

Cité scolaire de Schirmeck : Synthèse des résultats de la campagne de mesures de qualité de l'air intérieur 2021

ATMO Grand Est a été sollicité par la CEA dans le cadre d'une convention de financement pour la mise en œuvre d'actions dont la réalisation de campagnes de mesures en air intérieur dans différents collèges en lien avec des problématiques rencontrées ou pour situer les niveaux de polluants dans des bâtiments types.

ATMO Grand Est est ainsi intervenu pour réaliser une campagne de suivi de la qualité de l'air intérieur à la cité scolaire de Schirmeck (collège, lycée, internat) fin novembre 2021, après un premier état des lieux deux ans auparavant en novembre 2019. Ce suivi 2019 multi polluants (aldéhydes, une dizaine de composés organiques volatils COV dont les BTEX : benzène, toluène, éthylbenzène, xylènes) avait mis en évidence des teneurs en benzène dans les salles (maximum de $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ salle D212) légèrement supérieures à la valeur réglementaire ($2 \mu\text{g}/\text{m}^3$). A savoir que la comparaison à cette valeur de référence doit se faire à l'issue de 2 phases de mesures en périodes climatiques contrastées (généralement en saison de chauffe à l'hiver et en saison hors chauffe à l'été). Sur une phase, la comparaison se fait avec des valeurs limites. Celle pour le benzène étant fixée à $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, il n'y avait donc pas de dépassement de celle-ci en novembre 2019.

Des travaux sur certaines façades ont pu expliquer ces teneurs et la CEA a souhaité réaliser un contrôle de suivi (focalisation sur les BTEX) pour voir l'évolution des concentrations sur la même période.



Période de mesures :
du 29/11 au 03/12/2021



Suivi des 6 mêmes salles (la chambre A102 instrumentée en 2019 a été remplacée par la chambre A108 pour cette campagne 2021) et d'un site extérieur de proximité :

- **Paramètres de confort/ambiance** : température, humidité relative.
- **Confinement** : dioxyde de carbone (CO_2) en phase d'occupation.
- **Indicateurs des matériaux, activités, etc.** : COV (Composés Organiques Volatils) uniquement **BTEX (benzène, toluène, éthylbenzène, xylènes)**.
- Suivi dynamique (évolution dans le temps) des **particules fines** dans une salle.

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'action réglementaires publiées au Journal officiel dans des arrêtés ou des décrets, à ne pas dépasser dans **certains bâtiments**.

Remarque : 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 sont ainsi considérés comme représentatifs de la période couverte et les références aux valeurs guides sont données à titre indicatif. Sur une phase de mesure, pour le benzène, un des composés à suivre lors de la surveillance réglementaire de la qualité de l'air intérieur dans certains ERP, une valeur limite est à prendre en compte sur une seule phase de mesures.

Les résultats peuvent également être comparés à la campagne réalisée par ATMO grand Est en 2019 dans 10 lycées du Grand Est dans le cadre du projet du PRSE3 « Respirons mieux au lycée ». Par ailleurs, bien que la typologie des bâtiments ne soit pas la même, les résultats sont également comparés à titre indicatif aux données de la campagne nationale OQAI-CNL (Observatoire de la Qualité de l'air Intérieur - Campagne Nationale Logements), représentatives de l'état des habitats français (567 logements enquêtés entre 2003 et 2005) et aux données de la campagne nationale OQAI-BPE (bâtiments performants en énergie) qui a lieu depuis 2013 et dont l'OQAI a pu exploiter à ce jour les résultats pour 72 logements (43 bâtiments).

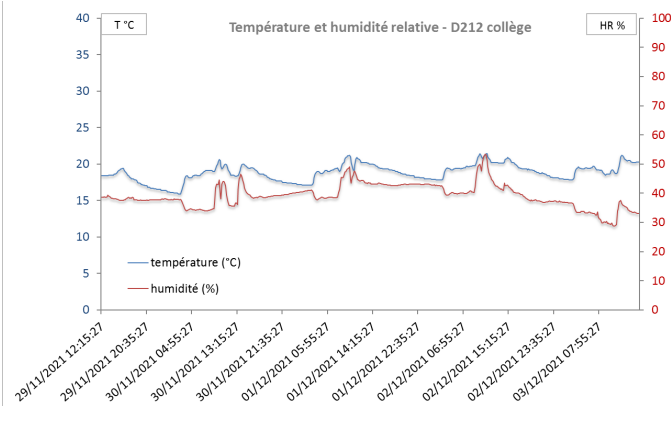
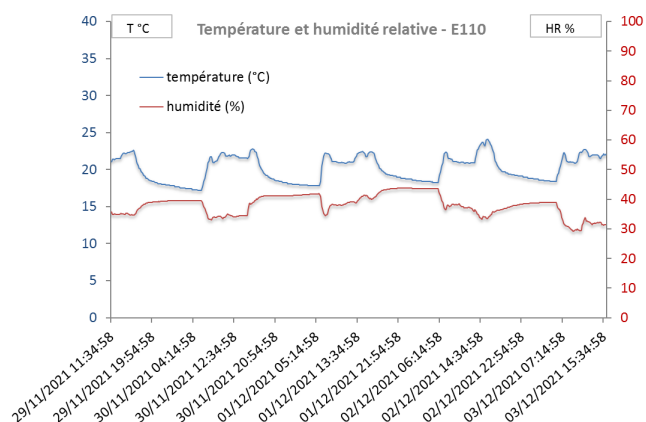
Température et humidité relative

site	TEMPERATURE (°C)			HUMIDITE RELATIVE (%)		
	moy	max	min	moy	max	min
collège - D206	18.3	20.7	15.4	45.2	55.9	35.5
collège - D212	19.6	21.4	18.0	40.1	53.3	28.7
lycée - E101	18.4	20.0	17.1	38.7	48.2	29.8
lycée - E110	21.7	24.1	19.4	35.9	42.4	29.2
internat ch.A108	20.3	22.5	14.3	35.9	45.5	29.0
bureau secrétariat	21.3	22.5	19.2	30.6	38.0	25.0
EXT	4.0	7.1	-1.2	76.5	89.0	68.0

Les statistiques figurant dans le tableau ont été calculées pour les **jours uniquement (8h00-18h00)** sauf pour la chambre (statistiques sur toute la période de mesures).

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.

Par exemple, le diagramme de Fauconnier suggère pour un confort optimal les plages de températures et d'humidité relative associées. Une humidité trop faible (< 30%) peut donner une sensation de sécheresse gênante sur le plan respiratoire, cutanée et oculaire. Une humidité relative trop importante (>70%) peut favoriser le développement de moisissures.

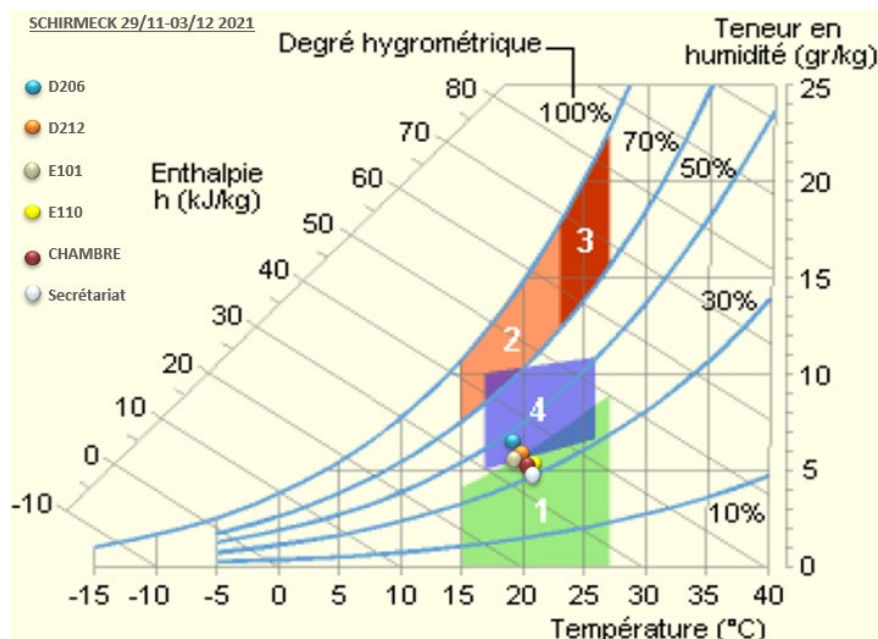


Sur cette campagne, les températures moyennes en journée se situent entre 18,3°C (D206 collège) et 21,7°C (E110 lycée). La température maximale est mesurée dans la salle E110 (lycée – 24,1°C). La température minimale est de 15,6°C dans la salle D206 du collège.

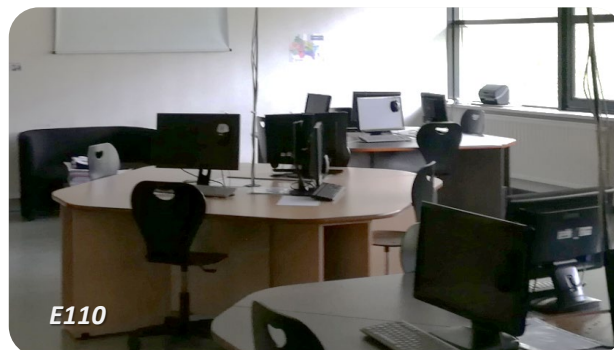
S'agissant de l'humidité moyenne en journée sur la semaine, les taux s'échelonnent de 30,64% pour le secrétariat à 45,2% pour la salle D206 (collège).

Sur cette phase de mesures, en moyenne sur la semaine (journées) certaines salles **se positionnent dans la zone de bon confort hygrothermique (notamment la salle D206) mais toutefois proches de la zone de sécheresse (E101, D212). Les autres salles se situent dans la zone de sécheresse (partie haute en rapprochement de la zone de confort et de bonne préservation du bâtiment).**

Diagramme de l'air humide (Fauconnier, 1992) - périodes 8h00-18h00



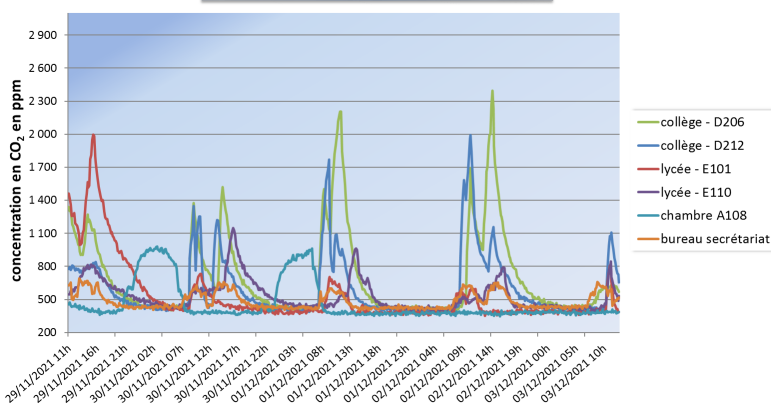
- 1 : Zone à éviter vis-à-vis des problèmes de sécheresse.
- 2 et 3 : Zones à éviter vis-à-vis des développements de bactéries et de microchampignons.
- 3 : Zone à éviter vis-à-vis des développements d'acariens.
- 4 : Polygone de confort hygrothermique



→ Dioxyde de carbone (indicateur du confinement d'une pièce)



Concentrations en CO₂ - cité scolaire de Schirmeck



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

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>Actions à mener par le maître d'ouvrage ou l'exploitant de l'établissement : Nécessité de mener toute expertise nécessaire pour identifier les causes du confinement extrême dans l'établissement.</p> <p>Actions à mener par l'organisme en charge de la réalisation des mesures sur site : 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>

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 (ICONE) a été développé (décret 2012-14 du 5 janvier 2012). Celui-ci est calculé à partir de la fréquence et de l'intensité des niveaux de CO₂ autour des valeurs seuils de 1000 et 1700 ppm **lors de l'occupation des locaux**. Sur une échelle croissante de 5 niveaux, 0 correspond à un confinement nul, 1 faible, 2 moyen, 3 élevé, 4 très élevé et 5 reflète un confinement extrême.

Concernant la réglementation dans les bâtiments tertiaires, le seuil préconisé dans le règlement sanitaire départemental (RSD, 1985) est fixé à 1300 ppm en CO₂ (1000 ppm avec une tolérance à 1300 ppm pour les locaux non-fumeurs).

Hiver	2021	2019	2021	
	valeur ICONE		nature du confinement	informations
collège - D206	3	4	élevé	néant
collège - D212	2	3	moyen	néant
lycée - E101	1	0	faible	néant
lycée - E110	0	0	nul	néant

- A partir des plannings d'occupation des salles de cours, les indices de confinement ont pu être calculés. **Les salles du collège** se caractérisent par des **indices de 3** (confinement élevé – salle D212) **et de 2** (confinement moyen – salle D206). Les **salles du lycée** ont des **indices de 1 et 0** (confinement nul et faible) sur une échelle de 5.
- Les indices sont décrits par le tableau du guide du CSTB ci-dessus, qui indique **aussi les messages de sensibilisation associés à partir de l'indice 4. Aucune salle ne dépasse cet indice 4.**
- Dans les salles du collège, les pics sont plus marqués par rapport au lycée. La salle D206 présente 2 pics dépassant les 1700 ppm durant 1 à 2 heures. Il s'agit de périodes d'occupation. Les niveaux baissent rapidement dès aération et sortie des élèves. La salle D212 présente des pics d'intensités moindres et dépassant peu fréquemment 1700 ppm.

- Dans les salles du lycée, les teneurs demeurent basses sur la semaine sauf dans la salle E101 uniquement en début de semaine (dépassement de 1700 ppm le lundi entre 15h00 et 16h30). Lors de la campagne dans les 10 lycées du Grand Est, seulement 34 % des salles de classe présentaient des indices de 0 à 2. 52 % montraient un problème de confinement avec des indices de 4 à 5.
- La chambre et le secrétariat ne dépassent jamais 1000 ppm.

➔ Débits des bouches de ventilation

Au moyen d'un anémomètre TESTO, les débits d'air ont été mesurés dans les salles. Les relevés ont été effectués le 03/12/2021 et sont donnés à titre informatif.



<https://www.testo.com/>

Localisation bouche de ventilation	débit (m ³ /h)	EXTRACTION/INSUFLATION	Commentaires
D212 entrée	142	EXTRACTION	
D212 fond	137	EXTRACTION	
D206 entrée	52	EXTRACTION	
D206 fond	60	EXTRACTION	
E101 entrée	224	INSUFLATION	
E101 fond	206	INSUFLATION	
E110 unique bouche	219	EXTRACTION	
chambre A108	0	--	1 bouche au dessus de l'entrée qui était en cours de réparation lors de la mesure
bureau secrétariat	21		mesure imprécise cause plafond "rainuré"
bureau secrétariat ("petite pièce à côté secretariat")	50		mesure imprécise cause plafond "rainuré"



→ Les COV → BTEX (benzène, toluène, éthylbenzène, xylènes)



Les **Composés Organiques Volatils** regroupent une **multitude de familles chimiques** (aldéhydes, hydrocarbures, terpènes, éthers de glycol, alcool, composés chlorés...) aux sources d'émissions diverses.

Dans l'**air intérieur**, ils sont émis par les **produits de décoration et de construction, les produits d'entretien, les peintures à phase solvant, les colles, les vernis, le tabagisme, les désodorisants...** et peuvent être des polluants secondaires produits par réaction chimique.



Les COV sont souvent plus nombreux et plus concentrés à l'intérieur en lien avec la multiplicité des sources présentes. **L'environnement extérieur** (industries, chauffages, trafic routier...) peut également **influencer les concentrations de certains COV** (le benzène par exemple).



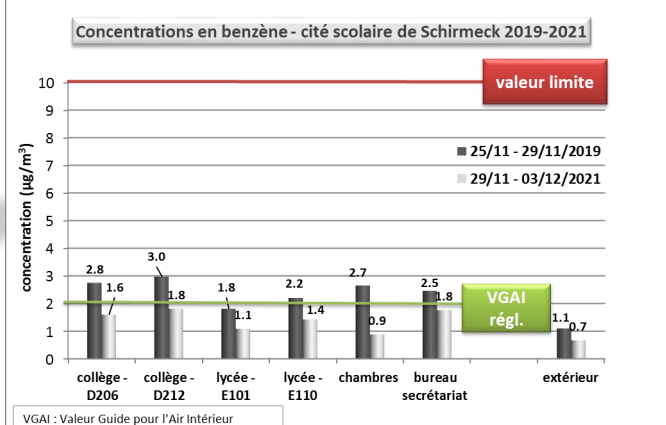
Classé cancérogène certain par le CIRC (Centre International de Recherche sur le Cancer), **le benzène** dispose de valeurs réglementaires établies par décret (2011-1727) : depuis 2016 : $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (en moyenne annuelle). Valeur nécessitant des investigation complémentaires $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (sur une phase). A noter que ce polluant est intégré dans le cadre de la surveillance réglementaire dans certains ERP (Etablissement Recevant du Public - décret 2011-1728).

Concentration en $\mu\text{g}/\text{m}^3$		25/11 - 29/11/2019					29/11 - 03/12/2021				
		Benzène	Toluène	Ethylbenz.	m+p Xylène	o-xylène	Benzène	Toluène	Ethylbenz.	m+p Xylène	o-xylène
collège	D206	2.8	7.2	1.3	4.0	1.5	1.6	8.7	1.4	4.3	1.6
	D212	3.0	8.6	1.6	4.6	1.8	1.8	9.0	1.3	3.8	1.5
lycée	E101	1.8	2.0	0.3	0.8	0.4	1.1	1.0	0.1	0.4	0.3
	E110	2.2	1.4	0.4	0.9	0.4	1.4	0.9	0.3	0.6	0.2
internat	chambre A102-A108	2.7	2.5	0.5	1.3	0.5	0.9	0.4	0.2	0.5	0.2
administratif	bureau secrétariat	2.5	1.1	0.6	1.6	0.6	1.8	1.0	0.4	0.5	0.2
extérieur	extérieur	1.1	0.6	0.1	0.3	0.2	0.7	0.2	0.1	0.1	0.1
médianes	OQAI-CNL	2.1	12.2	2.3	5.6	2.3	2.1	12.2	2.3	5.6	2.3
	OQAI-BPE	1.6	5.5	1.1	2.7	1.2	1.6	5.5	1.1	2.7	1.2
	Lycée région	1,2	1,7	1,8	3,1	1,1	1,2	1,7	1,8	3,1	1,1
Valeurs de réf.		2 (VGAI régl.)	20 000 (VGAI ANSES)	1500 (VGAI ANSES)	200 (INDEX)	200 (INDEX)	2 (VGAI régl.)	20 000 (VGAI ANSES)	1500 (VGAI ANSES)	200 (INDEX)	200 (INDEX)

L'Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'alimentation, de l'Environnement et du travail (ANSES) a établi des valeurs guides pour l'air intérieur (VGAI) pour le benzène (reprise dans le cadre de la surveillance réglementaire de certaine ERP), le toluène et, l'éthylbenzène.

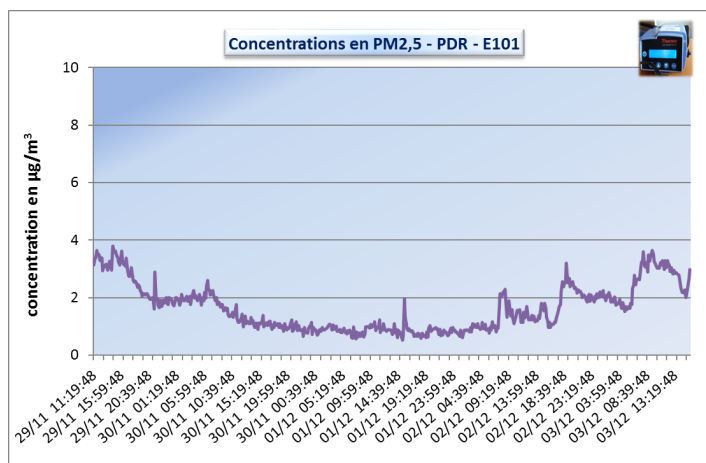
Des valeurs guides indicatives ont été proposées pour les xylènes (Koistinen K, Kotzias D, Kephelopoulos S et al. (2008). The INDEXX project : executive summary of a European Union project on indoor air pollutants. Allergy, 63:810-819).

- ✓ Les teneurs de l'ensemble des composés se situent en dessous des valeurs de référence.
- ✓ Les niveaux en benzène ont baissé entre 2019 et 2021 et pour les autres composés, les niveaux équivalents ou en baisse.
- ✓ Elles se situent par ailleurs dans la gamme des teneurs rencontrées lors de la campagne des 10 lycées de la région Grand Est avec toutefois des teneurs plus élevées en toluène (partie collège). S'agissant de la chambre, les teneurs sont faibles, en dessous de celles mesurées dans la plupart des logements français (campagnes OQAI).



Sur cette phase de mesures, les concentrations en benzène sont toutes inférieures à la valeur limite de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et inférieures à titre indicatif à la valeur guide en vigueur (fixée à $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Le maximum est de $1,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (salle D212).

➔ Particules PM2,5 (diamètres < 2,5 µm)



En moyenne sur la semaine, les teneurs sont de $1,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ($4,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2019). Le maximum est de $3,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Les teneurs sont très faibles et ne dépassent jamais $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



Emises par le **trafic routier**, l'**industrie** l'**agriculture**, les **combustions** (bois, charbon, fuel...) et certaines activités domestiques (**cuisson**, **tabagisme**, **appareil de chauffage**...).



Les effets sur la santé des particules sont **fonction du type de substances qu'elles contiennent** (allergènes, spores, composés chimiques...). Les PM2,5 (diamètre < $2,5 \mu\text{m}$) sont susceptibles de pénétrer dans les voies respiratoires.



Le **H CSP** (Haut Conseil de la Santé Publique) propose des **valeurs guides indicatives** dégressives dans le temps :

2019 :	A partir de 2025 :
PM _{2,5} : $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$	PM _{2,5} : $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$

➔ CONCLUSIONS

La réalisation des mesures de la qualité de l'air intérieur au sein de la cité scolaire de Schirmeck du 29 novembre au 03 décembre 2021 a permis de mettre en évidence les éléments suivants :

- ✓ Des températures et humidités moyennes en journée (8h00-18h00) qui approchent ou se situent dans la zone à éviter vis-à-vis des problèmes de sécheresse (hormis la salle D206).
- ✓ Des indices de confinement au maximum de 3 (sur une échelle de 5) au niveau du collège (salle D206). Le lycée présente des indices nul à faible (0-1/5) dans les 2 salles instrumentées (E110-E101).
- ✓ Des systèmes de ventilation mécanique opérationnels dans les salles de classe dont les débits sont à mettre au regard des volumes des salles de classe afin de vérifier leur bon dimensionnement.
- ✓ Des teneurs en benzène, situés entre $1,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (D212) et $0,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (chambre), qui se positionnent en dessous de la valeur limite ($10 \mu\text{g}/\text{m}^3$) et par conséquent à titre indicatif en dessous de la valeur réglementaire de $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour toutes salles. Par rapport à la campagne de 2019, les niveaux ont baissé.

Globalement, les **résultats obtenus sont satisfaisants**. L'aération par ouvertures des fenêtres et des portes lors des interours par exemple, est recommandée et à poursuivre. Les paramètres de températures et humidités relatives sont éventuellement à suivre et à ajuster pour assurer un positionnement des salles dans la zone de bon confort hygrothermique et de préservation du bâtiment.

LIMITER LES SOURCES DE POLLUTION DANS LES ENVIRONNEMENTS INTERIEURS

AERER

- ✓ Une aération régulière permet de préserver une bonne qualité de l'air intérieur.



ENTREtenir LE SYSTÈME DE VENTILATION

- ✓ Nettoyer les bouches
- ✓ Changer les filtres
- ✓ Vérifier les débits d'air



DECODER LES ETIQUETTES

- ✓ **Matériaux de construction & d'ameublement** : peintures, colles, vernis, moquettes, panneaux de bois etc : **étiquetage obligatoire (A+, A, B, C).**
- ✓ **Produits d'entretien** : labels officiels (NF environnement, écolabel européen).



EVITER

- ✓ L'utilisation de produits d'ambiances sources de COV (désodorisant, encens...).
- ✓ Le stockage de produits chimiques dans les pièces.
- ✓ Les fumées (tabac...).





AtMO

GRAND EST

Metz - Nancy - Reims - Strasbourg

Air • Climat • Energie • Santé

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

Tél : 03.69.24.73.73 – contact@atmo-grandest.eu

Siret 822 734 307 000 17 – APE 7120 B

Association agréée de surveillance de la qualité de l'air