

Lycée Philippe de Vigneulles à METZ : Synthèse des résultats de la campagne de mesures de qualité de l'air intérieur



Périodes de mesures

Hors-chauffe : du 18 au 22 septembre 2023

Chauffe : du 27 novembre au 1er décembre 2023

ATMO Grand Est accompagne le collège Philippe de Vigneulles à Metz pour la gestion de la qualité de l'air intérieur dans son établissement à la suite de son évacuation en 2022 pour cause de signalement de mauvaises odeurs ainsi que des déclarations d'élèves et de professeurs souffrant de maux de ventre, de gorge, de picotement des yeux. Le collège a réouvert ses portes en septembre 2023 et différentes actions ont été entreprises (mise en place de capteurs CO₂ ainsi que d'un protocole d'aération, intervention d'une personne formée au langage des nez en cas d'odeurs...) dont des campagnes de mesure de polluants. De ce fait, le conseil départemental de Moselle a sollicité l'expertise d'ATMO Grand Est pour la mesure de différents polluants de l'air intérieur dans l'établissement. Le présent rapport présente les résultats en période hors chauffe et en période de chauffe obtenus en 2023 en comparaison aux valeurs de référence.



Capteur Class'Air : utilisé pour la mesure de la température, de l'humidité relative et du dioxyde de carbone.



Tubes passifs : utilisés pour la mesure des COV.

Suivi de 12 salles pour :

- **Paramètres de confort/ambiance** : Température, Humidité Relative.
- **Confinement** : dioxyde de carbone CO₂ (en phase d'occupation).
- **Indicateurs des matériaux, activités, etc.** : **COV** (Composés Organiques Volatils) dont le formaldéhyde et le benzène.

Suivi d'un site extérieur de proximité pour :

- **Paramètres de confort/ambiance** : Température, Humidité Relative.
- **Indicateur du trafic routier** : Benzène.



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 d'approcher un état annuel de la qualité de l'air en prenant en compte les variabilités temporelles des concentrations de polluants dans l'air. Ce rapport avec les résultats des deux campagnes (hors-chauffe/chauffe) présente l'état initial de la qualité de l'air intérieur après la réouverture du collège.

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 école de l'OQAI (Observatoire de la Qualité de l'air Intérieur), représentatives de l'état des écoles maternelles et élémentaires françaises (301 écoles enquêtées entre 2013 et 2017).

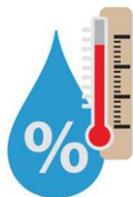
➔ Pièces investiguées

Le tableau présenté ci-dessous indique pour les 12 salles investiguées : leur emplacement au sein du bâtiment, le nom de la salle et la présence ou non d'une ventilation mécanique contrôlée (VMC).

Bâtiment	Niveau	Pièce	Présence de VMC	
Réfectoire	1er étage	Demi-pension	Non	
CDI	Rez-de-chaussée	CDI	Oui	
Salle polyvalente	Rez-de-chaussée	Salle polyvalente	Non	
Externat	Sous-sol	Atelier SEGPA	Non	
		Salle arts plastiques	Non	
	Rez-de-chaussée	Salle 6	Non	
		1er étage	Salle 105	Non
			Salle 111	Non
	2ème étage	Salle 118	Oui	
		Salle 208	Non	
		Salle 215	Non	
		Salle 221	Non	



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.

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.

En période d'occupation		HUMIDITE RELATIVE (%)			TEMPERATURE (°C)		
		moy	max	min	moy	max	min
Hors chauffe Sept 2023	Demi-pension	55,0	64	46	24,1	26	22
	CDI	58,7	74	48	22,5	26	19
	Salle polyvalente	55,5	70	46	23,0	26	21
	Atelier SEGPA	54,1	61	44	22,3	24	20
	Salle arts plastiques	61,8	73	51	21,2	23	19
	Salle 6	62,2	71	52	21,5	25	19
	Salle 105	60,2	69	52	21,1	25	19
	Salle 111	54,9	66	43	21,9	24	19
	Salle 118	55,5	67	44	22,0	24	19
	Salle 208	55,1	65	45	23,2	26	19
	Salle 215	56,0	69	47	23,9	26	22
	Salle 221*	57,2	62	51	18,4	20	17
Chauffe Déc 2023	Demi-pension	33,1	41	27	20,2	24	17
	CDI	33,0	43	28	19,0	23	13
	Salle polyvalente	39,6	47	34	18,4	21	15
	Atelier SEGPA	39,4	43	36	15,5	16	15
	Salle arts plastiques	34,4	39	28	19,2	21	16
	Salle 6	38,3	49	32	18,7	21	13
	Salle 105	35,6	42	32	18,0	20	15
	Salle 111	33,4	36	36	18,1	20	17
	Salle 118	33,8	40	29	20,9	23	18
	Salle 208	40,7	57	31	19,4	23	13
	Salle 215	42,8	60	35	18,3	21	12
	Salle 221	40,8	51	36	18,8	21	13

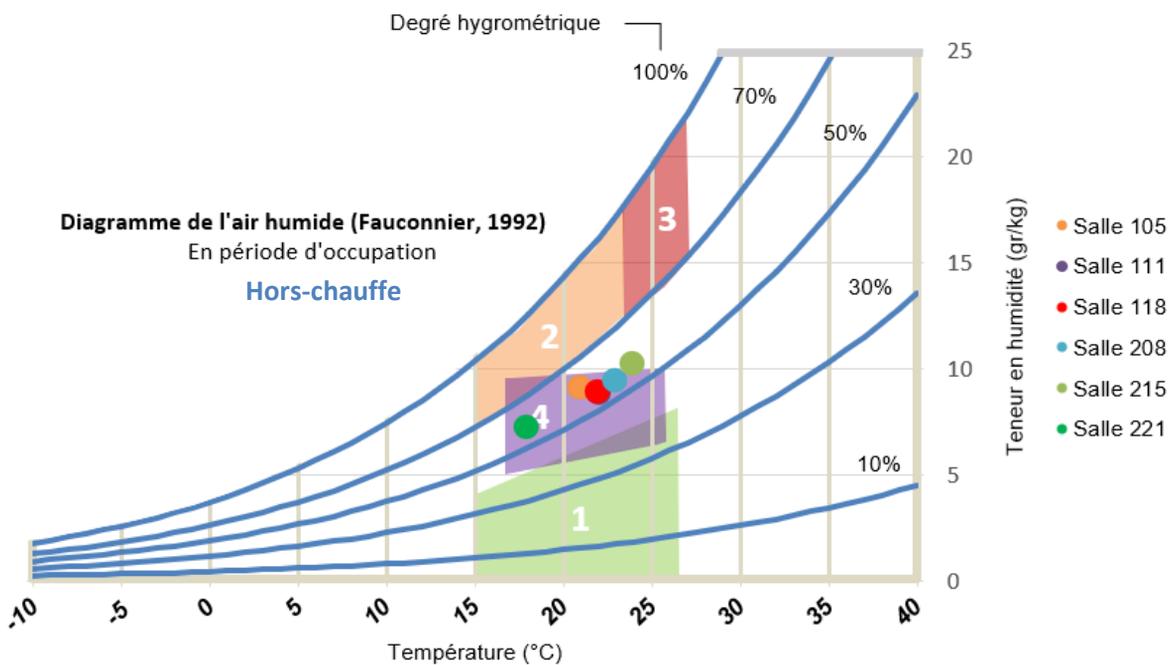
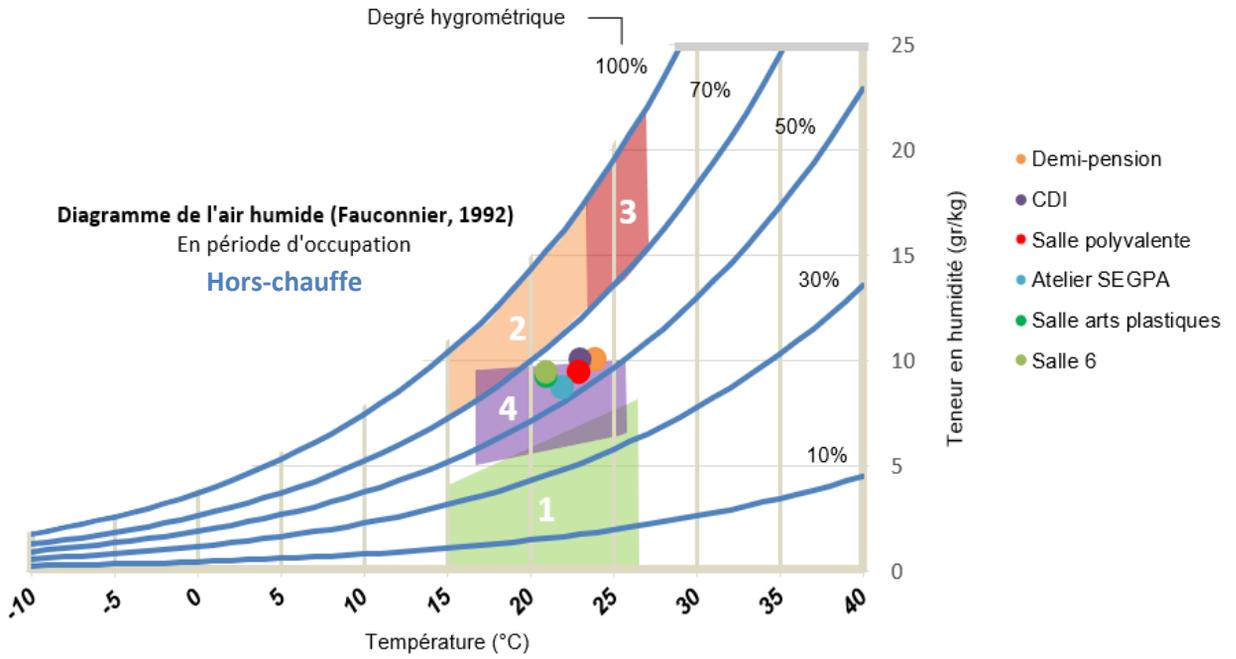
Valeur en dehors des préconisations (T°C entre 18 et 22°C, humidité entre 40 et 60%)

Les statistiques figurant dans le tableau ont été calculées pendant les heures de présence des élèves.

* Autre période de mesures que les précédentes salles car problème météorologique.

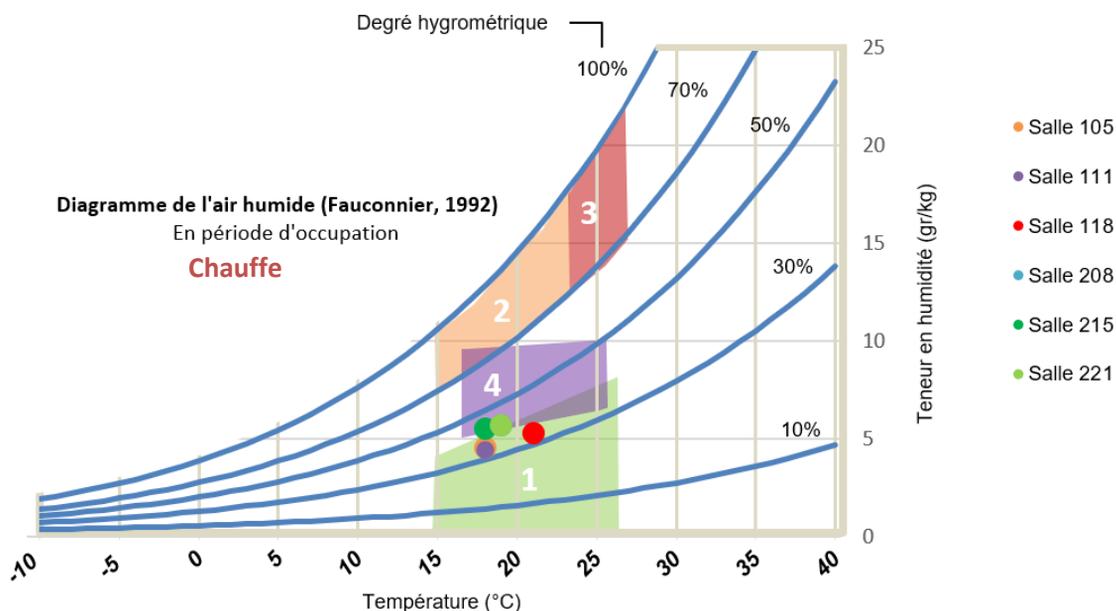
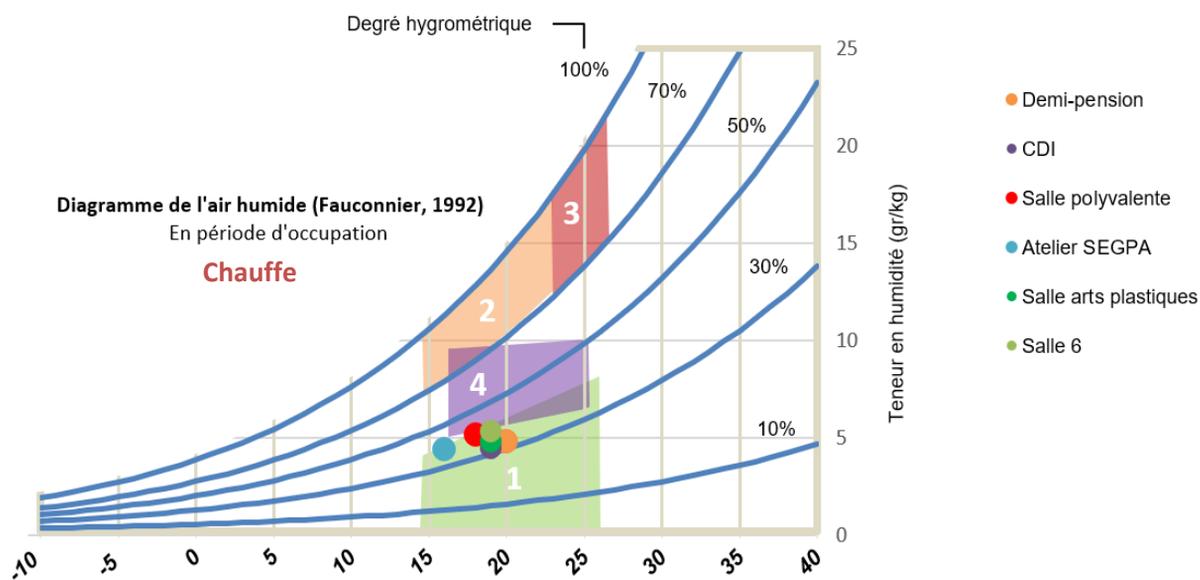
Sur la période hors chauffe, toutes les salles se positionnent dans la zone de bon confort hygrothermique dont certaines salles, la salle 215, le CDI, et la salle demi-pension, à la limite (voir diagrammes de Fauconnier page suivante). Les températures moyennes sont élevées (supérieures à 22°C) ainsi que les humidités relatives (supérieures à 60%) dans certaines pièces (en rouge dans le tableau). A noter que des températures élevées peuvent entraîner un inconfort des occupants et des humidités relatives élevées peuvent entraîner la prolifération de bactéries et de microchampignons.

- 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



Sur la **période de chauffe**, toutes les salles se positionnent dans la **zone 1 de sécheresse** dont certaines salles, salle polyvalente, salle 6, salle 215 et salle 221, à la limite de la zone 4 (voir diagrammes de Fauconnier ci-dessous). Les températures moyennes sont comprises entre 18 et 22°C sauf pour l'atelier SEGPA qui pour la température est en dessous des valeurs préconisées (en moyenne 15,5°C). Les humidités relatives pour l'ensemble des salles (sauf les salles 208, 215 et 221) sont inférieures à 40% (en rouge dans le tableau page 3). À noter que une humidité relative faible peut engendrer des sensations d'inconfort pour les occupants (sécheresse).

- 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)



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 (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 800 et 1500 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'.

Plus les concentrations en CO₂ dépassent la valeur de 1500 ppm et plus l'indice sera élevé.

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>

	n° salle	valeur indice	nature du confinement	informations
Hors chauffe	Demi-pension*	/	/	/
	CDI	0	nul	néant
	Salle polyvalente	0	nul	néant
	Atelier SEGPA	0	nul	néant
	Salle arts plastiques	1	faible	néant
	Salle 6	1	faible	néant
	Salle 105	0	nul	néant
	Salle 111	0	nul	néant
	Salle 118	0	nul	néant
	Salle 208	1	faible	néant
	Salle 215	2	moyen	néant
Salle 221	2	moyen	néant	
Chauffe	Demi-pension*	/	/	/
	CDI	0	nul	néant
	Salle polyvalente	2	moyen	néant
	Atelier SEGPA	0	nul	néant
	Salle arts plastiques	2	moyen	néant
	Salle 6	2	moyen	néant
	Salle 105	2	moyen	néant
	Salle 111	0	nul	néant
	Salle 118	2	moyen	néant
	Salle 208	3	élevé	néant
	Salle 215	4	très élevé	sensibilisation
Salle 221	3	élevé	néant	

* Afin de calculer l'indice ICONE, un minimum d'occupation de 12h par semaine est nécessaire, ce qui n'est pas le cas pour cette pièce.

A partir des plannings d'occupation des salles, les indices de confinement ont pu être calculés pendant les deux campagnes, périodes de chauffe et hors chauffe. 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.

Les résultats font apparaître :

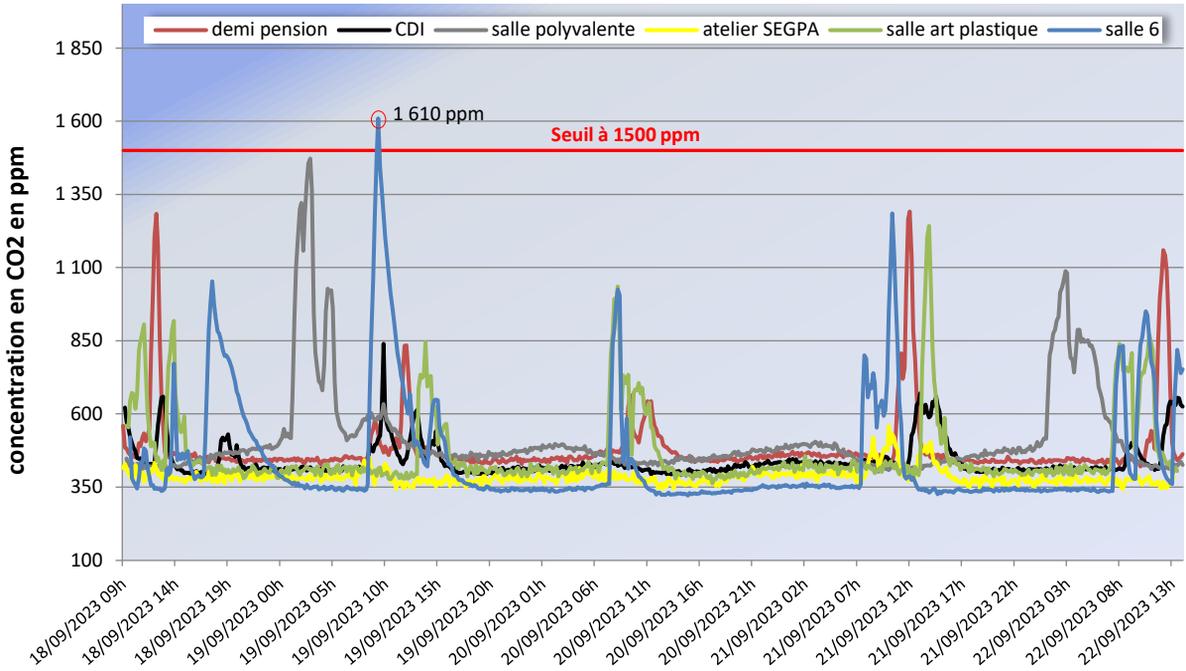
- ✓ Lors de la **période hors chauffe**, les salles suivantes : salle art plastique, salle 6 et salle 208 présentent un indice de confinement de nature faible. Tandis que les salles 215 et salle 221 présentent un indice de confinement moyen.
- ✓ Lors de la **période de chauffe**, les salles identifiées précédemment présentent un indice de confinement plus élevé qu'en période hors-chauffe. Les salles suivantes : salle polyvalente, salle art plastique, salle 6, salle 105 et salle 118 présentent un indice de confinement moyen. La salle 221 a un niveau d'indice égal à 3 (de type élevé) et présente un effectif maximal de 27 élèves, tandis que la salle 215 (effectif maximal de 25 personnes) présente un niveau d'indice 4 correspondant à un confinement de type très élevé.

Il est donc conseillé de continuer les efforts effectués au niveau de l'aération des salles, notamment dans les salles ayant un indice de confinement de 2 et 3, pour assurer un bon renouvellement d'air (privilégier l'ouverture des fenêtres en grand par exemple). Pour la salle 215 (indice de niveau 4), il est recommandé d'améliorer les conditions d'aération de cette salle en procédant à des ouvertures plus fréquentes des fenêtres lors des périodes d'occupation.

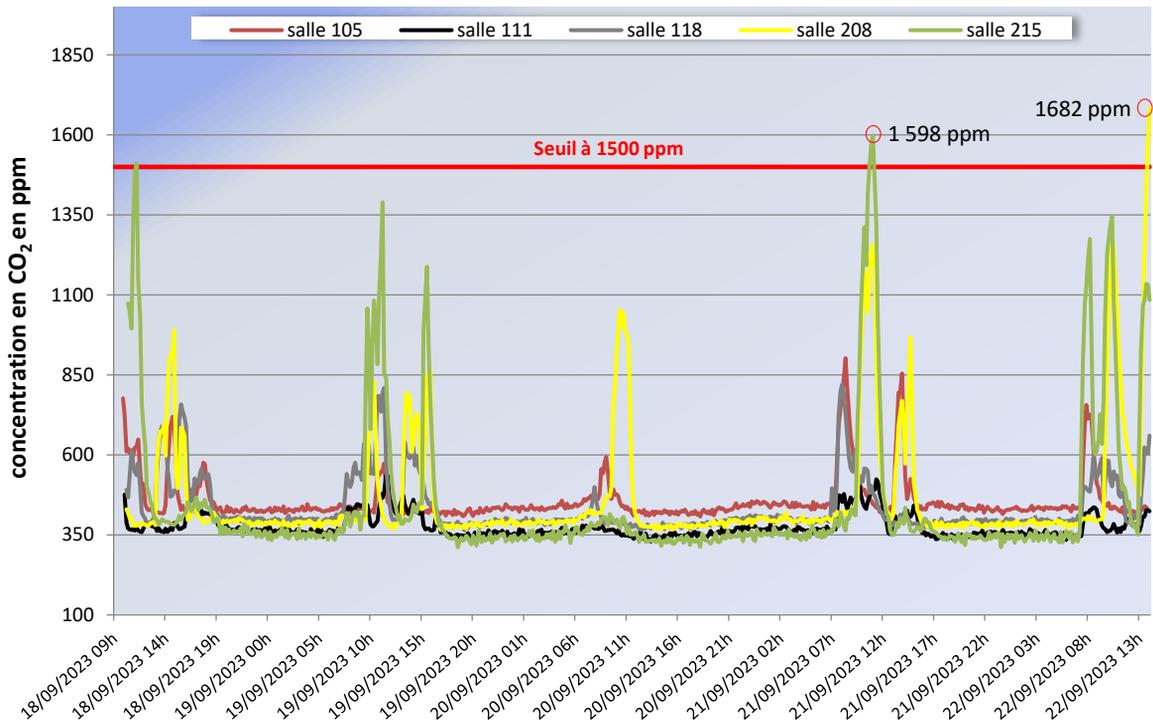
Pour information, lors de la campagne dans 8 lycées du Grand Est en 2022, 62 % des salles de classe présentaient des indices de 0 à 2 lors de la période hors chauffe. 3 % montraient un problème de confinement avec des indices de 4 à 5.

➔ Suivi dynamique dioxyde de carbone (période hors-chauffe)

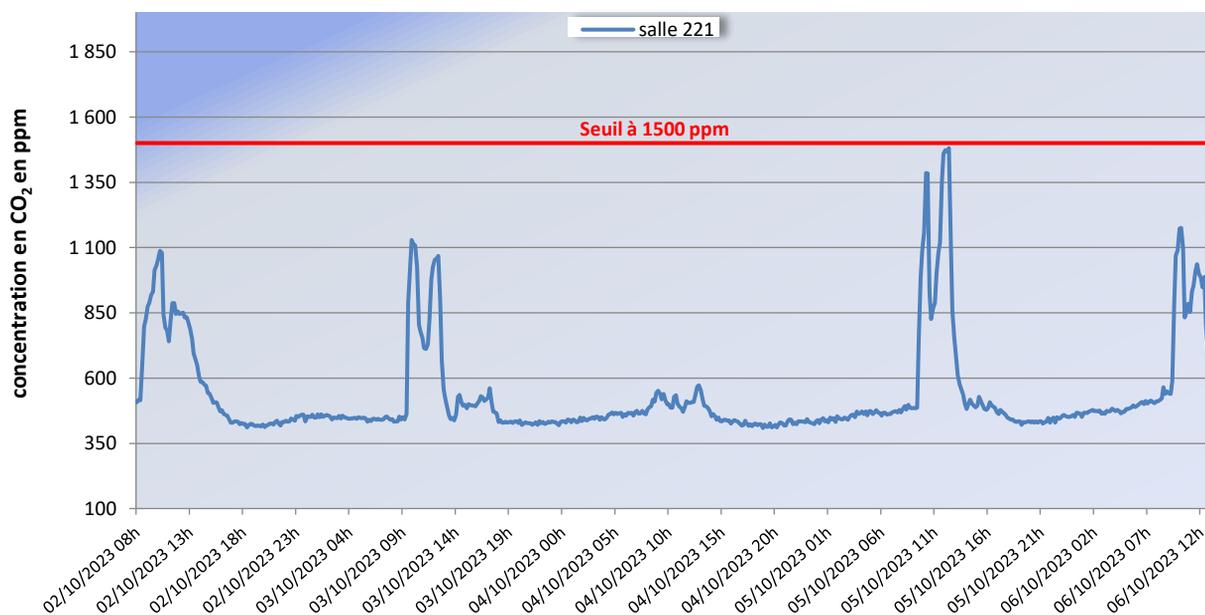
Concentration en CO₂ - période hors chauffe - collège de Vigneulles



Concentration en CO₂ - période hors chauffe - collège de Vigneulles



Concentration en CO₂ - période hors chauffe - collège de Vigneulles



L'évolution de la concentration en CO₂ au cours des journées de mesure sont présentées dans le graphique ci-dessus sur la période de chauffe et sur le graphique en page précédente pour la période hors-chauffe.

Un incident technique a été constaté pour la salle 221, la mesure de concentration en CO₂ a donc été réalisée sur une autre période du 2 au 6 octobre.

Pour la **période hors-chauffe**, la concentration en CO₂ ne dépasse pas la valeur seuil de 1500 ppm pour l'ensemble des salles, hormis la salle 6, la salle 208 et la salle 215 qui dépassent ponctuellement ce seuil.

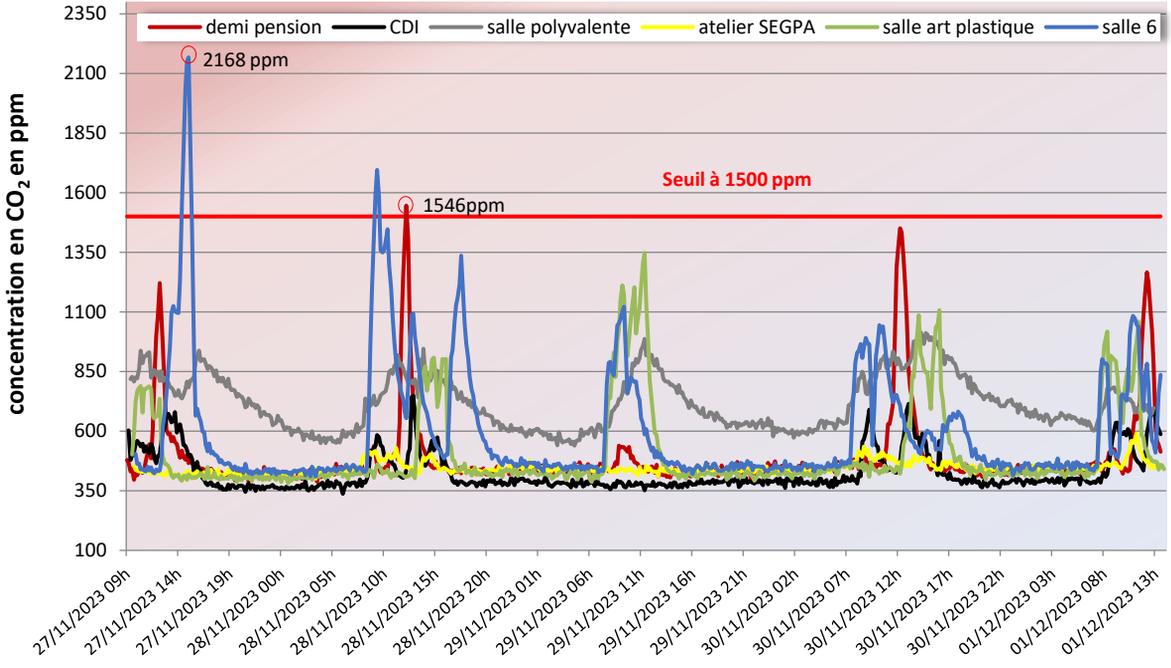
- ✓ La **salle 6** enregistre une concentration moyenne en CO₂ en période d'occupation sur la semaine de 729 ppm avec un pic maximale de 1610 ppm, le 19/09/23 à 10h10. La concentration en CO₂ augmente assez rapidement : en moyenne elle dépasse 1000 ppm voir 1500 ppm en 30 minutes et 1h respectivement après l'arrivée des élèves. Le taux de CO₂ franchit une seule fois de la semaine le seuil de 1500 ppm (le 19/09/23). Il faut environ entre 30 et 40 minutes pour descendre en dessous du seuil de 800 ppm après le départ des élèves.
- ✓ La **salle 208** enregistre une concentration moyenne en CO₂ en période d'occupation sur la semaine de 796 ppm avec un pic maximale le plus élevé de la semaine toute salle confondue à 1682 ppm, le 22/09/23 à 14h50. Ce seuil de 1500 ppm est dépassé une seule fois dans la semaine.
- ✓ La **salle 215** enregistre une concentration moyenne en CO₂ en période d'occupation sur la semaine de 930 ppm avec un pic maximal à 1598 ppm le 21/09/23 à 11h50. La concentration en CO₂ augmente très rapidement : en moyenne elle dépasse 1000 ppm en 10-20 minutes voir dépasse 1500 ppm en 1 heure après l'arrivée des élèves. Néanmoins, les concentrations baisse rapidement après le départ des élèves : environ 20 minutes pour redescendre en dessous du seuil de 800 ppm.

Les autres salles ne dépassent pas le seuil réglementaire de 1500 ppm sur toute la période de mesure.

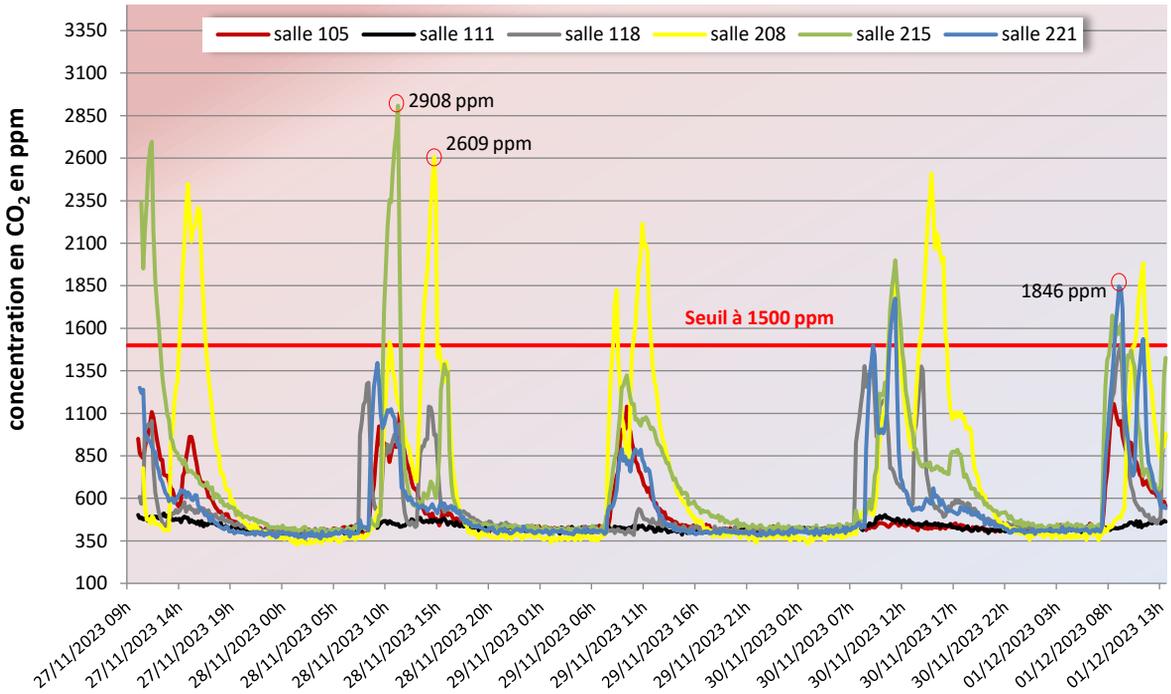
Sur cette période hors-chauffe, les dépassements occasionnels des seuils ne sont pas problématiques, néanmoins les pratiques d'aération sont à poursuivre afin de maintenir un bon renouvellement d'air.

➔ Suivi dynamique dioxyde de carbone (période de chauffe)

Concentration en CO₂ - période de chauffe - collège de Vigneulles



Concentration en CO₂ - période chauffe - collège de Vigneulles



Pour la **période de chauffe**, la concentration en CO₂ dépasse la valeur seuil de 1500 ppm dans les salles suivantes : demi-pension, salle n°6, salle n°208, salle n°215 et salle n°221.

- ✓ **La salle demi-pension**, enregistre une concentration moyenne en CO₂ en période d'occupation de 851 ppm avec un pic maximal de 1546 ppm , le 28/11/23 à 12h50. La concentration augmente progressivement dès l'arrivée des élèves le midi et dépasse en moyenne en 30 minutes 1000 ppm. Le seuil est dépassé une seule fois dans la semaine le 28/11/23 entre midi.
- ✓ **La salle 6**, enregistre une concentration moyenne en CO₂ en période d'occupation de 1010 ppm avec un pic maximale de 2168 ppm le 27/11/23 à 15h45. La concentration augmente assez rapidement dès l'arrivée des élèves en cours et dépasse 1000 ppm environ 20 minutes après l'arrivée des élèves. Le taux de CO₂ dépasse au cours de la semaine 4 fois le seuil de 1500 ppm. Il faut en moyenne 40 minutes après le départ des élèves en fin de journée pour redescendre en dessous du seuil de 800 ppm.
- ✓ **La salle 208** enregistre une concentration moyenne en période d'occupation de 1363 ppm (la plus élevée de la semaine) avec un pic maximal de 2609 ppm le 28/11/23 à 15h25. La concentration augmente assez rapidement dès l'arrivée des élèves en cours : en moyenne 20 minutes nécessaires pour dépasser 1000 ppm et 50 minutes pour dépasser le seuil de 1500 ppm. La concentration en CO₂ dépasse ce seuil réglementaire tous les jours de la semaine. Il faut attendre environ 2 heures après le départ des élèves pour redescendre en dessous de 800 ppm.
- ✓ **La salle 215** enregistre une concentration moyenne en période d'occupation de 1546 ppm avec un pic maximale de 2908 ppm (concentration en CO₂ la plus élevée de la semaine) le 28/11/23 à 11h55. La concentration augmente assez rapidement dès l'arrivée des élèves en cours : en moyenne 20 à 40 minutes nécessaire pour dépasser 1000 ppm. Le seuil de 1500 ppm est dépassé tous les jours (sauf le mercredi faible taux d'occupation) de la semaine. Il faut attendre environ 2 heures après le départ des élèves pour redescendre en dessous de 800 ppm.
- ✓ **La salle 221** enregistre une concentration moyenne en période d'occupation de 1180 ppm avec un pic maximale de 1846 ppm le 01/12/23 à 9h45. En moyenne, en période d'occupation en 30 minutes on dépasse 1000 ppm. Le seuil de 1500 ppm est dépassé le jeudi et vendredi de la semaine.

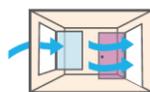
Les autres salles ne dépassent pas le seuil réglementaire de 1500 ppm sur toute la période de mesure.

Il est conseillé **d'améliorer particulièrement l'aération dans la salle 215 pour assurer un renouvellement d'air plus efficient** (privilégier l'ouverture des fenêtres en grand par exemple).

Sur cette période de chauffe, pour l'ensemble des autres salles, les dépassements des seuils ne sont pas problématiques, néanmoins les pratiques d'aération sont à poursuivre afin de maintenir un bon renouvellement d'air, notamment pour les salles 208 et 221.

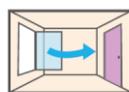
AERER

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



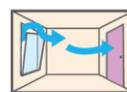
L'aération transversale

2 à 4 minutes



L'aération en grand

4 à 10 minutes



L'aération par entrebâillement

Inefficace

→ Les composés organiques volatils (COV)



Les **Composés Organiques Volatils** regroupent une **multitude de familles chimiques** (aldéhydes, hydrocarbures, terpènes, éthers de glycol, alcool, composés chlorés...). Les **COV sont souvent plus nombreux et plus concentrés à l'intérieur qu'à l'extérieur**, en lien avec la **multiplicité des sources présentes**.

Dans l'**air intérieur**, les COV 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. L'environnement extérieur (industries, chauffages, trafic routier...) peut également influencer les concentrations de certains COV (le benzène par exemple).

Au cours de cette série de prélèvements, les BTEX (benzène, toluène, éthylbenzène et xylènes) ainsi que des aldéhydes ont été recherchés dans l'ensemble des salles.

Le **formaldéhyde et le benzène, qui disposent de valeurs guides réglementaires, sont présentés spécifiquement dans cette synthèse. Si des COV ont été identifiés, ils sont cités.**

→ Le formaldéhyde



Le **formaldéhyde** dispose de **valeurs guides réglementaires** établies par décret (2011-1727) : 2015 : $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

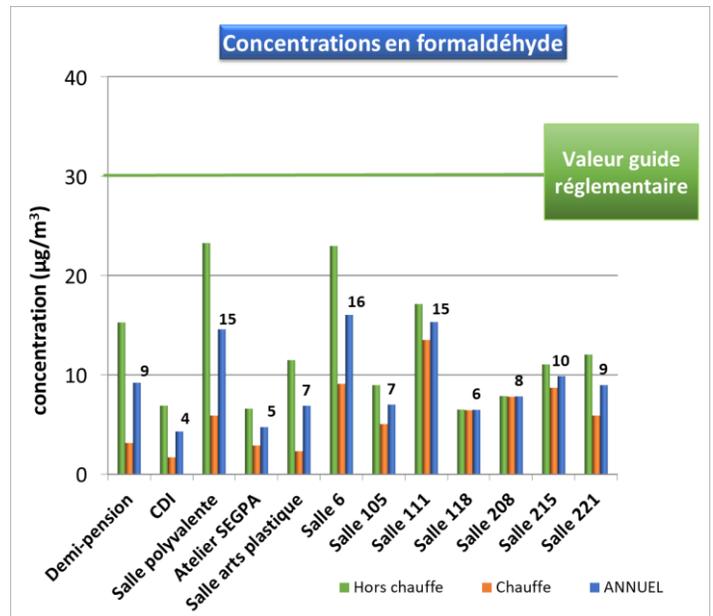


Substance irritante pour le nez et les voies respiratoires, le formaldéhyde est classé **cancérogène certain** par le CIRC (centre international de recherche sur le cancer).

Ce polluant est intégré dans la réglementation relative à certains établissements recevant du public (décrets n° 2022-1689 et n° 2022-1690 du 27 décembre 2022) :

1^{er} janvier 2018 : accueil collectif des enfants de moins de 6 ans et écoles maternelles et élémentaires.

1^{er} janvier 2020 : pour les accueils de loisirs et les établissements d'enseignement du second degré.



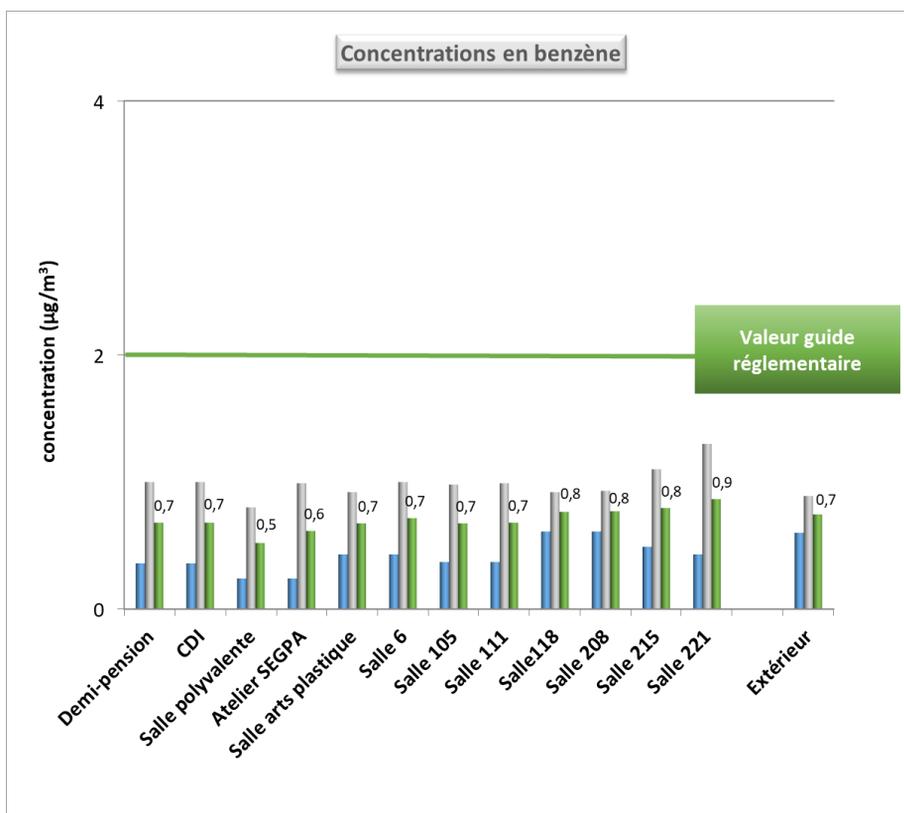
Les **concentrations en formaldéhyde** se situent **en dessous de la valeur guide à $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$** pour toutes les **salles instrumentées** (moyennes annuelles en bleu sur le graphique). Les concentrations du formaldéhyde en période hors chauffe sont plus élevées qu'en période de chauffe, ce phénomène est habituellement observé pour ce type de polluant.

→ Le benzène



Classé cancérigène certain par le CIRC, le **benzène** dispose de **valeurs guides réglementaires** établies par décret (2011-1727) : depuis 2013 : $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, et depuis 2016 : $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Au même titre que le formaldéhyde, ce polluant est intégré dans le cadre de la surveillance **réglementaire** dans certains ERP (décrets n° 2022-1689 et n° 2022-1690 du 27 décembre 2022).



- ✓ Les concentrations en **benzène en intérieur** sont **inférieures** à la **valeur guide réglementaire de $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$** . Les concentration moyenne annuelle (en vert) en benzène sont données sur le graphique.
- ✓ Le benzène retrouvé dans les salles semble être majoritairement issu du transfert de l'extérieur vers l'intérieur. Les sources de benzène sont principalement liées à la présence de voitures à proximité de l'établissement (notamment présent au démarrage des véhicules).

→ Les autres COV - en période hors-chauffe

Des valeurs guides indicatives ont été proposées pour le toluène, le styrène et les xylènes dans une étude de Koistinen et al. Elles sont de **300 µg/m³ pour le toluène, 200 µg/m³ pour le (m+p)-xylènes et le o-xylène et de 250 µg/m³ pour le styrène (2015)**.

Le Haut Conseil de Santé Publique (HCSP) a également proposé des valeurs guides indicatives pour le trichloroéthylène (**2 µg/m³: 2012**) et le tétrachloroéthylène (**250 µg/m³ (2010)**) avec une valeur d'action rapide de **1250 µg/m³**).

Les résultats détaillés des concentrations mesurées dans toutes les salles sont présents en annexe. Une concentration inférieure à 10 µg/m³ est considérée comme faible. En ne considérant uniquement que les concentrations supérieures à 10 µg/m³, l'analyse complète des COV a mis en évidence :

- ✓ La présence de **2-éthyl-1-hexanol dans la salle polyvalente** à hauteur de 79 µg/m³. Son utilisation la plus répandue est la fabrication du diester bis(2-éthylhexyl) phtalate (DEHP), un **plastifiant**. Le sol plastique ainsi que les nombreux objet plastifiés (ballons, matelas, tables ping-pong, chaises...) peuvent être des sources de ce polluant. Pour comparaison, lors des campagnes de mesures dans 8 lycées du Grand Est, ce polluant avait été retrouvé dans 2 salles de classe classiques avec des concentrations de 35 et 74 µg/m³ respectivement.
- ✓ La présence de **n-dodécane et ses isomères dans la salle polyvalente, les salle 6, 111, 208, 215 et 221**. Les alcanes sont présents dans les solvants, **peintures**, vernis, cires, colles, nettoyeurs, produits d'entretiens... Ce polluant est probablement émis par les peintures effectuées dans les salles en 2023 ou 2022 ou dans les pièces contigües par transfert de polluants. Les valeurs observées sont similaires à ce qui est habituellement observé dans les espaces intérieurs.
- ✓ La présence de **n-butanol dans la salle polyvalente**. Le butanol est utilisé dans les solvants pour peintures, vernis, résines ou encore les produits de nettoyage et dégraissants. Aucuns travaux n'ont été effectué dans la salle polyvalente d'après les informations qui nous ont été fournies. La source n'est pas identifiée à ce jour.
- ✓ La présence de **3-méthylcyclohexane dans la salle 6, 208, 215 et 221**. Le 3-methylcyclohexane est présent dans les **fluides correcteurs**.
- ✓ La présence de **d'éthylacétate dans les salles 208 et 221**. L'éthylacétate est présent dans les solvants pour peintures, vernis, encre d'imprimerie, adhésifs et matières plastiques. Tout comme le n-dodécane, ce polluant est probablement émis par les peintures effectuées dans la salle 221 en 2023 ou dans les pièces contigües par transfert.

Concentration en µg/m ³	Salle polyvalente	Salle 6	Salle 111	Salle 208	Salle 215	Salle 221
2-éthyl-1-hexanol	79,0	<LQ*	<LQ*	<LQ*	<LQ*	<LQ*
n-dodécane et isomères	20,0	14,0	17,0	13,0	13,0	13,0
n-butanol	15,0	0,7	0,9	0,5	1,4	1,2
3-méthylcyclohexane	<LQ*	33,0	0,7	30,0	18,0	26,0
éthyl acétate	0,5	1,8	0,4	19,0	5,7	11,0

<LQ* : concentration inférieure à la limite de quantification

→ Les autres COV - en période de chauffe

Des valeurs guides indicatives ont été proposées pour le toluène, le styrène et les xylènes dans une étude de Koistinen et al. Elles sont de **300 µg/m³ pour le toluène, 200 µg/m³ pour le (m+p)-xylènes et le o-xylène et de 250 µg/m³ pour le styrène (2015)**.

Le Haut Conseil de Santé Publique (HCSP) a également proposé des valeurs guides indicatives pour le **trichloroéthylène (2 µg/m³: 2012)** et le **tétrachloroéthylène (250 µg/m³ (2010) avec une valeur d'action rapide de 1250 µg/m³)**.

Les résultats détaillés des concentrations mesurées dans toutes les salles sont présents en annexe. Une concentration inférieure à 10 µg/m³ est considérée comme faible. En ne considérant uniquement que les concentrations supérieures à 10 µg/m³, l'analyse complète des COV a mis en évidence :

- ✓ La présence **d'éthylterbutyléther dans la salle d'art plastique**. Ce composé est probablement lié à l'utilisation d'un produit de la famille des hydrocarbures lors des activités d'art plastique.
- ✓ La présence de **n-octane et isomères dans la salle d'art plastique**. Les alcanes sont présents dans les solvants, **peintures**, vernis, cires, colles, nettoyants, produits d'entretiens. Ce polluant est probablement émis par les peintures effectuées dans les salles en 2023 ou 2022 ou dans les pièces contigües par transfert de polluants. Les valeurs observées sont similaires à celles qui sont habituellement observées dans les espaces intérieurs.
- ✓ La présence de **3-méthylcyclohexane dans les salles 208 et 215**. Le 3-méthylcyclohexane est présent dans les **fluides correcteurs**.

Concentration en µg/m ³	Salle art plastique	Salle 208	Salle 215
éthylterbutyléther	32	<LQ*	<LQ*
n-octane et isomères	0,99	10	3,5
3-méthylcyclohexane	0,68	12	43

<LQ* : concentration inférieure à la limite de quantification

→ CONCLUSIONS

La réalisation des mesures de la qualité de l'air intérieur au sein du collège Philippe de Vigneulles à METZ a permis de mettre en évidence les éléments suivants :

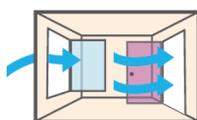
- Le positionnement dans la **zone de bon confort hygrothermique** lors de la période de la période **hors-chauffe** malgré des températures élevées en lien avec des températures extérieures supérieures à la normale ainsi que des humidités relatives élevées dans certaines pièces. **En période hivernale** (chauffe), la plupart des salles se positionnent dans la **zone de sécheresse** pouvant engendrer un inconfort des occupants.
- **En période hors-chauffe**, un **confinement moyen** dans les salles **215 et 221**. Pour les autres salles, le confinement est compris entre nul et faible. **En période de chauffe**, le confinement dans la **salle 215** passe en **très élevé**, tandis que les **salles 208 et 221** sont en **confinement moyen**. Pour les autres salles, le confinement est compris entre nul et faible. Il est recommandé d'accentuer l'aération de la salle 215 afin de faciliter le renouvellement d'air.
- Des **concentrations inférieures à la valeur guide réglementaire de 30 µg/m³ en formaldéhyde**.
- Des concentrations en **benzène inférieures à la valeur guide réglementaire de 2 µg/m³** pour toutes les salles avec la mise en évidence d'un transfert de ce polluant de l'extérieur vers l'intérieur.
- Il a été observé la **présence de différents composés organiques volatils** dans les pièces instrumentées notamment des composés ayant comme **sources des plastifiants, des peintures, ou encore des fluides correcteurs**. Les sources potentielles sont le sol de la salle polyvalente, les travaux de rénovation, notamment de peinture, effectués en 2022 ou 2023 et l'utilisation de fluides correcteurs dans les salles de cours.

Une vérification des débits de ventilation ainsi que l'évaluation des moyens d'aération annuelle est prévu pour mai 2024. Une prochaine campagne annuelle de mesure de CO₂ et de COV (dont benzène et formaldéhyde) en période d'occupation et le calcul des indices de confinements des pièces instrumentées est prévue en hiver 2024/2025.

LIMITER LES SOURCES DE POLLUTION DANS LES ENVIRONNEMENTS INTERIEURS

AERER

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



L'aération transversale :

2 à 4 minutes

ENTRETIENR LE SYSTÈME DE VENTILATION

Nettoyer les bouches.

Changer les filtres.



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 environnementaux officiels (NF environnement, écolabel européen).



Résultats des COV par pièce (concentrations en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) – période hors chauffe

	Demi-pension	CDI	Salle polyvalente	Atelier SEGPA	Salle arts plastique	Salle 6	Salle 105	Salle 111	Salle118	Salle 208	Salle 215	Salle 221	Extérieur
2-méthylpentane	0,1	0,1	0,1	<LQ*	0,1	<LQ*	0,1	0,1	0,1	1,5	0,1	0,1	0,1
3-méthylpentane	0,1	0,1	0,1	<LQ*	0,1	<LQ*	<LQ*	0,1	<LQ*	1,1	0,1	0,1	0,1
n-hexane	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,7	0,3	0,5	0,1
benzène	0,4	0,4	0,2	0,2	0,4	0,4	0,4	0,4	0,6	0,6	0,3	0,4	0,6
cyclohexane	<LQ*	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,1	<LQ*	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,3	0,1	0,1	<LQ*
n-heptane et isomères	1,1	0,6	1,1	1,1	1,2	2,2	0,9	0,5	1,5	4,8	3,8	3,6	1,0
2-éthoxyéthanol	0,2		<LQ*	0,2	0,5	0,2	<LQ*	0,3	<LQ*	<LQ*	0,1	<LQ*	<LQ*
toluène	0,4	0,4	0,7	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4
n-octane et isomères	1,0	0,9	3,8	0,9	1,6	1,6	0,9	1,6	0,9	1,2	2,7	2,5	0,6
n-butyl acétate	<LQ*	<LQ*	0,3	<LQ*	<LQ*	<LQ*	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,8	<LQ*	0,7	<LQ*
éthylbenzène	0,1	0,1	0,3	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
m- + p-xylène	0,3	0,3	0,4	0,8	0,5	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,2	0,3	0,2
styrène	0,3	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1
o-xylène	0,1	0,1	0,2	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
n-nonane et isomères	0,2	0,2	0,4	1,5	0,5	0,2	0,2	0,5	0,2	0,2	0,6	0,7	0,2
2-butoxyéthanol	0,4	<LQ*	1,0	0,5	0,3	0,2	<LQ*	0,2	<LQ*	<LQ*	0,6	<LQ*	<LQ*
alpha-pinène	<LQ*	<LQ*	<LQ*	17,0	<LQ*	<LQ*	<LQ*	<LQ*	<LQ*	<LQ*	<LQ*	<LQ*	<LQ*
n-décane et isomères	0,8	0,6	1,2	3,3	1,2	0,9	0,8	1,7	0,8	0,8	1,1	1,5	0,6
1,2,4-triméthylbenzène et autres aromatiques C9	0,4	0,4	0,7	1,3	0,5	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,5	0,3
2-éthyl-1-hexanol	5,9	<LQ*	79,0	1,8	<LQ*	<LQ*	<LQ*	<LQ*	<LQ*	<LQ*	<LQ*	<LQ*	<LQ*
limonène	<LQ*	<LQ*	<LQ*	2,1	<LQ*	<LQ*	<LQ*	<LQ*	<LQ*	<LQ*	<LQ*	<LQ*	<LQ*
n-undécane et isomères	2,4	0,7	4,3	4,2	1,7	1,3	1,4	1,8	0,6	0,7	1,7	1,7	0,4
1,2,4,5-tetraméthylbenzène et autres aromatiques C10	0,8	0,6	0,8	2,9	1,0	0,9	0,6	0,7	1,0	0,9	0,9	1,2	0,5
n-dodécane et isomères	6,3	2,7	20,0	2,2	5,8	14,0	8,1	17,0	9,1	13,0	13,0	13,0	9,2
naphtalène	<LQ*	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,2	0,2	0,2	<LQ*	<LQ*	0,2	<LQ*	<LQ*	0,2
n-butanol	2,8	0,5	15,0	2,9	2,2	0,7	1,3	0,9	0,2	0,5	1,4	1,2	<LQ*
3-méthylcyclohexane	0,1	2,0	<LQ*	0,1	6,1	33,0	1,7	0,7	1,2	30,0	18,0	26,0	<LQ*
éthyl acétate	0,6	0,6	0,5	<LQ*	8,1	1,8	<LQ*	0,4	1,7	19,0	5,7	11,0	<LQ*

<LQ* : concentration inférieure à la limite de quantification

Résultats des COV par pièce (concentrations en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) – période de chauffe

	Demi-pension	CDI	Salle polyvalente	Atelier SEGPA	Salle arts plastique	Salle 6	Salle 105	Salle 111	Salle118	Salle 208	Salle 215	Salle 221	Extérieur
1,4-dichlorobenzène	<LQ*	<LQ*	<LQ*	<LQ*	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,2	<LQ*	<LQ*	<LQ*	<LQ*	<LQ*
n-undécane et isomères	<LQ*	<LQ*	0,1	1,1	0,1	<LQ*	<LQ*	<LQ	0,6	1,9	1,4	1,7	<LQ*
cyclohexane	0,1	0,1	<LQ*	<LQ*	0,1	0,2	<LQ*	<LQ	0,2	0,3	0,2	0,2	<LQ*
naphtalène	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	0,3	<LQ*
n-nonane et isomères	0,2	0,4	0,2	1,1	0,3	0,9	0,2	0,2	0,7	2,7	2,8	1,7	<LQ*
2-éthyl-1-hexanol	<LQ*	<LQ*	7,9	<LQ*	<LQ*	<LQ*	<LQ*	<LQ*	<LQ*	<LQ*	<LQ*	<LQ*	<LQ*
n-dodécane et isomères	0,3	<LQ*	0,3	0,6	0,3	<LQ	0,9	1,5	4,2	2,5	4,8	3,5	<LQ*
3-méthylpentane	0,3	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
éthylterbutyléther	0,3	0,1	<LQ*	<LQ*	32	<LQ*	<LQ*	<LQ*	<LQ*	<LQ*	<LQ*	<LQ*	<LQ*
n-décane et isomères	0,3	0,5	0,8	1,6	0,4	0,5	0,5	1,0	1,2	2,2	2,4	2,7	<LQ*
n-butanol	0,3	0,5	4,6	1,3	0,9	<LQ	0,8	0,5	0,9	1,1	1,2	0,9	<LQ*
tétrachloroéthylène	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	<LQ*
styrène	0,4	0,4	0,4	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,4	0,4	0,5	0,3
1-méthoxy-2-propanol	<LQ*	<LQ*	<LQ*	0,9	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,8	0,9	1,1	0,9	<LQ*
n-butyl acétate	0,4	0,5	0,6	0,5	0,5	0,6	0,5	0,5	0,6	1,0	0,8	0,8	<LQ*
o-xylène	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,22
éthyl acétate	0,5	0,9	0,5	0,5	2,7	0,6	0,5	0,5	0,6	1,6	2,3	1,4	<LQ*
éthylbenzène	0,5	0,5	0,5	0,6	0,5	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,6	0,3
n-hexane	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4
1,2,4-triméthylbenzène et autres aromatiques C ₉	0,6	0,6	0,5	0,8	0,6	0,4	0,4	0,4	0,7	0,6	0,8	0,9	0,2
2-méthylpentane	0,7	0,6	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
1,2,4,5-tetraméthylbenzène et autres aromatiques C ₁₀	0,7	0,9	1,3	1,7	0,9	0,9	0,7	1,0	1,7	1,8	2,0	1,7	0,3
limonène	<LQ*	<LQ*	<LQ*	<LQ*	<LQ*	<LQ*	<LQ*	<LQ*	<LQ*	2,1	<LQ*	<LQ*	<LQ*
n-octane et isomères	0,8	0,9	1,5	0,9	1,0	3,8	0,6	0,6	1,8	10,0	3,5	3,1	0,2
benzène	1,0	1,0	0,8	1,0	0,9	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9	1,1	1,3	0,9
m- + p-xylène	1,1	1,0	0,8	0,9	0,8	0,6	0,6	0,6	0,8	0,7	0,8	1,0	0,3
n-heptane et isomères	1,3	1,4	1,1	1,0	1,3	4,5	1,0	1,0	2,1	11,0	4,0	4,5	0,4
3-méthylcyclohexane	1,4	0,2	0,1	0,1	0,7	1,8	1,4	0,3	7,4	12,0	43,0	6,3	0,1
toluène	1,8	1,7	0,8	0,8	0,9	0,9	0,8	0,7	0,9	0,9	1,0	0,9	0,8

<LQ* : concentration inférieure à la limite de quantification



Air • Climat • Energie • Santé

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

Tél : 03 88 19 26 66 - Fax : 03 88 19 26 67 - contact@atmo-grandest.eu

Siret 822 734 307 000 17 – APE 7120 B

Association agréée de surveillance de la qualité de l'air