en matière de qualité de l'air intérieur (QAI) et d'instaurer une surveillance de la QAI dans les écoles. Les objectifs du projet étaient de promouvoir l'amélioration de la qualité de l'air à l'intérieur et autour des écoles via la sensibilisation des directeurs, gestionnaires, PO et enseignants (volet 1), de réaliser des mesures de qualité de l'air intérieur dans des écoles (volet 2) et de proposer un indicateur en lien avec le trafic (volet 3). Ce rapport reprend les résultats du volet 2 de la mission.

Vingt écoles wallonnes ont fait l'objet d'une analyse de la qualité de l'air via, d'une part, l'identification de sources potentielles d'émissions intérieures et extérieures lors d'une visite des bâtiments et de ses alentours et, d'autre part, via des mesures de polluants (COVs, NO₂, aldéhydes et CO₂) réalisées pendant cinq jours dans plusieurs locaux et points extérieurs, en octobre 2019. Sur base des mesures en COVs et NO₂, la qualité de l'air extérieur autour des vingt écoles rencontre les critères de qualité (CQ) définis en Région wallonne sur la période échantillonnée. Au niveau de la qualité de l'air intérieur, les concentrations en NO₂ mesurées dans les écoles sont inférieures aux critères de qualité proposé dans le guide AD'AIR. Les concentrations en formaldéhyde dépassent le critère de qualité dans tous les locaux, le critère d'intervention intermédiaire dans 82% des locaux et le critère d'intervention dans 11% des locaux. Les valeurs obtenues pour les composés organiques volatils sont généralement inférieures aux critères de qualité recommandés dans le guide AD'AIR. Le taux moyen d'humidité relative se situe dans les gammes de valeurs recommandées dans ce guide dans la majorité des écoles (86%) tandis que la température est généralement trop élevée. Il y a globalement un manque de renouvellement d'air général, confirmé par les taux de CO₂ élevés dans certains locaux.

Le projet AIR-ECOLE a rencontré un vif intérêt auprès des écoles. Il a montré que des substances comme le formaldéhyde (classé cancérigène par le CIRC en 2004) sont présentes en concentration trop élevée et que le renouvellement d'air est insuffisant et doit être amélioré dans toutes les écoles ayant participé au projet. Il a permis également de constater que la problématique des pollutions intérieures n'est pas suffisamment connue des enseignants, directeurs et autre personnel des écoles, tant au niveau des sources que des effets sur la santé ou encore des actions pour réduire les pollutions intérieures.

Différentes actions à mener pour améliorer la qualité de l'air intérieur dans les milieux scolaires en Région wallonne ont été mises en évidence dans les conclusions et perspectives de ce rapport. Des pistes pour approfondir les résultats du projet sont également évoquées.

Abstract

The AIR-ECOLE project, leaded by ISSeP in cooperation with the corresponding provincial SAMI and Hypothese asbl, aims at developing prevention measures for health risks from environmental sources as wished by the Walloon government. The project contributed to two ENVieS (2019-2023) plan's operational goals: disseminating information tools relative to indoor air quality and implementing indoor air quality monitoring in schools. AIR-ECOLE main objectives were to promote a better air quality inside and outside schools through raising awareness of school directors, managers, teachers and pupils (part 1) and to measure indoor air quality in schools (part 2). This report covers the results of the 2nd part of the project.

Air quality was monitored for twenty schools in Wallonia by identifying potential indoor and outdoor emission sources during a first visit of the establishment and, in a second phase, by measuring pollutants concentrations (VOCs, NO₂, aldehydes, CO₂) in several rooms and external points during five days in October 2019.

Based on VOCs and NO₂ measured concentrations, outdoor air around the 20 studied schools meet the air quality standards for Wallonia. Measured indoor NO₂ concentrations meet the quality criteria (CQ) of the AD'AIR guide for indoor air quality. In 100% of the investigated rooms, the CQ for formaldehyde was exceed. The Cl_{int} for formaldehyde was exceed in 82% of the investigated rooms, and the CI in 11%. Concentrations Measured VOCs concentrations are mainly below the CQ. Average relative humidity lies within the recommended range in main schools (86%) whereas temperature is predominantly too high. Air renewal is mostly insufficient as confirmed by high measured CO₂ concentrations in numerous rooms.

The AIR-ECOLE project has aroused keen interest in schools. It demonstrated that air renewal is insufficient and must be improved in all schools having participated in the project. Its results demonstrated that indoor air pollution is insufficiently known by teachers, directors and school staff, as far as health effects are concerned, as well as actions to remediate indoor pollutions.

Several measures to be put in place in order to improve indoor air quality in schools in Wallonia have been identified in the Conclusions & Perspectives section of this report. The development of awareness actions seems to be a worthwhile measure. The AD'AIR guide is a valuable tool to this end. Various suggestions are evoked to deepen the results of the project.

SYNTHESE DU PROJET

FINANCEMENT SPW-ARNE DANS LE CADRE DE LA MISE EN ŒUVRE DU PLAN ENVIES – ACTION I-2-5

BUDGET : 240.000€

PARTENAIRES :

- Hainaut Vigilance Sanitaire, Marc Roger
- SAMI-Lux, Krystina Kuske
- SAMI-BW, Nathalie Popovic
- SAMI-Liège, Chantal Trickels et Laurence Choteau
- Hypothèse asbl, Sabine Daro
- Hainaut Vigilance Sanitaire, laboratoire Chimie-Air

INTERVENANTS ISSEP :

- ISSEP-Colfontaine, Cellule Analyse
- ISSEP-Liège, Cellule Qualité de l’Air
- ISSEP-Liège, Direction des Activités et mesures de Terrain

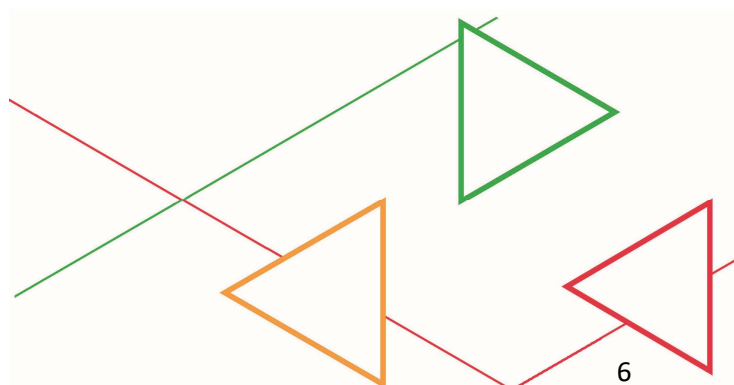
LECTEURS EXTERNES : P. GOSSELIN (SPW-ARNE-CPES), S. VERMEULEN (AWAC)

DURÉE DU PROJET : 15 MOIS (INITIALEMENT 12 MOIS)

DATE DE DÉMARRAGE DU PROJET : 01/01/2019

FICHE PROJET : ANNEXE 1

Rapport final n°00659/2020 – AIR-ECOLE
Institut Scientifique de Service Public – www.issep.be



Contenu

1	Contexte et objectifs	12
2	Introduction.....	12
3	Méthodologie	13
3.1	Recrutement des écoles.....	14
3.2	Analyse de l'environnement et de la qualité de l'air des vingt écoles	16
3.3	Sélection des paramètres mesurés.....	21
3.4	Protocoles de mesure des polluants.....	26
4	Valeurs guides recommandées	28
5	Résultats et interprétations.....	31
5.1	Les paramètres d'ambiance intérieure.....	31
5.1.2	L'humidité relative	31
5.1.3	La température.....	32
5.2	Le dioxyde de carbone (CO ₂).....	33
5.2.1	Comparaison des résultats aux valeurs recommandées.....	33
5.2.2	Comparaison des résultats à d'autres études.....	35
5.3	Les COVs.....	37
5.3.1	Comparaison des résultats aux valeurs recommandées.....	37
5.3.2	Comparaison des concentrations en COVs mesurées dans les écoles dans différents projets	39
5.3.3	Le benzène	43
5.4	Les aldéhydes.....	45
5.5	Le NO ₂	50
5.5.1	Comparaison des résultats aux valeurs recommandées.....	50
5.5.2	Analyse statistique des résultats.....	50
5.5.3	Calcul du rapport intérieur/extérieur (I/E).....	52
5.5.4	Comparaison des résultats à d'autres études.....	53
5.5.5	Comparaison des résultats à ceux du projet ZBE.....	53
5.6	Inspection visuelle et premières mesures lors des visites	54
5.6.1	Amiante	54

5.6.2	Plomb	55
5.6.3	Humidité et moisissures.....	56
5.6.4	Produits d'entretien	56
5.6.5	Pesticides.....	57
6	Retour sur le questionnaire AD'AIR.....	59
7	Recommandations faites aux écoles par les SAMI et l'ISSeP	59
8	Conclusions et Perspectives	61
9	Bibliographie.....	64
10	Liste des annexes.....	67
10.1	Annexe 1. Fiche-Projet AIR-ECOLE.....	68
10.2	Annexe 2. Document de bord échantillonnage	69
10.3	Annexe 3. Protocole d'installation et de collecte des échantillons AIR-ECOLE	70
10.4	Annexe 4. Tableau complet des résultats.....	76
10.5	Annexe 5. Analyse statistique des résultats	76
10.6	Annexe 6. Fiche descriptive du projet 2ZBE.....	78
10.7	Annexe 7. Recommandations spécifiques aux écoles pour améliorer la qualité de l'air intérieur	79

Liste des Figures

Figure 1.	Etapas et méthodologie du projet AIR-ECOLE.....	13
Figure 2.	Répartition géographique des écoles volontaires pour le projet AIR-ECOLE.....	14
Figure 3.	Répartition des 20 écoles sélectionnées par type de zone (urbaine, périurbaine et rurale). ..	15
Figure 4.	Répartition des 20 écoles sélectionnées par type de réseau d'enseignement.....	15
Figure 5.	Répartition des 20 écoles sélectionnées par niveau d'enseignement.....	15
Figure 6.	Protymetre Surveymaster qui mesure l'humidité des surfaces.....	17
Figure 7.	Impacteur de type RCS pour évaluer la charge fongique de l'air	17
Figure 8.	Tubes passifs pour le prélèvement d'air intérieur (au-dessus) et support complet	20
Figure 9.	Moniteur CO ₂ , T° et HR.....	21
Figure 10.	Tubes passifs pour le prélèvement d'air extérieur.....	21
Figure 11.	Chambre de flux	28
Figure 12.	HR mesurée en journée (WD) dans deux locaux dans les vingt écoles participantes.....	31
Figure 13.	Température mesurée dans deux locaux dans les vingt écoles participantes en journée ..	32
Figure 14.	Taux de CO ₂ moyens, minimums et maximums mesurés dans deux locaux dans les écoles sélectionnées des provinces de Namur, du Brabant wallon et du Hainaut, en journée (WD).	33

Figure 15. Taux de CO ₂ moyens, minimums et maximums mesurés dans deux locaux dans les écoles sélectionnées des provinces de Luxembourg et de Liège, en journée (WD).	34
Figure 16. Exemple d'évolution du taux de CO ₂ dans un local pendant la période d'échantillonnage	36
Figure 17. Concentrations en COVs dans les locaux et aux points de prélèvements extérieurs	38
Figure 18. Concentrations en COVs totaux dans les locaux échantillonnés et au niveau des points de prélèvements extérieurs	39
Figure 19. Concentrations en benzène dans l'air intérieur et dans l'air ambiant.....	43
Figure 20. Concentration en benzène en fonction de la localisation des écoles	44
Figure 21. Concentrations en aldéhydes (formaldéhyde et acétaldéhyde) mesurées dans les 100 locaux échantillonnés.....	45
Figure 22. Concentrations en aldéhydes mesurées dans différents locaux.....	46
Figure 23. Concentrations en formaldéhyde en fonction des concentrations en acétaldéhydes dans les 100 locaux échantillonnés.....	47
Figure 24. Sources potentielles de formaldéhyde dans certains locaux	48
Figure 25 : Concentrations en NO ₂ mesurées à l'intérieur (moyenne de 5 points), à l'extérieur côté rue et à l'extérieur côté cour dans vingt écoles en octobre 2019	51
Figure 26. Moyennes des concentrations en NO ₂ en fonction de la zone et de la localisation des points de prélèvements.....	52
Figure 27. Fenêtre d'un bloc préfabriqué d'une école en bordure de champ cultivé	58

Liste des Tableaux

Tableau 1. Sources potentielles de pressions extérieures sur la qualité de l'air intérieur des écoles..	18
Tableau 2. Valeurs guides de qualité de l'air intérieur (et/ou extérieur) recommandées	30
Tableau 3. Valeurs conseillées pour la température et l'humidité (HVS, 2018)	30
Tableau 4. Taux de CO ₂ moyens, min et max mesurés dans des écoles dans différents projets	35
Tableau 5. Concentrations minimales et maximales en COVs mesurées dans les classes, autres locaux et à l'extérieur (à rue et dans la cour).....	37
Tableau 6. Pourcentage de locaux dont les concentrations en trichloroéthylène (TCE), tétrachloroéthylène (PCE), 1,2,4-éthylbenzène, éthylbenzène et benzène sont supérieures ou inférieures aux différentes valeurs guides (CQ, CV et CI)	38
Tableau 7. Concentrations en COVs dans les écoles dans différents projets	40
Tableau 8. Pourcentage de locaux dont les concentrations en formaldéhyde et acétaldéhyde sont supérieures ou inférieures aux différentes valeurs guides (CQ, CV, Cl _{int} et CI).....	46
Tableau 9. Concentrations en formaldéhyde mesurées dans les écoles dans différents projets.....	48
Tableau 10. Concentrations en acétaldéhyde mesurées dans des écoles dans différents projets	49
Tableau 11. Valeurs recommandées pour le formaldéhyde	49
Tableau 12. Concentrations en NO ₂ moyennes, min et max mesurées dans des écoles de différents projets.....	53
Tableau 13. Concentrations en NO ₂ mesurées à l'extérieur côté rue au niveau des deux écoles de la ville d'Eupen dans le cadre des projets AIR-ECOLE et 2ZBE en 2019	54

Glossaire ou Liste des abréviations

AGW	Arrêté du Gouvernement wallon
ALARA	<i>As Low As Reasonably Achievable</i>
BTEX	Benzène, Toluène, Ethylbenzène et Xylènes
CECP	Conseil de l'Enseignement des Communes et Provinces
CI	Critère d'Intervention
CI _{int}	Critère d'Intervention intermédiaire
CIGALE	Consultation de l'Information Géographique pour l'Agriculture, Les ressources naturelles et l'Environnement
CIRC (IARC)	Centre International de Recherche sur le Cancer (<i>International Agency for Research on Cancer</i>)
CO ₂	Dioxyde de carbone
COVs	Composés Organiques Volatils
CQ	Critère de Qualité
CQA	Cellule Qualité de l'Air de l'ISSeP
CV	Critère de Vigilance
DNPH	2,4-dinitrophénylhydrazine
ENVieS	Plan « Environnement et Santé » 2019-2023
FELSI	Fédération des Etablissements Libres Subventionnés Indépendants
FD	<i>Full-Day</i> (mesures prises 24h/24)
HR	Humidité Relative
HVS	Hainaut Vigilance Sanitaire
Ineris	Institut national de l'environnement industriel et des risques (France)
INRS	Institut National de Recherche et de Sécurité (France)
LD	Limite de Détection
LQ (LOQ)	Limite de Quantification (<i>Limit of Quantification</i>)
OMS (WHO)	Organisation Mondiale de la Santé (<i>World Health Organization</i>)
PCE	tétrachloroéthylène
PO	Pouvoir Organisateur
PPP	Produits phytopharmaceutiques
QAI	Qualité de l'air intérieur
Rapport I/E	Rapport de concentrations intérieure / extérieure

SAMI	Service d'Analyse des Milieux Intérieurs
SeGEC	Secrétariat Général de l'Enseignement Catholique
TCE	trichloroéthylène
US EPA	<i>United States Environmental Protection Agency</i>
VGAI	Valeur Guide de qualité d'Air Intérieur (France)
VMC	Ventilation Mécanique Contrôlée
WBE	Wallonie-Bruxelles Enseignement
WD	<i>Working Day</i> (mesures prises de 8h à 16h)
ZBE	Zone Basses Emissions

1 Contexte et objectifs

Le projet AIR-ECOLE mené par l'ISSeP, Institut Scientifique de Service Public, en collaboration avec les Service d'Analyse des Milieux Intérieurs (SAMI) provinciaux s'inscrit dans le développement de mesures de prévention des risques sanitaires environnementaux souhaité par le Gouvernement wallon. Il a contribué aux objectifs stratégiques du plan ENVieS 2019-2023 de renforcer la dissémination des outils d'information en matière de qualité de l'air intérieur (QAI) et d'instaurer une surveillance de la QAI dans les écoles et les crèches. Les objectifs du projet étaient de promouvoir l'amélioration de la qualité de l'air à l'intérieur et autour des écoles via la sensibilisation des directeurs, gestionnaires, PO et enseignants et de réaliser des mesures de qualité de l'air intérieur dans des écoles. Ce rapport reprend les résultats du volet 2 de la mission (mesures de polluants dans l'air intérieur de vingt écoles wallonnes), les autres volets ont été traités dans d'autres rapports¹.

Vingt écoles wallonnes ont fait l'objet d'une analyse de la qualité de l'air via, d'une part, l'identification de sources potentielles d'émissions intérieures et extérieures lors d'une visite des bâtiments et de ses alentours et, d'autre part, via des mesures de polluants (COVs, NO₂, aldéhydes et CO₂) réalisées dans plusieurs locaux et points extérieurs. En parallèle, un accompagnement pédagogique a été proposé par l'asbl Hypothèse afin de permettre aux enseignants et élèves de s'approprier la thématique de la pollution de l'air intérieur en milieu scolaire et de les sensibiliser à l'importance de la ventilation.

Ce rapport compile les résultats des analyses environnementales intérieures et extérieures ainsi que les résultats des mesures réalisées au mois d'octobre 2019 dans vingt écoles wallonnes en conservant leur anonymat. Les résultats sont comparés aux valeurs guides proposées dans le guide AD'AIR (HVS, 2018) et à d'autres valeurs de référence ainsi qu'à des mesures réalisées dans d'autres écoles dans le cadre d'autres projets belges et européens. Les recommandations délivrées aux écoles sont également reprises à la fin du rapport.

2 Introduction

Après la maison, c'est à l'école ou dans un milieu d'accueil que les enfants passent le plus de temps. En outre, les enfants présentent des caractéristiques physiologiques qui en font un groupe particulièrement sensible au sein de la population (Commission Européenne, 2014 ; Junien C. et

¹ Volet 1 : « Benchmarking des outils de sensibilisation proposés au niveau EU et par des pays tiers » - Rapport ISSeP n°2579/2019 – Juillet 2019

Volet 1 : « Rapport d'activités » - asbl Hypothèse – mars 2020

Volet 2 : Un rapport par école (20) : « Analyse de la qualité de l'air & analyse environnementale de l'école xxx et recommandations »

Volet 3 : « Etude de faisabilité d'un indicateur local – caractérisation de l'environnement local en lien avec le trafic » - Rapport ISSeP n°0658/2020 – Mars 2020

al., 2016). Entre autres, ils respirent deux fois plus (au repos, sans compter qu'ils sont plus actifs physiquement) et leur système de défenses naturelles est moins développé que celui des adultes. De plus, de par leur taille (plus proche du sol), ils sont davantage exposés à des polluants plus concentrés à ces hauteurs (suite à des phénomènes de re-volatilisation après application de solvants ou après utilisation de solutions de nettoyage par exemple) (HVS, 2018).

De nombreux faits et études attestent de divers polluants susceptibles de se trouver à l'intérieur des bâtiments scolaires. Les sources sont nombreuses : air extérieur, produits d'entretien, matériaux de construction, appareils de chauffage ou activités (colles, peintures, feutres, impressions...). Outre les sources de pollution et leur intensité, la qualité de l'air intérieur est également conditionnée par le taux de renouvellement de l'air intérieur. La présence de polluants dans l'air intérieur peut entraîner différents problèmes de santé allant du simple inconfort (maux de tête, irritation des yeux), de la diminution de l'attention et des performances jusqu'à des effets aigus sur la santé (ex. irritation respiratoire) ou des maladies chroniques (allergies et asthme).

A contrario, un air intérieur de bonne qualité a un effet positif démontré sur le bien-être des occupants, la diminution du taux d'absentéisme et l'apprentissage des enfants (Wargocki et Wyon, 2007 ; Myhrvold et al., 1996).

3 Méthodologie

La méthodologie générale du projet AIR-ECOLE peut se scinder en trois étapes (Figure 1) :

1. Recrutement de vingt écoles ;
2. Analyses de la qualité de l'air et environnementale des vingt écoles sélectionnées ;
3. Rédaction d'un rapport pour chaque école et d'un rapport global de synthèse.



FIGURE 1. ETAPES ET MÉTHODOLOGIE DU PROJET AIR-ECOLE

3.1 Recrutement des écoles

Vingt écoles ont été recrutées sur base d'un appel à volontaires via un formulaire en ligne. Les critères de sélection des écoles étaient :

- Critères principaux :
 - o Répartition géographique sur la Wallonie : 4 écoles par province ;
 - o Zones rurales et urbaines/trafic.
- Critères secondaires :
 - o Age des bâtiments ;
 - o Type de ventilation ;
 - o Réseau d'enseignement ;
 - o Ecoles maternelles/primaires et secondaires.

Différents canaux ont été utilisés pour recruter les écoles : envoi d'un mail aux 4 réseaux d'enseignement (WBE, FELSI, SeGEC, CECF), passage à la radio et article sur le site de la RTBF (25/03/2019), contacts avec les villes d'Eupen et Namur, page Facebook de l'ISSEP, communication en interne.

Ainsi, 67 écoles se sont portées candidates pour la participation au projet AIR-ECOLE. Les écoles volontaires étaient réparties sur le territoire de la Région wallonne avec une majorité d'écoles localisées dans la province de Liège (Figure 2).

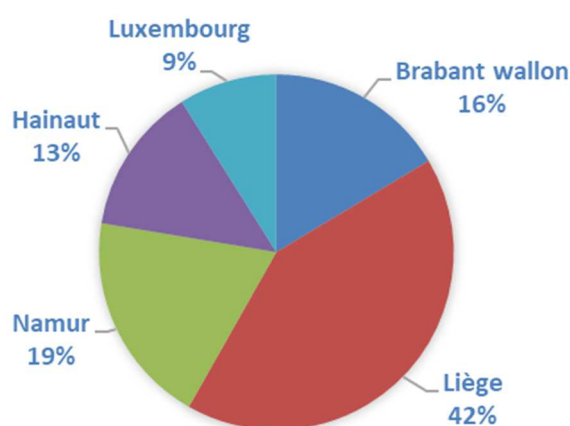


FIGURE 2. RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE DES ÉCOLES VOLONTAIRES POUR LE PROJET AIR-ECOLE

Vingt écoles ont été sélectionnées sur base des critères repris ci-dessus. Deux écoles ont été sélectionnées dans les villes de Namur et d'Eupen, deux villes étudiées dans l'étude pilote d'implantation des Zones Basses Emissions (projet ZBE, ISSEP), afin d'établir un lien entre les deux projets.

Quatre écoles ont ainsi été choisies par province. Les écoles sont localisées dans trois types de zones différentes : zone urbaine (au centre d'une ville), zone périurbaine (à la périphérie d'une ville) et zone rurale, à la campagne (Figure 3). Les différents réseaux d'enseignement sont également bien représentés (Figure 4) ainsi que les différents niveaux d'enseignement (Figure 5). Certaines

implantations scolaires regroupent plusieurs niveaux d'enseignements. Le nombre d'élèves dans les écoles sélectionnées varie entre 29 et 603 élèves pour l'enseignement maternel/primaire et entre 140 et 1070 élèves pour l'enseignement secondaire général.

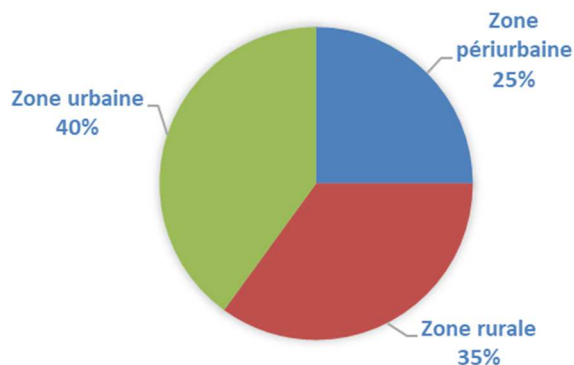


FIGURE 3. RÉPARTITION DES 20 ÉCOLES SÉLECTIONNÉES PAR TYPE DE ZONE (URBAINE, PÉRIURBAINE ET RURALE)

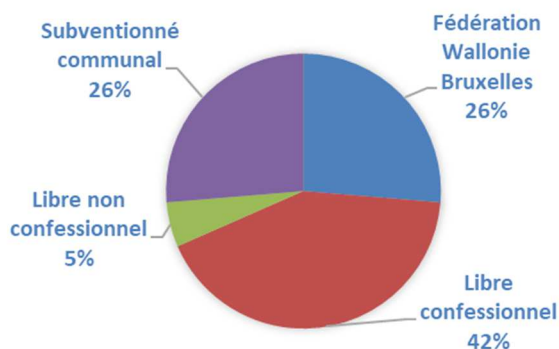


FIGURE 4. RÉPARTITION DES 20 ÉCOLES SÉLECTIONNÉES PAR TYPE DE RÉSEAU D'ENSEIGNEMENT

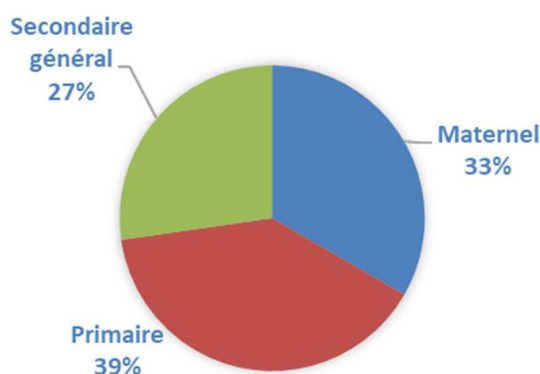


FIGURE 5. RÉPARTITION DES 20 ÉCOLES SÉLECTIONNÉES PAR NIVEAU D'ENSEIGNEMENT

Au moins un quart des écoles sélectionnées ont été mises au courant du projet de bouche-à-oreille (via des parents d'élève ou via un professeur d'une autre école). La page Facebook de l'ISSEP a été consultée par deux écoles. Les autres écoles ont été informées par les canaux suivants : la FELSI (une école), la circulaire ministérielle (deux écoles), le groupe « prof-sciences » sur le site de WBE (une école), la province du Luxembourg (une école). Pour certaines écoles, le canal qui a permis à l'école d'être informée sur le projet était inconnu.

Le bouche-à-oreille a été le meilleur moyen de recrutement. Cependant, la multiplication des canaux de recrutement a été primordiale pour obtenir un échantillon réparti sur toute la Wallonie.

3.2 Analyse de l'environnement et de la qualité de l'air des vingt écoles

L'analyse de l'environnement et de la qualité de l'air des écoles, dans le cadre du projet AIR-ECOLE, s'est déroulée en trois temps (Figure 1) :

1. Questionnaire AD'AIR

En préparation de la visite de l'école, la personne « référente » pour le projet a été invitée à compléter le questionnaire d'évaluation AD'AIR "Qualité de l'air intérieur dans les écoles"². Celui-ci comporte des questions relatives aux caractéristiques et à l'utilisation des bâtiments, à l'aération/ventilation, au nettoyage et à l'entretien, au chauffage, etc. qui ont servi de base pour la recherche des sources d'émissions.

2. Visite des établissements

Les visites des écoles ont été réalisées entre le 3 juin et le 10 octobre 2019 par l'ISSeP et le SAMI provincial correspondant en compagnie de la personne « référente » pour le projet. L'objectif était de mettre en évidence les différents éléments de l'environnement intérieur et extérieur susceptibles d'engendrer des problèmes de qualité de l'air intérieur dans l'école. Cette visite avait également pour but d'identifier cinq locaux où l'ISSeP a réalisé un certain nombre d'analyses en octobre 2019 : généralement trois classes, un local commun (cantine, garderie ...) et la salle des professeurs. Lors de cette visite, le questionnaire AD'AIR complété préalablement par le référent a été parcouru avec un responsable du SAMI et l'ISSeP afin de compléter certaines informations éventuellement manquantes.

Environnement intérieur

Lors de la visite, le SAMI a réalisé des mesures instantanées en CO₂, température ambiante et taux d'humidité relative dans différents locaux. En fonction des problèmes observés, certains prélèvements ont été effectués tels que :

- Des prélèvements de moisissures dans l'air et sur les surfaces ;
- Des mesures de la température et du taux d'humidité des murs si présence d'humidité visible ou de moisissures ;
- Des prélèvements d'eau froide si suspicion de canalisations en plomb au sein de l'école ;
- Des prélèvements d'eau chaude sanitaire si suspicion de légionelles ;
- Des prélèvements de poussières si présence de coussins et autres nids à poussières ;

² Ce questionnaire fait partie des outils développés par Hainaut Vigilance Sanitaire en 2018 dans le cadre du projet AD'AIR. Ce projet visait la réalisation de matériel (Guide de bonnes pratiques et questionnaires d'auto-évaluation, etc.) destinés à conscientiser et accompagner les acteurs de terrain pour lutter contre les pollutions intérieures dans le cadre spécifique des écoles.
<http://environnement.sante.wallonie.be/home/expert/projets/adair-a-lecole.html>

- etc.

Des détecteurs de radon ont également été proposés à certaines écoles (1 détecteur par bâtiment, et plus si la surface au sol dépasse 200 m²).

Matériel utilisé pour les mesures instantanées et pour les prélèvements effectués lors de la visite de l'établissement

Pour la mesure des paramètres d'ambiance et de la concentration en CO₂, les SAMI ont généralement utilisé un TESTO 480 équipé d'une sonde IAQ. Pour la mesure de l'humidité à la surface et dans la maçonnerie, un Protymètre Surveymaster qui donne un pourcentage de saturation des matériaux en eau a été utilisé (Figure 6). Lorsque des moisissures sont visibles, des prélèvements par tape (appliqué sur la surface contaminée et déposé sur une lame d'analyse microscopique) ont été réalisés et enfin, lorsque le bâtiment présente un risque de développement de moisissures (les moisissures ne sont pas nécessairement visibles), la charge fongique de l'air a été évaluée au moyen d'un impacteur de type RCS (Figure 7) qui projette un volume déterminé d'air sur un milieu de culture. Après une incubation d'au moins 5 jours à 20°C, les moisissures sont dénombrées et identifiées.



FIGURE 6. PROTOMETRE SURVEYMASTER QUI MESURE L'HUMIDITÉ DES SURFACES



FIGURE 7. IMPACTEUR DE TYPE RCS POUR ÉVALUER LA CHARGE FONGIQUE DE L'AIR

Suite à cette visite, les SAMI ont rédigé un rapport par école « Analyse de l'environnement intérieur » repris en tant qu'Annexe 1 dans le rapport d'« Analyse de la qualité de l'air & analyse environnementale de l'école et recommandations » rendu à chaque école. Cette annexe reprend les observations et les résultats des mesures et analyses effectuées à l'intérieur de l'établissement ainsi que des recommandations pour améliorer la qualité de l'air intérieur.

Environnement extérieur

La qualité de l'air intérieur dépend des sources de pollution intérieure (émissions par le mobilier, les produits de nettoyage, etc.) mais aussi de la qualité de l'air extérieur (trafic routier, activités

industrielles, nature du sol). La pollution de l'air ambiant dépend des sources d'émission locales ainsi que de la diffusion et du transport des polluants, conduisant à une distribution irrégulière de ceux-ci. Les sources peuvent être naturelles ou anthropiques, ponctuelles ou diffuses, fixes ou mobiles.

Les sources de pressions extérieures potentielles aux alentours des écoles ont été inventoriées par l'ISSeP lors de la visite. Ces sources peuvent être classées en trois catégories : chimique, biologique et physique (Tableau 1).

TABEAU 1. SOURCES POTENTIELLES DE PRESSIONS EXTÉRIEURES SUR LA QUALITÉ DE L'AIR INTÉRIEUR DES ÉCOLES

Chimique	Biologique	Physique
Emissions industrielles	Allergènes : animaux à proximité, pollens et graminées	Radon (voir rapports SAMI)
Emissions liées au trafic routier		Bruit
Pesticides (épandages sur le champ à l'arrière de l'école)		

Les pressions liées aux émissions industrielles, au trafic et au bruit ont été évaluées sur base des dernières informations disponibles sur le Géoportail de la Wallonie (WalOnMap³) et plus précisément l'application WebGIS dénommée CIGALE⁴.

Les aménagements et comportements en lien avec la mobilité ont été répertoriés pour chaque école. Les sources d'émission liées au trafic autour des écoles peuvent être notamment caractérisées par leur durée (source intermittente, comme la dépose des enfants devant l'école, ou continue comme la présence d'une voie rapide aux abords de l'école), leur emplacement (arrêt de bus juste devant l'entrée de l'école ou zone « kiss and ride » à 100 m), etc. De nombreux aménagements (et leur localisation) peuvent avoir un impact sur la qualité de l'air extérieur aux alentours de l'école mais également sur la qualité de l'air intérieur et sur les comportements de ventilation des locaux.

Suite à cette visite, l'ISSeP a rédigé un rapport par école « Analyse de l'environnement extérieur » repris en tant qu'Annexe 2 dans le rapport rendu à chaque école « Analyse de la qualité de l'air & analyse environnementale de l'école et recommandations ».

³ <https://geoportail.wallonie.be/>

⁴ Consultation de l'Information Géographique pour l'Agriculture, Les ressources naturelles et l'Environnement

3. Campagne d'échantillonnage

Période d'échantillonnage

Compte tenu de la variabilité temporelle des concentrations des polluants intérieurs, le choix de l'époque d'échantillonnage est primordial. La ventilation, l'occupation et les activités dans l'espace intérieur, avant et pendant la mesure, contribuent à la qualité de l'air intérieur. Après une ventilation importante, pratiquée surtout en saison estivale, la plupart des substances émises par les sources intérieures baissent considérablement et il faut plusieurs heures pour que leurs taux récupèrent les niveaux caractéristiques d'une ventilation normale (Kuske & Nicolas, 2000). Idéalement, l'OMS (WHO, 2011) préconise de réaliser deux périodes d'échantillonnage (été et hiver) mais, quand une seule période d'échantillonnage est possible, il faut privilégier la période hivernale qui devrait être caractérisée par une exposition plus élevée. Dans le projet AIR-ECOLE, l'échantillonnage dans les vingt écoles s'est effectué en octobre 2019, seule période de prélèvement possible. Pendant la saison froide, les polluants s'accumulent plus dans l'air intérieur suite à une moins bonne ventilation et une augmentation de l'émission venant de produits et matériaux, tels que peintures et mobilier, localisés près de sources de chaleur et exposés à des températures élevées ou encore à une augmentation de l'émission de combustibles (WHO, 2011).

Lors de la période d'échantillonnage, afin que les mesures soient effectuées dans des conditions normales d'occupation, il a été demandé aux professeurs de ne pas modifier les habitudes d'aération.

Durée d'échantillonnage

Dans les écoles, l'échantillonnage d'air est recommandé par « semaine scolaire » car suite aux gestes de ventilation et aux activités menées dans l'école, la plupart des concentrations en polluants dans l'air intérieur seront différentes les nuits et le week-end (WHO, 2011). Dans le projet AIR-ECOLE, l'échantillonnage d'air dans chaque école a été réalisé pendant cinq jours (du lundi matin au vendredi fin d'après-midi).

Réaliser un échantillonnage continu pendant cinq jours peut mener à une surestimation de l'exposition notamment au formaldéhyde, qui s'accumule pendant la nuit, quand les fenêtres sont fermées ou que le système de ventilation est arrêté. Cela pourrait également biaiser l'exposition au NO₂ (sur ou sous-estimation en fonction de l'éventuelle contribution de sources extérieures) (WHO, 2011). Dans le projet AIR-ECOLE, il n'a cependant pas été techniquement envisageable de refermer les échantillons en fin de journée et de les ouvrir en début de journée pour réaliser le prélèvement uniquement pendant les heures scolaires. Cela aurait représenté un risque trop important de perte d'échantillon ou d'oubli (ce qui fausserait le résultat final).

Les résultats de mesure des moniteurs CO₂ (qui mesuraient la température, l'humidité relative et le taux de CO₂ en continu dans deux locaux, cf. ci-dessous), ont été analysés pour l'ensemble de la période d'échantillonnage (FD) mais également uniquement pendant les « heures scolaires » (8h-16h) pour approximer les heures d'occupation présumées des locaux.

Sélection des points de prélèvement

Sept points de prélèvements, dont deux à l'extérieur (un à rue et un dans la cour) ont été sélectionnés lors de la visite de l'école. Pour les cinq points de prélèvements intérieurs, les locaux ont été choisis de manière à couvrir les différents cas de figure rencontrés, vis-à-vis du type de bâtiments (années de construction, rénovations, matériaux), de leur orientation (rue/cour) ou encore du niveau scolaire des enfants. Généralement, minimum trois classes ont été choisies et deux autres types de locaux dont souvent la salle des professeurs.

Méthode d'échantillonnage

Les prélèvements intérieurs réalisés dans cinq locaux étaient destinés à l'analyse des composés organiques volatils (1,1,1-trichloroéthane, hexane, heptane, octane, benzène, trichloroéthylène, toluène, tétrachloroéthylène, éthylbenzène, xylènes et 1,2,4-triméthylbenzène), des aldéhydes (formaldéhyde, acétaldéhyde) et du dioxyde d'azote (NO_2) dans l'air intérieur. Les prélèvements ont été réalisés par diffusion passive (Figure 8). Le principe de fonctionnement de ce mode de prélèvement est basé sur la diffusion des molécules vers un adsorbant spécifique au type de polluant. La quantité de molécules piégées est proportionnelle à sa concentration dans l'air ambiant et est déterminée par analyse en laboratoire. Les tubes passifs ont été fixés sur des statifs à hauteur des voies respiratoires (+/- 1m20). Ils ont été positionnés dans les différents locaux à une distance de minimum 30 cm des murs (pour permettre la circulation d'air autour des tubes), en évitant la proximité des fenêtres et les courants d'air et en gênant le moins possible les activités menées dans le local.

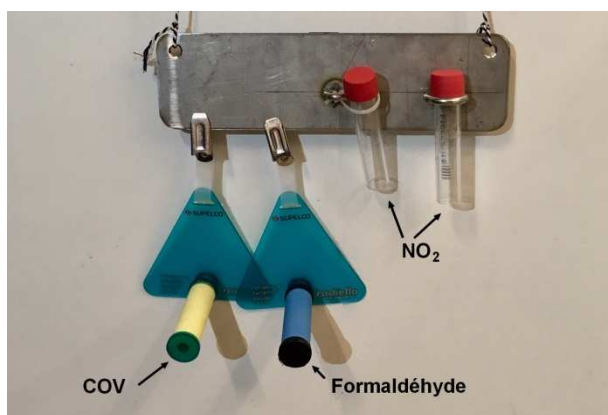


FIGURE 8. TUBES PASSIFS POUR LE PRÉLÈVEMENT D'AIR INTÉRIEUR (AU-DESSUS) ET SUPPORT COMPLET (À DROITE).

Dans deux locaux, les concentrations en CO_2 ainsi que la température et l'humidité relative (HR) ont été mesurées et enregistrées en continu à l'aide d'un moniteur (Figure 9). Celui-ci a été placé à un endroit sécurisé à proximité d'une prise de courant, en dehors de tout courant d'air.



Un document de bord était associé à chaque point de prélèvement intérieur. Ce document devait être complété afin d'avoir quelques informations générales sur le local et surtout de connaître, pour chaque jour de prélèvement, les heures d'occupation du local, le nombre d'occupants, les périodes d'aération et les activités potentiellement émettrices (nettoyage du local, bricolages, usage de colles, de peintures...) (Annexe 2). Ce document n'a pas toujours été bien complété. Dans les écoles secondaires, il était souvent incomplet car généralement différents professeurs se succèdent dans les classes. Il en était de même pour la salle des professeurs.

En deux points extérieurs, un « à rue » et un dans la cour, des mesures de dioxyde d'azote (NO₂) et de COVs ont été réalisées au moyen de tubes passifs positionnés dans un boîtier protecteur à 2 m du sol (Figure 10).



FIGURE 9. MONITEUR CO₂, T° ET HR

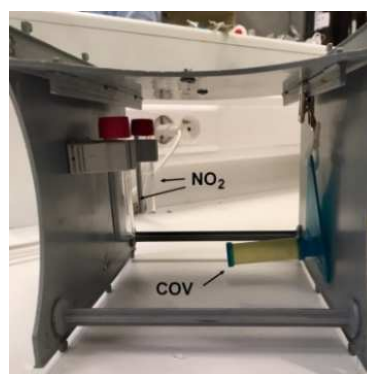


FIGURE 10. TUBES PASSIFS POUR LE PRÉLÈVEMENT D'AIR EXTÉRIEUR

Au vu du nombre d'écoles et de leur localisation, plusieurs agents de l'ISSEP se sont occupés des mises en place et des relèves des échantillons. Un protocole de relève et de collecte d'échantillons a donc été rédigé en collaboration avec la CQA de l'ISSEP (Annexe 3) afin que toutes les informations indispensables au bon déroulement de ces différentes étapes soient reprises dans un même document et portée à la connaissance de tous les intervenants pour la campagne d'échantillonnage du projet.

Les résultats de la campagne d'échantillonnage sont repris en détail à l'Annexe 3 « Résultats des mesures de polluants » du rapport « Analyse de la qualité de l'air & analyse environnementale de l'école et recommandations » rendu à chaque école.

3.3 Sélection des paramètres mesurés

Les polluants potentiels des milieux intérieurs sont très nombreux et variés, ce qui rend impossible l'analyse de la totalité de ceux-ci, tant d'un point de vue méthodologique que financier. Le choix des polluants à analyser a été fondé sur leur prépondérance dans les milieux intérieurs (polluants les plus souvent cités dans les études et la littérature scientifique), leurs effets potentiels sur la santé (problèmes respiratoires, cancérogénicité, etc.) et la faisabilité de l'analyse (coût et méthodologie).

Des paramètres d'ambiance intérieure (température et humidité relative) et CO₂ ont également été mesurés. Bien que ne pouvant être qualifiés de polluants au sens strict, ils influencent la présence ou les concentrations de certains polluants et donnent des informations précieuses sur les conditions de ventilation.

Sur cette base, la liste des polluants et des paramètres d'ambiance mesurés est la suivante :

- COVs :
 - 1,1,1-trichloroéthane, hexane, heptane, octane, benzène, trichloroéthylène, toluène, tétrachloroéthylène, éthylbenzène, xylènes et 1,2,4-triméthylbenzène ;
 - Aldéhydes : formaldéhyde, acétaldéhyde ;
- Dioxyde d'azote : NO₂ ;
- Paramètres d'ambiance (température et humidité relative) et taux de CO₂.

Les effets sur la santé et les sources possibles sont reprises ci-dessous pour chaque polluant/paramètre d'ambiance analysé.

3.3.1 Les Composés Organiques Volatils (COVs)

Effets sur la santé par inhalation

Les composés organiques volatils regroupent une multitude de substances appartenant à différentes familles chimiques (hydrocarbures aromatiques, alcanes, aldéhydes, terpènes ...). Contenues dans la plupart des matériaux et produits, ces substances s'évaporent facilement à température ambiante et se retrouvent ensuite dans l'air intérieur.

Les solvants présentent des caractéristiques communes plus ou moins marquées selon la substance et en même temps des propriétés toxicologiques propres à chaque produit (INRS, 2011).

Les effets communs incluent une irritation principalement de la peau et des muqueuses (oculaires et respiratoires) en cas d'exposition unique ou répétée, des troubles neurologiques aigus (somnolence, céphalée, vertige, coma...) en cas d'exposition à des concentrations élevées, et surtout une atteinte neurologique plus progressive en relation avec des expositions répétées. Ceci se traduit notamment par des troubles de la mémoire et du comportement tant que l'exposition persiste (INRS, 2011).

Le benzène doit être mis à part du fait de sa toxicité spécifique importante pour les cellules sanguines. Il peut entraîner des réductions du nombre de globules rouges, blancs ou de plaquettes ainsi que des leucémies pour des expositions répétées, même à faible dose (INRS, 2011). Le benzène est classé comme *cancérogène pour l'homme* (groupe 1) par le Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC) depuis 1979, sur la base de preuves suffisantes selon lesquelles il provoque des leucémies (CIRC, 2018).

Les tri- et tétrachloroéthylène peuvent également être retrouvés dans les milieux intérieurs. Le trichloroéthylène est un cancérogène avéré pour l'homme (groupe 1 du CIRC) pour le cancer du rein tandis que le tétrachloroéthylène est classé cancérogène probable pour l'homme par la même agence (groupe 2A).

L'évaluation des effets sur la santé des COVs est d'autant plus difficile qu'ils sont présents en mélanges et que leur toxicité peut avoir un effet additif, synergique, antagoniste ou encore indépendant l'un de l'autre (SAMI-Lux, 2010).

Sources potentielles

Les sources de COVs dans l'air intérieur sont diverses (Kuske & Nicolas, 2000) :

- Produits de bricolage : peintures, laques, vernis ... ;
- Colles et adhésifs pour tissus muraux et moquettes, pour la pose de revêtements de sol ;
- Plastiques ;
- Produits de nettoyage et d'entretien (nettoyants, décapants, désinfectant) ;
- Processus de combustion ;
- Encres (imprimantes, photocopieuses) ;
- Bois traités : le toluène entre comme solvant dans la composition de certains produits de traitement des bois ;
- La fumée de cigarette constitue une source considérable de benzène ;
- Matériaux de construction et d'ameublement ;
- Air extérieur : trafic, chauffage, industries ...

3.3.2 Les aldéhydes

Effets sur la santé par inhalation

Le formaldéhyde est un irritant des voies respiratoires supérieures et des yeux. Une exposition chronique peut se manifester sous la forme de conjonctivite, rhinite, pharyngite, laryngite chronique, sinusite, bronchite, toux chronique, saignements de la muqueuse nasale. Elle peut conduire à des difficultés respiratoires et peut être à l'origine de crises d'asthme ou à une sensation d'oppression thoracique. Il influence également le système nerveux, provoquant des céphalées, de la fatigue, des nausées, des vertiges, des problèmes de mémoire et de concentration ou encore des troubles du sommeil.

L'exposition prolongée à de fortes concentrations de formaldéhyde, essentiellement dans les lieux de travail, peut causer des lésions au niveau de l'épithélium nasal étant à l'origine de cancers du nasopharynx. En 2004, le CIRC a classé le formaldéhyde dans le groupe 1 : cancérogènes certains pour l'homme.

Chez l'homme, l'exposition à des vapeurs d'acétaldéhyde induit une irritation des yeux, de la peau et des voies respiratoires (toxicité aiguë). Les effets systémiques à terme de cette substance n'ont pas fait l'objet de publication de cas cliniques ou d'études épidémiologiques. Cette substance est classée cancérigène probable pour l'homme (B2) sur base de preuves suffisantes chez l'animal par l'US EPA (1988).

Sources potentielles (Kuske & Nicolas, 2000)

Le formaldéhyde est sans doute l'un des composés chimiques les plus communs et les plus polluants de l'air de nos habitations parce qu'il est largement utilisé dans les matériaux de construction et les produits manufacturés. La recherche de l'origine de l'émanation de formaldéhyde est parfois complexe car il est émis par certains matériaux et peut être absorbé par d'autres.

Citons par exemple le formol ou encore la formaline, qui sont des noms commerciaux pour des solutions de formaldéhyde (par exemple : 40% de formaldéhyde et 60% d'eau) employées comme désinfectants, insecticides, fongicides et désodorisants. Citons également les résines et colles à base d'urée-formol ou phénol-formol qui interviennent dans la fabrication de panneaux agglomérés de bois ou de particules et dans celle des contre-plaqués. Ces panneaux sont largement utilisés comme matériaux de construction ou dans la fabrication de meubles, étagères de placards, meubles de cuisine, sous face de planchers, habillage de lavabos et baignoires, cloisons, plafonds, etc. En se décomposant, les résines et les colles contenues dans ces matériaux peuvent émettre du formaldéhyde dans l'air ambiant et les émissions augmentent avec la température et l'humidité. Les émanations diminuent avec l'âge des matériaux, mais peuvent persister durant plusieurs années.

Les sources d'aldéhydes dans l'air intérieur sont dès lors variées :

- Les mousses isolantes urée-formol. Ces mousses sont utilisées pour l'isolation par injection dans les murs et les cloisons (de moins en moins employées).
- La laine de verre et de roche. Le formaldéhyde entre bien souvent dans la composition des liants de ces matériaux.
- Les peintures et les produits cosmétiques. Il est difficile de trouver une peinture à l'eau qui ne contienne pas de formaldéhyde. Très fréquemment, ces peintures à l'eau contiennent également des fongicides.
- Différentes colles utilisées pour menuiseries, papiers peints, moquettes.
- Les tissus d'ameublement. Le formaldéhyde sert à donner de la tenue à ces divers tissus (tentures et canapés).
- Le formaldéhyde est dégagé lors de la pyrolyse de nombreuses matières organiques (incinérateurs, gaz d'échappement des automobiles, fumée de cigarettes).

3.3.3 Le dioxyde d'azote (NO₂)

Effets sur la santé par inhalation

Le dioxyde d'azote est un gaz irritant qui pénètre dans les plus fines ramifications des voies respiratoires. Il peut entraîner une altération de la fonction respiratoire, une hyperactivité bronchique chez les asthmatiques et un accroissement de la sensibilité des bronches aux infections chez les enfants.

Sources potentielles

Les oxydes d'azotes proviennent principalement de la combustion de combustibles fossiles. Une fois dans l'air, l'oxyde d'azote (NO) est rapidement oxydé en dioxyde d'azote (NO₂). Le parc automobile est responsable de près des trois quarts des émissions de NO_x dans l'air ambiant. Les principales sources d'émission intérieures sont les cuisinières et fours à gaz, les chauffe-eau et, dans une moindre mesure, le tabagisme (Kuske & Nicolas, 2000 ; EC, 2005).

3.3.4 Les paramètres d'ambiance (température et humidité relative, HR)

Effets sur la santé

La température et l'humidité relative permettent d'amener un certain confort intérieur et agissent donc surtout sur le bien-être d'un individu.

Dans la mesure du possible, il convient de maintenir des températures physiquement confortables dans les locaux (entre 18°C et 22°C environ), tout au long de l'année, quelles que soient la saison et la température de l'air extérieur.

Un taux d'humidité trop bas ou trop élevé peut occasionner des effets néfastes, allant du simple inconfort à des problèmes de santé. En-dessous de 40%, il y a assèchement des yeux et des muqueuses qui tapissent les voies respiratoires, et au-delà de 60%, le risque de développement de moisissures et de champignons sur les surfaces plus froides devient important.

Le confort thermique est également préoccupant pour une autre raison : la température de l'air et l'humidité relative influencent les émissions de la plupart des substances générées par les sources intérieures.

Sources potentielles

Le confort intérieur est influencé par de nombreux facteurs (Kuske & Nicolas, 2000) :

- L'isolation du bâtiment et ses performances énergétiques.
- L'état de murs et de la toiture du bâtiment. Par exemple, des fissures ou une infiltration dans les murs augmentent l'humidité à l'intérieur du bâtiment.
- Le système de chauffage.

- Le système de ventilation ou de conditionnement d'air.
- Les habitudes des occupants : ouverture des fenêtres, surchauffe des pièces habitables.

3.3.5 Le dioxyde de carbone (CO₂)

Effets sur la santé

Le taux de CO₂ est un bon indicateur de la qualité de l'air. Il n'est pas considéré comme un polluant dans le sens où il est produit par tous les êtres vivants lors de la respiration. Une trop grande concentration en CO₂ dans l'air peut occasionner une somnolence, des maux de tête et une accélération de la respiration. Parallèlement, on peut aussi observer une diminution de la concentration au travail et des performances mentales. Celles-ci peuvent être déclinées en termes de temps de réaction, de notes obtenues, d'absentéisme...

Sources potentielles

Le CO₂ provient essentiellement du métabolisme humain et des processus de combustion. Le taux de CO₂ dans un local est fortement dépendant du taux d'occupation ainsi que des comportements d'aération.

3.4 Protocoles de mesure des polluants

3.4.1 Les Composés Organiques Volatils (COVs)

Les analyses de COVs ont été réalisées par la Cellule Qualité de l'Air (CQA) de l'ISSeP.

Les valeurs individuelles obtenues sont des valeurs moyennes de concentrations mesurées pendant la durée d'exposition de la cartouche (dans le projet AIR-ECOLE : 5 jours). Cette méthode ne permet donc pas de mettre en évidence des pics de pollution.

La liste des composés surveillés par cette méthode est la suivante : hexane, 1,1,1-trichloroéthane, benzène, heptane, trichloroéthylène, toluène, octane, tétrachloroéthylène, éthylbenzène, p+m-xylène, o-xylène, 1,2,4-triméthylbenzène.

Lors du prélèvement, les tubes sont exposés à l'air ambiant, les composés diffusant naturellement vers l'adsorbant. Les cartouches adsorbantes sont insérées dans un corps diffusif microporeux et exposées à l'air. Ce corps diffusif permet de protéger la cartouche des conditions extérieures (pluie, courant d'air ...) et d'assurer une diffusion uniforme et régulière sur toute la cartouche.

Au laboratoire, après séchage, les tubes prélevés sont désorbés thermiquement et le dosage quantitatif des composés organiques volatils est réalisé par chromatographie en phase gazeuse, avec pour détecteur, un spectromètre de masse.

Incertitude de mesure : de l'ordre de 30% (prélèvement et analyse).

Limite de quantification (LQ) : Elle varie entre 0,03 µg/m³ et 0,04 µg/m³ en fonction du composé mesuré (estimation sur cinq jours d'exposition).

Norme de référence : Les prélèvements à l'aide de tubes Radiello® ne sont pas normalisés mais la méthode appliquée est dérivée de la norme ISO 16017-2:2003.

3.4.2 Les aldéhydes

Les analyses d'aldéhydes (formaldéhyde et acétaldéhyde) ont été réalisées par le laboratoire Chimie-Air de HVS. Le préleveur par diffusion est exposé à l'air pendant 5 jours. La vapeur de formaldéhyde migre à l'intérieur de celui-ci et est recueillie sur une bande de papier de cellulose chargée de gel de silice imprégnée de 2,4-dinitrophénylhydrazine (DNPH). L'hydrazone formé est désorbé à l'aide d'acétonitrile. La solution est analysée au moyen d'un chromatographe en phase liquide à haute performance équipé d'un détecteur d'absorbance dans l'ultraviolet.

Incertitude de mesure : 20%.

Limite de quantification (LQ) : 0,15 µg/m³ (estimée sur cinq jours d'exposition).

Normes de référence : ISO 16000-2 et 4, échantillonnage passif sur tube d'absorption radiale (Radiello®).

3.4.3 Le dioxyde d'azote (NO₂)

Les analyses de NO₂ ont été réalisées par la Cellule Analyse de l'ISSEP-Colfontaine.

La technique de référence pour le dosage du NO₂ dans l'air ambiant est la technique de la chimiluminescence. Le principe de cette méthode consiste à capter le dioxyde d'azote (NO₂) présent dans l'air ambiant à l'aide de tubes à diffusion passive (tubes de Palmes). Le dioxyde d'azote (NO₂) est absorbé par la triéthaloamine (TEA) et ensuite extrait via agitation par vortex et dosé par spectrophotométrie UV/Visible. L'absorbance à une longueur d'onde de 542 nm du complexe azoïque de couleur pourpre formé via la réaction de Griess-Saltzman est mesurée.

Dans la pratique, le tube de Palmes est constitué d'un tube en polyacrylique de longueur définie et fermé aux extrémités par des bouchons en polypropylène. L'un des bouchons contient le support d'absorption, c'est-à-dire des grilles en acier inoxydable, sur lequel est déposé l'agent d'absorption, la TEA. Le tube ouvert à une extrémité est ainsi exposé pendant cinq jours. Pour la conservation et le transport, le tube est refermé à l'autre extrémité.

Incertitude de mesure : 17%.

Limite de quantification (LQ) : 5,19 µg/m³ (estimée sur 5 jours d'exposition).

Normes de référence :

- NBN EN 16339 20/9/2013 - Méthode pour la détermination de la concentration du dioxyde d'azote au moyen d'échantillonneurs par diffusion.

- NBN EN 14211 20/11/2012 V02 - Air ambiant - Méthode normalisée pour le mesurage de la concentration en dioxyde et monoxyde d'azote par chimiluminescence.

3.4.4 Les paramètres d'ambiance (T° et HR) et le dioxyde de carbone

Vingt capteurs CO₂ ont été achetés et ont été offerts aux écoles à la fin du projet AIR-ECOLE pour leur participation. Les capteurs sont des Air Control 5000 de la marque DOTSMANN®. La carte micro-SD permet l'enregistrement des données (1 donnée de température, HR et CO₂ toutes les 5 secondes).

La fiabilité des capteurs a été vérifiée par la CQA de l'ISSeP. Les valeurs mesurées par les vingt capteurs ont été comparées entre elles d'une part et par rapport à une valeur de référence d'autre part.

Les valeurs mesurées par les différents capteurs placés dans un local vide et ventilé pendant la nuit ont été comparées par rapport aux spécifications techniques des capteurs. La valeur de référence choisie est la moyenne des valeurs mesurées par l'ensemble des capteurs (450 ppm). Les mesures ont été faites à 21°C et 35% HR.

Les capteurs ont été installés dans une chambre de flux (Figure 11) alimentée par une concentration connue en CO₂. En sortie de la chambre, la concentration théorique était contrôlée à l'aide d'un analyseur de référence. Le blanc de dilution ainsi que l'analyseur sont tous deux accrédités ISO 17025.

Les essais se sont déroulés sur deux jours, les 19 et 24/9/2019.

Les trois capteurs qui étaient hors des spécifications du fabricant lors des essais et ceux qui montraient des valeurs anormales lors des mesures nuit ont été recalibrés.



FIGURE 11. CHAMBRE DE FLUX

4 Valeurs guides recommandées

Les concentrations en polluants mesurées aux points de prélèvements intérieurs et extérieurs des vingt écoles ont été comparés aux valeurs guides. Celles-ci sont principalement issues du guide

AD'AIR « Qualité de l'air intérieur dans les écoles » (HVS, 2018). Celui-ci recommande trois types de valeurs guides pour les milieux scolaires (Tableau 2) :

- **Critère de Qualité (CQ)** : Il s'agit d'une valeur qui définit un niveau de concentration de polluants dans l'air à atteindre (si la valeur mesurée est supérieure ou à ne pas dépasser). Ce niveau est fixé pour si possible éviter, au moins prévenir ou réduire les effets nocifs sur la santé, y compris celle des enfants. En Région wallonne, le CQ proposé est le même pour caractériser la qualité de l'air extérieur ou intérieur.
- **Critère de Vigilance (CV)** : Niveau au-delà duquel des investigations sont nécessaires afin de revenir à terme au niveau du CQ de façon à pouvoir prévenir et réduire les effets sur la santé.
- **Critère d'Intervention (CI)** : Il s'agit d'une valeur limite au-delà de laquelle des investigations complémentaires doivent être menées et des actions rapidement mises en œuvre afin de réduire l'exposition des occupants.

Pour le 1,2,4-triméthylbenzène, le guide AD'AIR ne propose pas de valeur. Une valeur de référence issue de la Division pour la qualité de l'air et le climat de l'Agence du Vermont (USA) a été utilisée.

Pour les différents paramètres et polluants considérés comme prioritaires dans les écoles, il faut veiller à respecter les valeurs guides proposées pour l'exposition des enfants sur le long terme (durée supérieure à un an). En revanche, le CI est applicable pour évaluer des concentrations mesurées sur une courte période (par exemple 24h) (HVS, 2018).

Le formaldéhyde et l'acétaldéhyde pouvant entraîner des effets néfastes pour la santé, avec une sensibilité accrue pour les enfants (Ineris, 2010) (diminution de la fonction respiratoire, augmentation de la fréquence d'apparition de l'asthme et de la bronchite, etc.), les concentrations en ces deux composés devraient être particulièrement surveillées. Toutefois, les niveaux d'exposition actuels en milieu scolaire ne permettant pas d'atteindre les critères de qualité, des CI intermédiaires ont été proposés : 8,5 µg/m³ pour le formaldéhyde et 9,0 µg/m³ pour l'acétaldéhyde (HVS, 2018). Ces CI à moyen terme (intermédiaires) représentent l'objectif à atteindre d'ici 5 ans.

TABLEAU 2. VALEURS GUIDES DE QUALITÉ DE L’AIR INTÉRIEUR (ET/OU EXTÉRIEUR) RECOMMANDÉES (HVS, 2018).

Substances	CQ	CV	CI	Autre valeur de référence
Benzène	0,5 µg/m³	3,0 µg/m³	5,0 µg/m³	
Toluène	260 µg/m³	2600 µg/m³	3000 µg/m³	
Ethylbenzène	0,4 µg/m³	4 µg/m³	20 µg/m³	
Xylènes	100 µg/m³	-	700 µg/m³	
Trichloroéthylène	0,2 µg/m³	2,0 µg/m³	10 µg/m³	
Tétrachloroéthylène	0,17 µg/m³	1,7 µg/m³	8,5 µg/m³	
1,2,4-triméthylbenzène	-	-	-	9,8 µg/m³ (Vermont Air Quality Guidelines, 2018)
Formaldéhyde	0,17 µg/m³	1,7 µg/m³	30 µg/m³	8,5 µg/m³ (CI intermédiaire)
Acétaldéhyde	0,37 µg/m³	3,7 µg/m³	39 µg/m³	9,0 µg/m³ (CI intermédiaire)
NO ₂	40 µg/m³	-	200 µg/m³	
CO ₂	500 ppm	1000 ppm	1500 ppm	

Le code couleur utilisé dans la présentation des résultats indique le dépassement des valeurs guides recommandées :

Pour les COVs et le NO₂ :

$x < CQ$	$CQ < x < CV$	$CV < x < CI$	$x > CI$
----------	---------------	---------------	----------

Pour les aldéhydes :

$x < CQ$	$CQ < x < CV$	$CV < x < CI_{int}$	$CI_{int} < x < CI$	$x > CI$
----------	---------------	---------------------	---------------------	----------

avec « x » la concentration en polluant ; CQ : critère de qualité ; CV : critère de vigilance ; CI : critère d’intervention et CI_{int} : critère d’intervention intermédiaire.

Les valeurs entre lesquelles il est conseillé de maintenir la température et l’humidité relative (même en hiver) sont reprises dans le Tableau 3.

TABLEAU 3. VALEURS CONSEILLÉES POUR LA TEMPÉRATURE ET L’HUMIDITÉ (HVS, 2018)

Paramètre	Minimum	Maximum
Température (°C)	18°C	22°C
Humidité Relative (%)	40%	60%

Le code couleur utilisé dans la présentation des résultats des paramètres d’ambiance est le suivant :

$x < \min$	$\min < x < \max$	$x > \max$
------------	-------------------	------------

Les valeurs guides renseignées dans le guide AD’AIR (HVS, 2018) ont été utilisées dans le cadre du projet AIR-ECOLE car ces valeurs seront à priori reprises dans le Décret relatif à la qualité de l’air intérieur, publié au Moniteur belge le 12 mars 2019.

5 Résultats et interprétations

Les résultats obtenus pour les paramètres d'ambiance intérieure (température et humidité relative), les taux de CO₂ ainsi que les concentrations en polluants (COVs, aldéhydes et NO₂) sont présentés ci-dessous. Une compilation des observations faites par les SAMI et l'ISSeP lors des visites des établissements est également reprise dans cette section. Les résultats sont présentés en conservant l'anonymat des écoles. Un tableau complet des résultats se trouve à l'Annexe 4 et un tableau reprenant les statistiques descriptives des données (médiane, moyenne, écart-type, minimum, maximum) est repris à l'Annexe 5.

5.1 Les paramètres d'ambiance intérieure

L'humidité relative et la température varient pendant la journée et dépendent de nombreux facteurs tels que les conditions météorologiques, le nombre d'occupants dans le local, l'ouverture des fenêtres et des portes ou encore l'âge et l'état des bâtiments.

5.1.2 L'humidité relative

La Figure 12 reprend les valeurs moyennes, minimales et maximales d'humidité relative mesurées dans deux locaux par école, pendant les heures d'occupation (WD). La plage d'humidité relative conseillée est également représentée (entre 40%, en bleu, et 60%, en rouge).

Le taux moyen d'humidité relative se situe, dans 87,5% des cas, dans les gammes de valeurs recommandées (Figure 12). Quatre locaux ont un taux d'humidité relative moyen supérieur aux valeurs recommandées tandis qu'un taux d'humidité relative moyen inférieur aux valeurs guides a été mesuré dans un seul local.

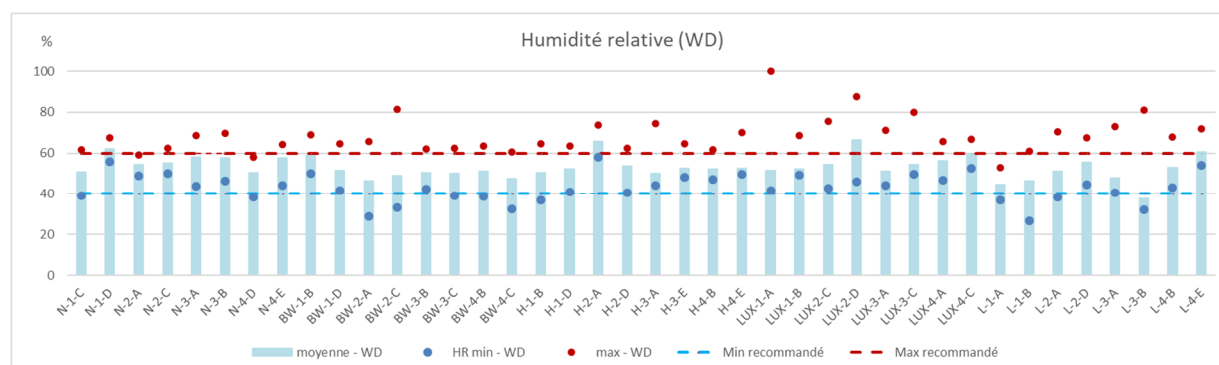


FIGURE 12. HUMIDITÉ RELATIVE MESURÉE EN JOURNÉE (WD) DANS DEUX LOCAUX DANS LES VINGT ÉCOLES PARTICIPANTES

Dans certains locaux néanmoins, le taux d'humidité relative peut varier fortement au cours de la journée. La plus faible valeur d'humidité relative mesurée dans les locaux est de 27% tandis que la

valeur la plus élevée s'élève à 88%⁵. Les valeurs les plus extrêmes retrouvées dans l'étude de SAMI-Lux (2010), étude sur 72 écoles fondamentales de la province du Luxembourg, sont semblables à celles mesurées dans ce projet : la valeur la plus faible s'élève à 22% et la valeur la plus élevée à 84%. A noter qu'au-delà de 70%, le risque de développement de moisissures et de champignons devient important.

5.1.3 La température

La Figure 13 reprend les valeurs moyennes, minimales et maximales de température mesurées dans deux locaux pour chaque école, pendant les heures d'occupation (WD). La plage de température conseillée est également représentée (entre 18°C, en bleu, et 22°C, en rouge).

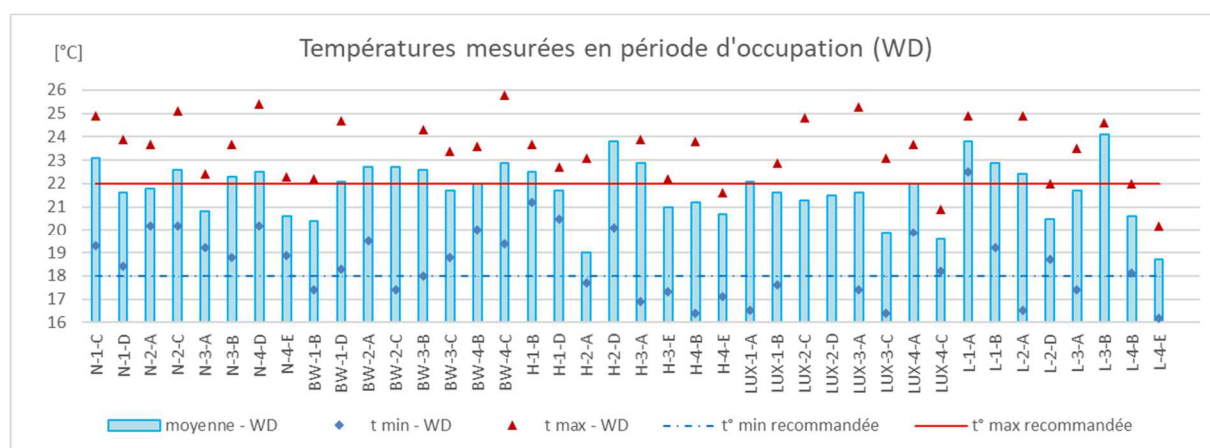


FIGURE 13. TEMPÉRATURE MESURÉE DANS DEUX LOCAUX DANS LES VINGT ÉCOLES PARTICIPANTES EN JOURNÉE (WD)

Les températures sont globalement trop élevées dans les écoles. Bien que la température moyenne mesurée était de 21,7 °C, près de la moitié des moyennes de température se situent au-dessus de la valeur maximale recommandée de 22°C (17 locaux sur 40). En outre, pour la grande majorité des locaux (35 locaux sur 40), les valeurs maximales mesurées dépassent 22°C. La valeur de température la plus élevée enregistrée était de 29,5°C. Aucun local ne présente une moyenne de température inférieure à la valeur minimale recommandée de 18°C. Toutefois, les températures minimales mesurées dans certains locaux avoisinent les 15°C. A titre de comparaison, les valeurs enregistrées dans l'étude SAMI-Lux (2010) s'étendaient de 14°C à 28°C avec une valeur moyenne de 20°C dans les classes.

Certaines écoles ne peuvent régler elles-mêmes la température des locaux car il n'y a pas de vanne thermostatique sur les radiateurs. La gestion du chauffage est décentralisée et, souvent, gérée par la commune. Dans ces locaux, il fait souvent trop chaud. Pour ces écoles, il serait opportun, tant sur le plan environnemental qu'en matière d'économie d'énergie, que la direction de l'école soit autonome pour le contrôle du chauffage, et ce afin de répondre plus rapidement et adéquatement

⁵ La valeur la plus haute enregistrée était de 99,9%, probablement liée à un élève qui a soufflé sur l'appareil (le taux de CO₂ dans ce local était en-dehors des limites de l'appareil). Cette valeur est aberrante et n'a pas été prise en compte.

aux besoins de chauffage en fonction de l'occupation des locaux. Il est conseillé d'installer des vannes thermostatiques aux radiateurs qui n'en disposent pas.

5.2 Le dioxyde de carbone (CO₂)

5.2.1 Comparaison des résultats aux valeurs recommandées

Le taux de CO₂ est très variable d'un local à l'autre et varie fortement au cours de la journée. La Figure 14 (pour les provinces de Namur, du Brabant wallon et du Hainaut) et la Figure 15 (pour les provinces de Luxembourg et de Liège) reprennent les valeurs moyennes, minimales (en bleu) et maximales (en rouge) des concentrations en CO₂ mesurées dans deux locaux par école, pendant les heures d'occupation (WD). Les valeurs guides recommandées pour les milieux intérieurs dans le guide AD'AIR (CQ, CV et CI) sont également représentées.

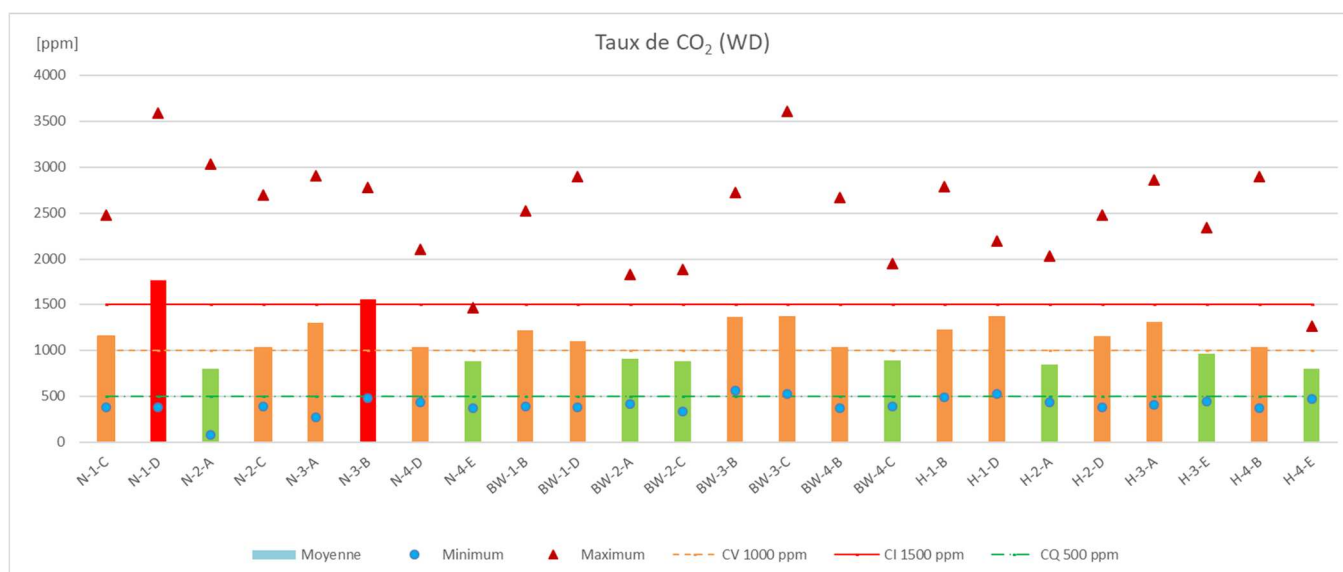


FIGURE 14. TAUX DE CO₂ MOYENS, MINIMUMS ET MAXIMUMS MESURÉS DANS DEUX LOCAUX DANS LES ÉCOLES SÉLECTIONNÉES DES PROVINCES DE NAMUR, DU BRABANT WALLON ET DU HAINAUT, EN JOURNÉE (WD).

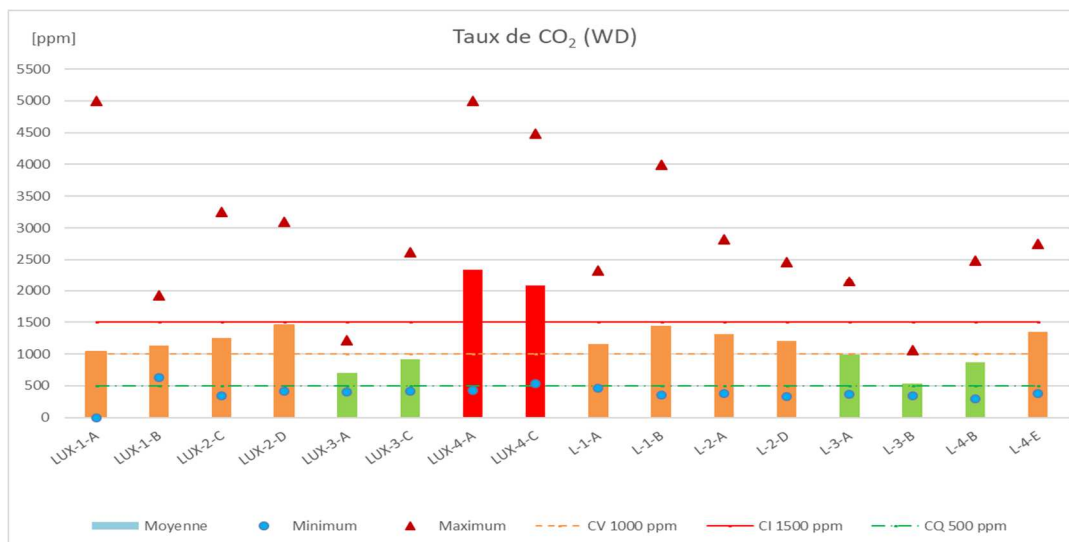


FIGURE 15. TAUX DE CO₂ MOYENS, MINIMUMS ET MAXIMUMS MESURÉS DANS DEUX LOCAUX DANS LES ÉCOLES SÉLECTIONNÉES DES PROVINCES DE LUXEMBOURG ET DE LIÈGE, EN JOURNÉE (WD).

Aucune école ne présente de taux moyens en CO₂ inférieurs au CQ (500 ppm). L'école qui présente le taux de CO₂ moyen le plus bas (534 ppm) est une école basse énergie équipée d'un système de ventilation mécanique (VMC) sans prise d'air (l'air circule en circuit fermé). Tous les locaux de cette école sont munis de capteurs CO₂. Le système de ventilation se met en route automatiquement dès que le taux de CO₂ dépasse les 1000 ppm. Cependant, nos mesures ont permis de déceler qu'un de leur capteur était mal réglé⁶.

Dans deux locaux, le taux maximum mesuré était hors limite. Ceci est probablement dû à quelqu'un qui aurait soufflé sur le capteur CO₂, mais pas représentatif d'un pic réel. Néanmoins, les taux moyens mesurés sont souvent trop élevés. Ils sont supérieurs à 1000 ppm (CV) dans deux tiers des locaux (27 locaux), dont 4 présentent des taux moyens de CO₂ supérieurs au CI de 1500 ppm. Seulement un tiers des locaux présentent un taux moyen de CO₂ entre le CQ et le CV.

Les taux de CO₂ sont clairement influencés par les périodes d'inoccupation des locaux (récréation et temps de midi pour les classes, heures de cours pour la salle des profs, etc.). La Figure 16 illustre à titre d'exemple les taux de CO₂ pour un local qui montre de fortes variations au cours de la journée et en fonction de l'occupation des locaux. Les mardi 8 et jeudi 10 octobre, des activités extra-scolaires se sont tenues dans ce local. A cause du mauvais temps le mardi 8 octobre, les élèves ont passé les récréations à l'intérieur de la classe. Des taux de CO₂ plus élevés ont été enregistrés pendant ces périodes. De même, l'absence des élèves le mercredi après-midi et le jeudi après-midi de 13h30 à 15h pour le cours de gymnastique est bien visible (concentrations de CO₂ < 1000 ppm).

Dans la majorité des écoles, malgré que l'aération semble souvent faire partie des gestes quotidiens, le renouvellement d'air n'est pas suffisant. Les modes, fréquences et durées d'aération

⁶ Lors de la visite de l'établissement, notre capteur indiquait un taux de CO₂ de 2005 ppm alors que le capteur fixe du local (L-3-A) indiquait 908 ppm.

sont très variables d'une école à l'autre et d'un professeur à l'autre. Dans plusieurs écoles et pour des raisons diverses, les fenêtres ne peuvent s'ouvrir complètement (fenêtres cassées, encombrement sur les appuis de fenêtre, raisons de sécurité⁷). Au vu des divergences de comportement de ventilation (quand l'information a été retranscrite sur les fiches d'analyse), aucun lien n'a pu être fait avec les taux de CO₂ mesurés. De même, aucune conclusion n'a pu être tirée sur base du mode d'aération (ouverture portes et fenêtres / VMC) car une seule école et deux-trois locaux dans d'autres écoles étaient équipés d'une VMC fonctionnelle. Pour renouveler l'air des locaux, les SAMI recommandent d'ouvrir les fenêtres en grand, pendant un quart d'heure, trois fois par jour.

5.2.2 Comparaison des résultats à d'autres études

Les taux de CO₂ moyens, minimums et maximums ont été calculés pour l'ensemble des classes échantillonnées et des salles des professeurs. Les résultats sont comparés aux données de la littérature dans le Tableau 4.

TABLEAU 4. TAUX DE CO₂ MOYENS, MINIMUMS ET MAXIMUMS MESURÉS DANS DES ÉCOLES DANS DIFFÉRENTS PROJETS

	Nombre d'échantillons	Taux de CO ₂ (ppm)			Référence
		Min	Moyenne	Max	
AIR-ECOLE (2019) - classes	35	264	1184	4480	Rapport AIR-ECOLE
AIR-ECOLE (2019) - salles des profs	5	375	1126	2720	Rapport AIR-ECOLE
Projet BIBA (2008-2009) en Flandre - classes	150 (dans 30 écoles)	480	933	2683	Projet BIBA Stranger et al., 2010
Ecoles en province Luxembourg	72 écoles (min. 2 locaux par école)	313	600 ^A 1350 ^B 1825 ^C	3629	SAMI-Lux, 2010
Projet SINPHONIE (2010-2012) dans 23 pays EU	114 écoles (300 locaux)	269	1433	4960	Projet SINPHONIE (2010-2012) Csobod et al., 2014

A : avant les cours – B : écoles maternelles – C : écoles primaires

Les résultats repris dans le Tableau 4 montrent que les taux de CO₂ sont très variables pour une même étude (grands écarts entre les valeurs minimales et maximales). Les valeurs moyennes mesurées dans les locaux occupés sont toujours supérieures au CV de 1000 ppm, sauf pour le projet BIBA où la moyenne mesurée est en-dessous du CV mais tout de même très proche.

⁷ Dans certaines écoles, les fenêtres s'ouvrent vers l'extérieur (insécurité pour les enfants jouant dehors) ; dans d'autres, elles donnent sur la rue et entraînent la peur que des gens de l'extérieur rentrent par la fenêtre.

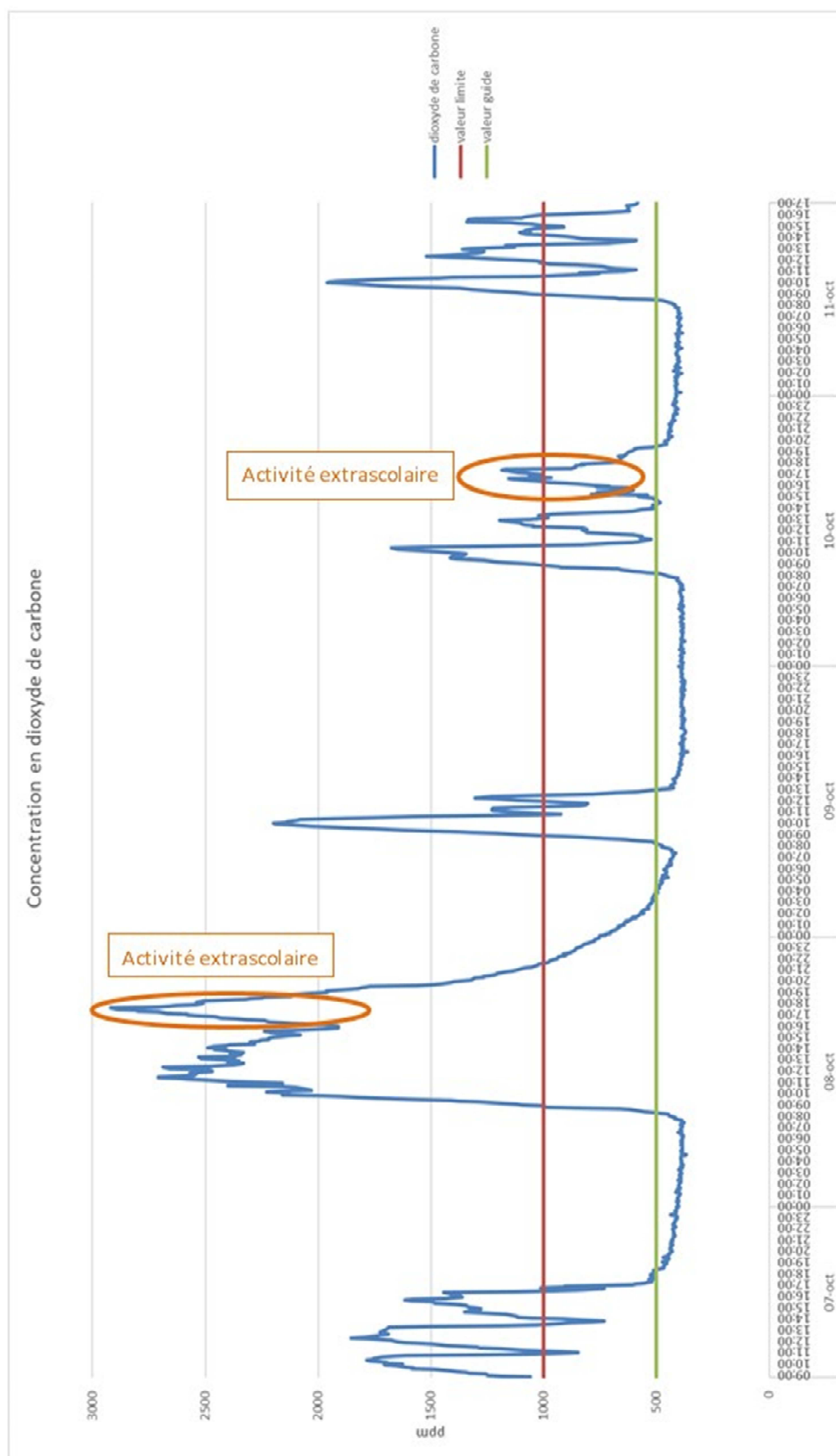


FIGURE 16. EXEMPLE D'ÉVOLUTION DU TAUX DE CO₂ DANS UN LOCAL PENDANT LA PÉRIODE D'ÉCHANTILLONNAGE

5.3 Les COVs

5.3.1 Comparaison des résultats aux valeurs recommandées

Les concentrations en COVs mesurées varient largement d'un local à l'autre. La concentration la plus faible en COVs totaux (somme des COVs) a été retrouvée dans une salle des professeurs (3,37 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) et la concentration la plus élevée dans un gymnase (85,55 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Les différences sont moins marquées pour les échantillons extérieurs : la concentration la plus faible en COVs totaux a été mesurée dans une cour de récréation en milieu rural (1,06 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) et la plus élevée, à rue, en milieu urbain (6,09 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

La proportion des différents COVs mesurés était très variable entre les différents points de prélèvements (intérieurs et extérieurs) (Tableau 5 & Figure 17).

Aucun dépassement de CQ n'a été observé pour le toluène et les xylènes. Très peu de points de prélèvements présentent des concentrations en COVs supérieures au CV : 1% des échantillons dépasse CV pour le trichloroéthylène (TCE), le tétrachloroéthylène (PCE) et l'éthylbenzène, et aucune valeur n'est supérieure au CI (Tableau 6). Ce sont des échantillons différents qui présentent ces dépassements. Pour le 1,2,4-triméthylbenzène, il n'y a pas de valeur recommandée dans le guide AD'AIR. Le critère de qualité pour l'air extérieur de 9,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ proposé par le Vermont (State of Vermont, 2018) a donc été pris comme référence. Cette valeur est dépassée pour cinq échantillons, avec une valeur maximale de 26,01 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. L'échantillon présentant cette concentration maximale en 1,2,4-triméthylbenzène dépasse également le CV pour l'éthylbenzène. Enfin, la majorité des locaux (78%) présentent des concentrations en benzène supérieures au CQ.

TABEAU 5. CONCENTRATIONS MINIMALES ET MAXIMALES EN COVs MESURÉES DANS LES CLASSES, AUTRES LOCAUX ET À L'EXTÉRIEUR (À RUE ET DANS LA COUR)

Concentrations ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Classes		Autres locaux		Extérieur à rue		Extérieur cour	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Hexane	0,04	10,84	0,11	14,08	0,05	0,58	0,05	0,59
1,1,1-trichloroéthane	0,02	0,71	0,02	76,68	0,02	0,08	0,02	0,06
Benzène	0,43	2,88	0,37	2,23	0,35	1,12	0,28	0,80
Heptane	0,21	26,69	0,10	5,02	0,04	0,32	0,03	0,37
Trichloroéthylène	0,02	0,29	0,02	4,50	0,02	0,02	0,02	0,02
Toluène	0,93	7,14	0,95	14,85	0,48	2,15	0,26	1,59
Octane	0,29	9,13	0,05	15,16	0,03	1,61	0,02	0,13
Tétrachloroéthylène	0,02	0,39	0,02	1,82	0,02	0,40	0,02	0,21
Ethylbenzène	0,04	10,84	0,11	14,08	0,05	0,58	0,05	0,59
p+m-xylène	0,02	0,71	0,02	76,68	0,02	0,08	0,02	0,06
o-xylène	0,43	2,88	0,37	2,23	0,35	1,12	0,28	0,80
1,2,4-triméthylbenzène	0,21	26,69	0,10	5,02	0,04	0,32	0,03	0,37
COVs totaux	4,01	67,71	3,37	85,55	1,57	6,09	1,06	4,72

TABEAU 6. POURCENTAGE DE LOCAUX DONT LES CONCENTRATIONS EN TRICHLOROÉTHYLÈNE (TCE), TÉTRACHLOROÉTHYLÈNE (PCE), 1,2,4-ÉTHYLBENZÈNE, ÉTHYLBENZÈNE ET BENZÈNE SONT SUPÉRIEURES OU INFÉRIEURES AUX DIFFÉRENTES VALEURS GUIDES (CQ, CV ET CI)

	TCE	PCE	1,2,4-triméthyl- benzène	éthyl- benzène	benzène
Concentration < CQ	95%*	88%**	96%	53%	22%
CQ < concentration < CV	4%	11%	4%	46%	78%
CV < concentration < CI	1%	1%	/	1%	0%

*dont 46% <LQ / **13% <LQ (LQ de 0,03 µg/m³) – avec TCE, trichloroéthylène et PCE, tétrachloroéthylène

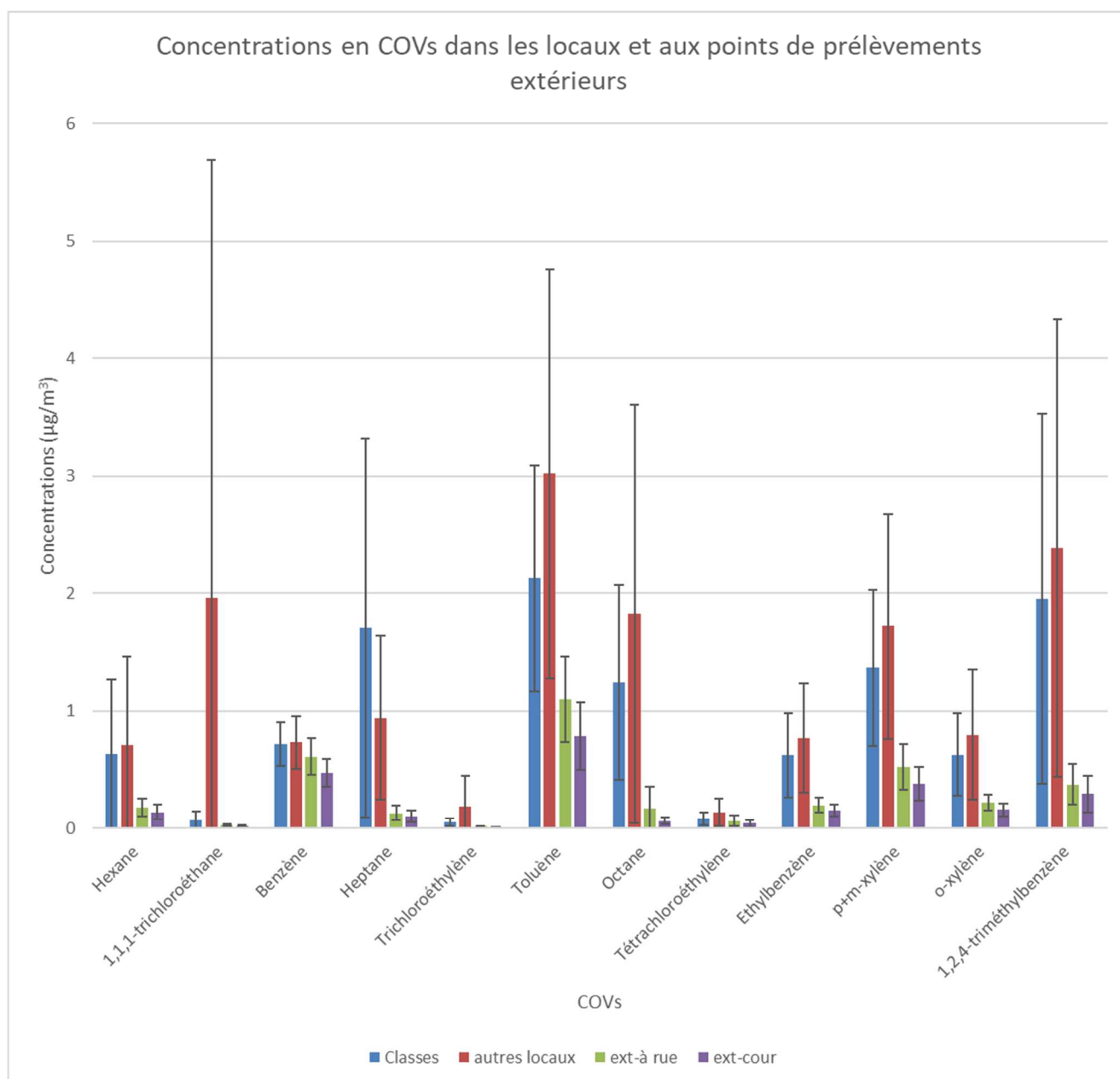


FIGURE 17. CONCENTRATIONS EN COVs DANS LES LOCAUX ET AUX POINTS DE PRÉLÈVEMENTS EXTÉRIEURS

Les concentrations moyennes en COVs totaux ont également été calculées pour les différents locaux (classes et autres locaux) ainsi que pour les échantillons extérieurs, prélevés à rue et dans la cour (Figure 18). Les concentrations moyennes en COVs totaux (mais également pour chaque COVs, cf. Figure 17) sont plus élevées dans l'air intérieur par rapport à l'air extérieur. Les gammes de concentrations retrouvées dans les locaux (classes et autres locaux) sont plus étendues par rapport aux échantillons extérieurs.

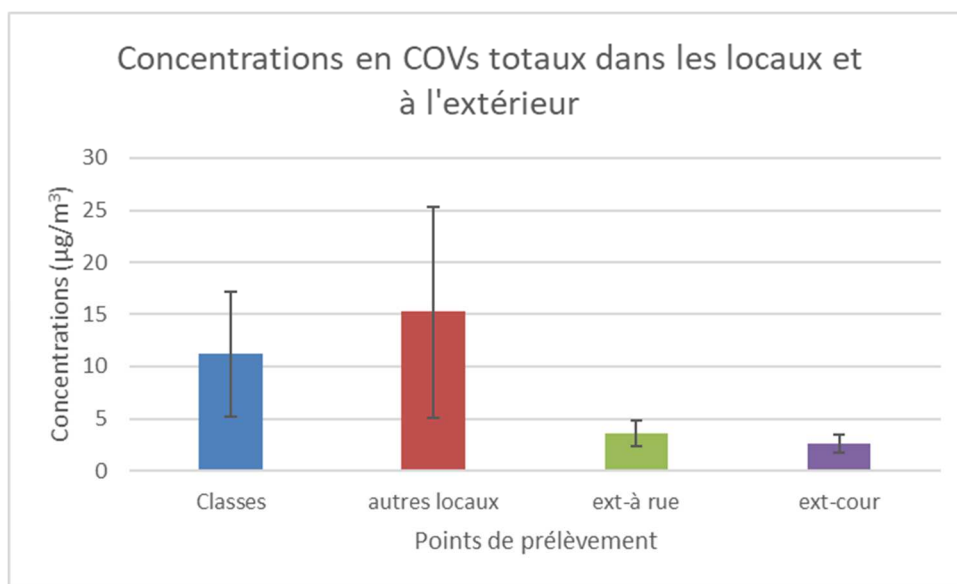


FIGURE 18. CONCENTRATIONS EN COVs TOTAUX DANS LES LOCAUX ÉCHANTILLONNÉS ET AU NIVEAU DES POINTS DE PRÉLÈVEMENTS EXTÉRIEURS

Dans quelques écoles, des sources potentielles de COVs ont pu être mise en évidence. En particulier, dans certains locaux, les taux mesurés peuvent probablement s'expliquer par l'émission de COVs par les matériaux neufs ou la peinture récente des murs. Dans une école, deux locaux jouxtant le local de la chaudière présentent des concentrations plus élevées en COVs que les autres points de prélèvements. La chaudière pourrait être à l'origine de ces concentrations élevées en COVs. Dans le bureau, une porte permet d'ailleurs l'accès vers le local chaudière.

5.3.2 Comparaison des concentrations en COVs mesurées dans les écoles dans différents projets

Les concentrations moyennes des différents COVs ainsi que les valeurs minimales et maximales ont été calculées pour l'ensemble des classes échantillonnées. Les résultats sont comparés aux valeurs retrouvées dans des écoles dans d'autres études en Belgique et au niveau européen (Tableau 7 à Tableau 15). Les autres locaux échantillonnés (laboratoires, cantines, salles des professeurs, etc.), pouvant accueillir des activités et publics cibles différents, n'ont pas été repris dans cette comparaison.

TABLEAU 7. CONCENTRATIONS EN BENZÈNE DANS LES ÉCOLES DANS DIFFÉRENTS PROJETS

Etude	Benzène (µg/m³)			Nombre d'échantillons	Référence
	Min	Moyenne	Max		
Projet AIR-ECOLE (2019)	0,43	0,72 ± 0,36	2,88	57* classes	Présent rapport
Projet BIBA (2008-2009) - Flandre	0,44	1,41 ± 0,88	4,0	150 (90 classes – 30 écoles)	Stranger et al, 2010
Ecoles province Luxembourg	0,6	7,5	43	72 écoles	SAMI-Lux, 2010
Projet AIRMEX (2003-2008) - EU	0,5	4,4	63,7	72 écoles/ bâtiments publics	Geiss et al, 2011
Projet SINPHONIE (2010-2012) - EU	LD	4,0 ± 6,0	38	300 écoles (23 pays EU)	Csobod et al, 2014

* Perte de 3 échantillons – LD, limite de détection

TABLEAU 8. CONCENTRATIONS EN TOLUÈNE DANS LES ÉCOLES DANS DIFFÉRENTS PROJETS

Etude	Toluène (µg/m³)			Nombre d'échantillons	Référence
	Min	Moyenne	Max		
Projet AIR-ECOLE (2019)	0,93	2,13 ± 1,41	7,14	57* classes	Présent rapport
Projet BIBA (2008-2009) - Flandre	0,91	4,49 ± 4,82	40,5	150 (90 classes – 30 écoles)	Stranger & al, 2010
Ecoles province Luxembourg	LD	40,9	2681	72 écoles	SAMI-Lux, 2010
Projet AIRMEX (2003-2008) - EU	1	12,6	103,8	72 écoles/ bâtiments publics	Geiss & al, 2011

TABLEAU 9. CONCENTRATIONS EN ÉTHYLBENZÈNE DANS LES ÉCOLES DANS DIFFÉRENTS PROJETS

Etude	Ethylbenzène (µg/m³)			Nombre d'échantillons	Référence
	Min	Moyenne	Max		
Projet AIR-ECOLE (2019)	0,23	0,62 ± 0,70	4,94	57* classes	Présent rapport
Projet BIBA (2008-2009) - Flandre	0,17	1,74 ± 4,36	36	150 (90 classes – 30 écoles)	Stranger et al, 2010
Projet AIRMEX (2003-2008) - EU	0,2	2,4	26,9	72 écoles/ bâtiments publics	Geiss et al, 2011

TABLEAU 10. CONCENTRATIONS EN M-, P- ET O-XYLÈNES DANS LES ÉCOLES DANS DIFFÉRENTS PROJETS

Etude	m-, p-xylylènes / o-xylylènes (µg/m³)			Nombre d'échantillons	Référence
	Min	Moyenne	Max		
Projet AIR-ECOLE (2019)	0,46 / 0,23	1,37 ± 1,20 / 0,63 ± 0,66	7,75 / 4,35	57* classes	Présent rapport
Projet BIBA (2008-2009) – Flandre (somme des xylènes)	0,81	7,67 ± 22,3	193	150 (90 classes – 30 écoles)	Stranger et al, 2010
Projet AIRMEX (2003-2008) - EU	0,7 / 0,2	6,2 / 2,2	75,1 / 22,2	72 écoles / bâtiments publics	Geiss et al, 2011

TABLEAU 11. CONCENTRATIONS EN TRICHLOROÉTHYLÈNE MESURÉES DANS LES ÉCOLES DANS DIFFÉRENTS PROJETS

Etude	Trichloroéthylène (µg/m³)			Nombre d'échantillons	Référence
	Min	Moyenne	Max		
Projet AIR-ECOLE (2019)	LQ	0,05 ± 0,05	0,29	57* classes	Présent rapport
Projet SINPHONIE (2010-2012) – EU	LD	3,0 ± 8,0	126	300 écoles (23 pays EU)	Csobod & al, 2014

LD, limite de détection et LQ, limite de quantification

TABLEAU 12. CONCENTRATIONS EN TÉTRACHLOROÉTHYLÈNE DANS LES ÉCOLES DANS DIFFÉRENTS PROJETS

Etude	Tétrachloroéthylène (µg/m³)			Nombre d'échantillons	Référence
	Min	Moyenne	Max		
Projet AIR-ECOLE (2019)	LQ (0,03)	0,08 ± 0,08	0,39	57* classes	Présent rapport
Projet BIBA (2008-2009) - Flandre	0,06	0,37 ± 0,44	2,2	150 (90 classes – 30 écoles)	Stranger et al, 2010
Projet SINPHONIE (2010-2012)	LD	1 ± 2	81	300 écoles (23 pays EU)	Csobod et al, 2014

LQ, limite de quantification et LD, limite de détection

TABLEAU 13. CONCENTRATIONS EN 1,2,4-TRIMÉTHYLBENZÈNE DANS LES ÉCOLES DANS DIFFÉRENTS PROJETS

Etude	1,2,4-triméthylbenzène (µg/m³)			Nombre d'échantillons	Référence
	Min	Moyenne	Max		
Projet AIR-ECOLE (2019)	0,56	1,96 ± 3,74	26,01	57* classes	Présent rapport
Projet BIBA (2008-2009) - Flandre	0,34	5,30 ± 19,9	178	150 (90 classes – 30 écoles)	Stranger et al, 2010
Projet AIRMEX (2003-2008) - EU	0,25	3,3	44,3	72 écoles/ bâtiments publics	Geiss et al, 2011

TABLEAU 14. CONCENTRATIONS EN N-HEPTANE DANS LES ÉCOLES DANS DIFFÉRENTS PROJETS

Etude	n-heptane (µg/m³)			Nombre d'échantillons	Référence
	Min	Moyenne	Max		
Projet AIR-ECOLE (2019)	0,2	1,7 ± 3,7	26,7	57* classes	Présent rapport
Projet AIRMEX (2003-2008) - EU	0,2	1	9,7	72 écoles/ bâtiments publics	Geiss & al, 2011

TABLEAU 15. CONCENTRATIONS EN COVs DANS LES ÉCOLES DANS DIFFÉRENTS PROJETS

Etude	COVs totaux (µg/m³)			Nombre d'échantillons	Référence
	Min	Moyenne	Max		
Projet AIR-ECOLE (2019)	4,01	11,22 ± 10,77	67,71	57* classes	Présent rapport
Projet BIBA (2008-2009) - Flandre	11	74 ± 60	500	150 (90 classes – 30 écoles)	Stranger & al, 2010
Ecoles province Luxembourg	8,0	1170	42062 ⁸	72 écoles	SAMI-Lux, 2010

Tous les COVs (et COVs totaux) mesurés dans les classes dans le cadre du projet AIR-ECOLE présentent des concentrations inférieures aux valeurs rencontrées dans la littérature dans d'autres écoles en Belgique (Flandre ou province de Luxembourg) ou au niveau européen. La seule exception est le n-heptane pour lequel la concentration maximale mesurée dans le cadre du projet AIR-ECOLE montre une concentration trois fois supérieure à la valeur maximale mesurée dans le cadre du projet AIRMEX. Il y a cependant peu de valeurs disponibles dans la littérature (au niveau des écoles) pour ce polluant.

⁸ Des travaux de peinture ont été effectués lors des prélèvements (SAMI-Lux, 2010)

5.3.3 Le benzène

Le benzène étant classé comme cancérigène pour l'homme (CIRC, 2018), une analyse plus poussée a été réalisée pour ce polluant.

La première source de benzène en air intérieur est l'apport de l'air extérieur. La combustion du bois et d'énergies fossiles constitue une source majeure de benzène. Présent naturellement dans le pétrole brut et l'essence, les gaz d'échappement automobile, l'évaporation de l'essence pendant son stockage, son transport et sa distribution en constituent également une source. Il peut également être émis par différents procédés industriels (Chiappini, 2011). Toutefois, des sources de benzène peuvent également se situer à l'intérieur : la fumée de tabac, les processus de combustion (poêle à bois, etc), l'émission par de nouveaux matériaux, des produits d'entretien ou de bricolage, des désodorisants ou bougies représentent différentes sources possibles (Kotzias & al, 2005 ; EC, 2005 ; Chiappini, 2011).

Une analyse statistique des concentrations mesurées en benzène a été menée à l'aide d'un test U de Mann-Whitney pour échantillons indépendants. Une différence hautement significative ($p < 0,001$) a été mise en évidence entre les concentrations en benzène mesurées dans les locaux ($N = 97$) et au niveau des points de prélèvement extérieurs ($N = 39$). Les concentrations dans les locaux sont plus élevées qu'à l'extérieur (Figure 19).

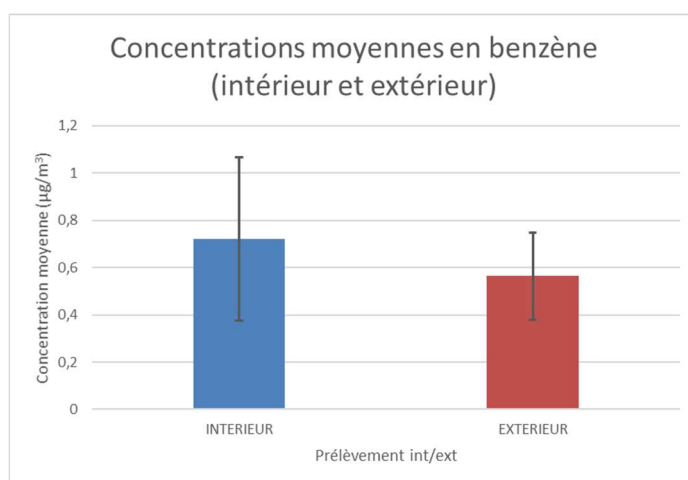


FIGURE 19. CONCENTRATIONS EN BENZÈNE DANS L'AIR INTÉRIEUR ET DANS L'AIR AMBIANT

L'exploitation des concentrations en benzène mesurées à l'intérieur et au niveau des points de prélèvements extérieurs correspondants a permis de déterminer un rapport moyen intérieur/extérieur (I/E) de 1,29. Pour calculer ce rapport, la médiane des concentrations intérieures (97 valeurs) a été divisée par la médiane des concentrations mesurées à l'extérieur (39 valeurs). Ces résultats rejoignent ceux publiés dans la littérature. Le ratio moyen intérieur/extérieur (I/E) défini par Atmo Sud pour le benzène dans l'étude ISAAC menée en 2016/2017 (AirPACA, 2018 in ANSES, 2019), concernant 64 classes de 17 écoles, était supérieur à 1. Les rapports

intérieur/extérieur montrent également des concentrations plus élevées à l'intérieur par rapport à l'extérieur pour les BTEX dans les études de Johnson et al. (2010) et d'Esplugues et al. (2010).

Ces résultats montrent d'une part qu'il y a des sources d'émission de benzène à l'intérieur des locaux et, d'autre part, que les locaux ne sont pas suffisamment aérés. Les concentrations en benzène ne devraient pas dépasser les concentrations retrouvées à l'extérieur. En améliorant la ventilation des locaux, la situation devrait pouvoir être améliorée.

Toutefois, si l'on compare les concentrations mesurées en benzène dans le projet AIR-ECOLE à celles rapportées dans d'autres projets (cf. Tableau 7), on peut remarquer que les concentrations dans les écoles étudiées dans le projet AIR-ECOLE étaient globalement plus basses.

Un test de Kruskal-Wallis révèle que la distribution de benzène est différente selon l'environnement (zone urbaine, périurbaine ou rurale) où se situe l'école (N=136). Une différence significative apparaît entre les concentrations en benzène mesurées dans les zones rurale et urbaine ($p = 0.017$) (Figure 20). La concentration moyenne à l'extérieur est de $0,47 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en zone rurale contre $0,65 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en zone urbaine, soit 25% plus faible en zone rurale. La différence est néanmoins nettement moindre que dans l'étude de Esplugues et al. (2010) où les enfants habitant en zone urbaine étaient exposés à des niveaux de BTEX à l'extérieur 60 fois plus élevés que les zones périurbaine et rurale.

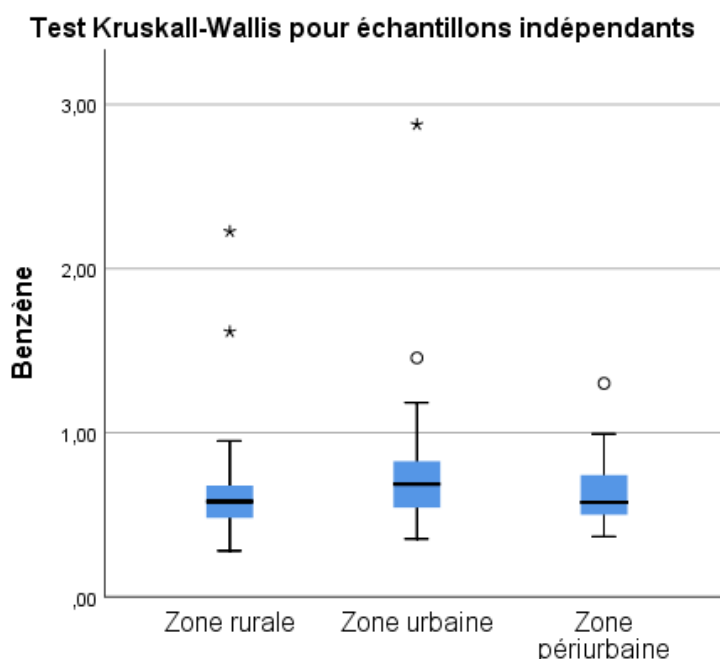


FIGURE 20. CONCENTRATION EN BENZÈNE EN FONCTION DE LA LOCALISATION DES ÉCOLES (ZONE RURALE, PÉRIURBAINE OU URBAINE) – BOX DU P25 AU P75 - BARRE HORIZONTALE, MÉDIANE - ○, VALEURS ÉLOIGNÉES (ENTRE 1.5 À 3 FOIS L'ÉCART INTERQUARTILE SOIT 1.5 À 3 FOIS LA HAUTEUR DE LA BOÎTE) – *, DES VALEURS EXTRÊMES QUI SE SITUENT À PLUS DE 3 FOIS LA HAUTEUR DE L'ÉCART INTERQUARTILE

5.4 Les aldéhydes

Les concentrations en aldéhydes mesurées varient largement d'un local à l'autre. Pour chaque prélèvement, les concentrations mesurées en acétaldéhyde sont toujours inférieures à celles en formaldéhyde (Figure 21).

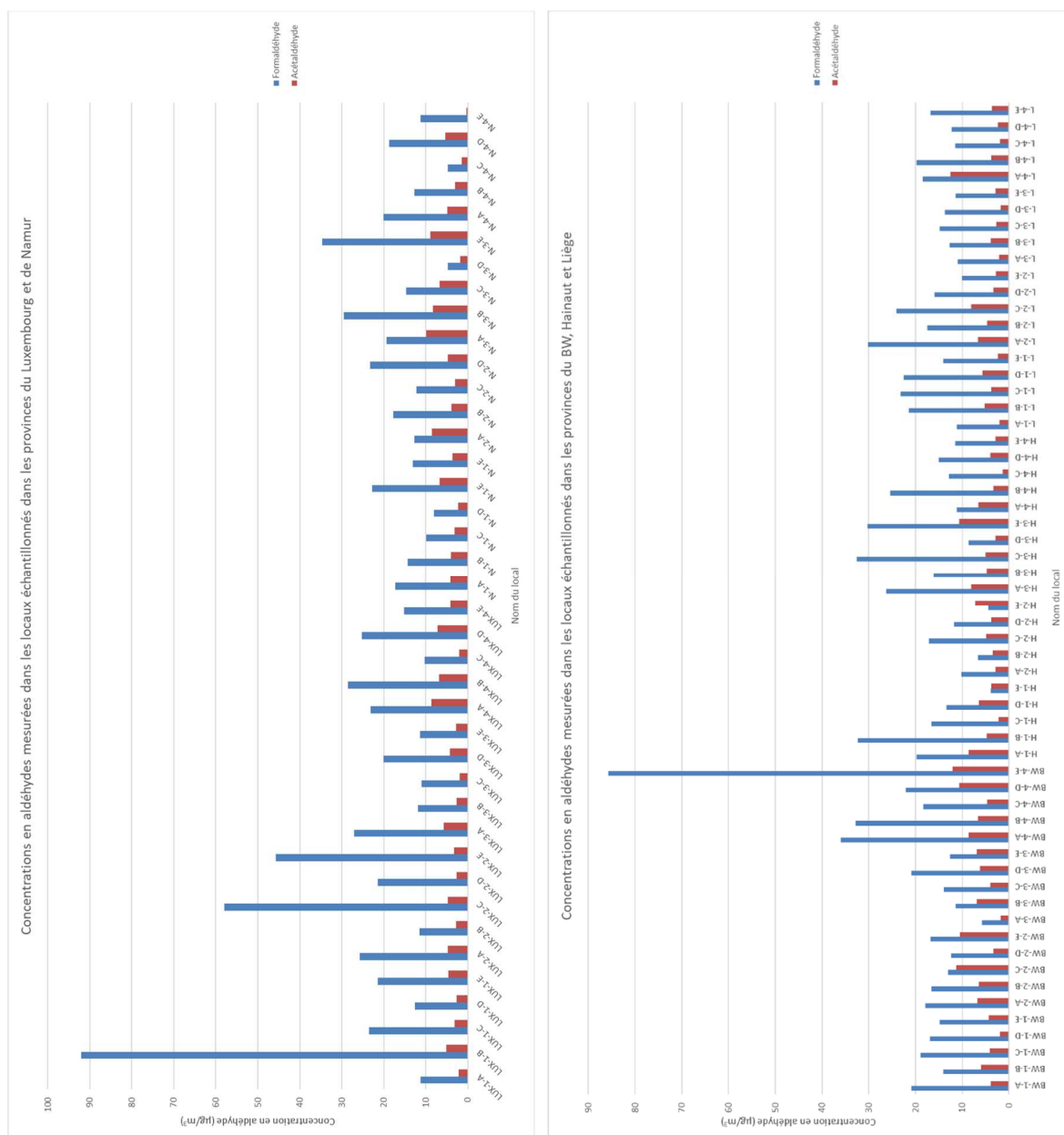


FIGURE 21. CONCENTRATIONS EN ALDÉHYDES (FORMALDÉHYDE ET ACÉTALDÉHYDE) MESURÉES DANS LES 100 LOCAUX ÉCHANTILLONNÉS

Dans toutes les écoles, les concentrations en formaldéhyde sont supérieures au CV de $1,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Les niveaux d'exposition actuels en milieu scolaire ne permettant pas d'atteindre des niveaux acceptables en formaldéhyde et acétaldéhyde de manière aisée, des CI intermédiaires (CI_{int}) de $8,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour le

formaldéhyde et de $9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour l'acétaldéhyde ont été proposés. Dans le projet AIR-ECOLE, la majorité des locaux (82%) présentent toutefois une concentration en formaldéhyde qui dépasse le CI_{int} (concentration comprise entre le CI_{int} et le CI), comme présenté au Tableau 16. Les niveaux retrouvés en acétaldéhyde sont moins problématiques : dans 93% des locaux, les valeurs ne dépassent pas le CI_{int} de $9 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Pour rappel, les CI_{int} représentent l'objectif à atteindre à moyen-terme (d'ici 5 ans).

TABEAU 16. POURCENTAGE DE LOCAUX DONT LES CONCENTRATIONS EN FORMALDÉHYDE ET ACÉTALDÉHYDE SONT SUPÉRIEURES OU INFÉRIEURES AUX DIFFÉRENTES VALEURS GUIDES (CQ, CV, CI_{int} ET CI)

% de locaux	Formaldéhyde	Acétaldéhyde
Concentration < CQ	0	1
CQ < concentration < CV	0	37
CV < concentration < CI_{int}	7	55
CI_{int} < concentration < CI	82	7
Concentration > CI	11	0

La concentration la plus élevée en formaldéhyde dans les classes s'élève à $58 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Pour ce local, aucune source potentielle de formaldéhyde n'a été mise en évidence lors de la visite de l'établissement. La concentration la plus faible mesurée dans les classes est de $4,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

D'autres types de locaux ont été échantillonnés. Le local qui présentait la concentration la plus élevée en formaldéhyde était un laboratoire de chimie ($92 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Néanmoins, aucune différence significative de concentration en formaldéhyde entre les différents types de locaux n'a pu être mise en évidence dans le projet AIR-ECOLE, probablement lié à l'effectif trop faible de l'échantillon (salle des profs (15), labo de chimie (3), bureau (2), cantine (8), gymnase (3) et salle d'étude (3) contre 60 classes échantillonnées). La Figure 22 montre les concentrations moyennes en aldéhydes mesurées dans différents locaux. Malgré tout, une tendance de concentration plus haute dans les laboratoires de chimie est visible sur le graphique.

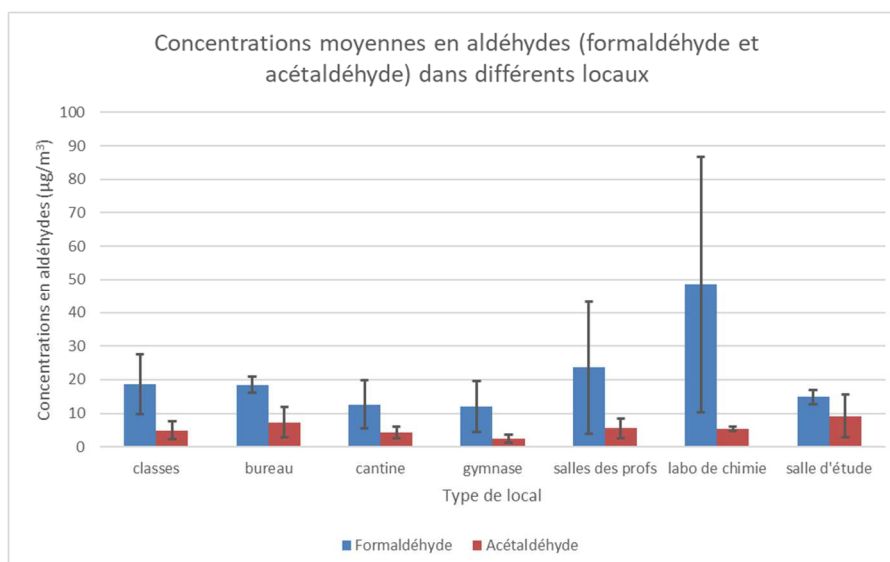


FIGURE 22. CONCENTRATIONS EN ALDÉHYDES (FORMALDÉHYDE ET ACÉTALDÉHYDE) MESURÉES DANS DIFFÉRENTS LOCAUX (MOYENNE ET ÉCART-TYPE)

Une corrélation positive moyenne à forte ($r = 0,592$) et hautement significative ($p < 0,001$) a été mise en évidence entre les concentrations en formaldéhyde et en acétaldéhyde (Figure 23). Ainsi, une concentration élevée en acétaldéhyde est souvent liée à une concentration élevée en formaldéhyde. Les résultats obtenus ici sont confortés par d'autres études. A titre d'exemple, Dallongeville et al. (2015 in ANSES, 2018) a également mis en évidence des corrélations positives entre le formaldéhyde et l'acétaldéhyde dans une étude menée dans 150 maisons en Bretagne sur base également de prélèvements passifs.

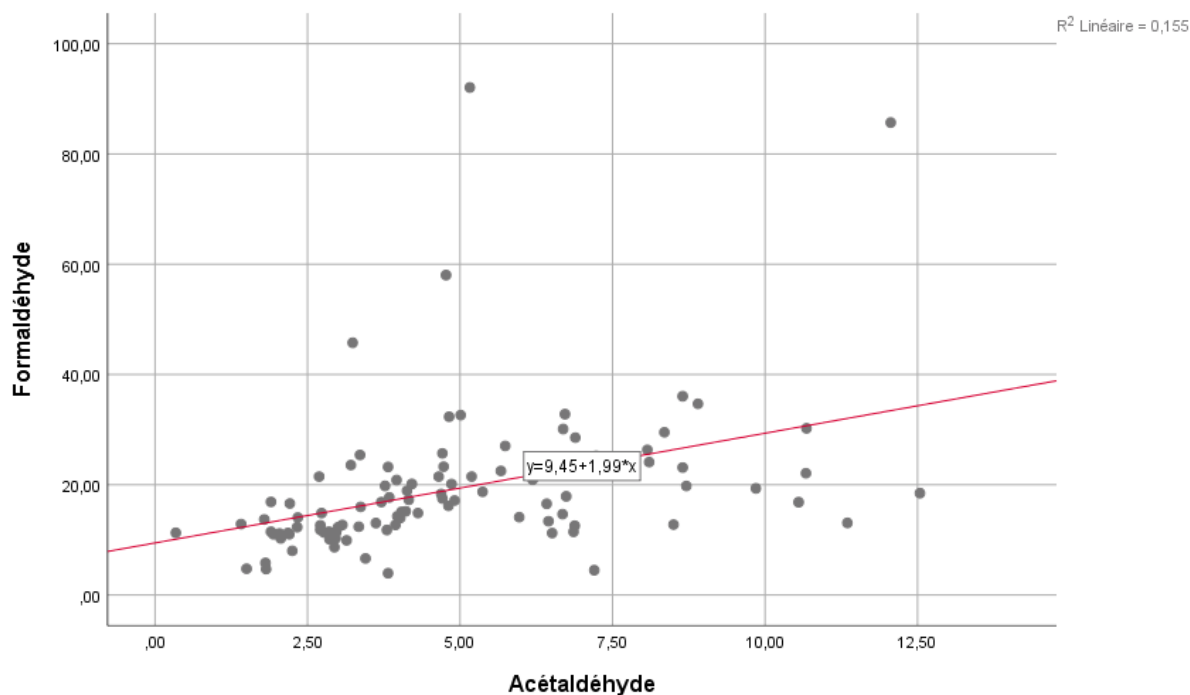


FIGURE 23. CONCENTRATIONS EN FORMALDÉHYDE EN FONCTION DES CONCENTRATIONS EN ACÉTALDÉHYDES DANS LES 100 LOCAUX ÉCHANTILLONNÉS (EN $\mu\text{G}/\text{M}^3$).

Dans certains locaux, des sources potentielles d'aldéhydes ont pu être mise en évidence. Comme le montre la Figure 22, certaines expériences menées dans les laboratoires de chimie ou un produit présent dans le local pourraient être à l'origine des concentrations retrouvées. Dans des nouveaux locaux, les concentrations en formaldéhyde plus élevées peuvent être liées à un nouveau revêtement de sol, à des travaux de rénovation, à de nouveaux matériaux ou à du nouveau mobilier (Figure 24). Dans quatre locaux de différentes écoles localisés côté rue, des odeurs de cigarette venant de l'extérieur étaient perceptibles à l'intérieur. Ces locaux présentaient des niveaux plus élevés en formaldéhyde.



FIGURE 24. SOURCES POTENTIELLES DE FORMALDÉHYDE DANS CERTAINS LOCAUX : NOUVEAU VINYLE AU SOL, CLOISON APPARENTE EN OSB, NOUVELLE PAROI, NOUVEAU MOBILIER.

Les concentrations en formaldéhyde et acétaldéhyde moyennes, minimales et maximales ont été calculées pour l'ensemble des classes échantillonnées. Les résultats sont comparés aux données retrouvées dans des écoles dans d'autres études en Belgique et au niveau européen (Tableau 17 et Tableau 18). Les autres locaux échantillonnés (laboratoire, cantine, etc.), pouvant accueillir des activités et publics cibles différents, n'ont pas été repris dans cette comparaison.

TABLEAU 17. CONCENTRATIONS EN FORMALDÉHYDE MESURÉES DANS LES ÉCOLES DANS DIFFÉRENTS PROJETS

Etude	Formaldéhyde ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			Nombre d'échantillons	Référence
	Min	Moyenne	Max		
Projet AIR-ECOLE (2019)	4,8	$18,7 \pm 8,8$	58,0	60 classes	Présent rapport
Projet BIBA (2008-2009) - Flandre	6,3	26 ± 13	71	150 (90 classes – 30 écoles)	Stranger et al., 2010
Ecoles province Luxembourg	ND	$35,64^A$ $31,20^B$	>100	72 écoles	SAMI-Lux, 2010
Projet AIRMEX (2003-2008) - EU	1,5	16,7	49,7	72 écoles/ bâtiments public	Geiss et al., 2011
Projet SINPHONIE (2010-2012) – EU	1	15 ± 11	66	300 écoles (23 pays EU)	Csobod et al., 2014

A – classes maternelles, B – classes primaires, ND – pas de donnée

Les résultats repris dans le Tableau 17 montrent que les concentrations en formaldéhyde peuvent être fort variables (différence entre concentrations minimales et maximales élevée). La concentration moyenne en formaldéhyde des 60 classes échantillonnées dans le projet AIR-ECOLE est dans la même gamme de valeurs que celles estimées dans d'autres projets européens (SINPHONIE et AIRMEX). Quelle que soit l'étude, la moyenne des concentrations est supérieure au Cl_{int} ($8,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) proposé dans le guide AD'AIR (HVS, 2018).

TABEAU 18. CONCENTRATIONS EN ACÉTALDÉHYDE MESURÉES DANS DES ÉCOLES DANS DIFFÉRENTS PROJETS

	Acétaldéhyde ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			Nombre d'échantillons	Référence
	Min	Moyenne	Max		
Projet AIR-ECOLE (2019)	0,3	$4,9 \pm 2,7$	12,5	60 classes	Présent rapport
Projet BIBA (2008-2009) - Flandre	2,2	$5,4 \pm 1,8$	12	150 (90 classes – 30 écoles)	Stranger et al., 2010
Projet AIRMEX (2003-2008) - EU	1,4	8,5	29,1	72 écoles/bâtiments publics	Geiss et al., 2011

Les résultats repris dans le Tableau 18 montrent que les concentrations en acétaldéhyde mesurées dans le projet AIR-ECOLE sont similaires à celles mesurées dans le projet BIBA en Flandre. Les concentrations maximales obtenues dans le projet européen AIRMEX sont un peu plus élevées.

Les valeurs recommandées dans d'autres pays ou régions pour le formaldéhyde sont reprises au Tableau 19. On constate que les valeurs recommandées dans le guide AD'AIR sont plus contraignantes par rapport à celles recommandées dans d'autres régions ou pays.

TABEAU 19. VALEURS RECOMMANDÉES POUR LE FORMALDÉHYDE

Référence	Valeurs recommandées
Guide AD'AIR (HVS, 2018)	CQ : $0,17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ – CV : $1,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ – CI intermédiaire : $8,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ – CI : $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$
WHO (2010)	$100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour une exposition de 30 minutes (seuil au-delà duquel peuvent apparaître des irritations des voies respiratoires supérieures chez la population générale). L'OMS considère que la VGAI court-terme proposée protégerait également des effets chroniques du formaldéhyde incluant les effets cancérogènes au niveau du nasopharynx et les leucémies myéloïdes.
Arrêté flamand du 11 juin 2004	$10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour une bonne qualité de l'air intérieur ; $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ comme valeur d'intervention.
Santé Canada (2006)	$123 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour une heure d'exposition ; $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour une durée de 8h.
ANSES (2018)	$100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour la protection de la population générale pour des effets aigus et chroniques
Projet européen INDEX (2005) – Kotzias et al., 2005	$30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ avec un objectif d'atteindre une concentration aussi basse que possible (principe ALARA)

Les niveaux d'exposition actuels en milieu scolaire ne permettent pas d'atteindre le critère de vigilance et encore moins le critère de qualité recommandés en Région wallonne (guide AD'AIR, HVS, 2018). D'après ces valeurs, des investigations sont nécessaires dans 100% des locaux échantillonnés (concentration en formaldéhyde > CV⁹).

Il est indispensable de prévenir et réduire les effets sur la santé mais, dans le cas du formaldéhyde, les valeurs recommandées (qui seront probablement reprises dans le Décret relatif à la qualité de l'air intérieur publié au Moniteur belge le 12 mars 2019) ne semblent actuellement pas soutenables.

5.5 Le NO₂

5.5.1 Comparaison des résultats aux valeurs recommandées

Le CQ du guide AD'AIR de 40 µg/m³, qui correspond à la norme européenne (en moyenne annuelle) de la Directive 2008/50/CE pour l'air ambiant, n'a été dépassé pour aucune des écoles échantillonnées en octobre 2019 dans le cadre du projet AIR-ECOLE.

5.5.2 Analyse statistique des résultats

Le NO₂ est principalement un polluant associé au trafic. Une analyse statistique des concentrations mesurées en NO₂ a été menée à l'aide d'un test U de Mann-Whitney pour échantillons indépendants. Une différence significative ($p < 0,001$) a été mise en évidence entre les concentrations en NO₂ mesurées à l'intérieur (N = 99) et au niveau des points de prélèvement extérieurs (N = 38). Les concentrations moyennes mesurées à l'extérieur (11,48 µg/m³) sont plus élevées que celles mesurées à l'intérieur (8,16 µg/m³).

La Figure 25 présente les résultats des prélèvements en intérieur (moyenne de cinq points) et à l'extérieur (côté rue et côté cour) mesurés en octobre 2019 pour chaque école. Celle-ci illustre bien que les concentrations mesurées à l'intérieur sont corrélées aux concentrations retrouvées à l'extérieur.

⁹ Critère de Vigilance (CV) : Niveau au-delà duquel des investigations sont nécessaires afin de revenir à terme au niveau du CQ de façon à pouvoir prévenir et réduire les effets sur la santé (HVS, 2018)

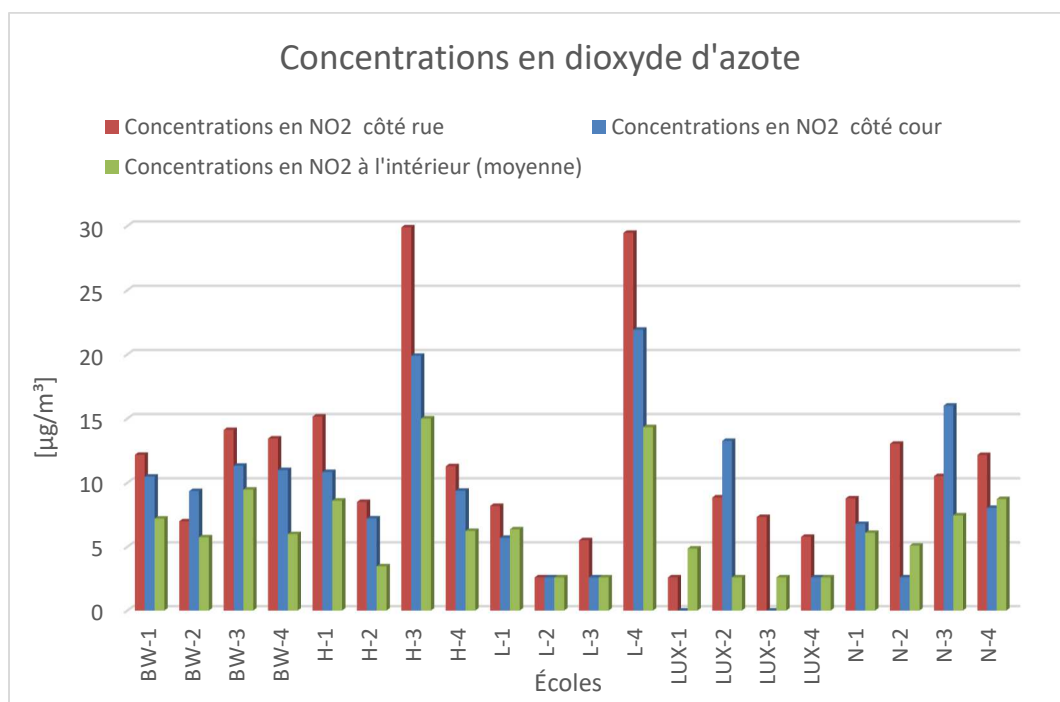


FIGURE 25 : CONCENTRATIONS EN NO₂ MESURÉES À L'INTÉRIEUR (MOYENNE DE 5 POINTS), À L'EXTÉRIEUR CÔTÉ RUE ET À L'EXTÉRIEUR CÔTÉ COUR DANS VINGT ÉCOLES EN OCTOBRE 2019 (µg/m³).

A noter que plusieurs valeurs étaient inférieures à la LQ (5,2 µg/m³) et ont dès lors été considérées égales à la moitié de la valeur de la LQ (2,6 µg/m³). 38% des concentrations mesurées en intérieur étaient inférieures à la LQ contre 16% des concentrations extérieures. Les données de prélèvement extérieur côté cour pour les écoles LUX-1 et LUX-3 sont manquantes.

Pour les prélèvements intérieurs, un test U de Mann-Whitney appliqué aux résultats montre que les concentrations en NO₂ mesurées à l'intérieur dans les locaux situés côté rue (N = 8) sont plus élevées que dans les locaux côté cour (N = 88) ($p < 0,001$). La concentration moyenne dans les locaux situés côté rue est de 12,08 µg/m³ contre 7,61 µg/m³ dans les locaux situés côté cour, soit 1,6 fois plus élevée côté rue.

Un test de Kruskal-Wallis révèle que les concentrations de NO₂ sont également différentes selon l'environnement (zone urbaine, périurbaine ou rurale) où se situe l'école, tout échantillon confondu (intérieur et extérieur). Une différence significative apparaît entre les concentrations en NO₂ mesurées dans les zones rurale et urbaine ($p < 0,001$). La concentration moyenne à l'extérieur est de 8,14 µg/m³ en zone rurale contre 14,88 µg/m³ en zone urbaine, soit 1,7 fois plus élevée en zone urbaine qu'en zone rurale.

Les concentrations en NO₂ varient donc significativement en fonction de la zone (urbaine, périurbaine ou rurale), de la localisation intérieure ou extérieure du prélèvement et de la localisation des locaux côté rue ou côté cour. Ces observations sont illustrées à la Figure 26.

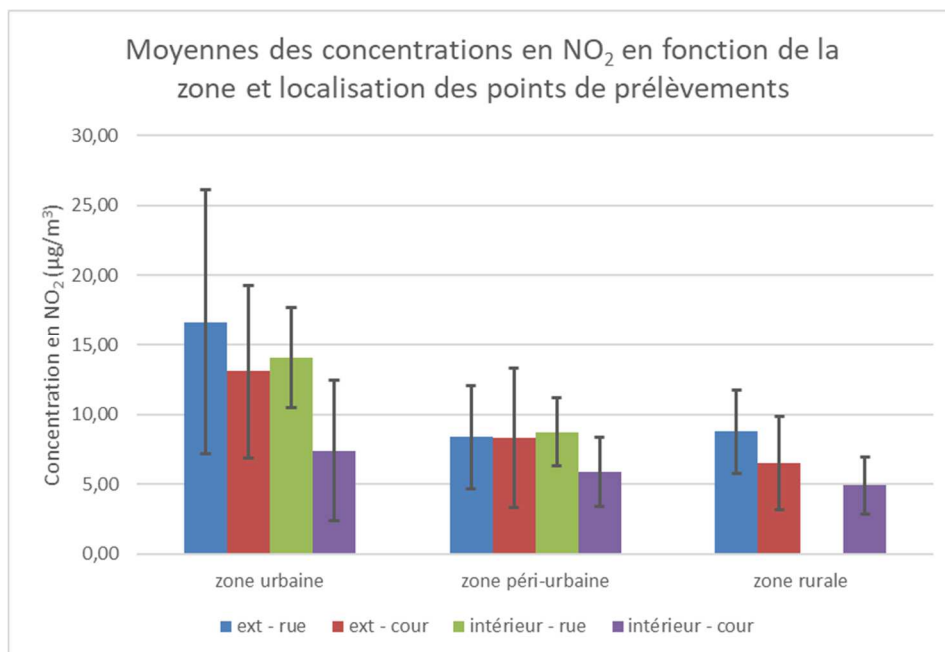


FIGURE 26. MOYENNES DES CONCENTRATIONS EN NO₂ EN FONCTION DE LA ZONE ET DE LA LOCALISATION DES POINTS DE PRÉLÈVEMENTS.

Les prélèvements réalisés en zone urbaine montrent des concentrations moyennes et maximales plus élevées, quel que soit la localisation du point de prélèvement (intérieur ou extérieur, côté rue ou côté cour). La concentration maximale a été mesurée au niveau d'un point de prélèvement extérieur à rue, en zone urbaine, à fort trafic, et s'élève à 29,9 µg/m³. La concentration minimale à rue, mesurée en zone rurale, est inférieure à la limite de quantification (5,19 µg/m³).

5.5.3 Calcul du rapport intérieur/extérieur (I/E)

L'exploitation des concentrations en NO₂ mesurées à l'intérieur et au niveau des points de prélèvements extérieurs correspondants a permis de déterminer un rapport moyen intérieur/extérieur (I/E) de 0,71. Pour calculer ce rapport, les valeurs inférieures à la LQ n'ont pas été prises en compte. La médiane des concentrations intérieures (61 valeurs) a été divisée par la médiane des concentrations mesurées à l'extérieur (32 valeurs). Le rapport inférieur à 1 atteste l'absence a priori de source intérieure de NO₂ dans les classes et autres locaux étudiés.

Ces résultats rejoignent ceux publiés dans la littérature. Le ratio moyen I/E défini par Atmo Sud dans l'étude ISAAC menée en 2016 et 2017 sur 64 salles de classes de 17 écoles, était proche de 0,8 (AirPACA, 2018 in ANSES, 2019). La médiane du rapport I/E obtenue pour le NO₂ dans 60 maisons à Détroit (Michigan) dans l'étude de Johnson et al. (2010) était de 0,6. Les concentrations en NO₂ rapportées dans l'étude de Stranger et al. (2005) et le rapport du projet INDEX (EC, 2005) montrent également des concentrations plus faibles en NO₂ à l'intérieur par rapport à l'extérieur.

5.5.4 Comparaison des résultats à d'autres études

Les concentrations moyennes, minimales et maximales en NO₂ dans les locaux et à l'extérieur ont été comparées à d'autres valeurs retrouvées dans des écoles en Belgique ou au niveau européen (Tableau 20).

TABEAU 20. CONCENTRATIONS EN NO₂ MOYENNES, MIN ET MAX MESURÉES DANS DES ÉCOLES DE DIFFÉRENTS PROJETS

	NO ₂ (µg/m ³)			Nombre d'échantillons	Référence
	Min	Moyenne	Max		
AIR-ECOLE (2019) - INTERIEUR	<LQ*	6,5 ± 3,9	19,95	99	Présent rapport
AIR-ECOLE (2019) - EXTERIEUR	<LQ*	10,5 ± 6,4	29,89	38	Présent rapport
Projet SINPHONIE (2010-2012) - INTERIEUR	LD	14 ± 9	88	300 écoles (23 pays EU)	Csobod et al., 2014
Anvers (2002-2003) - INTERIEUR	14	57	159	27 écoles primaire (15 urbaines et 12 périurbaines)	Stranger et al., 2005
Anvers (2002-2003) - EXTERIEUR	27	63,7	147	27 écoles primaire (15 urbaines et 12 périurbaines)	Stranger et al., 2005

LD, Limite de Détection – LQ, Limite de Quantification – LQ = 5,2 µg/m³ dans le projet AIR-ECOLE

Les résultats repris dans le Tableau 20 montrent que les concentrations en NO₂, tant intérieures qu'extérieures, mesurées dans le projet AIR-ECOLE sont nettement inférieures à celles mesurées dans les classes en Flandre et dans le cadre du projet européen SINPHONIE.

De plus, le rapport du projet INDEX du JRC (EC, 2005) rapporte des niveaux moyens de NO₂ en Europe de l'ordre de 13-62 µg/m³ à l'intérieur et de 24-61 µg/m³ à l'extérieur.

D'une manière générale, le comportement annuel du NO₂ dans l'air ambiant est caractérisé par de faibles concentrations estivales et des niveaux plus importants en période hivernale (LIGAIR, 2012). Les conditions météorologiques étaient favorables en octobre 2019. Il se peut que les concentrations en NO₂ dans l'air ambiant étaient plutôt basses pendant la campagne de prélèvement du projet AIR-ECOLE.

5.5.5 Comparaison des résultats à ceux du projet ZBE

Des concentrations extérieures en NO₂ ont également été mesurées en 2019 (4 semaines entre juin et septembre 2019) dans les villes de Namur et d'Eupen dans le cadre du projet 2ZBE (projet mené par la CQA de l'ISSeP, Annexe 6). Les points de prélèvements du projet 2ZBE n'étaient pas situés exactement au même endroit que ceux du projet AIR-ECOLE. Pour la ville d'Eupen, deux points de prélèvement ont néanmoins été placés à proximité des écoles étudiées dans AIR-ECOLE.

Les concentrations mesurées à rue dans le cadre du projet AIR-ECOLE étaient moins élevées que celles mesurées dans le cadre du projet 2ZBE. Il y a peu de différence entre les concentrations mesurées au niveau des deux écoles d'Eupen dans le cadre du projet AIR-ECOLE contrairement au projet 2ZBE pour lequel les concentrations en NO₂ enregistrées pour l'école L3 étaient en moyenne 1,5 fois plus élevées que l'école L1 (Tableau 21). Les données ne sont pas encore disponibles pour la ville de Namur.

Etant dépendantes des conditions météorologiques, il se peut que les concentrations en NO₂ dans l'air ambiant étaient plutôt basses pendant la campagne de prélèvement du projet AIR-ECOLE.

TABLEAU 21. CONCENTRATIONS EN NO₂ MESURÉES À L'EXTÉRIEUR CÔTÉ RUE AU NIVEAU DES DEUX ÉCOLES DE LA VILLE D'EUPEN DANS LE CADRE DES PROJETS AIR-ECOLE ET 2ZBE (µg/m³) EN 2019

Ecole	AIR-ECOLE (07-11/10)	2ZBE (13-28/06)	2ZBE (28/06-12/07)	2ZBE (19/08-02/09)	2ZBE (16-30/09)
L1	5,69	15,93	12,86	17,61	14,14
L3	5,51	10,22	8,01	11,02	12,10

5.6 Inspection visuelle et premières mesures lors des visites

Lors des visites des écoles, réalisées en juin, septembre ou octobre 2019 par l'ISSEP et le SAMI provincial correspondant en compagnie de la personne « référente » pour le projet, une inspection visuelle et des premières mesures ont permis de mettre en évidence certains problèmes. Cette section résume les principales observations faites au niveau de l'amiante, du plomb, des moisissures et de l'humidité, des produits d'entretien et des biocides. D'autres éléments sont spécifiques à chaque école (radon, odeurs, animaux, poussières et particules, acariens, description des bâtiments). Ils ont alors été détaillés dans les rapports par école et ne seront pas repris dans ce chapitre.

5.6.1 Amiante

L'amiante a été longtemps employée dans un grand nombre de matériaux isolants. Elle est classée cancérigène pour l'homme (groupe 1 de la classification CIRC). Le mésothéliome et le cancer du poumon sont les maladies les plus dangereuses liées à une exposition à l'amiante. En Belgique, la mise sur le marché, la fabrication et l'utilisation de produits contenant des fibres d'amiante sont interdites depuis 2001. Cependant, de nombreux matériaux qui en contiennent se trouvent toujours dans les bâtiments. L'amiante ne constitue toutefois un risque pour la santé que lorsque les fibres se retrouvent dans l'air et sont inhalées. Le danger de ces matériaux dépend de leur état et des précautions appliquées lors de travaux de rénovation (SAMI-Lux, 2010).

Depuis le 1^{er} janvier 1995, chaque employeur en Belgique est tenu de réaliser un inventaire de tout ce qui contient de l'amiante dans l'entreprise. Les écoles sont soumises à cet inventaire (elles constituent également un lieu de travail). Cet inventaire a pour but de réduire l'exposition des travailleurs aux fibres d'amiante à un niveau aussi bas que possible et de prévenir la dispersion de fibres en cas de travaux de rénovation (SAMI-Lux, 2010).

Quatre établissements scolaires (sur vingt) ne disposaient pas d'inventaire amiante. Pour ceux-ci, l'ISSeP a réalisé l'inventaire dans le cadre du projet AIR-ECOLE. Les rapports ont été rendus directement aux écoles. Les réseaux d'enseignement auxquels font partie ces écoles sont le libre non confessionnel (1), subventionné communal (1) et libre confessionnel (2).

Pour trois écoles ayant déjà un inventaire, des matériaux abîmés contenant de l'amiante ont été observés lors de la visite : plaques murales en « menuiserite » composée d'amiante-ciment, plaques au plafond, appuis de fenêtre en glasal et calorifuges. Des matériaux en bon état contenant de l'amiante ont été observés dans sept établissements : calorifuges (dans 4 écoles), panneaux de « menuiserite » au bas des murs (2), tableaux en amiante-ciment (4), appuis de fenêtre (1) et revêtement de sol en plaques vissées (1). Ces matériaux sont en bon état et ne présentent donc pas de danger pour la santé. Aucune école n'avait de signalétique indiquant la présence d'amiante sur les matériaux dégradés ou intacts.

5.6.2 Plomb

Le plomb est omniprésent dans l'environnement. Il pénètre dans l'organisme par voie digestive, aérienne ou placentaire. L'intoxication par le plomb, appelée aussi saturnisme, survient le plus souvent par ingestion de ce métal.

Le plomb peut avoir divers effets neurotoxiques comme des troubles du développement de fonctions cérébrales occasionnant des retards intellectuels, difficultés d'apprentissage, troubles psychomoteurs, troubles de l'attention, irritabilités, troubles du sommeil et même ralentissement de la croissance. Lorsque le plomb est respiré ou avalé, il passe rapidement dans le sang et est stocké par l'organisme, principalement dans les os. Il met plusieurs années à s'éliminer et a donc tendance à s'accumuler (toxicité cumulative). L'exposition au plomb est plus grave chez les jeunes enfants car leur organisme en croissance absorbe plus facilement le plomb que celui des adultes et qu'ils sont plus vulnérables à ses effets toxiques. Même une exposition à de faibles doses de plomb peut nuire au développement intellectuel, à la croissance et au comportement de l'enfant (HVS, 2018).

Deux sources principales de plomb sont rencontrées dans les milieux intérieurs :

- Les peintures contenant du plomb, encore présentes dans de nombreux bâtiments anciens. Les enfants peuvent s'intoxiquer par l'ingestion des écailles et poussières de ces peintures lorsqu'elles sont en mauvais état. En Belgique, les peintures chargées en plomb ont été interdites depuis 1926. Néanmoins, elles ont continué à être utilisées durant de nombreuses années (HVS, 2018).
- L'eau de distribution venant de canalisations en plomb.

La peinture s'écaillait sur certains murs, radiateurs et tuyaux de chauffage dans quelques écoles. Vu l'ancienneté des bâtiments, cette peinture pourrait contenir du plomb. Aucune analyse n'a été réalisée mais des recommandations ont été données aux écoles concernées.

Pour une école, le SAMI a effectué des dosages de plomb dans l'eau de distribution étant donné la suspicion de présence de conduites d'eau en plomb. La concentration en plomb dans l'eau prélevée à l'évier des toilettes était de 34 µg/L. Cette valeur est trop élevée sachant que la réglementation wallonne (AGW du 15/01/2004) fixe la concentration maximale autorisée à 10 µg/L. Le SAMI a directement prévenu l'école concernée et leur a vivement recommandé de faire remplacer toutes les conduites d'eau en plomb et, en attendant ces travaux, d'empêcher que les enfants ne boivent l'eau du robinet.

5.6.3 Humidité et moisissures

Un excès d'humidité dans ou sur les parois peut causer des problèmes, tant au bâtiment qu'à ses occupants, notamment en raison de l'apparition de moisissures et d'autres microorganismes. Les moisissures peuvent provoquer divers problèmes de santé, notamment des allergies et des irritations des voies respiratoires. En outre, la plupart des toxines qu'elles produisent sont immunodépressives, ce qui implique que les personnes exposées, en particulier les enfants, présentent un risque accru d'infections diverses.

Des signes d'humidité étaient visibles dans certains locaux de quatorze écoles. Des problèmes d'infiltration, d'humidité ascensionnelle ou de condensation sont souvent à l'origine de l'humidité excessive retrouvée à certains endroits. Le phénomène de condensation a lieu lorsque le taux de vapeur contenu dans l'air atteint le taux de saturation. Celui-ci baisse très fortement avec la température. C'est pourquoi la condensation commence sur les parois froides et les vitrages.

Sur les vingt écoles visitées, il ressort que dans quatorze d'entre elles, au moins un local est contaminé par des moisissures visibles sur les surfaces. Des prélèvements de contact et d'air ont été réalisés dans la majorité des locaux concernés. L'identification des moisissures permet d'évaluer les risques de développement de certaines pathologies liées à leur caractère allergisant ou à l'émission de mycotoxines dans l'air ambiant. Les espèces de moisissures les plus souvent détectées sont *Cladosporium* et *Penicillium*. D'autres genres ont également été retrouvés : *Alternaria*, *Aspergillus* et *Ulocladium*. Une contamination de l'air ambiant par *Rhizopus stolonifer* a été observée dans deux locaux d'une école. *Rhizopus* est une moisissure qui se développe sur les aliments (le pain, les gâteaux...). Sa présence ne témoigne cependant pas d'un problème particulier puisqu'elle n'est pas impliquée dans une pathologie particulière.

En général, le développement fongique est restreint à l'exception de quelques locaux dans cinq écoles. Dans ces locaux, la surface totale des développements de moisissures est supérieure à 1 m², soit supérieure au critère d'intervention. Il s'agit d'une valeur limite au-delà de laquelle des investigations complémentaires doivent être menées et des actions rapidement mises en œuvre afin de réduire l'exposition des occupants.

5.6.4 Produits d'entretien

Les pratiques de nettoyage (fréquence, choix des produits) et l'utilisation de désodorisants sont des sources de contaminants susceptibles de se retrouver dans l'air intérieur. Les produits de nettoyage peuvent contenir des substances chimiques présentant des risques pour la santé, dont des COVs.

Ceux-ci sont potentiellement allergisants voire toxiques, à des degrés divers, en particulier pour les enfants et les personnes sensibles au niveau des voies respiratoires.

Lors des visites, des informations sur les produits d'entretien et les pratiques de nettoyage dans les écoles étudiées ont été récoltées :

- 75% des écoles utilisent des produits désodorisants, sous différentes formes (aérosols, bâtonnets parfumés, plaquettes WC, huiles essentielles, diffuseur de parfum) dans les toilettes et parfois dans certaines classes.
- Dans 70% des écoles, les sols sont nettoyés quotidiennement avec de l'eau et un détergent parfumé.
- Dans 80% des écoles, la présence de produits désinfectants a été répertoriée :
 - o Eau de Javel (30%),
 - o Produits à base d'ammonium quaternaire (10%),
 - o Dettol (20%)
 - o Désinfectant de nature non précisée (20%).
- Au moins 20% des écoles utilisent des produits de bricolage (colles, solvant (acétone), peintures, vernis, white spirit et autres).

La fréquence d'utilisation de produits désinfectants est généralement d'une fois par semaine au minimum. Il est utile de rappeler que le nettoyage et la désinfection sont deux actions différentes poursuivant des buts différents. La désinfection n'est pas un nettoyage ni une action d'entretien. Elle ne doit intervenir qu'à titre curatif, dans des cas précis, et selon un protocole rigoureux. Une désinfection trop fréquente entraîne une recolonisation toujours plus rapide des espaces par des micro-organismes résistants aux désinfectants et qui deviennent parfois plus agressifs. De plus, les ammoniums quaternaires sont connus pour être allergisants (allergies de contact) et suspectés être mutagènes (Dmochowska & al, 2011). Un nettoyage fréquent des locaux permet de limiter la nécessité de désinfecter.

Les produits d'entretien ne sont pas toujours rangés dans une armoire ou un local fermé à clef, hors de portée des enfants. Certains produits périmés, non utilisés ou non correctement fermés ont été retrouvés dans certains stocks. Nous avons également observé, dans une école, la présence de boissons à côté des produits d'entretien. Les produits d'entretien doivent être conservés à l'abri de la lumière et de toute source de chaleur, dans un endroit sec et frais, dans une armoire fermée à clef, hors de portée des enfants et à l'écart des aliments. Ils doivent être conservés dans leur emballage d'origine et bien fermés. Le stockage de longue durée des produits est à éviter car il y a toujours un risque d'évaporation, de dégradation et de péremption. A noter, par exemple, que le chlore s'échappe d'un flacon non ouvert jour après jour ou encore que de l'eau de javel vieille de plusieurs années n'a quasi plus aucune efficacité en tant que désinfectant.

5.6.5 Pesticides

Le terme « pesticides » regroupe les produits phytopharmaceutiques (produits de protection des plantes, PPP) et les biocides. Les biocides sont des substances chimiques utilisées pour tuer des

organismes vivants indésirables. On les retrouve notamment dans les désinfectants, les produits de traitement du bois (par exemple, des tables extérieures ou des modules de jeux traités) ou les pièges à fourmis. Dans les écoles, des herbicides pourraient être utilisés pour enlever les mauvaises herbes au niveau des parkings et cours de récréation. Des PPP pourraient provenir de champs traités aux abords des écoles.

Les effets de ces substances sur la santé humaine sont très variés et pas encore totalement connus : irritations des voies respiratoires, des yeux et de la peau, allergies, atteintes neurologiques, perturbation du système endocrinien, apparition de certains cancers. Les enfants, en raison de leur comportement, de leur croissance et de leur taux de respiration plus important, sont particulièrement sensibles.

Dans les écoles, les biocides les plus utilisés sont les désinfectants (cf. point 5.6.4). La majorité des écoles ont déclaré ne pas utiliser de pesticides ni pour le désherbage des allées, ni pour le traitement des jeux en bois ou tables extérieures. Dans trois écoles, des insecticides contre les fourmis ou insecticides à action plus générale ont été retrouvés dans les stocks de produits d'entretien. Deux écoles ont dû utiliser des rodenticides occasionnellement et en dehors des périodes scolaires. Ces produits ont été appliqués par des professionnels.

Deux écoles localisées en milieu rural sont en bordure de champs cultivés, séparées de ceux-ci uniquement par une clôture (Figure 27). Les épandages dans ces champs de PPP peuvent avoir un impact sur la qualité de l'air ambiant autour de l'école et donc indirectement sur la qualité de l'air intérieur des écoles et dès lors, la santé des enfants et des enseignants.



Figure 27. Fenêtre d'un bloc préfabriqué d'une école en bordure de champ cultivé

6 Retour sur le questionnaire AD'AIR

L'outil d'auto-évaluation « AD'AIR à l'école » (HVS, 2018) a été complété au préalable de la visite par le référent de chaque école. Lors de la visite, les réponses aux questions ont été parcourues avec le SAMI et l'ISSeP afin de s'assurer de la bonne compréhension de chacune d'elle et de la complétude des réponses. Le référent a également donné son ressenti par rapport au questionnaire.

De manière générale, les questions ont été bien comprises. La majorité des écoles ont trouvé le questionnaire simple et facile à compléter. Cependant, pour de nombreux référents, le remplissage du questionnaire a pris beaucoup de temps car ils se sont entourés d'autres personnes (personnel de bâtiment, autres professeurs). Dans plusieurs écoles, certaines informations n'étaient pas connues par le référent (année de construction des bâtiments, année des rénovations, système de chauffage...). Dans ces cas, des personnes du service technique ou d'autres professeurs ont généralement aidé à remplir le questionnaire. Dans au moins trois écoles, les personnes référentes étaient en fonction depuis peu de temps. Elles avaient donc peu de connaissance du passé des bâtiments et ont eu plus de difficultés à répondre à certaines questions.

Pour certains référents, quelques questions sont mal formulées, notamment la question 31 pour laquelle la majorité a répondu « pas de pesticides dans l'école » et donc, nous n'avons pas de réponse sur « où sont rangés les produits d'entretien ? ». Il faudrait séparer les pesticides des produits d'entretien.

Q31. Où sont rangés vos pesticides et produits d'entretien ?

- ☐ Dans les locaux fréquentés par les élèves
- ☐ Dans les locaux non fréquentés par les élèves
- ☐ Pas de pesticide dans l'école

7 Recommandations faites aux écoles par les SAMI et l'ISSeP

Plusieurs recommandations ont été faites aux écoles par les SAMI et l'ISSeP suite aux visites des établissements et aux résultats des analyses. Les recommandations qui ont été formulées pour la majorité des écoles sont reprises ci-dessous. Des recommandations plus spécifiques ont également été formulées à certaines écoles et sont reprises à l'Annexe 7.

Aération/Ventilation

- Vérifiez l'état des fenêtres. Elles devraient pouvoir s'ouvrir complètement pour permettre un renouvellement adéquat de l'air. Dans le cas contraire, demandez à les faire réparer. En attendant, essayez de faire un courant d'air en ouvrant les fenêtres en oscillo-battant et la porte du local (voire même les fenêtres dans le couloir).

- Une bonne régulation du chauffage et une aération efficace devraient permettre de maintenir la température et le taux d'humidité dans les valeurs recommandées.

Humidité/Moisissures

- Résoudre les problèmes d'infiltration.
- Repérez tous les signes de moisissures et nettoyez les surfaces contaminées par des moisissures en suivant les consignes reprises dans le guide AD'AIR (HVS, 2018).

Nettoyage/Entretien

- Organisez le nettoyage et l'entretien après les cours et ventilez abondamment durant et après le nettoyage.
- Les agents nettoyants utilisés doivent convenir à la tâche concernée et être employés selon les instructions, à une fréquence et dans des quantités raisonnables.
- N'utilisez pas de désodorisant.
- Utilisez de préférence des produits nettoyants à faible taux d'émission.
- Les désinfectants peuvent être allergisants et irritants. Employez un désinfectant uniquement en cas de souillures visibles par des liquides biologiques (sang, selles, urines, vomissements) ou de maladies contagieuses. La surface doit être nettoyée avant d'être désinfectée et rincée après la désinfection. Choisir un produit à base de dérivés d'ammonium quaternaire (peu parfumé) en respectant scrupuleusement le mode d'emploi (dilution, précautions d'utilisation).
- Les produits entretien et désinfectants doivent être tenus sous clé dans une armoire ou un local inaccessible aux enfants.

Rénovations

- Lors de l'achat de nouveaux meubles, il est recommandé, au cours des premiers mois, d'aérer/ventiler la pièce plus souvent et d'ouvrir les meubles.
- Privilégiez le bois naturel (labellisés FSC ou PEFC), et si cela n'est pas possible, prenez des agglomérés à faible taux d'émission de formaldéhyde. Il existe trois classes de panneaux (E1, E2 et E3) selon la norme EN 120. Les panneaux de classe E1 contiennent le moins de formaldéhyde.
- Pour l'aménagement des locaux et lors de travaux de rénovation, choisissez des matériaux et peintures qui garantissent le respect de critères environnementaux et l'interdiction ou la limitation des composants toxiques. Certains labels (Nature Plus, Ecolabel européen, Blue Angel, etc.) répondent à des critères stricts en matière d'émission de substances chimiques. N'hésitez pas à vous renseigner auprès de votre fournisseur.

Localisation de l'établissement

- Pour les locaux situés côté rue, privilégiez l'aération durant les périodes où la circulation est moins dense (évités les heures de pointe) et, si possible, l'ouverture des fenêtres du côté

opposé à la rue afin de réduire l'exposition aux polluants atmosphériques urbains comme les oxydes d'azote et les particules fines.

Et surtout :

Aérez au moins pendant 15 minutes, plusieurs fois par jour, les fenêtres complètement ouvertes, quelle que soit la saison. En hiver, privilégiez une aération fréquente mais de courte durée (maximum 15 minutes) afin d'éviter de refroidir les murs et de favoriser la condensation sur ceux-ci, propice au développement de moisissures. Si toutefois vous ne constatez pas d'amélioration significative au travers des mesures de CO₂, il conviendra de mettre en place un dispositif de ventilation efficace des locaux.

Nous vous conseillons de sensibiliser les enseignants et les élèves au renouvellement de l'air en affichant des petits mémos rappelant le réglage des vannes thermostatiques, l'aération (au moins 3 fois 15 minutes par jour) et d'autres conseils susceptibles d'améliorer la qualité de l'air et de réduire les dépenses énergétiques.

Pour plus d'informations, n'hésitez pas à consulter le guide AD'AIR (HVS, 2018).

8 Conclusions et Perspectives

Vingt écoles wallonnes ont fait l'objet d'une analyse de la qualité de l'air via, d'une part, l'identification de sources potentielles d'émissions intérieures et extérieures lors d'une visite des bâtiments et, d'autre part, via des mesures de polluants (COVs, NO₂, aldéhydes) et CO₂ réalisées pendant 5 jours dans plusieurs locaux et points extérieurs en octobre 2019.

Les résultats obtenus dans le projet AIR-ECOLE sont valables pour la période de mesures considérée (octobre 2019) et dépendent du comportement des occupants des locaux (habitudes de vie, aération...), des aménagements intérieurs, du taux d'occupation des locaux et de la qualité de l'air ambiant. Celui-ci dépend des conditions météorologiques et des caractéristiques des sources d'émission (ex : densité du trafic routier) rencontrées au moment des prélèvements.

Les valeurs obtenues pour les COVs sont généralement inférieures au CQ recommandé. Dans certains locaux, les concentrations mesurées sont légèrement supérieures au CQ (TCE, PCE, 1,2,3-triméthylbenzène, benzène et éthylbenzène) et très rarement supérieures au CV (TCE, PCE et éthylbenzène pour 1% des échantillons). Les concentrations moyennes en COVs totaux sont plus élevées dans l'air intérieur que dans l'air extérieur, indiquant des sources potentielles de COVs plutôt intérieures. Dans le cadre de notre étude, la concentration moyenne en benzène à l'extérieur, autour

des écoles, est de 0,47 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en zone rurale contre 0,65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en zone urbaine, soit 25% plus faible en zone rurale. Les concentrations en benzène varient significativement en fonction de la zone (urbaine ou rurale) et de la localisation (intérieure ou extérieure) du prélèvement.

Les concentrations dans l'air intérieur en formaldéhyde sont supérieures au CV de 1,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dans tous les locaux. La majorité (82%) présente également une concentration en formaldéhyde qui dépasse le Cl_{int} . Le CI de 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ est même dépassé dans 11% des locaux échantillonnés. Au contraire, les valeurs pour l'acétaldéhyde sont inférieures au Cl_{int} dans 93% des locaux. Le Cl_{int} est l'objectif à atteindre à moyen-terme (d'ici 5 ans).

Le CQ du dioxyde d'azote du guide AD'AIR, qui correspond à la valeur guide de 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de la Directive 2008/50/CE pour l'air ambiant, n'a été dépassé pour aucune des écoles échantillonnées dans le cadre du projet. Le ratio I/E moyen est de 0,71, suggérant des sources de NO_2 majoritairement extérieures. Les concentrations en NO_2 varient significativement en fonction de la zone (urbaine, périurbaine ou rurale), de la localisation intérieure ou extérieure du prélèvement et de la localisation des locaux côté rue ou côté cour.

Le taux moyen d'humidité relative se situe dans les gammes de valeurs recommandées dans la majorité des écoles (86%) tandis que la température est généralement trop élevée (moyenne supérieure à la valeur maximale recommandée dans 17 écoles sur 20).

Les taux moyens de CO_2 mesurés sont souvent trop élevés. Ils sont supérieurs à 1000 ppm (CV) dans plus de la moitié des locaux (27 locaux sur 40) et supérieurs à 1500 ppm (CI) dans 4 locaux. Aucune école ne présente de taux moyens en CO_2 inférieurs au CQ (500 ppm). Ceci montre que, dans la majorité des écoles, le renouvellement d'air n'est pas suffisant.

En ce qui concerne l'amiante, sept écoles comprenaient des matériaux intacts et quatre des matériaux abîmés contenant de l'amiante. La présence de matériaux amiantés, abîmés ou intacts, n'était signalée dans aucune école. 80% des écoles disposaient d'un inventaire amiante. Pour les quatre écoles qui en manquaient, l'inventaire a été réalisé par l'ISSeP dans le cadre du projet.

Un dosage de plomb dans l'eau de distribution a été réalisé pour une seule école dans laquelle la présence d'anciennes canalisations en plomb était suspectée. La concentration mesurée à l'évier des toilettes (34 $\mu\text{g}/\text{l}$) était supérieure à la concentration maximale autorisée dans la réglementation wallonne (10 $\mu\text{g}/\text{l}$).

75% des écoles utilisent des produits désodorisants (sources de COVs, benzène, etc.). 80% des écoles pratiquent une désinfection des locaux au moins une fois par semaine.

Dans les écoles, les biocides les plus utilisés sont les désinfectants. La majorité des écoles ont déclaré ne pas utiliser de pesticides ni pour le désherbage des allées, ni pour le traitement des bois extérieurs (jeux ou tables). Pour les écoles situées en bordure de champs (deux écoles dans notre étude), l'épandage de PPP peut impacter la qualité de l'air intérieur et, par conséquent, la santé des enfants et des enseignants.

En conclusion, le projet AIR-ECOLE, mené en collaboration avec les SAMI provinciaux et l'asbl Hypothèse, a rencontré un vif intérêt auprès des écoles. Il a montré que le renouvellement d'air est insuffisant et doit être amélioré dans toutes les écoles ayant participé au projet. Il a permis également de constater que la problématique des pollutions intérieures n'est pas suffisamment connue des enseignants, directeurs et autre personnel des écoles, tant au niveau des sources que des effets sur la santé ou encore des actions pour réduire les pollutions intérieures.

L'accompagnement pédagogique est dès lors un moyen important pour une meilleure prise en compte des enjeux liés à la qualité de l'air intérieur en milieu scolaire. Les valeurs guides proposées dans le guide AD'AIR permettent d'évaluer la qualité de l'air intérieur et d'identifier des actions pour l'améliorer. Ce guide constitue un outil assez complet pour mener des actions de sensibilisation dans les écoles. Le questionnaire AD'AIR s'est montré assez efficace pour identifier les principaux problèmes avant les visites.

L'établissement de valeurs normatives constitue une démarche utile. Un groupe de travail a proposé des valeurs guides et d'intervention pour certains polluants, à intégrer au Décret wallon relatif à la qualité de l'air intérieur (QAI) publié au moniteur belge le 12/03/2019. Certaines de ces valeurs (formaldéhyde) semblent toutefois ne pas être soutenables actuellement.

A la suite du projet AIR-ECOLE, il serait utile de réaliser une analyse plus approfondie des sources possibles de certains polluants comme le formaldéhyde ou le benzène dans les milieux intérieurs. Il serait également opportun d'étudier de nouveaux polluants (ex : des perturbateurs endocriniens) de plus en plus retrouvés dans l'air intérieur, afin d'être en mesure d'identifier des valeurs guides réalistes pour ces substances également. Pour les polluants émis par des matériaux, il est toutefois nécessaire que le secteur industriel évolue et concoure au développement de produits et matériaux sains.

Le SAMI de la province de Liège n'avait jamais réalisé d'action dans les écoles avant ce projet. Il est important de développer cette expertise et de disposer d'un service disponible pour réaliser les évaluations d'air intérieur en province de Liège, surtout quand le Décret QAI sera d'application.

Enfin, la qualité de l'air intérieur étant également dépendante de la qualité de l'air extérieur pour certains polluants (et notamment ceux liés au trafic), il est important de préserver et/ou de promouvoir des actions pour améliorer la qualité de l'air extérieur au voisinage des écoles.

Le projet AIR-ECOLE a contribué à l'objectif du plan ENVies 2019-2023 de réduire la morbidité liée à la qualité de l'air intérieur en Wallonie, et en particulier aux objectifs spécifiques 2a « Renforcer la dissémination des outils d'information existants à destination des différents publics en matière de qualité de l'air intérieur » et 2d « Instaurer une surveillance de la qualité de l'air intérieur dans les écoles et les crèches ». En effet, le projet a contribué à la diffusion et prise de connaissance du guide AD'AIR (HVS, 2018) auprès de vingt écoles réparties sur le territoire wallon. Celles-ci ont reçu au terme de leur participation un moniteur de CO₂ et de paramètres d'ambiance (température et HR) afin de pouvoir évaluer l'efficacité de la ventilation dans les locaux.

9 Bibliographie

ANSES, 2018. Mise à jour de valeurs guides de qualité d'air intérieur, le formaldéhyde. Avis de l'ANSES – Rapport d'expertise collective. Edition scientifique. 214p. Disponible sur <https://www.anses.fr/fr/system/files/AIR2017SA0041Ra.pdf>

ANSES, 2019. Caractérisation des transferts de pollution de l'air extérieur vers l'intérieur des bâtiments. Avis de l'ANSES – Rapport d'expertise collective, Edition scientifique. 46p. Disponible sur <https://www.anses.fr/fr/system/files/AIR2016SA0068Ra.pdf>

Arrêté du Gouvernement wallon du 15 janvier 2004 relatif aux valeurs paramétriques applicables aux eaux destinées à la consommation humaine.

Chiappini, L., 2011. Le benzène en air intérieur : bilan des niveaux de concentration rencontrés », Pollution atmosphérique, N° 210, 2011, p. 155-162. <http://odel.irevues.inist.fr/pollution-atmospherique/index.php?id=497>

CIRC, 2018. Benzene. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, volume 120.

Csobod, E., Annesi-Maesano, I., Carrer, P., Kephelopoulos, S., Madureira, J., Rudnai, P. & de Oliveira Fernandes, E., 2014. *SINPHONIE, Schools Indoor Pollution and Health Observatory Network in Europe*. Final report. Regional Environmental Centre for Central and Eastern Europe. European Commission. 157p.

Dallongeville, A., Costet, N., Zmirou-Navier, D., Le Bot, B., Chevrier, C., Deguen, S., Annesi-Maesano, I., Blanchard, O., 2015. Volatile and semi-volatile organic compounds of respiratory health relevance in French dwellings. *Indoor Air* 26 : 426–438.

Décret wallon relatif à la qualité de l'air intérieur du 31 janvier 2019, publié au moniteur belge le 12/03/2019.

Directive 2008/50/CE du Parlement européen et du Conseil du 21 mai 2008 concernant la qualité de l'air ambiant et un air pur pour l'Europe.

Dmochowska, B, Piosik, J, Woziwodzka, A, Sikora, K, Wiśniewski, A, Wegrzyn, G, 2011, Mutagenicity of quaternary ammonium salts containing carbohydrate moieties, *Journal of hazardous materials*, 193, 272-278.

Esplugues, A., Ballester, F., Estarlich, M., Llop, S., Fuentes-Leonarte, V., Mantilla, E., & Iñiguez, C., 2010. Indoor and outdoor air concentrations of BTEX and determinants in a cohort of one-year old children in Valencia, Spain. *Science of The Total Environment*, 409(1), 63–69. doi:10.1016/j.scitotenv.2010.09.039 .

European Commission (EC), 2005. The INDEX project – Final Report – Critical Appraisal of the Setting and Implementation of Indoor Exposure Limits in the EU. JRC, Ispra, Italie.

Geiss O., Giannopoulos G., Tirendi S., Barrero-Moreno J., Larsen B. & Kotzias, D., 2011. *The AIRMEX study - VOC measurements in public buildings and schools/kindergartens in eleven European cities: Statistical analysis of the data*. Atmospheric Environment 45, p. 3676-3684.

Hainaut Vigilance Sanitaire (HVS), 2018. Guide AD'AIR. Qualité de l'air intérieur dans les écoles. Comment identifier et réduire les risques en matière de santé liés à la qualité de l'air intérieur au sein des écoles ? Guides de bonnes pratiques. 114p. Disponible sur : <http://environnement.sante.wallonie.be/files/document%20pdf/AD'AIR/AD'AIR%20Guides%20de%20bonnes%20pratiques.pdf>

Ineris, 2010. Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques – Formaldéhyde. Disponible sur : <https://substances.ineris.fr/fr/substance/1008>

Johnson, M. M., Williams, R., Fan, Z., Lin, L., Hudgens, E., Gallagher, J., Vette, A., Neas, L. and Özkaynak, H., 2010. Participant-based monitoring of indoor and outdoor nitrogen dioxide, volatile organic compounds, and polycyclic aromatic hydrocarbons among MICA-Air households. Atmospheric Environment 44 (2010) 4927-4936.

Junien, C., Panchenko, P., Pirola, L., Amarger, V., Kaeffer, B., Parnet, P., Gabory, A., 2016. Le nouveau paradigme de l'origine développementale de la santé et des maladies (DOHaD). Médecine/Sciences, 32(1), 27–34. <https://doi.org/10.1051/medsci/20163201006>

Kotzias, D., Koistinen, K., Kephelopoulos, S., Schlitt, C., Carrer, P., Maroni, M., Jantunen, M., Cochet, C., Kirchner, S., Lindvall, T., McLaughlin, J., Mølhave, L., de Oliveira Fernandes, E. and Seifert, B., 2005, INDEX project, Critical Appraisal of the Setting and Implementation of Indoor Exposure Limits in the EU, European Commission, Joint Research Center, Final report, EUR 21590 EN, 334p.

Kuske, M. & Nicolas, J., 2000 – Les pollutions dans l'air intérieur des bâtiments – Diagnostic – Incidences sur la santé. FUL et Observatoire de la santé, Arlon et Marloie, Belgique.

LIG'AIR (2012) HOME'AIR – Evaluation de la qualité de l'air dans des bâtiments Basse Consommation de la région Centre. Lig'Air – Surveillance de la qualité de l'air en région Centre. Réf : LIGAIR 2012-QAI-2517

MINISTRE DE LA COMMUNAUTE FLAMANDE, 2004, Arrêté du Gouvernement flamand contenant des mesures de lutte contre les risques de santé par la pollution intérieure, 11 juin 2004, Disponible sur https://www.etaamb.be/fr/arrete-du-gouvernement-flamand-du-11-juin-2004_n2004036561.html

Myhrvold, A.N., Olsen, E. and Lauridsen, O., 1996. Indoor environment in schools - Pupils health and performance in regard to CO₂ concentrations. Proceedings of Indoor Air '96: The 7th International Conference on Indoor Air Quality and Climate, Nagoya, Japan, July, 1996, Vol.4, 369–374.

SAMI-Lux, 2010. *Qualité de l'environnement intérieur dans les écoles fondamentales de la province de Luxembourg*. Rapport final. 82p. Service d'Analyse des Milieux Intérieurs de la Province de Luxembourg. Disponible sur <http://www.province.luxembourg.be/fr/qualite-de-l-environnement-interieur-dans-les-ecoles-fondamentales.html?IDC=3466&IDD=54797#.XI-sfqBCdpq>.

Santé Canada, 2006. Lignes directrices sur la qualité de l'air résidentiel. <https://www.canada.ca/fr/sante-canada/services/qualite-air/lignes-directrices-qualite-air-interieur-residentiel.html>

State of Vermont, Agency of natural resources, 2018. Air pollution control regulations. 216p

Stranger M., De Brouwere K., Swinnen R., Bormans R., Lauwers J., Poelmans D., Verbeke L., Swaans W., Koppen G., Spruyt M., Berghmans P., Desager K., Govarts E., Koppen G., Willems H., Bleux N., Daems J., Torfs R. & Goelen E. (2010). *BIBA - Binnenlucht in Basisscholen*. VITO reports 2008/MIM/R/092 - 2009/MRG/R/372 - 2009/MRG/R/373 - 2009/MRG/R/374. 251p. Disponible sur <http://wwwb.vito.be/flies>.

US EPA, Integrated Risk Information System (IRIS), 1988. Chemical Assessment Summary. Acetaldehyde ; CASRN 75-07-0. File first On-Line 30/06/1988. Disponible sur : https://cfpub.epa.gov/ncea/iris/iris_documents/documents/subst/0290_summary.pdf#nameddest=woe

Wargocki, P. et Wyon, D.P., 2007. The effects of outdoor air supply rate and supply air filter condition in classrooms on the performance of schoolwork by children (RP-1257). HVAC&R Research. Taylor & Francis.

WHO, 2010. WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants. 484p. Disponible sur : http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0009/128169/e94535.pdf?ua=1.

WHO, 2011. Methods for monitoring indoor air quality in schools. Report from the meeting 4-5 april 2011, Bonn, Germany. WHO Regional Office for Europe.

10 Liste des annexes

Annexe 1

Fiche descriptive du projet AIR-ECOLE

Annexe 2

Document de bord échantillonnage

Annexe 3

Protocole de collecte des échantillons

Annexe 4

Tableau complet des résultats

Annexe 5

Tableau de l'analyse statistique des résultats

Annexe 6

Fiche descriptive du projet 2ZBE

Annexe 7

Recommandations spécifiques aux écoles pour améliorer la qualité de l'air intérieur

10.1 Annexe 1. Fiche-Projet AIR-ECOLE

Titre du projet : AIR-ECOLE

Intitulé en toutes lettres : Promouvoir l'amélioration de la qualité de l'air dans les écoles

Objectifs : Le projet AIR-ECOLE est structuré en trois volets visant à : 1) Réaliser des mesures de la qualité de l'air intérieur dans les écoles et, en parallèle, 2) Assurer la sensibilisation des écoles (PO, enseignants, etc.) aux outils développés par le projet « AD'Air à l'école », et enfin 3) Informer (en zone urbaine) les acteurs communaux de l'incidence du trafic sur la qualité de l'air des écoles.

Contexte : En Wallonie, près de 675 000 enfants (3-17 ans) sont inscrits dans les écoles maternelles, primaires et secondaires en FWB et près de 45 000 bébés (0-3 ans) sont inscrits dans une infrastructure d'accueil. Après la maison, c'est à l'école ou à la crèche que les enfants passent le plus de temps. Or l'environnement intérieur peut être la source d'exposition à une grande diversité de polluants (contaminants chimiques, agents physiques ou microbiologiques). Ceux-ci peuvent être à l'origine de maux de tête, irritations, manifestations allergiques, etc. Au contraire, une bonne qualité de l'air à l'intérieur a un effet positif démontré sur la diminution du taux d'absentéisme, le bien-être et l'apprentissage des enfants.

Un Guide de Bonnes Pratiques (guide AD'Air) a été élaboré pour permettre aux acteurs du milieu scolaire (directeurs, acteurs de santé, techniciens, enseignants ...) de prendre connaissance des risques pour la santé liés à la qualité de l'air intérieur et d'identifier les facteurs d'exposition au sein de leur établissement et pour les accompagner dans la mise en œuvre de pratiques de prévention. Une sélection de valeurs guide et valeurs d'intervention à intégrer dans le Décret wallon relatif à la qualité de l'air intérieur (publié au moniteur belge le 12/03/2019) est en cours de finalisation.

Mise en œuvre :

Vingt écoles ont été sélectionnées, réparties sur le territoire wallon (quatre par province), selon l'environnement (rural versus urbain), le niveau d'enseignement (maternel, primaire, secondaire), etc. Une visite préliminaire en



**MONITEUR INSTALLÉ DANS DEUX CLASSES
PAR ÉCOLE POUR SUIVRE EN CONTINU LA T°,
L'HR ET LE TAUX DE CO₂**

collaboration avec le SAMI provincial correspondant a permis de mettre en évidence les différents éléments de l'environnement intérieur et extérieur susceptibles d'engendrer des problèmes de qualité de l'air intérieur dans l'école (sur base également des réponses au questionnaire d'auto-évaluation de la qualité de l'air « AD'Air »). Au mois d'octobre, la qualité de l'air a été mesurée en cinq points intérieurs (classes, salle des profs...) et deux points extérieurs (dans la cour et à rue). L'analyse des résultats et la restitution aux écoles sera réalisée au premier trimestre 2020.

Financier : SPW-ARNE (Projet ENVieS)	Etat d'avancement : 80%
Durée et budget global : 15 mois (12 mois au départ – avenant à budget constant de 3 mois) – 240.000EUR	Partenaires : SAMI (Services d'Analyse des Milieux Intérieurs) de Liège, du Luxembourg (SAMI-LUX), du Hainaut (HVS) et du BW Volet pédagogique : asbl Hypothèse Analyses : HVS, ISSeP-Colfontaine et ISSeP-CQA Terrain : ISSeP-DAT

10.2 Annexe 2. Document de bord échantillonnage

Projet AIR-ECOLE

Document de bord échantillonnage

UNE QUESTION ? UN PROBLEME ? Contactez-nous

Léa Champon au 04/229 82 10 – l.champon@issep.be

Sophie Crèvecoeur au 04/229 83 87 – s.crevecoeur@issep.be



Ecole : Local : Personne de contact : Semaine du : / / au / / Heure de début : Heure de fin :	Nombre d'élèves/occupants : Surface (m²) ou volume (m³) du local : Possibilité d'ouvrir complètement les fenêtres: <i>oui - non</i> Possibilité de créer un courant d'air : <i>Avec les fenêtres du local - Avec une fenêtre et la porte du couloir</i> Y-a-t-il eu un évènement inhabituel pendant l'échantillonnage ? Dans les locaux, à l'extérieur ou à proximité : feu/incendie, travaux, groupe électrogène mis en marche,... : oui – non Si oui, décrire l'évènement : N° du capteur CO2 si présent (1 à 20) :
---	--

	Heures d'occupation du local	Nombre d'occupants	Noter ici les périodes d'aération/ventilation (heure approximative et durée)	Noter ici si des activités potentiellement émettrices ont été réalisées Ex. : nettoyage du local, bricolages, usage de colles, peintures,...
Lundi				
Mardi				
Mercredi				
Jeudi				
Vendredi				

Commentaires :

Rapport final n°00659/2020 – AIR-ECOLE

Institut Scientifique de Service Public – www.issep.be



10.3 Annexe 3. Protocole d'installation et de collecte des échantillons AIR-ECOLE

Ce document décrit les opérations à effectuer lors de l'installation et de la collecte des différents échantillons.

Les différents échantillons doivent être conservés à 4°C avant et après le prélèvement (dans le frigo box).

Liste du matériel à emporter

- La fiche de terrain ;
- Les documents de bord de prélèvement à laisser dans chaque local ;
- Un bic ;
- Les moniteurs CO2 (2 par école) ;
- Rallonge (2 par école)
- Escabelle
- Colson (1 mètres et petits)
- Pince coupante
- Gants
- Un frigo box avec blocs réfrigérants ;
- 5 statifs par école (si non déposés avant)
- 2 supports extérieurs
- Sachets avec les tubes (COV, Formaldéhyde et NO2) prévus pour chaque école ;
- Supports triangulaires et corps diffusif
- Caisse pour reprendre le matériel ;
- Pince à épiler (retrait cartouche des tubes en verre si nécessaire)

Installation

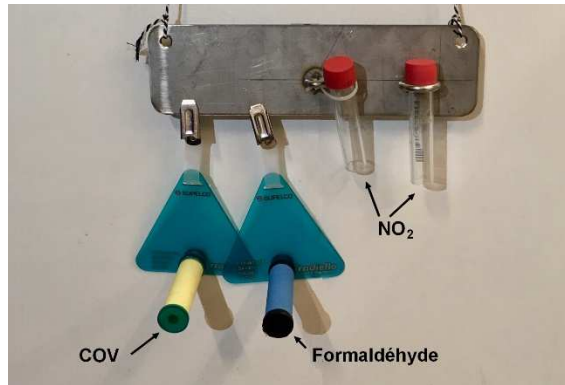
1) Prélèvements à l'intérieur des locaux

Placer le statif +/- au milieu de la classe où il ne dérange pas mais éloigné des fenêtres et des portes.

- Placer l'écriteau « expérimentation en cours » sur le statif.
- Faire une photo de la disposition.

Placer les tubes sur le support de prélèvement. Le support comprend les éléments suivants :

- 2 tubes en plastique transparent pour le dosage du NO₂,
- 1 support Radiello bleu pour le dosage du formaldéhyde,
- 1 support Radiello jaune pour le dosage des COV.



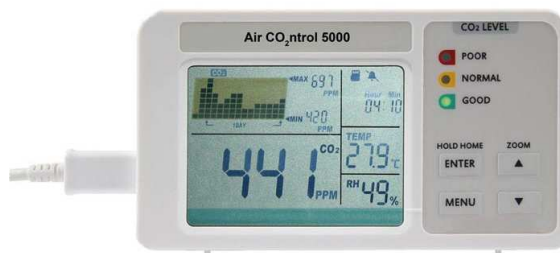
1. Formaldéhyde (tube bleu sur support en triangle)
 - Dévisser délicatement le corps diffusif bleu du triangle et faire glisser la cartouche contenue à l'intérieur du tube en verre identifié (ex. Lx_LaR_**FORM**_INT4) dedans.
Attention ! Il faut éviter de toucher la cartouche métallique ou porter des gants.
 - Visser délicatement le corps diffusif bleu sur le support triangulaire.
 - Fixer le triangle sur le support comme illustré sur l'image ci-dessus.
 - Noter la date et l'heure d'installation de l'échantillon sur la feuille de relève.

2. COV (tube jaune sur support en triangle)
 - Dévisser le corps diffusif jaune du triangle et faire glisser la cartouche contenue à l'intérieur du tube en verre identifié (ex. Lx_LaR_**COV**_INT1) dedans.
Attention ! Ne pas toucher la cartouche métallique ou porter des gants.
 - Visser délicatement le corps diffusif jaune sur le support triangulaire.
 - Fixer le triangle sur le support comme illustré sur l'image ci-dessus.
 - Noter la date et l'heure d'installation de l'échantillon sur la feuille de relève.

3. NO₂ (tubes transparents avec capuchon rouge ou gris)
 - Il y a deux tubes NO₂ à placer sur chaque support et pour **équipe 1 : 1 blanc** par province (tube laissé fermé attaché avec colson sur support). **Attention ! Pas ouvrir et indiquer sur la feuille de relève le local et l'école où se trouve le blanc.**
 - Retirer le capuchon blanc du tube identifié (ex. Lx_LaR_**NO2a ou b**_INT3)
 - Glisser le tube dans le support comme illustré : 1 dans le colson, le second dans l'anneau. Si Blanc le fixer à un des autres tubes avec colson.
 - Noter la date et l'heure d'installation de l'échantillon sur la feuille de relève.

1) Capteurs CO₂

- Sortir le capteur de la boîte et le brancher
- Brancher le capteur et le laisser s'initialiser (décompte de 10 à 0).
- Vérifier que l'heure affichée est correcte
Si ce n'est pas le cas, remettre le capteur à l'heure en procédant comme suit :



- Appuyer sur Menu puis sur la flèche du bas pour surligner « TIME »
- Appuyer sur « Enter » : la date apparaît sous le format année-mois-jour. L'année clignote
- Corriger la date si nécessaire en utilisant les flèches haut-bas puis « Enter » pour valider
- Lorsque le jour est validé, le capteur passe sur l'heure. Corriger de la même manière
- Lorsque l'heure est correcte, appuyer sur « enter ». Le capteur affiche « DONE : TIME SET »

> Le capteur est prêt à être utilisé.

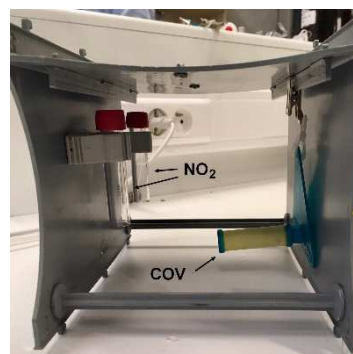
- Installer le capteur sur un bureau (professeur) ou meuble, écran non visible pour les élèves
- Noter le numéro du capteur installé sur la feuille de relève (1 à 20)

2) Prélèvements à l'extérieur

Le support de prélèvement comprend les éléments suivants :

- 2 tubes en plastique transparent pour le dosage du NO₂,
- 1 support Radiello jaune pour le dosage des COV.

1) Placement des tubes sur le support extérieur



COV (tube jaune sur support en triangle)

- Dévisser le corps diffusif jaune du triangle et faire glisser la cartouche contenue à l'intérieur du tube en verre identifié (ex. Lx_MeF_COV_EXT1) dedans. **Ne pas toucher la cartouche métallique ou porter des gants.**
- Visser délicatement le corps diffusif jaune sur le support triangulaire.
- Fixer le triangle sur le support en le clipsant sur le petit rail. Il doit être plus ou moins placé à mi-distance afin qu'il soit protégé des intempéries.
- Noter la date et l'heure d'installation de l'échantillon sur la feuille de relève.

NO₂ (tubes transparents avec capuchon rouge ou gris)

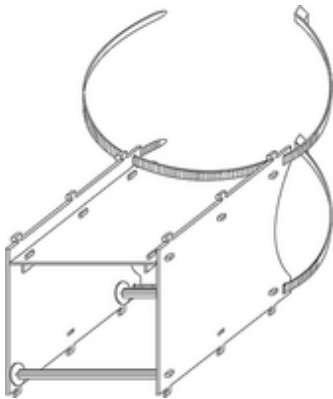
Il y a deux tubes NO₂ à placer sur chaque support.

- Retirer le capuchon blanc du tube identifié (ex. Bw-Ta_NO2a_EXT2)

- Clipser les tubes dans leurs supports comme illustré.
- Noter la date et l'heure d'installation de l'échantillon sur la feuille de relève.

2) Installation du support

Fixer les supports à l'aide de colliers de serrage sur un arbre, une gouttière ou un pylône comme montré ci-dessous. **Attention à ne pas trop serrer les colliers, il ne faut pas déformer le support.**



Le support doit être fixé à minimum 2/2,5 m du sol (hors de portée d'un piéton)

Relève des échantillons

1) Prélèvements à l'intérieur des locaux

a) Formaldéhyde (tube bleu sur support en triangle)

- Détacher le triangle du support de prélèvement,
- Dévisser le corps diffusif bleu et faire glisser la cartouche contenue à l'intérieur dans le tube en verre identifié (ex. Lx_LaR_ **FORM**_INT4). **Il faut éviter de toucher la cartouche métallique ou porter des gants.**
- Bien reboucher le tube en verre.
- Noter la date et l'heure de relève de l'échantillon sur la feuille de relève.
- Placer le tube en verre dans le frigo box dans le sachet « formaldéhyde de l'école ».
- Placer le triangle et le tube bleu dans la boîte prévue à cet effet

b) COV (tube jaune sur support en triangle)

- Détacher le triangle du support de prélèvement,
- Dévisser le corps diffusif jaune et faire glisser la cartouche dans le tube en verre identifié (ex. Lx_MeF_COV_INT1). **Il ne faut pas toucher la cartouche métallique ou porter des gants.**
- Bien reboucher le tube en verre.
- Noter la date et l'heure de relèvement sur la feuille de relèvement.
- Placer le tube en verre dans le frigobox dans le sachet « COV de l'école »
- Placer le triangle et le tube jaune dans la boîte prévue à cet effet

c) NO₂ (tubes transparents avec capuchon rouge)

- Retirer le tube du support sans enlever le capuchon rouge.
- Replacer le capuchon blanc sur l'ouverture,
- Noter sur la feuille de relèvement la date et l'heure de fin de prélèvement.
- Placer les échantillons dans le frigo box dans le sachet « NO₂ de l'école ».
- Pour l'équipe 1 : récupérer le blanc dans local X école X.

d) Capteurs CO₂

- Noter le numéro du capteur sur la feuille de relèvement
- Débrancher le capteur et le replacer dans sa boîte.
- **Merci de ne pas placer le capteur dans le frigo box.**

2) Prélèvements à l'extérieur

a) Décrocher l'abri

b) Récupération des tubes

i) COV (tube jaune sur support en triangle)

- Détacher le triangle du support de prélèvement,
- Dévisser le corps diffusif jaune et faire glisser la cartouche dans le tube en verre identifié ex. Lx_MeF_COV_EXT2. **Il ne faut pas toucher la cartouche métallique ou porter des gants.**
- Bien reboucher le tube en verre.
- Noter la date et l'heure de relèvement sur la feuille de relèvement.
- Placer le tube en verre dans le frigo box dans le sachet COV de l'école.

- Placer le triangle et le tube jaune dans la boîte prévue à cet effet

ii) NO₂ (tubes transparents avec capuchon rouge)

- Retirer le tube du support sans enlever le capuchon rouge.
- Replacer le capuchon blanc sur l'ouverture,
- Noter sur la feuille de relevé la date et l'heure de fin de prélèvement.
- Placer les échantillons dans le frigo box dans le sachet NO₂ de l'école.

10.4 Annexe 4. Tableau complet des résultats

Voir fichier Excel joint au rapport.

10.5 Annexe 5. Analyse statistique des résultats

Concentrations en polluants dans l'air intérieur des classes

Polluants	n	médiane	moyenne	écart-type	min	max
Hexane	57	0,27	0,63	1,65	0,04	10,84
1,1,1-trichloroéthane	57	0,02	0,07	0,13	0,02	0,71
Benzène	57	0,66	0,72	0,36	0,43	2,88
Heptane	57	0,70	1,71	3,66	0,21	26,69
Trichloroéthylène	57	0,04	0,05	0,05	0,02	0,29
Toluène	57	1,54	2,13	1,41	0,93	7,14
Octane	57	0,83	1,24	1,43	0,29	9,13
Tétrachloroéthylène	57	0,05	0,08	0,08	0,02	0,39
Ethylbenzène	57	0,44	0,62	0,70	0,23	4,94
p+m-xylène	57	1,09	1,37	1,20	0,46	7,75
o-xylène	57	0,44	0,63	0,66	0,23	4,35
1,2,4-triméthylbenzène	57	1,04	1,96	3,74	0,56	26,01
COVs TOT	57	7,58	11,22	10,77	4,01	67,71
Formaldéhyde	60	17,21	18,66	8,81	4,76	58,03
Acétaldéhyde	60	4,15	4,87	2,65	0,34	12,54
NO ₂	59	6,08	6,08	3,53	2,60	17,32

Concentrations en polluants dans l'air intérieur des autres locaux

Polluants	n	médiane	moyenne	écart-type	min	max
Hexane	40	0,30	0,71	2,20	0,11	14,08
1,1,1-trichloroéthane	40	0,02	1,96	12,12	0,02	76,68
Benzène	40	0,59	0,73	0,33	0,37	2,23
Heptane	40	0,53	0,94	0,98	0,10	5,02
Trichloroéthylène	40	0,04	0,19	0,71	0,02	4,50
Toluène	40	2,25	3,02	2,55	0,95	14,85
Octane	40	0,83	1,83	3,06	0,05	15,16
Tétrachloroéthylène	40	0,06	0,14	0,28	0,02	1,82
Ethylbenzène	40	0,53	0,77	0,70	0,21	3,42
p+m-xylène	40	1,22	1,72	1,49	0,44	7,84
o-xylène	40	0,50	0,80	0,93	0,19	5,06
1,2,4-triméthylbenzène	40	1,33	2,39	3,46	0,31	18,54
COVs TOT	40	9,91	15,19	16,06	3,37	85,55
Formaldéhyde	38	14,86	19,76	18,00	3,95	92,06
Acétaldéhyde	38	4,08	4,83	2,59	1,79	12,06
NO ₂	40	6,08	6,98	4,51	2,60	19,95

Concentrations en polluants dans l'air intérieur ensemble des locaux (classes et autres locaux)

Polluants	n	médiane	moyenne	écart-type	min	max
Hexane	97	0,23	0,66	1,88	0,04	14,08
1,1,1-trichloroéthane	97	0,02	0,85	7,78	0,02	76,68
Benzène	97	0,66	0,73	0,35	0,37	2,88
Heptane	97	0,66	1,39	2,89	0,10	26,69
Trichloroéthylène	97	0,04	0,11	0,46	0,02	4,50
Toluène	97	1,78	2,50	2,00	0,93	14,85
Octane	97	0,83	1,48	2,25	0,05	15,16
Tétrachloroéthylène	97	0,05	0,11	0,19	0,02	1,82
Ethylbenzène	97	0,47	0,69	0,70	0,21	4,94
p+m-xylène	97	1,14	1,51	1,33	0,44	7,84
o-xylène	97	0,46	0,70	0,78	0,19	5,06
1,2,4-triméthylbenzène	97	1,13	2,13	3,61	0,31	26,01
COVs TOT	97	8,65	12,92	13,33	3,37	85,55
Formaldéhyde	100	16,36	19,10	13,20	3,95	92,06
Acétaldéhyde	100	4,12	4,85	2,61	0,34	12,54
NO ₂	99	6,08	6,44	3,96	2,60	19,95

Concentrations en polluants dans l'air extérieur (côté cour et côté rue)

Polluants	n	médiane	moyenne	écart-type	min	max
Hexane	39	3,22	3,21	1,29	1,06	6,09
1,1,1-trichloroéthane	39	0,15	0,16	0,12	0,05	0,59
Benzène	39	0,02	0,02	0,01	0,02	0,08
Heptane	39	0,51	0,56	0,19	0,28	1,12
Trichloroéthylène	39	0,10	0,12	0,08	0,03	0,37
Toluène	39	0,02	0,02	0,00	0,02	0,02
Octane	39	0,94	0,97	0,42	0,26	2,15
Tétrachloroéthylène	39	0,06	0,12	0,26	0,02	1,61
Ethylbenzène	39	0,04	0,05	0,07	0,02	0,40
p+m-xylène	39	0,18	0,18	0,07	0,06	0,33
o-xylène	39	0,42	0,47	0,22	0,14	1,02
1,2,4-triméthylbenzène	39	0,18	0,20	0,08	0,06	0,38
COVs TOT	39	0,26	0,34	0,22	0,09	1,03
NO ₂	38	9,36	10,54	6,42	2,60	29,89

10.6 Annexe 6. Fiche descriptive du projet 2ZBE

Titre du projet : 2ZBE

Intitulé en toutes lettres : 2 Zones Basses Emissions

Objectif : Etude d'impact environnemental d'implantation de zones basses émissions (ZBE) sur le territoire wallon

Contexte : Certains polluants associés au trafic routier comme les particules fines et les oxydes d'azote ont un impact négatif sur la santé (troubles respiratoires et cardio-vasculaires). Ce projet d'un an avait pour finalité d'objectiver l'impact de l'instauration de zones basses émissions (zones dont l'accès est interdit aux véhicules les plus polluants) sur les concentrations en polluants. En effet, des ZBE pourront être créées par les communes wallonnes dès 2020 suite au décret sur la lutte contre la pollution atmosphérique liée aux véhicules, adopté par le Gouvernement wallon en janvier 2019. Le projet s'est concentré sur deux communes tests, Namur et Eupen.



Panneau de signalisation indiquant l'entrée dans une zone de basses émissions (ZBE).

Mise en œuvre : A l'aide de la chaîne de modélisation ATMO-Street (dispersion atmosphérique des polluants à partir de leurs sources d'émission), les concentrations en polluants (notamment le dioxyde d'azote et le carbone noir) ont été simulées à l'échelle communale à haute résolution spatio-temporelle sur base des émissions industrielles et des émissions du trafic routier actuelles. Différents scénarios ont permis d'évaluer l'impact sur la qualité de l'air des mesures progressives de restrictions de véhicules. Le modèle ayant notamment besoin, comme données d'entrée, de comptages trafic et, comme données de validation, de mesures de concentrations, des campagnes de mesures ont été réalisées à Namur et à Eupen tout au long du projet. Des entrevues avec les administrations communales ont permis de collecter les données déjà existantes et de discuter des scénarios envisagés. Les résultats ont été présentés au Comité d'accompagnement mi-décembre 2019. Début 2020, l'étude sera présentée au Collège communal de la Ville de Namur ainsi qu'au Cabinet de la Ministre de l'Environnement. Le rapport final est attendu pour le printemps 2020.

10.7 Annexe 7. Recommandations spécifiques aux écoles pour améliorer la qualité de l'air intérieur

Aération/Ventilation

- ✓ Pensez également à bien aérer lors des sessions de bricolage car les produits utilisés peuvent émaner beaucoup de COVs ainsi que lors de l'entretien des locaux.
- ✓ Dans les toilettes, il serait souhaitable de placer des grilles de ventilation dans les châssis ou dans le mur extérieur afin de permettre un renouvellement permanent de l'air via l'extracteur ou d'opter pour une Ventilation Mécanique Contrôlée double flux.
- ✓ Certains locaux (salle des profs et classe polyvalente) sont dépourvus d'ouverture vers l'extérieur et le gymnase dispose d'ouvertures insuffisantes par rapport à la taille du local par assurer un renouvellement d'air adéquat. Pour ces locaux, nous proposons d'améliorer le renouvellement de l'air en plaçant des baies ouvrantes plus grandes ou en installant des systèmes automatiques de type VMC.

Chauffage

- ✓ Sur le plan environnemental et en matière d'économie d'énergie, il serait probablement opportun que la direction de l'école soit autonome pour le contrôle du chauffage et ce, afin de répondre plus rapidement et adéquatement en fonction de l'occupation des locaux. Il faudrait installer des vannes thermostatiques aux radiateurs qui n'en ont pas.

Humidité/Moisissures

- ✓ Afin de remédier aux **infiltrations**, il faut rendre étanche l'enveloppe extérieure du bâtiment en prêtant une attention particulière à la toiture, aux corniches et aux descentes d'eau.
- ✓ Diminuez les phénomènes de condensation en suivant les conseils ci-dessus concernant l'aération/ventilation et en maintenant en permanence une température de minimum 18°C dans tous les locaux de l'école. En effet, l'air ne peut contenir qu'une quantité définie de vapeur d'eau qui se réduit d'autant plus que la température baisse. Lorsque cette quantité limite est atteinte, l'air est saturé et la vapeur d'eau passe d'un état de vapeur à l'état liquide. C'est ce qu'on appelle le phénomène de condensation. Lorsque la température descend sous 18°C, l'humidité relative augmente, les murs se refroidissent et on provoque donc des phénomènes de condensation sur ces surfaces froides qui peuvent engendrer des développements des moisissures.
- ✓ Remplacez les plaques qui ont été humidifiées par une infiltration et/ou contaminées par des moisissures.

Nettoyage/Entretien

- ✓ Dans la réserve de produits d'entretien, éliminer les cartons sur lesquels de la moisissure est présente. Eviter d'y stocker des matériaux contenant de la cellulose dans la cave au risque de réunir les conditions favorables au développement de moisissures, voire de champignons supérieurs.
- ✓ Nettoyez les tableaux uniquement avec une éponge humide.
- ✓ Equipez-vous d'un aspirateur avec filtre HEPA (conçu pour éviter le rejet dans l'air des particules dont la taille est $> 0,3\mu\text{m}$, notamment les allergènes d'acariens, les pollens et les spores de moisissures).
- ✓ Aspirez les sols de tous les locaux quotidiennement et les fauteuils en tissu au moins une fois par semaine.
- ✓ Dépoussiérez une fois par semaine avec un tissu humide et, au moins, une fois par mois pour les endroits moins accessibles (dessus d'armoires, luminaires, étagère ouvertes, etc.).
- ✓ Faites laver les tentures au moins 1 fois par an car elles accumulent beaucoup de poussières et d'allergènes (spores, pollens, acariens).
- ✓ Nettoyez minimum 1 fois par an l'arrivée d'air dans la chaufferie.

Biocides

- ✓ Evitez l'usage de produits biocides (insecticides ou autre) dans l'école et surtout en présence des enfants.

En bordure de champs cultivés :

- ✓ Il est conseillé d'effectuer des nettoyages et dépoussiérages des locaux plus fréquents au printemps et de garder les fenêtres fermées du côté du champ en période d'épandage.
- ✓ Pour diminuer l'exposition et les risques pour la santé des populations riveraines lors des opérations d'épandages, les recommandations suivantes peuvent être formulées :

L'installation d'un écran type filet à insecte ou d'une haie dense de 2 m de haut (plutôt qu'une simple clôture à l'arrière de la cour) permettrait de diminuer l'exposition directe aux dépôts des produits pulvérisés.

Plantes intérieures

- ✓ Limitez le nombre de plantes dans l'école car ce sont des sources de moisissures (terreau).
- ✓ Evitez les plantes allergisantes telles que les Ficus, Papyrus, etc.
- ✓ Remplacez le terreau des plantes minimum 1 fois par an ou dès que des moisissures s'y développent.

Contrôle des insectes :

- ✓ Utilisez des répulsifs naturels (vinaigre, lavande, marjolaine, etc,...)
- ✓ Contre les mouches et les moustiques : installez une moustiquaire à la fenêtre que vous ouvrirez préférentiellement, utilisez une tapette à mouches, suspendez des bandes attrapes mouches autocollantes, éliminez les zones d'eaux stagnantes à proximité des bâtiments
- ✓ N'utilisez que des répulsifs ou insecticides « biologiques » sans oublier les précautions d'usage (port de gants) car ils peuvent également contenir des substances actives.

Amiante

- ✓ Vérifiez l'inventaire d'amiante et agissez en fonction de ses conclusions.
- ✓ Afin d'éviter la dispersion de fibres, les bords du panneau cassé peuvent être stabilisés à l'aide d'une peinture ou un vernis. Les travaux concernant les matériaux doivent être réalisés par un professionnel selon les procédures réglementaires.

Plomb

- ✓ Afin de limiter le risque d'intoxication, les peintures dégradées doivent être enlevées. Les travaux doivent être réalisés en l'absence des élèves. Les pièces concernées doivent être bien aérées lors des travaux et durant les jours suivants. Il est également important de prendre toutes les précautions pour éviter la dissémination de poussières et écailles.

Légionelles

Afin de diminuer le risque de développement de bactéries du genre Legionella dans l'eau chaude sanitaire, il est nécessaire de :

- ✓ Maintenir la température de l'eau dans le boiler électrique au-delà de 60°C.
- ✓ Lutter contre l'entartrage et la corrosion des éléments de robinetterie.
- ✓ Lors des vacances scolaires, maintenir le chauffage de l'eau à minimum 60°C et purger l'installation avant la reprise des cours ou vider l'installation avant les vacances si le boiler est stoppé.

Aldéhydes

- ✓ Traitez les surfaces émettrices non couvertes avec du vernis étanche (solvant aqueux) ce qui bloquera l'émanation de formaldéhyde.
- ✓ Aérez ! Cette action aura pour conséquence d'éviter l'accumulation de ce polluant, aussi bien que d'autres polluants intérieurs. Faites-le également après le nettoyage. Lors de l'achat de nouveaux meubles, il est recommandé, au cours des premiers mois, d'aérer/ ventiler la pièce plus souvent et d'ouvrir les meubles.

Tabac

- ✓ Eviter le comportement tabagique juste à l'entrée de l'école afin d'éliminer l'odeur de cigarette présente dans le hall d'entrée.

Odeurs

- ✓ En ce qui concerne les sterfputs qui refoulent, nous vous conseillons dans un premier temps de nettoyer parfaitement les réservoirs d'eau pour éviter que des cheveux ou d'autres particules ne permettent à l'eau de cette réserve de partir et de laisser remonter l'air des égouts... Il faut aussi que la cloche du sterfput soit en bon état car nous en avons vu qui étaient trouées dans leur partie supérieure (= passage d'air des égouts). En aucun cas, il ne faut verser autre chose que de l'eau dans le réservoir (l'eau de javel ou le DETTOL® sont dangereux et n'ont rien à faire dans une école).

Laboratoires

- ✓ Renouvelez l'air au maximum surtout lors de la réalisation d'expérience. Vérifiez que tous les produits présents dans le laboratoire sont bien bouchés. Il faudrait refaire des mesures de formaldéhyde dans ce local et rechercher les éventuelles sources. Si vous ne constatez pas d'amélioration significative des concentrations en formaldéhyde, il conviendra de mettre en place un dispositif de ventilation efficace des locaux.



Rue du Chéra 200
4000 LIÈGE

Zoning Schweitzer
Rue de la Platinerie, 14
7340 COLFONTAINE

Rapport final n°00659/2020 – AIR-ECOLE
Institut Scientifique de Service Public – www.issep.be

