

2026



Caractérisation de la qualité de l'air intérieur dans le collège Kennedy à Mulhouse

Campagne de mesure du 1^{er} au 5 décembre 2025.



CONDITIONS DE DIFFUSION

Diffusion libre pour une réutilisation ultérieure des données dans les conditions ci-dessous :

- Les données produites par ATMO Grand Est sont accessibles sous licence ouverte.
- Sur demande, ATMO Grand Est met à disposition les caractéristiques des techniques de mesures et des méthodes d'exploitation des données mises en œuvre ainsi que les normes d'environnement en vigueur et les guides méthodologiques nationaux.
- ATMO Grand Est peut rediffuser ce document à d'autres destinataires.
- Rapport non rediffusé en cas de modification ultérieure des données.

PERSONNES EN CHARGE DU DOSSIER

Rédaction : Agnès BERTRAND, Chargée d'Etudes Unité Etudes, Plans et Europe

Relecture : Aline LANGENFELD, Ingénieure d'Etudes Etudes, Plans et Europe

Approbation : Raphaële DEPROST, Responsable Unité Etudes, Plans et Europe

Référence du modèle de rapport : SURV-FE-026

Référence du projet : 900765

Rapport : 900765_Rapport_Collège Kennedy_Mulhouse_2025_V1_15042026

Date de publication : 14/04/2026

ATMO GRAND EST

Espace Européen de l'Entreprise
5 rue de Madrid, 67300 Schiltigheim

Tél : 03 69 24 73 73

Mail : contact@atmo-grandest.eu

SOMMAIRE

INTRODUCTION	3
I. POLLUANTS MESURES	4
II. DESCRIPTIF DU BATIMENT	5
1. SITUATION GEOGRAPHIQUE.....	5
2. CARACTERISTIQUE DU BATIMENT ET TRAVAUX EFFECTUES.....	6
III. STRATEGIE DE MESURE	6
1. METHODE DE MESURE	6
2. LIEUX DE MESURE	7
IV. RESULTATS DE L'ÉTUDE	10
1. CONFORT ET RENOUVELLEMENT D'AIR DANS LE BATIMENT	12
a. <i>Température et humidité relative</i>	12
b. <i>Confinement (Indice ICONÉ)</i>	14
c. <i>Concentrations en CO₂</i> :.....	14
2. NIVEAUX DE POLLUTION DANS LE BATIMENT ET SOURCES POTENTIELLES	16
a. <i>Les aldéhydes</i>	16
b. <i>Les composés organiques volatils</i>	17
c. <i>Les pesticides</i>	19
CONCLUSION	21
PERSPECTIVES	21
ANNEXE 1 : LISTE NON EXHAUSTIVE DE POLLUANTS EN AIR INTERIEUR	22
ANNEXE 2 : LES VALEURS DE REFERENCE	24
ANNEXE 3 : TECHNIQUES DE MESURE	25
ANNEXE 4 : DONNEES COMPARATIVES	27
ANNEXE 5 : CALCUL DE L'INDICE ICONÉ	32

INTRODUCTION

La pollution de l'air intérieur représente un enjeu majeur de santé publique, particulièrement dans les établissements scolaires où les enfants, population vulnérable, passent une grande partie de leur temps. En France, cette pollution est responsable de près de 20 000 décès prématurés par an et de 28 000 nouveaux cas de pathologies chroniques, selon l'Observatoire de la Qualité des Environnements Intérieurs (OQEI, 2014). L'Agence nationale de sécurité sanitaire (ANSES) estime par ailleurs son coût économique à 19 milliards d'euros, en ne considérant que six polluants majeurs. Au-delà de ces chiffres, l'enjeu est concret : **il s'agit de savoir ce que respirent réellement les collégiens et d'agir pour préserver leur santé et leur confort, tout en conciliant les exigences sanitaires.**

ATMO Grand Est a été sollicitée par la Collectivité européenne d'Alsace (CeA) pour la mise en œuvre d'actions dans le cadre d'une convention générale de partenariat, notamment la réalisation de campagnes de mesures de la qualité de l'air intérieur dans différents collèges, en lien avec des problématiques spécifiques ou pour évaluer les niveaux de polluants dans des bâtiments types.

C'est dans ce cadre qu'ATMO Grand Est est intervenue pour réaliser une campagne de suivi de la qualité de l'air intérieur au collège Kennedy, à Mulhouse, dans le Haut-Rhin. Ce collège a été retenu pour cette évaluation car une rénovation totale a été réalisée entre 2020 et 2023 (extension et réhabilitation des locaux, sauf pour le gymnase et les logements). La CEA a donc souhaité évaluer l'impact de ces travaux sur la qualité de l'air intérieur.

Le suivi a consisté à mesurer des polluants caractéristiques de l'air intérieur, à savoir les aldéhydes (notamment le formaldéhyde, mesuré uniquement à l'intérieur) ainsi que les BTEX (benzène, toluène, éthylbenzène, xylènes, mesurés à la fois à l'intérieur et à l'extérieur). Les salles instrumentées ont été choisies à l'issue d'une visite sur place, en fonction du bâtiment (rénové ou non), des mobiliers présents susceptibles d'émettre des composés ainsi que des odeurs constatées. En complément, des mesures de CO₂ ont permis de déterminer si le renouvellement de l'air était suffisant dans les salles de classe. De plus, des mesures de composés phytosanitaires ont été proposées dans les salles situées au dernier étage du bâtiment, dont certaines poutres de la charpente apparentes et peintes.

Les mesures ont été réalisées dans cinq salles du collège (A003 et A205, B201, D104 et E301). Cela inclut des salles informatique, d'arts plastiques, de sciences, technologie et de cours classiques dans 4 bâtiments différents du collège, ainsi qu'un point extérieur.

Ce rapport présente les résultats de la campagne réalisée du 01/12/2025 au 05/12/2025.

I. POLLUANTS MESURES

La qualité de l'air intérieur fait l'objet de nombreuses études dans différents lieux de vie, tels que les habitations, les écoles ou les bureaux. Elle se distingue de la pollution atmosphérique extérieure par la composition spécifique des polluants présents, principalement sous forme gazeuse. Les Composés Organiques Volatils (COV) constituent une part importante de ces polluants et regroupent de nombreuses substances de familles chimiques distinctes. Parmi elles, certains aldéhydes, comme le formaldéhyde, ainsi que des hydrocarbures aromatiques tels que le benzène, le toluène, l'éthylbenzène et les xylènes (appelés BTEX), sont particulièrement significatifs. Les COV incluent également des terpènes, cétones, alcools, éthers de glycol et esters. Ces composés peuvent provenir de multiples sources, telles que les matériaux de construction, les produits de décoration, les mobiliers, les produits d'entretien, les peintures, les vernis, les colles, les revêtements de sols ou encore les appareils à combustion (voir [ANNEXE 1 : Liste non exhaustive de polluants en air intérieur](#)). Les valeurs de référence sont présentées en [ANNEXE 2 : Les valeurs de référence](#).

Composés organiques volatils

Parmi ces COV, deux composés suscitent un intérêt particulier en raison de leurs effets sur la santé : le **formaldéhyde** et le **benzène**. Ces deux substances sont classées cancérogènes avérées par le CIRC¹² (groupe 1). Le formaldéhyde est surtout associé à des irritations oculaires et respiratoires, mais une exposition chronique augmente aussi le risque de cancers des voies respiratoires supérieures. Le benzène, de son côté, est reconnu pour ses effets sur le sang et la moelle osseuse, pouvant provoquer des maladies graves comme certaines leucémies. Les études épidémiologiques ont permis à l'ANSES³ d'établir des seuils sanitaires à ne pas dépasser sur le long terme pour prévenir des effets néfastes sur la santé. Ces seuils ont été repris par décret dans le cadre de la surveillance réglementaire de certains ERP (décret n°2022-1690 du 27 décembre 2022 modifiant le décret n° 2012-14 du 5 janvier 2012 relatif à l'évaluation des moyens d'aération et à la mesure des polluants effectuées au titre de la surveillance de la qualité de l'air intérieur de certains établissements recevant du public).

Les pesticides

Les pesticides sont des substances utilisées pour lutter contre des organismes considérés comme nuisibles. Le terme pesticide couvre par définition deux catégories de produits :

- Les biocides, ou désinfectants, définis comme les substances actives ou produits destinés à détruire, repousser ou rendre inoffensifs les organismes nuisibles, à en prévenir l'action ou à les combattre de toute autre manière, par une action chimique ou biologique ;
- Les produits phytosanitaires, essentiellement destinés à protéger les végétaux.

Le traitement des poutres en bois et de la charpente peut donc être une source ainsi que les **produits utilisés pour lutter contre les insectes**, acariens ou rongeurs (anti-poux, anti-puces, etc.). Dans l'air intérieur, le transfert de l'air extérieur vers l'intérieur constitue aussi une source de pesticides.

Dioxyde de carbone et paramètres de confort

Un indicateur indirect du renouvellement de l'air est la concentration en **dioxyde de carbone (CO₂)**. Bien que le CO₂ ne soit pas directement nocif aux concentrations rencontrées dans les bâtiments, son accumulation indique un confinement important et peut suggérer la présence accrue possible d'autres polluants. Des études ont montré qu'un confinement élevé peut être associé à une prévalence accrue de symptômes respiratoires, d'inflammations ou de gênes sur la concentration et la vigilance⁴.

Les conditions intérieures telles que la **température**, l'**humidité relative** et la **ventilation** influencent fortement la concentration et le devenir des polluants. Une ventilation efficace permet de réduire l'accumulation de polluants et

¹ Benzene, IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans Volume 120, 2018

² Formaldehyde, 2-Butoxyethanol and 1-tert-Butoxypropan-2-ol, IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans Volume 88, 2006

³ ANSES (Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail), 2016. *Qualité de l'air intérieur : repères sanitaires pour les Composés Organiques Volatils, Rapport d'expertise collective.*

⁴ Concentration de CO₂ dans l'air et effets sur la santé, ANSES, Juillet 2013

de maintenir un environnement plus sain, tandis qu'un confinement ou une mauvaise ventilation peuvent entraîner une exposition prolongée et des effets sanitaires potentiels (diminution des performances des élèves⁵).

II. DESCRIPTIF DU BATIMENT

1. Situation géographique

Le collège choisi dans le cadre de ce projet se situe dans le département du Haut-Rhin. Il a été choisi par la CeA pour son implantation en milieu urbain dense et en raison de l'importante rénovation et de l'agrandissement dont il a été l'objet (le bâtiment A correspond à une extension du B, voir plan).

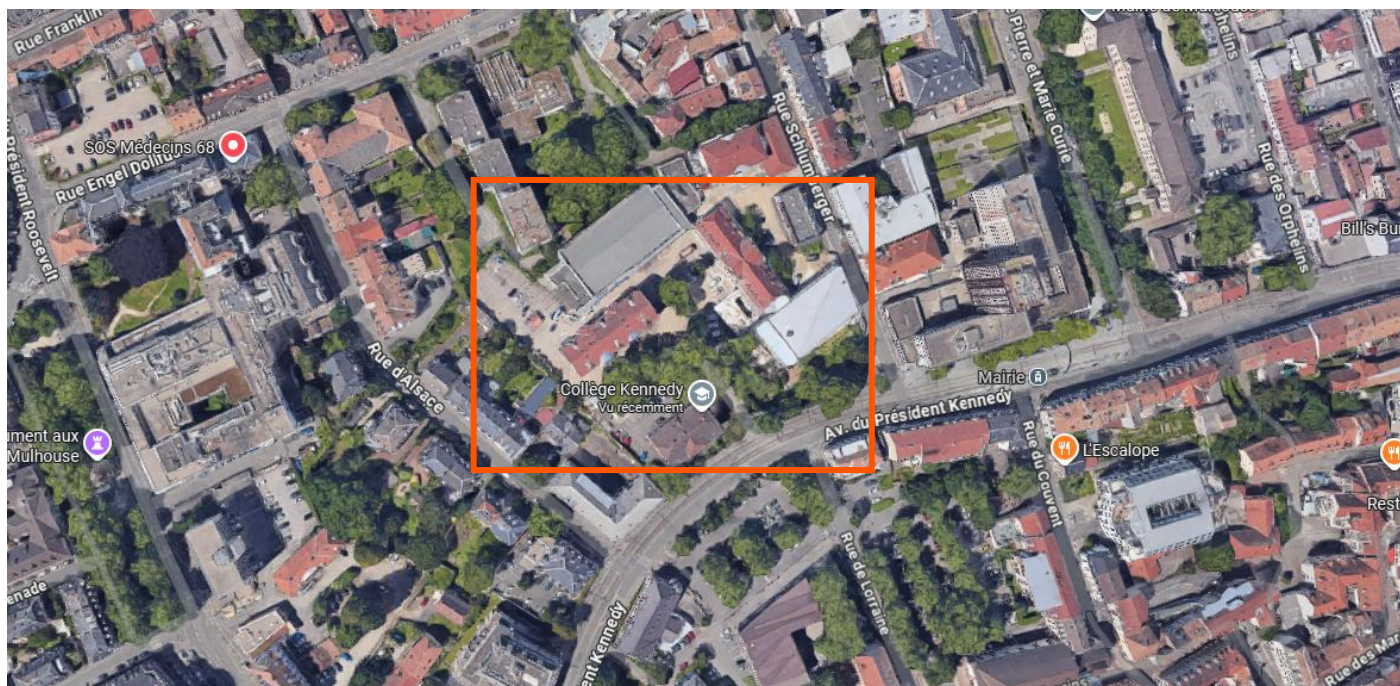


Figure 1 : Situation géographique du collège Kennedy à Mulhouse.

Informations sur les sources potentielles de pollution dans l'environnement géographique de l'établissement	Collège Kennedy
Axe routier important à moins de 200 m (Trafic Moyen Journalier Annuel > 7000 véhicules/jour)	OUI (Av. Kennedy)
Parking à trafic important à moins de 200 m (> 1000 places)	NON
Parking garages souterrains ou rampe d'accès, attenant (ou dessous) à l'établissement	NON
Zone industrielle à moins de 1 km	NON

⁵ The relationship between classroom temperature and children's performance in school, P. Wargoeki, 2019

Station-service à moins de 200 m	NON
Pollution de sol suspectée	NON

Tableau 1 : Informations sur l'environnement géographique de l'établissement

2. Caractéristique du bâtiment et travaux effectués

Le collège a fait l'objet entre 2020-2023 d'une importante rénovation : énergétique, remplacement du système d'éclairage par des leds, mise en place dans le bâtiment A de carrelage du sol, rénovation des murs (toile de verre peinte), mise en place de VMC double flux dans tous les bâtiments avec des CTA pilotées à distance dans chaque bâtiment, fenêtres double vitrage en bois (oscillo battant possible sauf les grandes en raison de normes de sécurité), mise en place d'un chauffage central au gaz et panneaux rayonnants dans les salles, installation de panneaux acoustiques aux plafonds.

Tout le mobilier scolaire a été remplacé.

Nom établissement	Année de construction	Typologie	Chauffage	Ventilation	Nature principale des revêtements dans les salles de classe	Rénovation et extension
Collège Kennedy	1895	Urbaine	Gaz	VMC double flux sauf dans bâtiment D	Sol PVC type linoléum. Parquet dans le bâtiment D.	2020-2023

Tableau 2 : Caractéristiques du bâtiment

III. STRATEGIE DE MESURE

1. Méthode de mesure

Le tableau ci-dessous précise les mesures effectuées pour chaque salle. Une description des techniques de mesure est disponible en [ANNEXE 3 : Techniques de mesure](#).

Numéro de salle	CO ₂	T/HR	Aldéhydes	Composés organiques volatils (10 majoritaires)	Produits phytosanitaires
Salle A003	X	X	X	X	/
Salle A205	X	X	X	X	/
Salle B201	X	X	X	X	X
Salle D104	X	X	X	X	/

Salle E301	X	X	X	X	X
Extérieur	/	X	/	X	/

Tableau 3 : Stratégie de mesures

Les paramètres de confort, le dioxyde carbone, les aldéhydes et les COV (10 majoritaires) ont été mesurés dans toutes les salles. En ce qui concerne les produits phytosanitaires, la mesure a été effectuée uniquement dans les salles situées sous les combles et dont la charpente d'origine est apparente.

2. Lieux de mesure

Cinq salles ont été sélectionnées dont des salles de cours classique (B201, D104), une technologique (A003) qui va faire l'objet d'un réaménagement en salle classique, une salle SVT et physique (A205) et la salle d'arts plastiques (E301). Celles-ci se trouvent dans différents bâtiments : A (création nouvelle accolée au bâtiment B), B (ancien ayant fait l'objet d'une rénovation), D (annexe) et E. Un point extérieur côté Av. Kennedy a également été retenu.

La salle d'arts plastiques a été choisie pour la présence potentielle de composés organiques volatils en lien avec les activités pratiquées dans la salle et pour la présence d'odeurs perçues lors de la visite. Les autres salles ont été choisies en fonction de leur situation (sous les combles) et de leur mobilier (grands placards fortement odorants notamment en A003).

La figure suivante présente le plan du collège et le tableau ci-dessous détaille les différentes pièces investiguées par l'établissement.

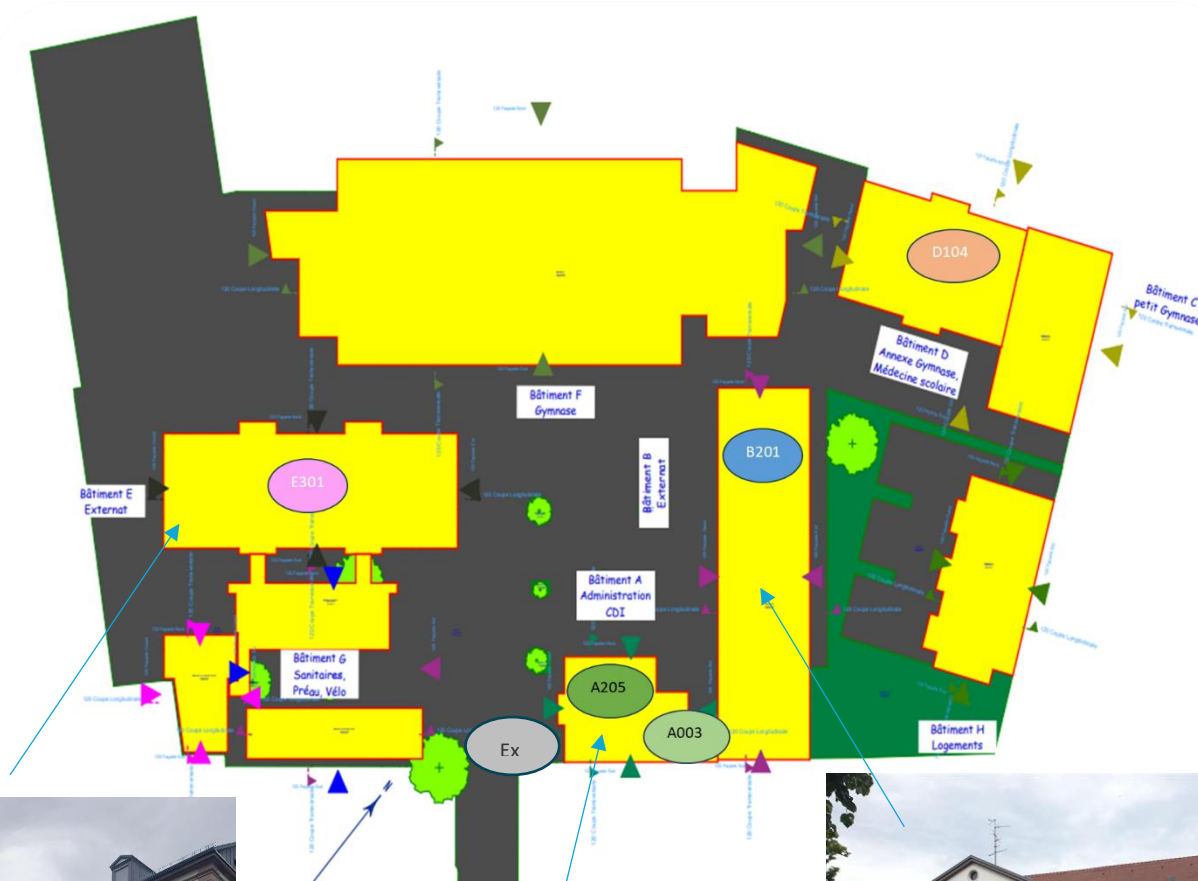


Figure 2 : Plan du collège Kennedy à Mulhouse et salles instrumentées.

Identification du Bâtiment	Numéro de salle	Niveau	Renouvellement d'air*
A (extension récente)	A003 (technologie)	1 ^{er} étage	Présence de bouches d'insufflation et d'extraction. Odeur +++
	A205 (SVT, Physique)	2 ^{ème} étage	Présence de bouches d'insufflation et d'extraction.
B (partie la plus ancienne)	B201 (20 élèves)	2 ^{ème} étage	Présence de bouches d'insufflation et d'extraction, de poutres apparentes peintes Odeur +
D (ancien)	D104 (cours classique, 28 élèves)	1 ^{er} étage	Parquet ancien au sol

			Pas de bouches d'extraction mais système d'aération intégré dans les fenêtres qui sont neuves.
E (ancien)	E301	3 ^{eme} étage	Présence de bouches d'insufflation et d'extraction. Sol PVC Poutres apparentes Capteur de CO2 Odeur ++

Tableau 4 : Salles de classe sélectionnées.

Salles et photos

A003



A205



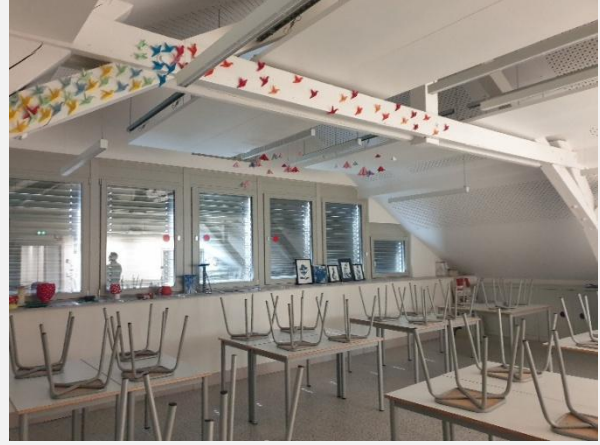
B201



D104



E301



Ext



Tableau 5 : Photos des salles et site sélectionnés

IV. RESULTATS DE L'ÉTUDE

Les résultats sont mis en perspectives avec les valeurs de référence existantes à ce jour pour certains polluants, qui sont des valeurs guides pour l'air intérieur (VGAi) ou d'actions réglementaires publiées au Journal officiel dans des arrêtés ou des décrets à ne pas dépasser dans certains bâtiments (voir tableau de présentation en [ANNEXE 2 : Les valeurs de référence](#)).

Pour pouvoir se référer à des valeurs guides long terme, il est recommandé d'effectuer deux séries de prélèvements, chacune dans des conditions climatiques contrastées, et en période d'occupation normale (exposition réelle des personnes). La moyenne des deux séries de prélèvements permet alors d'approcher un état annuel de la qualité de l'air prenant en compte les variabilités temporelles des concentrations dans l'air.

Les niveaux déterminés dans cette étude, sur 1 seule période de mesure, sont uniquement représentatifs de la période couverte. Les comparaisons aux valeurs guides sont données dans ce cas à titre indicatif. Sur une seule phase de mesure, certaines valeurs comme la valeur limite (pour le benzène et le formaldéhyde, composés à suivre lors de la surveillance réglementaire de la qualité de l'air intérieur dans certains ERP) ou des valeurs d'actions rapides peuvent être prises en compte.

Les résultats peuvent également être comparés aux résultats des campagnes menées dans d'autres collèges à la demande de la CeA en période de chauffe (voir tableau de présentation de l'ensemble des résultats 'collèges CeA' en [ANNEXE 4](#)).

1. Confort et renouvellement d'air dans le bâtiment

a. Température et humidité relative

Le confort hygrothermique (température et humidité relative) est subjectif et dépendant d'autres paramètres (vitesse de l'air, habillement...) mais il est possible de définir des plages jugées acceptables.

Le ministère de la santé, préconise un taux optimal d'humidité relative dans l'air entre 40 et 60 %, et une température s'élevant entre 18° et 22°C. Une humidité trop faible (<30%) peut donner une sensation de sécheresse gênante sur les plan respiratoire, cutané et oculaire. **A l'inverse une humidité relative trop importante (>70%) peut favoriser le développement de moisissures.**

Le tableau suivant récapitule les données de températures et humidité relatives mesurées durant la campagne du 01/12/2025 au 05/12/2025 en période d'occupation des salles de classe.

Salles	Température (°C)			Humidité relative (%)		
	Moyenne	Maximum	Minimum	Moyenne	Maximum	Minimum
A003	19,1	20,9	17,3	39	44	36
A205	20,3	21,5	19,2	38	44	33
B201	19,5	19,9	18,9	39	43	33
D104	20,5	22,1	19,2	45	52	37
E301	20,0	21,5	16,2	42	57	37
Ext	5,2	14,6	-0,6	80	93	50

Tableau 6 : Paramètres de confort (température et humidité relative) mesurés durant la campagne.

Sur cette campagne, les températures moyennes en journée varient entre 19,1°C (salle A003) et 20,5°C (salle D104) et les températures maximales entre 21,5°C (salle A205) et 22,1°C (salle D104). S'agissant de l'humidité moyenne en journée sur la semaine, les taux s'échelonnent de 38% (A205) à 45% (D104).

Au cours de la semaine de mesure, les températures extérieures se sont conformes aux normales saisonnières, avec une moyenne de 5,2°C.

Diagramme de l'air humide (Fauconnier, 1992)
En période d'occupation

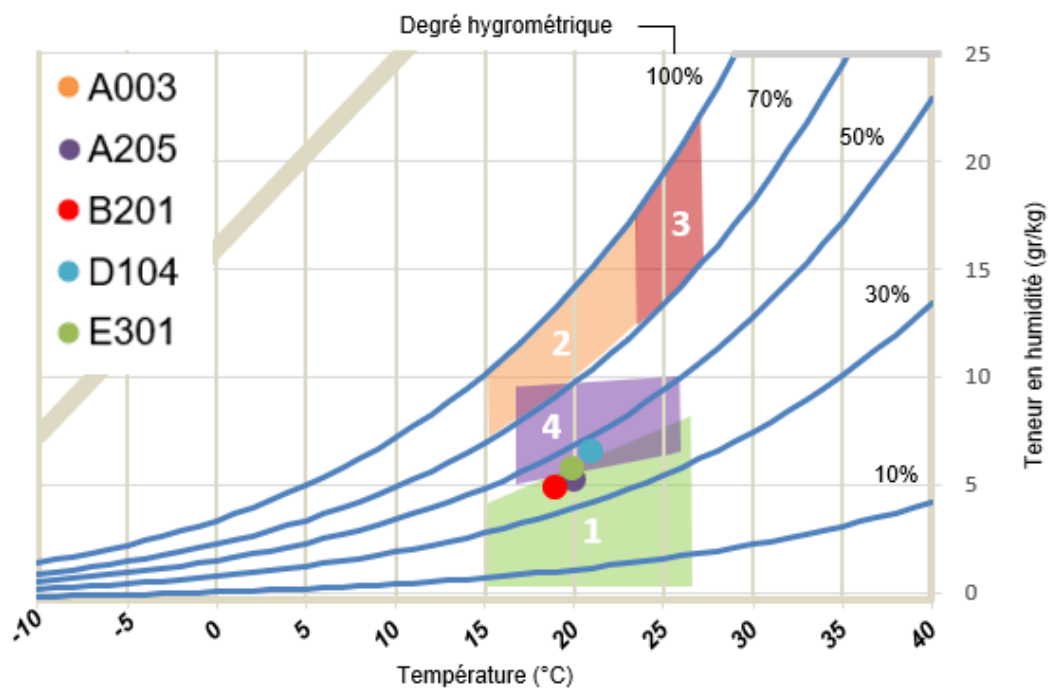


Figure 3 : Diagramme de Fauconnier

- 1 : Zone à éviter vis-à-vis des problèmes de sécheresse.
- 2 et 3 : Zones à éviter vis-à-vis des développements de bactéries et de micro-champignons.
- 3 : Zone à éviter vis-à-vis des développements d'acariens.
- 4 : Polygone de confort hygrothermique.

Sur cette phase de mesures et en moyenne sur la semaine en période d'occupation des salles, la salle D104 se **positionne dans la zone de bon confort hygrothermique**. Les quatre autres salles, du fait d'une hygrométrie relativement basse, sont à la limite voire en dehors de cette zone.

b. Confinement (Indice ICONE)

Un **indicateur du confinement** est la mesure du **dioxyde de carbone** (CO₂). En effet, émis par la respiration des personnes présentes, **son accumulation au sein de locaux traduit le manque de renouvellement de l'air**.

Pour la surveillance réglementaire de la qualité de l'air intérieur dans certains ERP, un **indice de confinement** a été développé et est calculé à partir de la fréquence et de l'intensité des niveaux de CO₂ autour des valeurs seuils de 800 et 1500 ppm lors de l'occupation des locaux (avec 5 niveaux : 0 'confinement nul', 1 'faible', 2 'moyen', 3 'élevé', 4 'très élevé' et 5 'extrême'). Les détails du calcul de cet indice sont présents en [ANNEXE 5 : Calcul de l'indice ICONE](#).

Salles	Indice de confinement	Nature du confinement	% du temps où le seuil de 800 ppm est dépassé en occupation	% du temps où le seuil compris entre 800 ppm et 1500 ppm en occupation	% du temps où le seuil de 1500 ppm est dépassé en occupation
A003	1	Faible	77%	22%	0%
A205	1	Faible	52%	47%	0%
B201	2	Moyen	29%	70%	0%
D104	4	Très élevé	15%	38%	46%
E301	2	Moyen	11%	89%	0%

Tableau 7 : Indices ICONE calculés

La majorité des salles présente des indices de confinement faibles, avec des valeurs de 1 à 2, **ne nécessitant pas une surveillance particulière**. La salle **D104** en revanche, présente un indice de confinement très élevé, **avec une valeur de 4, nécessitant une action de sensibilisation des professeurs et des élèves**. Cette salle présente le plus haut nombre moyen d'élèves. Le système d'aération intégré dans les fenêtres n'est pas suffisant et au vu des résultats, ni l'aération par ouverture manuelle des fenêtres.

c. Concentrations en CO₂ :

Le tableau suivant présente les concentrations moyennes, maximales et minimales mesurées dans chaque salle de classe.

Salles	Concentration moyenne en CO ₂ en ppm en période d'occupation	Concentration maximum en CO ₂ en ppm en période d'occupation	Concentration minimum en CO ₂ en ppm en période d'occupation
A003	714 ppm	919 ppm	498 ppm
A205	772 ppm	1104 ppm	478 ppm
B201	808 ppm	957 ppm	462 ppm
D104	1411 ppm	2896 ppm	461 ppm
E301	1064 ppm	1455 ppm	486 ppm

Tableau 8 : Concentrations moyennes, maximales et minimales mesurées dans les salles de classe

Les salles A003, A205 et B20, équipées d'une VMC, affichent des concentrations moyennes faibles à modérées (entre 714 et 808 ppm) ce qui suggère **un renouvellement d'air suffisant par rapport à l'occupation de la pièce**.

Les deux autres salles, non équipées d'une VMC, présentent des concentrations moyennes nettement plus élevées (notamment la salle D104), supérieures au seuil de 800 ppm de la réglementation de surveillance de qualité de l'air dans certains ERP (courbe en jaune dans figure 4). Les concentrations maximales sont également élevées (2896 ppm le 3 décembre en fin de matinée pour la salle D104 et 1455 ppm pour la salle E301 dès 9h30 du matin). Ces niveaux approchent ponctuellement voire dépassent régulièrement le seuil supérieur à 1500 ppm de la réglementation de surveillance de qualité de l'air dans certains ERP (courbe en rouge dans la figure 4). **Cela indique un problème de renouvellement d'air et/ou de suroccupation de la pièce.**

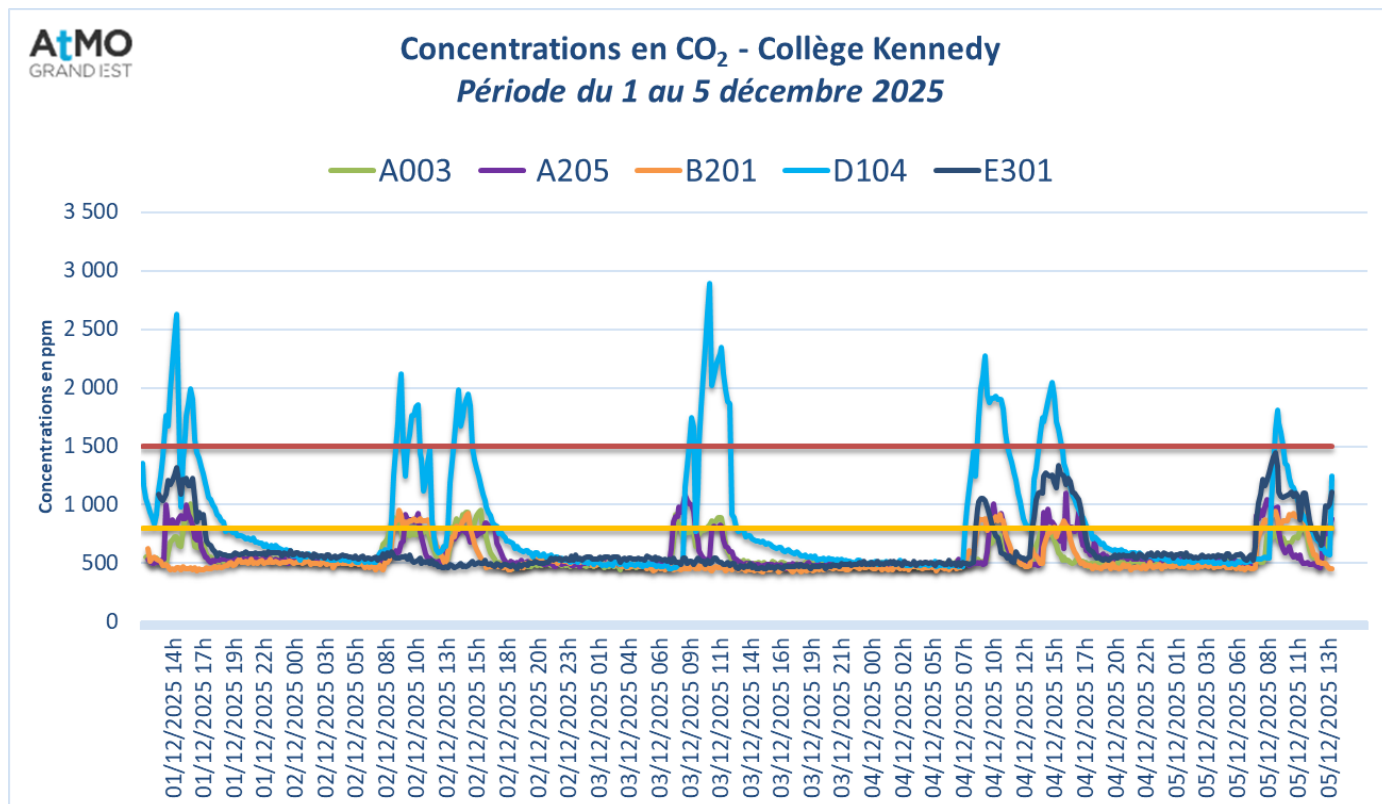


Figure 4 : Evolution des concentrations horaires de CO₂

2. Niveaux de pollution dans le bâtiment et sources potentielles

a. Les aldéhydes

a) Le formaldéhyde :

La figure suivante présente les concentrations de formaldéhyde mesurées durant la campagne hivernale de 2025.

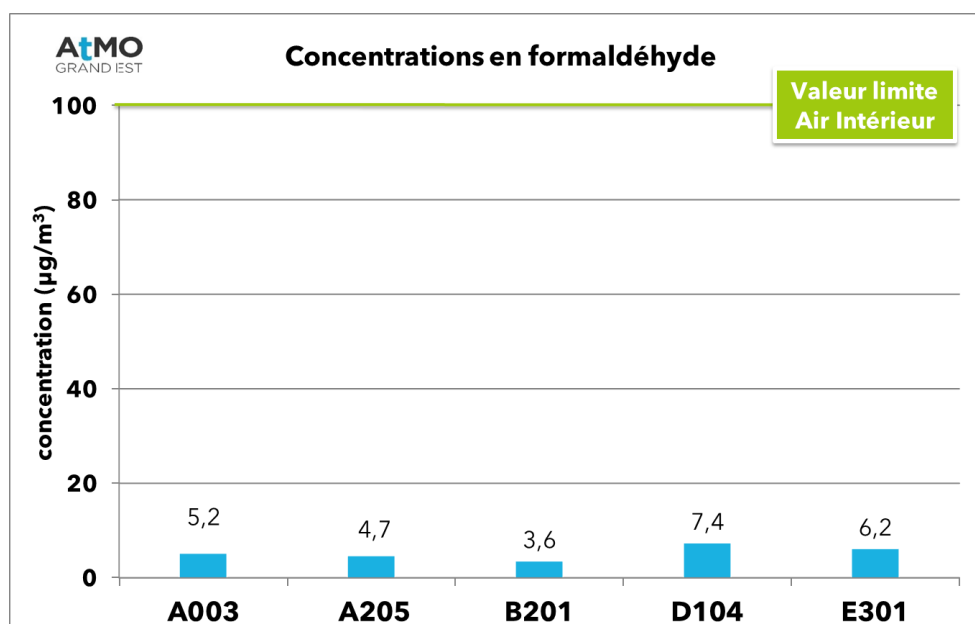


Figure 5 : Concentrations en formaldéhyde

Les concentrations en formaldéhyde mesurées en période hivernale se situent toutes **en dessous de la valeur guide de 30 µg/m³**, comparaisons données à titre indicatif car une seule phase de mesure a été réalisée, même chose pour la **valeur limite réglementaire de 100 µg/m³**. Les valeurs les plus élevées sont observées dans les anciens bâtiments non équipés de VMC (bâtiments D et E).

Soulignons que ces concentrations comptent parmi les plus faibles mesurées lors des campagnes menées dans les « collèges CeA » en période de chauffe - voir tableau de présentation de l'ensemble des résultats en **annexe 5**.

b) Les autres aldéhydes :

Polluants	Concentrations en µg/m³					Valeurs de référence en µg/m³
	A003	A205	B201	D104	E301	
Acétaldéhyde	2,9	2,9	4,6	3,7	3,8	VGAI =160
Hexaldéhyde	3,0	2,4	3,6	4,5	5,7	/
Propionaldéhyde	0,9	0,8	1,1	0,9	1,3	/
Butyraldéhyde	2,1	2,4	2,3	2,5	2,8	/
Benzaldéhyde	<LQ*	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	/
Valéraldéhyde	0,1	<LQ	0,5	0,1	0,2	/

Tableau 9 : Aldéhydes mesurés dans les salles de classe. *<LQ : inférieur à la limite de quantification

Sur cette période, les niveaux des aldéhydes (acétaldéhyde, hexaldéhyde, propionaldéhyde, butyraldéhyde, benzaldéhyde et valéraldéhyde) sont considérés comme faibles.

Les concentrations en acétaldéhyde sont nettement inférieures à la valeur guide de l'ANSES fixée à 160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

b. Les composés organiques volatils

a) Le benzène :

La figure suivante présente les concentrations de benzène mesurées durant la campagne hivernale de 2025.

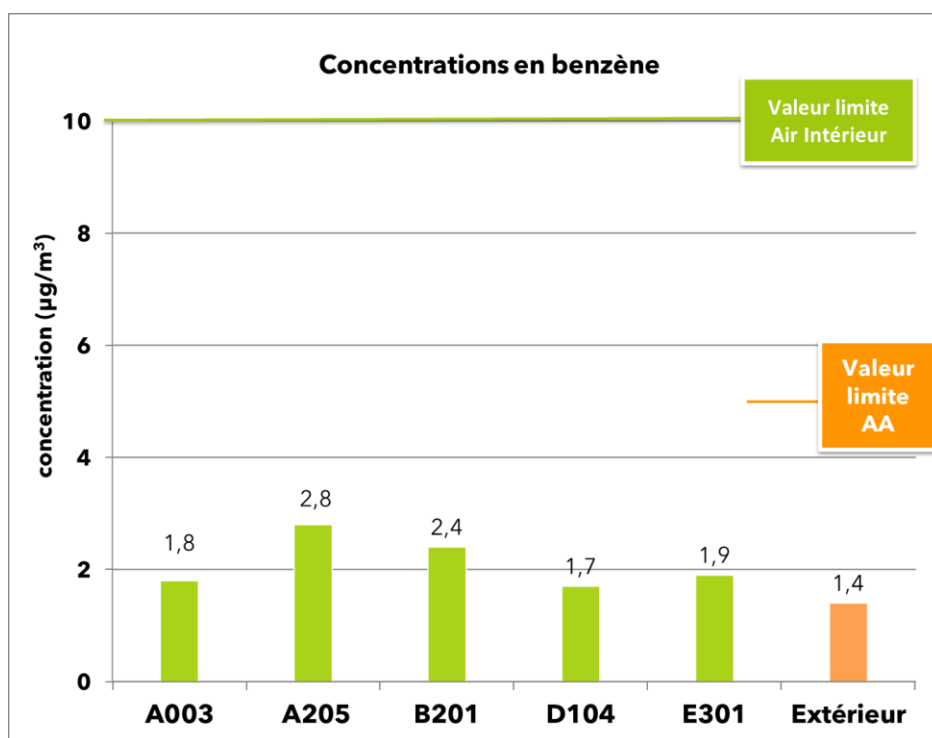


Figure 6 : Concentrations en benzène.

Les **concentrations** en benzène mesurées en période hivernale se situent toutes **en dessous de la valeur limite réglementaire fixée à 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** . Comme pour le formaldéhyde, ces comparaisons sont données à titre indicatif car une seule phase de mesure a été réalisée. On note que, malgré la présence d'une VMC, les salles A205 et B201 présentent des valeurs relativement élevées au regard de ce qui est habituellement mesuré, dépassant la valeur guide pour une exposition long terme : 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Ces concentrations sont potentiellement en lien avec la proximité de l'Avenue Kennedy.

Ces concentrations sont proches de celles mesurées dans le collège Louis Pasteur (centre urbain de Strasbourg) en février 2024 (période de chauffe - voir tableau de présentation de l'ensemble des résultats 'collèges_CeA' en annexe 4).

b) Les autres COV :

Le tableau suivant présente les composés supplémentaires analysés.

Polluants	Concentrations en $\mu\text{g}/\text{m}^3$					Valeurs de référence en $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	A003	A205	B201	D104	E301	
Toluène	2,3	2,3	2,2	2,3	2,5	VGAI =20 000
Ethylbenzene	0,61	0,48	0,46	0,43	0,5	/
m+p-Xylene	0,66	0,58	0,56	0,58	0,6	VGAI =200
o-Xylene	1,7	1,5	1,5	1,6	1,6	
2,3,3-Trimethyl-Pentane	0,49	0,57	3,4	2,5	0,5	/
2,3,4-Trimethyl-Pentane	0,32	0,39	2,2	1,6	0,4	/
2-Methyl-Hexane	0,8	0,45	2,7	1,6	0,5	/
Acetone	0,5	0,51	0,48	1,1	0,9	/
Acide acétique	1,3	0,41	2,5	12,2	4,2	/
Cyclohexane	3,6	0,46	0,42	1,4	0,5	/
Furfural	0,13	0,07	0,25	1,7	0,3	/
IPA (Isopropanol)	2,5	0,83	1,25	11,4	0,9	/
Limonene	0,88	0,23	0,41	3,7	0,8	/
Methylcyclohexane	4,8	5	10,7	7,6	1,7	/
n-Heptane et isomères	1,9	1	9	4,9	1,2	/
n-Pentane et isomères	7,3	1,6	0,71	0,47	0,8	/
p-Cymene	1,1	0,64	1,1	4,9	2	/

Tableau 10 : COV majoritaires mesurés dans les salles de classe.

Les concentrations globales de l'ensemble des polluants mesurés pour chaque salle sont considérées comme **faibles à modérées** : cela représente au total $30,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour la salle A003, $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour la salle A205, $39,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour la salle B301, **$59,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour la salle D104** et $19,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour la salle E301.

Dans la salle D104, les composés majoritaires observés correspondent à **l'acide acétique** ($12,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) et **l'isopropanol** ($11,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) :

- **L'acide acétique** est le principal composant du vinaigre et entre dans la formulation de nombreux produits ménagers. Les produits d'entretien sont cités parmi les sources majeures de COV en air intérieur (ménage, solvants, produits chimiques).
- **L'isopropanol** (ou alcool isopropylique) : les sources intérieures sont essentiellement liées **aux activités humaines** et à l'usage de **produits contenant des solvants** à savoir les **produits ménagers, les désinfectants et solutions hydroalcooliques, les produits d'entretien du matériel de bureautique et solvants techniques et les déodorants, laques, parfums d'ambiance.**

Dans la salle B301, on retrouve principalement du methylcyclohexane (10,6 µg/m³). Ce composé est utilisé comme **solvant**, notamment pour les éthers de cellulose. Il peut donc être présent dans certains produits de bricolage, colles ou solvants techniques, solutions de nettoyage spécialisées. Il est également mentionné comme **composant des fluides de correction.**

c. Les pesticides

DEJA Au cours de la campagne, 34 pesticides ont été recherchés dans les salles B201 et E301 pour vérifier une éventuelle contamination de l'air par un traitement ancien des poutres apparentes qui sont peintes.

En air intérieur comme en air extérieur, aucune réglementation n'existe concernant les pesticides. Toutefois, dans le cadre de l'ORP (Observatoire Régional des Pesticides), 4 études menées en France, principalement dans les logements, ont été recensées par l'ANSES. Des campagnes sont également menées ponctuellement par les Associations Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air telles qu'ATMO Grand Est. **Toutes ces études montrent la rémanence dans l'air intérieur de certains composés, pour certains interdits, comme le lindane.**

Atmo France propose un nouvel **outil interactif pour mieux comprendre la présence des pesticides dans l'air : PhytAtmo Dataviz** accessible sur : <https://www.atmo-france.org/actualite/phytatmo-dataviz-un-nouvel-outil-de-suivi-des-pesticides-dans-lair>.

Les concentrations de la majorité des composés recherchés dans les salles B201 et E301 sont inférieures à leurs limites de quantification en laboratoire.

Quelques composés ont pu être toutefois quantifiés à des concentrations très faibles voire proches de la limite de quantification.

Dans la salle B201, a été détecté la présence de :

- **Endulfan : insecticide** utilisé contre un large éventail de ravageurs,
- **Perméthrine : insecticide** chimique présent dans les produits anti-insectes, dans et autour des habitations, notamment en épandage **contre les termites** et en vaporisation pour détruire les nids de guêpes ou de fourmis, dans le domaine médical vétérinaire.

Et dans les deux salles du :

- **Lindane : insecticide** organochloré très utilisé en agriculture ainsi que pour le traitement de la gale et poux, et dans les **traitements anti-termites des charpentes et poutres. Le lindane est classé cancérigène et**

reprotoxique chez l'homme⁶ et il a la caractéristique d'être très persistant. Les niveaux mesurés sont considérés cependant comme faibles.

- **Prosulfocarde** : **herbicide** appartenant à la famille chimique des **thiocarbamates**, utilisé en agriculture depuis les années 2000, pour ses propriétés de désherbage notamment à l'automne dans les grandes cultures (ex. céréales).

Au bilan, **des traces** de traitement des poutres (lindane et perméthrine) et de traitements agricoles venant de l'extérieur sont détectés.

⁶ Fiche Toxicologique INRS : https://www.inrs.fr/dms/ficheTox/FicheFicheTox/FICHETOX_81-1/FicheTox_81.pdf

CONCLUSION

La réalisation des mesures de la qualité de l'air intérieur au sein du collège Kennedy de Mulhouse du 1^{er} au 5 décembre 2025 a permis de mettre en évidence les éléments suivants :

- Des **températures et humidités relatives**, en période d'occupation, qui positionnent la salle D104 dans la zone de bon confort hygrothermique alors que les autres salles, du fait d'une hygrométrie relativement basses, sont à la limite voire en dehors de cette zone.
- **Des indices de confinement** (basés sur les concentrations en CO₂ et l'occupation des salles) en majorité compris entre 1 et 2, **ne nécessitant pas une surveillance particulière**. Seule la salle **D104** présente un **indice de confinement très élevé, avec une valeur de 4**. Cet indice élevé implique, en l'absence de ventilation mécanique, que les occupants doivent aérer plus souvent par une ouverture régulière des fenêtres. Cela peut se faire aux interclasses mais également durant les cours y compris en période hivernale. Pour cette dernière salle un message de sensibilisation doit donc être apporté aux occupants (élèves comme professeurs). Rappelons que le CO₂ n'est pas dangereux pour la santé mais à fort taux, exerce une influence sur la performance des occupants (somnolence, perte d'attention ...).
- **Des concentrations en formaldéhyde** globalement **faibles**, le maximum de 7,4 µg/m³ ayant été mesuré dans la salle D104. Rappelons que le formaldéhyde est un polluant courant de l'air intérieur, classé cancérigène (à suivre lors de la l'application de la réglementation qualité de l'air dans certains ERP). Pour information, ces concentrations comptent parmi les plus faibles mesurées lors des campagnes de mesure dans les collèges pour le compte de la CeA. Elles sont aussi largement inférieures au seuil court terme de 100 µg/m³ ainsi qu'au seuil long terme de 30 µg/m³, comparaison faite à titre indicatif sur cette unique phase de mesure. Les concentrations des autres aldéhydes sont également faibles.
- **Des teneurs en benzène** (cancérigène, faisant partie également des paramètres à suivre selon la réglementation qualité de l'air dans certains ERP), qui se positionnent à titre indicatif en dessous de la valeur court terme (10 µg/m³) mais **au-dessus de la valeur réglementaire de 2 µg/m³ dans A205 et B201** (potentiellement impactées par la circulation de l'avenue Kennedy). Elles sont donc considérées comme faibles à modérées. Soulignons que ces concentrations sont proches de celles mesurées en février 2024 dans le collège Louis Pasteur (centre urbain dense de Strasbourg, proche d'axes circulants). A l'extérieur, la concentration est du même ordre de grandeur (1,4 µg/m³) mais inférieure à ce qui est mesuré en intérieur. Des transferts de l'extérieur vers l'intérieur peuvent donc s'opérer, **une vérification des sources potentielles en intérieur est recommandée**.
- L'analyse complémentaire des 10 COV majoritaires montre une présence prédominante dans la salle D104, à des niveaux faibles, de composés utilisés soit comme produits d'entretien (acide acétique) soit présents dans la formulation des produits d'entretien (isopropanol). Dans la salle B301, on retrouve principalement un composant entrant dans la formulation des fluides correcteurs.
- Par rapport aux pesticides, les deux salles, B201 et E301, présentent encore des composés issus de traitement des poutres (lindane et perméthrine) et des usages agricoles venant de l'extérieur à **l'état de trace**.

PERSPECTIVES

Au vu des résultats obtenus pour le CO₂, il est recommandé d'**augmenter le renouvellement d'air** des salles de classe **non pourvues d'une VMC**. Pour ce faire, il est important également de sensibiliser les occupants des salles à l'importance de l'aération régulière de celles-ci au cours de la journée (interclasse, période d'occupation, après que le ménage a été fait). La stratégie la plus efficace étant l'ouverture simultanée des portes et fenêtres pour créer un courant d'air (aération transversale) sans refroidir les murs. Une aération régulière en complément de l'action de la VMC est recommandée également dans les salles présentant une légère dégradation de la qualité de l'air notamment en benzène. Celle-ci doit se faire toutefois en dehors des périodes de circulation routière intense pour éviter les transferts extérieur/intérieur.

ANNEXE 1 : LISTE NON EXHAUSTIVE DE POLLUANTS EN AIR INTERIEUR

Les aldéhydes

Les aldéhydes sont des composés organiques comportant une double liaison entre un atome de carbone et un atome d'oxygène, l'atome de carbone étant lié exclusivement à des atomes d'hydrogène ou de carbone.

- **Formaldéhyde** : produits de construction et de décoration contenant des colles ou des liants urée-formol (panneaux de particules, panneaux de fibres, panneaux de bois brut et aggloméré, parquets, laines minérales, moquettes, mobiliers, stratifiés...), peintures et colles en phase aqueuse, vernis, sources de combustion (fumée de tabac, encens, bougies, cheminées...), livres et magazines neufs, photocopieurs, imprimantes laser, produits d'entretien, désinfectants, vernis, colles, revêtements de sol ;
Le formaldéhyde est également omniprésent dans l'industrie de la finition textile (utilisation de résines, traitements pour en augmenter la résistance, brillance, empêcher le rétrécissement, faciliter le lavage...).
Le formaldéhyde peut également être formé par réaction chimique de l'ozone avec certains matériaux de construction et revêtements.
- **Acétaldéhyde** : photochimie, fumées de tabac, encens, bougies, photocopieurs, panneaux de bois brut, panneaux de particules ;
- **Benzaldéhyde** : peintures à phase solvant, photocopieurs, parquet traité ;
- **Isovaléraldéhyde** : parquet traité, panneaux de particules ;
- **Propionaldéhyde** : fumée de cigarettes, plantes, désodorisants, désinfectant (lingettes, produits liquides, gel...), peinture à phase solvant, conservateur dans des produits de type peinture, bois...
- **Butyraldéhyde** : photocopieurs, imprimantes, laser, solvants.
- **Valéraldéhyde** : livres et magazines neufs, peintures à phase solvant, panneaux de particules.
- **Hexaldéhyde** : panneaux de particules, livres et magazines neufs, produits de traitement du bois, panneaux de bois brut, revêtements muraux comme la peinture à base de solvant, utilisation de produits ménagers, de parfums ou désodorisants d'intérieur...

Les BTEX

Le **benzène, le toluène, l'éthylbenzène et les xylènes** regroupés sous le terme **BTEX** sont des hydrocarbures aromatiques gazeux composés d'un noyau aromatique et de ramifications, se formant naturellement lorsque des matières organiques (composées de carbone et d'hydrogène) sont exposées à des phénomènes de combustion ou de pyrolyse. Aussi, leurs principales sources d'émissions sont la **combustion de dérivés du pétrole** (fioul, charbon, essence etc), **l'évaporation de carburant** (réservoirs automobiles, phases de stockage-transport-distribution), la **fumée de cigarettes**, la **combustion de biomasse** (bois pour le chauffage notamment). Mais chacun de ces composés peut être émis également par :

- **Benzène** : synthèse chimique d'hydrocarbures aromatiques substitués (éthylbenzène, phénol, cyclohexane...), produits de bricolage, d'ameublement, de construction et de décoration, fumée de cigarette, encens, bougies parfumées, désodorisant.
- **Toluène** : produits d'entretien, solvant organiques, peintures, vernis, colles, encres, colle de moquettes, désodorisants, tapis.
- **Éthylbenzène** : peintures, vernis, colles de moquettes, pesticides.
- **Xylènes** : peintures, vernis, colles, insecticides.

Autres hydrocarbures aromatiques :

- **Styrène** : matières plastiques, matériaux isolants.

- **1,2,4-triméthylbenzène et isomères** : intermédiaire de synthèse. Constituant de solvants pétroliers (white-spirit ordinaire, solvant naphta, solvants aromatiques, etc. ...) utilisés pour la formulation de diluants, peintures, vernis, encres, pesticides. Constituants de carburants et de goudrons.

Alcanes :

Les alcanes sont des hydrocarbures constitués uniquement d'atomes de carbone (C) et d'hydrogène (H), liés entre eux par des liaisons simples.

- **n-heptane et isomères** : solvant pour colles, encres, caoutchoucs et matières plastiques. Solvant d'extraction.
- **n-décane** : white spirit, colles pour sol, cires, vernis à bois, sol, moquettes, tapis, huile pour parquet, solvant
- **n-undécane** : white-spirit, colles pour sol, cires, vernis à bois, nettoyeurs pour sol, moquettes, tapis, huile pour parquet, solvant
- **Méthylcyclohexane** : un solvant des éthers de cellulose (les éthers de cellulose étant utilisés pour contrôler la viscosité d'un milieu, en tant qu'épaississants ou bien gélifiants par exemple dans l'industrie alimentaire, dans l'industrie pharmaceutique, dans les peintures, les colles ou encore les cosmétiques

Alcools :

Un alcool est un composé organique dont l'un des carbones est lié à un groupement hydroxyle (-OH).

- **Butanol** : solvant dans les industries des laques, peintures, vernis, encres et résines, solvant de nettoyage, produits dégraissants.
- **Phénol** : utilisé dans l'industrie des matières plastiques, pour la fabrication de plastifiants, d'adhésifs, de durcisseurs, de dissolvants, d'isolants.
- **2-éthylhexanol** : l'utilisation la plus répandue est la fabrication du diester bis(2-éthylhexyl) phtalate (DEHP), un plastifiant.

Acétates (esters) :

n-butyl acétate : solvant utilisé comme diluant pour peintures, encres d'imprimerie, colles, laques et vernis. Agent d'extraction dans l'industrie pharmaceutique. Solvant utilisé pour la fabrication de cuirs artificiels, plastiques, films photographiques. Arômes et parfums pour l'industrie alimentaire. Cosmétiques (dissolvant pour vernis à ongles...).

Ethers de glycols :

- **2-phénoxyéthanol** : solvant pour peintures, vernis, laques, encres d'imprimerie, colorants. Biocide pour produits ménagers et industriels.
- **2-butoxyéthanol** : Solvant dans l'industrie des peintures, vernis, encres d'imprimerie et dans l'industrie cosmétique. Constituant de produits divers : dégraissant. Produits d'entretien ménager et industriels. Produits utilisés dans l'industrie mécanique et métallurgique (lubrifiants, dégraissants...). Produits phytosanitaires : fongicides, herbicides. Produits de traitement des bois.

Terpènes :

- **α-pinène, limonène et autres terpènes** : désodorisants, parfums d'intérieur, produits d'entretien

ANNEXE 2 : LES VALEURS DE REFERENCE

Paramètre	Valeur de référence en air intérieur
Température	Ministère de la santé : Entre 18°C et 22°C INRS : Entre 21°C et 23°C l'hiver, entre 23°C et 26°C l'été (bureau) INRS ⁷ : Entre 18 et 20°C (salle de classe, restauration, bibliothèque, espace administratif) INRS ⁸ : Entre 15 et 17 °C (salle de motricité / gymnase) Norme X35-203 ⁹ : Entre 20 et 22°C (salle de classe, bibliothèque, espace administratif) Norme X35-203 ¹⁰ : Entre 16 et 18°C (salle de restauration) Norme X35-203 ¹¹ : Entre 14 et 16°C (salle de motricité / gymnase)
Humidité relative	Ministère de la santé : Entre 40% et 60%
CO₂	Règlement sanitaire départemental : 1000 ppm* avec tolérance à 1300 ppm Indice ICONE (ANNEXE 4) : < à 3 800 et 1500 ppm* : seuil dans les établissements recevant du public (ERP)
Formaldéhyde	Valeur guide pour une exposition long terme ¹² : 30 µg/m ³ Valeur limite ¹³ : 100 µg/m ³
Benzène	Valeur guide pour une exposition long terme : 2 µg/m ³ Valeur limite : 10 µg/m ³
Acétaldéhyde	Valeur guide ¹⁴ : 160 µg/m ³
Toluène	Valeur guide ¹⁵ : 20 000 µg/m ³
(m+p)-xylènes et o-xylène	Valeur guide ¹⁶ : 200 µg/m ³

* ppm : parties par million

⁷ <https://batiscolaire.education.gouv.fr/sites/default/files/2022-04/notice-confort-thermique-avril-2022-pdf-38158.pdf>

⁸ <https://batiscolaire.education.gouv.fr/sites/default/files/2022-04/notice-confort-thermique-avril-2022-pdf-38158.pdf>

⁹ <https://batiscolaire.education.gouv.fr/sites/default/files/2022-04/notice-confort-thermique-avril-2022-pdf-38158.pdf>

¹⁰ <https://batiscolaire.education.gouv.fr/sites/default/files/2022-04/notice-confort-thermique-avril-2022-pdf-38158.pdf>

¹¹ <https://batiscolaire.education.gouv.fr/sites/default/files/2022-04/notice-confort-thermique-avril-2022-pdf-38158.pdf>

¹² Haut Conseil de la Santé Publique : Valeurs repères d'aide à la gestion de la qualité de l'air intérieur : le formaldéhyde - 2 mai 2019

¹³ Anses : Mise à jour de valeurs guides de qualité d'air intérieur : Le formaldéhyde - Avis de l'Anses - Rapport d'expertise collective - Février 2018 - Edition scientifique.

¹⁴ Proposition de valeurs guides de qualité de l'air intérieur L'acétaldéhyde, Avis de l'ANSES, Rapport d'expertise collective, avril 2014, Edition scientifique

¹⁵ <https://www.anses.fr/fr/system/files/AIR2016SA0043Ra.pdf>

¹⁶ Koistinen K, Kotzias D, Kephelopoulou S et al. (2008). The INDEX project : executive summary of a European Union project on indoor air pollutants. *Allergy*, 63:810-819.

ANNEXE 3 : TECHNIQUES DE MESURE

➤ La température, l'humidité relative et le dioxyde de carbone

La température et l'humidité relative ont été suivies en continu par des capteurs Class'Air (Figure 8) ou des sondes Ebro EBI 20-T-Ex (Figure 7) déployées dans les sites intérieurs et extérieurs.

Figure 7 : Sonde EBRO/EBI



Figure 8 : Capteur Class'Air



➤ Les tubes à diffusion passive

Le suivi des concentrations dans l'air a été effectué au moyen de tubes à diffusion passive pour les polluants gazeux suivants :

- ✓ Les composés organiques volatils dont le benzène ;
- ✓ Les aldéhydes dont le formaldéhyde ;

Les tubes passifs de type « Radiello » permettant la mesure du benzène sont constitués de 2 tubes cylindriques concentriques (Figure 9) : un tube externe, le corps diffusif, fait office de filtre en arrêtant les poussières et un tube interne, la cartouche, contient le réactif spécifique au composé à absorber.

Pour le NO₂, les tubes de type « Passam » comprennent un seul élément cylindrique bouché à son extrémité (Figure 10).

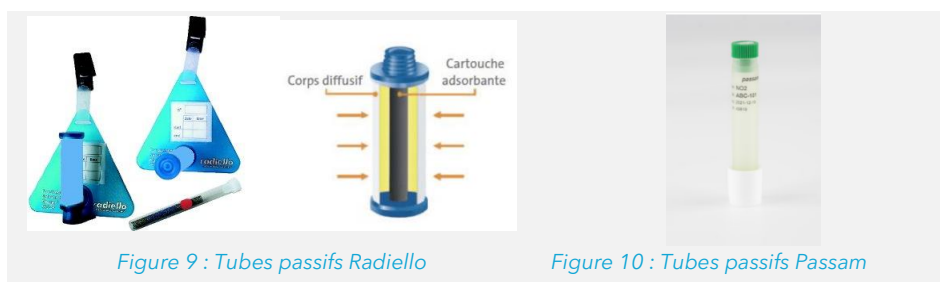


Figure 9 : Tubes passifs Radiello

Figure 10 : Tubes passifs Passam

La quantité de molécules piégées dans la cartouche est proportionnelle à leur concentration moyenne dans l'environnement durant l'exposition du tube.

Dans la pièce à investiguer, le tube passif est suspendu à l'horizontal pour une durée de 4,5 jours. Pendant le prélèvement, les polluants gazeux traversent le corps diffusif jusqu'à la zone de piégeage formée par la cartouche adsorbante.

Après exposition, la cartouche est placée dans un tube en verre et envoyée à un laboratoire d'analyse. Les concentrations dans l'air moyennes des polluants sur l'ensemble de la période d'exposition (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) seront déterminées par analyse différée des échantillons en laboratoire :

- Le Laboratoire Interrégional de chimie **SYNAIRGIE** situé à Schiltigheim accrédité par le COFRAC (n° 1-2092) par chromatographie liquide haute performance (HPLC) avec détection par absorption pour les aldéhydes et par chromatographie en phase gazeuse (CPG) pour les COV ou BTEX.
- Le laboratoire **TERA Environnement** situé à Crolles pour l'analyse des COV par chromatographie en phase gazeuse couplé à un détecteur de spectrométrie de masse GCMS (NF EN ISO 16017-2).
- Le laboratoire **lanesco** situé à Poitiers pour l'analyse du phyto par méthode interne MA-MPO-130 (ASE LCMSMS+).

ANNEXE 4 : DONNEES COMPARATIVES

- **État des lieux de la qualité de l'air dans les 'collèges_CeA' :**

ATMO Grand Est a mené depuis 2019 des campagnes de mesures de la qualité de l'air dans différents collèges, en lien avec des problématiques spécifiques ou pour évaluer les niveaux de polluants dans des bâtiments types.

Les tableaux suivants présentent les résultats des mesures des deux polluants réglementés : le formaldéhyde et benzène.

Collèges	Dates	Périodes	Concentrations de formaldéhyde en $\mu\text{g}/\text{m}^3$				
			Salle 1	Salle 2	Salle 3	Salle 4	Moyenne
Achenheim	12/10-16/10/2020	Chauffe	11,2	19,8	52,2	/	27,7
	20/06-24/06/2022	Hors chauffe	24,2	24,9	38,6	/	29,2
Louis Pasteur (Strasbourg/)	06/02 - 09/02/2023	Chauffe	6,5	13,7	11,9	7,6	9,9
Hoerdts	09/09-13/09/2024	Hors chauffe	6,2	13,0	9,3	/	9,5
Bourtzwiller	11/03-15/03/2024	Chauffe	14,4	10,2	12,1	11,5	12,1

Collèges	Dates	Périodes	Concentrations de benzène en $\mu\text{g}/\text{m}^3$							
			Salle 1	Salle 2	Salle 3	Salle 4	Salle 5	Moyennes	Extérieur cours	Extérieur rue
Schirmeck	25-11 - 29/11/2019	Chauffe	2,8	3,0	/	/	/	2,9	/	1,1
	29/11 - 03/12/2021	Chauffe	1,6	1,8	/	/	/	1,7	/	0,7
Achenheim	12/10-16/10/2020	Chauffe	0,9	1,1	1,3	/	/	1,1	1	/
	20/06-24/06/2022	Hors chauffe	0,2	0,3	0,21	/	/	0,2	0,1	/
Louis Pasteur (Strasbourg)	06/02 - 09/02/2023	Chauffe	1,8	2,5	1,7	2,4	/	2,1	1,7	1,6
Hoerdts	09/09-13/09/2024	Hors chauffe	1,0	0,9	1,0	/	/	1,0	/	0,7
Bourtzwiller	11/03-15/03/2024	Chauffe	1,2	1,3	1,2	1,2	1,1	1,2	1,1	1,3

- **Autres états des lieux (présentés à titre indicatif)**

État des lieux de la qualité de l'air dans des lycées du Grand Est (2018/2019)

ATMO Grand Est a mené, en 2018/2019, une première étude de mesures de la qualité de l'air dans les lycées de la Région Grand Est. Son objectif était de caractériser la qualité de l'air intérieur des lycées de la région Grand Est avec 10 lycées volontaires ainsi que de décrire les conditions de confort. Pour chaque lycées, 4 salles de cours ou accueillant des élèves avait été sélectionnées dans les différents bâtiments, ailes de bâtiments et différents étages ainsi qu'un point extérieur. Pour chaque lycée, une salle spécifique (laboratoire, atelier...) avait été échantillonnée.

Tableau 11 : Paramètres recherchés durant la campagne Lycées

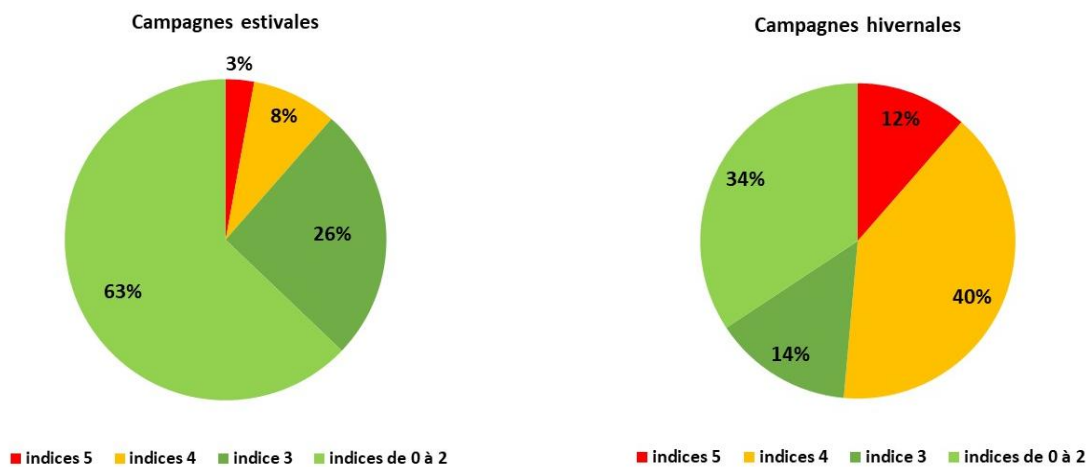
Pollution de l'air	Confort et ambiance	Questionnaires
7 composés organiques volatils (COV) dans toutes les salles + une quarantaine de COV complémentaires dans les salles spécifiques 2 aldéhydes le dioxyde d'azote (NO ₂) le radon.	Température, humidité relative et concentration en dioxyde de carbone (CO₂) enregistrées en continu dans les salles de classe pendant la semaine.	Des questionnaires ont été complétés par les gestionnaires des bâtiments et les enseignants, afin de décrire les caractéristiques des bâtiments, les activités et l'occupation en classe.

Figure 11 : Résultats de la campagne Lycées 2018/2019

- Résultats des paramètres de confort :

Période	Température (°C)			Humidité relative (%)		
	Moyenne	Maximum	Minimum	Moyenne	Maximum	Minimum
Hors chauffe	24,2	25,3	23,1	53,8	59,3	48,2
Chauffe	21,6	23,4	20,0	45,2	51,6	39,7

- Résultats des indices de confinement :



- Résultats pour le formaldéhyde dans les salles de cours :

Période	Moyenne	Médiane	Max	Nombre de pièces inférieures à 10 $\mu\text{/m}^3$	Nombres de pièces comprises entre 10 et 30 $\mu\text{/m}^3$	Nombres de pièces supérieures à 30 $\mu\text{/m}^3$
Hors chauffe	17,8	15,1	44,0			
Chauffe	11,0	11,1	21,5			
Annuelle	14,5	13,2	26,0	6	23	0

- Résultats pour le formaldéhyde dans les salles spécifiques :

Période	Moyenne	Médiane	Max	Nombre de pièces inférieures à 10 $\mu\text{/m}^3$	Nombres de pièces comprises entre 10 et 30 $\mu\text{/m}^3$	Nombres de pièces supérieures à 30 $\mu\text{/m}^3$
Hors chauffe	30,5	18,5	69			
Chauffe	12,9	10,6	25,5			
Annuelle	21,7	17,1	47,2	2	6	3

- Résultats pour le benzène :

Période	Moyenne	Médiane	Max	Nombre de pièces inférieures à 2 $\mu\text{/m}^3$	Nombre de pièces supérieures à 2 $\mu\text{/m}^3$
Hors chauffe	1,0	0,8	2,8		
Chauffe	1,6	1,5	5,2		
Annuelle	1,3	1,2	4	37	3

- Résultats pour le NO₂ :

Période	Moyenne	Médiane	Max	Nombre de pièces inférieures à 20 $\mu\text{/m}^3$	Nombre de pièces supérieures à 20 $\mu\text{/m}^3$
Hors chauffe	13	11,8	40		
Chauffe	13,7	13,6	28,8		
Annuelle	13,2	12,4	34,4	34	5

- **État des lieux de la qualité de l'air dans des lycées du Grand Est (2021/2022)**

ATMO Grand Est a mené, en 2021/2022, une deuxième étude de mesures de la qualité de l'air dans les lycées de la Région Grand Est. Son objectif était de caractériser la qualité de l'air intérieur des lycées de la région Grand Est avec 8 lycées volontaires ainsi que de décrire les conditions de confort. Pour chaque lycées, 4 salles de cours ou accueillant des élèves avait été sélectionnées dans les différents bâtiments, ailes de bâtiments et différents étages ainsi qu'un point extérieur. Pour chaque lycée, une salle spécifique (laboratoire, atelier...) avait été échantillonnée.

Tableau 12 : Paramètres recherchés durant la campagne Lycées

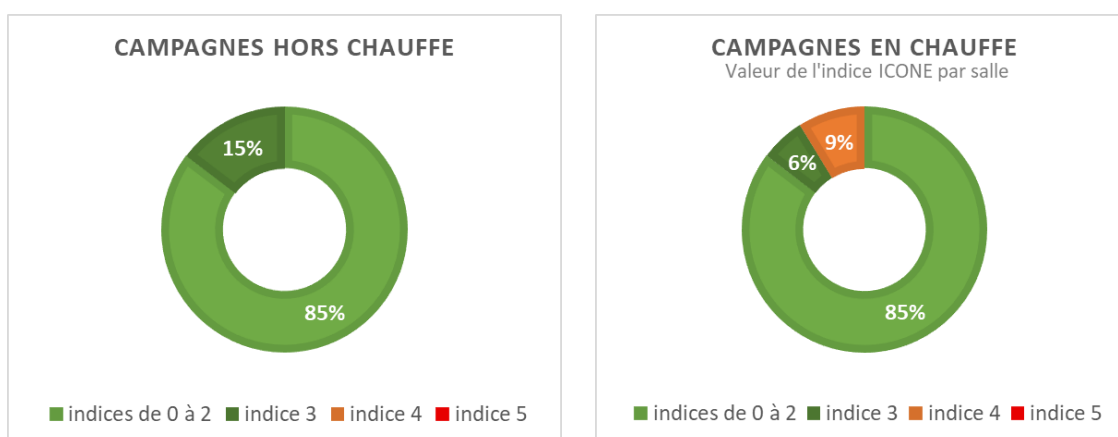
Pollution de l'air	Confort et ambiance	Questionnaires
7 composés organiques volatils (COV) dans toutes les salles + une quarantaine de COV complémentaires dans les salles spécifiques 2 aldéhydes le dioxyde d'azote (NO ₂) le radon.	Température, humidité relative et concentration en dioxyde de carbone (CO₂) enregistrées en continu dans les salles de classe pendant la semaine.	Des questionnaires ont été complétés par les gestionnaires des bâtiments et les enseignants, afin de décrire les caractéristiques des bâtiments, les activités et l'occupation en classe.

Figure 12 : Résultats de la campagne Lycées 2021/2022

- Résultats des paramètres de confort :

Période	Température (°C)			Humidité relative (%)		
	Moyenne	Maximum	Minimum	Moyenne	Maximum	Minimum
Hors chauffe	23,5	25,4	21,1	51,8	60,3	43,8
Chauffe	21,1	23,1	17,5	38,8	48,7	28,4

- Résultats des indices de confinement :



- Résultats pour le formaldéhyde dans les salles de cours :

Période	Moyenne	Médiane	Max	Nombres de pièces supérieures à 30 µg/m ³
Hors chauffe	17,4	14,6	38,4	
Chauffe	8,7	6,9	21,7	
Annuelle	13,0	10,8	30,1	

- Résultats pour le formaldéhyde dans les salles spécifiques :

Période	Moyenne	Médiane	Max	Nombres de pièces supérieures à 30 µg/m ³
Hors chauffe	13,7	14,9	26,7	
Chauffe	8,6	8,4	17,9	
Annuelle	11,1	11,6	22,3	0

- Résultats pour le benzène :

Période	Moyenne	Médiane	Max	Nombre de pièces inférieures à 2 µg/m ³	Nombre de pièces supérieures à 2 µg/m ³
Hors chauffe	0,8	0,6	2,5		
Chauffe	1,4	1,1	5,0		
Annuelle	1,1	0,8	3,8	30	2

- Résultats pour le NO₂ :

Période	Moyenne	Médiane	Max	Nombre de pièces inférieures à 20 µg/m ³	Nombre de pièces supérieures à 20 µg/m ³
Hors chauffe	6,4	4,4	26,9		
Chauffe	9,8	7,6	36,5		
Annuelle	8,1	6,0	31,7	30	2

ANNEXE 5 : CALCUL DE L'INDICE ICONE

Un indice de confinement, appelé ICONE (Indice de CONfinement d'air dans les Ecoles), a été développé en 2008 par le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB)¹⁷. Celui-ci est calculé à partir de la fréquence et de l'intensité des niveaux de CO₂ autour des valeurs seuils de 800 et 1500 ppm (en période d'occupation normale de la salle par les enfants).

Le niveau de confinement de la pièce est alors exprimé par une note sur une échelle de 0 à 5. La note 0 correspond au confinement nul (niveau de CO₂ toujours inférieur à 800 ppm), c'est la situation la plus favorable. La note 5 correspond au confinement extrême, c'est la situation la plus défavorable (plus de 75% des valeurs de CO₂ sont supérieures à 1500 ppm pendant l'occupation).

ICONE	Nature du confinement	INFORMATIONS
0	Confinement nul	Néant
1	Confinement faible	
2	Confinement moyen	
3	Confinement élevé	
4	Confinement très élevé	<p>Message de sensibilisation destiné au maître d'ouvrage : Veiller à ce que l'utilisation des pièces soit conforme au taux d'occupation prévu. Lorsque ces salles sont équipées d'un dispositif spécifique de ventilation, il est souhaitable de faire intervenir un spécialiste pour procéder à une inspection de l'installation. En l'absence de dispositif spécifique de ventilation, il est souhaitable d'améliorer les conditions d'aération de ces salles en procédant à des ouvertures plus fréquentes des fenêtres durant les périodes d'occupation.</p>
5	Confinement extrême	<p>Message de sensibilisation destiné au maître d'ouvrage : Veiller à ce que l'utilisation des pièces soit conforme au taux d'occupation prévu. Lorsque ces salles sont équipées d'un dispositif spécifique de ventilation, il est recommandé de faire intervenir un spécialiste pour procéder à une inspection de l'installation. En l'absence de dispositif spécifique de ventilation, il est recommandé d'améliorer les conditions d'aération de ces salles en procédant à des ouvertures plus fréquentes des fenêtres durant les périodes d'occupation.</p> <p><u>Actions à mener par le maître d'ouvrage ou l'exploitant de l'établissement :</u> Nécessité de mener toute expertise nécessaire pour identifier les causes du confinement extrême dans l'établissement.</p> <p><u>Actions à mener par l'organisme en charge de la réalisation des mesures sur site :</u> Information au préfet du lieu d'implantation de l'établissement dans un délai de quinze jours après réception de l'ensemble des résultats d'analyse.</p>

¹⁷ CSTB (2012) - Guide d'application pour la surveillance du confinement de l'air dans les établissements d'enseignement, d'accueil de la petite enfance et d'accueil de loisirs.



AIR • CLIMAT • ÉNERGIE • SANTÉ

NOTRE SIÈGE

5 rue de Madrid
67300 Schiltigheim
03 69 24 73 73
contact@atmo-grandest.eu

NOS AGENCES

à Metz
20 rue Pierre-Simon de Laplace
57070 Metz

à Nancy
20 allée de Longchamp
54600 Villers-lès-Nancy

à Reims
9 rue Marie-Marvingt
51100 Reims