

Caractérisation de la qualité de l'air intérieur dans 10 lycées de la Région Grand Est

Respirons mieux au Lycée



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 à tous sous licence libre «**ODbL v1.0**».
- 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.
- 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

Gestion du projet : *Bérénice JENNESON et Christelle SCHNEIDER, ingénieures études,*
Rédaction du rapport : *Bérénice JENNESON, ingénieure études, responsable bâtiments*
Relecture du rapport : *Christelle SCHNEIDER, ingénieure études*
Approbation du rapport : *Raphaèle DEPROST, responsable unité Projets*

Référence du modèle de rapport : PROJ-FE-017_2 (basé sur COM-FE-001_4)

Référence du projet : MSP-00247

Référence du rapport : PROJ-FE-017_2

Référence rapports individuels lycée : PROJ-EN-248, PROJ-EN-245, PROJ-EN-317, PROJ-EN-308, PROJ-EN-247, PROJ-EN-249, PROJ-EN-256, PROJ-EN-248, PROJ-EN-262 et PROJ-EN-263

Date de publication : 23/12/2019

ATMO Grand Est

Espace Européen de l'Entreprise – 5 rue de Madrid – 67300 Schiltigheim
Tél : 03 88 19 26 66 - Fax : 03 88 19 26 67
Mail : contact@atmo-grandest.eu

SOMMAIRE

RÉSUMÉ.....	4
INTRODUCTION.....	6
1. DESCRIPTIF DES BATIMENTS.....	7
2. DESCRIPTION DES CAMPAGNES DE MESURE.....	10
2.1. PARAMETRES SUIVIS.....	10
2.2. TECHNIQUES DE MESURE.....	12
2.2.1. Température, humidité relative et ventilation.....	12
2.2.2. Le dioxyde de carbone.....	12
2.2.3. Tubes à diffusion passive.....	12
2.2.4. Les badges Kodalpha.....	13
2.3. STRATEGIE D'ECHANTILLONAGE.....	13
2.3.1. Stratégie d'échantillonnage spatiale.....	13
2.3.2. Stratégie d'échantillonnage temporelle.....	15
3. STRATEGIE DE COMPARAISON.....	15
3.1. VALEURS DE REFERENCE.....	15
3.1.1. Les paramètres de confort.....	15
3.1.2. Le dioxyde de carbone.....	16
3.1.3. Le benzène et le formaldéhyde.....	16
3.1.4. Les autres composés organiques volatils.....	17
3.1.5. Le dioxyde d'azote.....	18
3.1.6. Le radon.....	18
3.2. DONNEES COMPARATIVES.....	18
4. RESULTATS.....	20
4.1. PARAMETRES DE CONFORT ET DE CONFINEMENT.....	20
4.1.1. Température et humidité relative.....	20
4.1.2. Confinement :.....	21

4.2.	LE FORMALDEHYDE.....	23
4.2.1.	Salles de cours	23
4.2.1.	Salles spécifiques	25
4.3.	LE BENZENE	26
4.4.	LES COMPOSES ORGANIQUES VOLATILS.....	27
4.5.	LE DIOXYDE D'AZOTE	31
4.6.	LE RADON.....	32
	CONCLUSION.....	33

RÉSUMÉ

La région Grand Est a initié une démarche de Développement Durable « Lycées en transition » qui comporte plusieurs axes dont le projet « Respirons mieux au lycée ». Par ailleurs, au sein du 3^{ème} Plan Régional Santé Environnement (PRSE3), l'action 7.1 « Prévenir les risques liés à la qualité de l'air intérieur / contribuer à l'amélioration de la QAI dans les établissements accueillant des personnes sensibles » comprend une sous action 7.1.1 « Agir pour une meilleure qualité de l'air intérieur dans les établissements recevant du public dont les lycées ». Dans ce cadre, ATMO Grand Est a été sollicitée par la région Grand Est, la Direction Régionale de l'Environnement de l'Aménagement et du Logement (DREAL) du Grand Est et l'Agence Régionale de Santé (ARS) du Grand Est afin de mettre en œuvre des campagnes de mesures de la qualité de l'air intérieur dans des lycées.

Ce sont ainsi 10 lycées volontaires et engagés dans le projet « Respirons Mieux au Lycée » qui ont fait l'objet de deux campagnes de mesures sur 2018 et 2019 (une campagne estivale et une hivernale), à chaque fois dans quatre salles de cours (dont une salle spécifique) pour les paramètres suivants :

- Les paramètres de confort ;
- Le dioxyde de carbone ;
- Le formaldéhyde ;
- Le benzène ;
- Les composés organiques volatils ;
- Le dioxyde d'azote ;
- Le radon.

Les résultats ont permis de mettre en évidence les éléments suivants :

- La problématique du confort d'été est commune à de nombreux lycées puisque des températures élevées ont été observées dans différents établissements lors des campagnes estivales notamment en période de canicule. Ces températures associées à des taux d'humidité supérieurs à 60 % peuvent favoriser le développement de moisissures et de microorganismes. Les taux d'humidité sont plus faibles en période hivernale et les températures plus modérées.
- Lors des campagnes hivernales, 8 établissements sur 10 présentent au moins une pièce avec un indice de confinement de 4 ou 5 (5 étant un indice qualifié de confinement extrême). Il est recommandé de mettre en place une stratégie d'aération adaptée pour ces pièces. L'achat (ou la fabrication) de capteurs permettant la mesure du CO₂ ou des actions de sensibilisation peuvent également être envisagées. Le renouvellement d'air dans les lycées est en revanche satisfaisant en période estivale en lien avec l'ouverture des fenêtres.
- Pour le formaldéhyde, la valeur limite de 100 µg/m³ est respectée dans les différentes salles de classe et les niveaux mesurés sont globalement faibles. Seules 3 pièces dépassent la valeur guide 30 µg/m³, il s'agit de salles spécifiques avec formation de formaldéhyde par photochimie ou son émission lors des activités réalisées.
- Concernant le benzène, les valeurs mesurées sont faibles. La valeur limite de 10 µg/m³ est respectée dans l'ensemble des salles et seules 3 salles sur 40 dépassent la valeur guide de 2 µg/m³. Ces dépassements concernent le CDI d'un lycée en dessous duquel se situe un espace de stockage de véhicules et de carburant. Pour ce lycée, il est recommandé de déplacer ces sources vers des espaces non contigus à des salles occupées.

- Les mesures en composés organiques volatils ont permis de mettre en évidence l'impact des travaux réalisés en période d'occupation dans 3 lycées. La mise en confinement du chantier et la mise en œuvre d'un délai avant utilisation des salles permettraient de limiter l'exposition des occupants. Par ailleurs, la substitution de certains produits d'entretien qui engendrent la présence de composés organiques volatils a également été conseillée pour certains lycées.
- Pour le dioxyde d'azote, les concentrations mesurées sont modérées et respectent la valeur guide de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$, hormis pour un lycée situé au cœur d'une agglomération et à proximité d'axes à fort trafic routier. Pour cet établissement, une attention particulière doit être portée aux horaires d'aération en évitant les pics de trafic routier.
- Enfin, pour le radon, les valeurs sont toutes inférieures au seuil de $300 \text{Bq}/\text{m}^3$. A noter que ces mesures ont été réalisées à titre indicatif et ne se substituent pas à la réglementation spécifique à ce paramètre lorsque les bâtiments sont situés sur des zones à risque de radon.

L'ensemble des résultats ainsi que les recommandations associées ont été restitués aux lycées sous la forme d'un rapport individuel et lors des comités de pilotage du projet. Ils permettent d'alimenter les plans d'actions individuels de chaque lycée dont la rédaction et la mise en œuvre doivent être finalisées en 2020. L'ensemble des problématiques mises en évidence lors de ces études sont communes à l'ensemble des lycées de la région Grand Est et pourront être prises en compte pour la mise en place de la surveillance réglementaire de la qualité de l'air intérieur dans ces établissements.



Figure 1 : Illustration des rapports diffusés dans les lycées

INTRODUCTION

Dans son Programme Régional de Surveillance de la Qualité de l'Air 2017-2021 (PRSQA), ATMO Grand Est, association agréée pour la surveillance et l'étude de la pollution atmosphérique sur la Région Grand Est, décrit la mise en œuvre de la stratégie régionale de surveillance de la qualité de l'air intérieur. Un des axes de cette stratégie vise notamment, pour l'air intérieur, à coupler l'évaluation des concentrations en air intérieur avec l'évaluation de l'origine des pollutions constatées. Le bâtiment, à travers sa conception (matériaux, isolation, renouvellement de l'air, système de ventilation, ameublement, services) peut en effet influencer notablement la qualité de l'air intérieur.

Dans le cadre du 3^{ème} Plan Régional Santé Environnement (PRSE3), l'action 7.1 « prévenir les risques liés à la qualité de l'air intérieur / contribuer à l'amélioration de la QAI dans les établissements accueillant des personnes sensibles » comprend une sous action 7.1.1 « Agir pour une meilleure qualité de l'air intérieur dans les établissements recevant du public dont les lycées ». Le groupe de travail correspondant a souhaité mettre en œuvre de mesures en air intérieur dans les lycées, ce qui s'est concrétisé dans le cadre du projet : « Respirons mieux au lycée ! » de la région Grand Est. Ce projet est inclus dans la démarche de Développement Durable « Lycées en transition » de la région qui comprend cinq autres axes permettant aux lycées volontaires d'intégrer leur action dans une démarche globale.

Ces campagnes visent à l'accroissement des connaissances passant par un élargissement du spectre de polluants surveillés pour une anticipation des obligations réglementaires à venir. Elles répondent à plusieurs objectifs :

- Connaître et évaluer la qualité de l'air intérieur dans dix lycées grâce à deux campagnes de mesures organisées à des périodes contrastées.
- Analyser l'impact du bâti, des activités pratiquées et des différentes sources de pollution sur les données observées afin de définir des axes de réflexion pour la rédaction et la mise en place d'actions dans chaque lycée.

Un descriptif des bâtiments concernés est tout d'abord exposé dans le rapport, suivi d'un état des lieux détaillé de la mise en œuvre du protocole de mesures. Les différents outils réglementaires à disposition sont ensuite présentés, puis utilisés pour l'interprétation des résultats obtenus lors des différentes campagnes.

1. DESCRIPTIF DES BATIMENTS

Un échantillon représentatif de dix lycées engagés dans le projet « Respirons mieux au lycée » a été sélectionné pour cette étude en prenant en compte les techniques constructives, l'environnement extérieur et la typologie de chaque établissement. Le tableau ci-dessous présente la répartition des lycées par département ainsi que leur typologie.

Tableau 1 : Typologie des différents lycées

Département	Identification du lycée	Type	Typologie	Nombre de bâtiments comportant des salles de cours	Effectif moyen
Aube	A	Général, technologique et professionnel	urbaine	3	1800
Ardennes	B	Professionnel	périurbaine	2	400
Marne	C	Polyvalent	urbaine	1 (deux grandes ailes reliées)	850
Haute-Marne	D	Général, technologique et professionnel	périurbaine	4	350
Moselle	E	Général	urbaine dense	2	1500
	F	Général, technologique et professionnel	rurale	3	400
	G	Général et technologique	périurbaine	4	1500
Vosges	H	Polyvalent	périurbaine	4	1200
Bas-Rhin	I	Général et technologique	périurbaine	2	1200
Haut-Rhin	J	Professionnel/Agricole	rurale	3	400

La moitié des lycées se situe en secteur périurbain. Le lycée E se trouve au cœur d'une agglomération à proximité de voies importantes de circulation. Différents types de lycées (filiales générales, technologiques...) sont représentés ainsi que différentes tailles et différentes configurations d'établissements.

Les caractéristiques constructives des lycées sont indiquées dans le tableau ci-après :

Tableau 2 : Caractéristiques constructives des lycées

Lycée	Bâtiment	Date de construction reconstruction	Enveloppe/mode constructif	Chauffage	Ventilation	Nature principale des revêtements dans les salles de classe
A	D	1960	Pierre de parement	Gaz de ville	Simple flux sanitaires	Carrelage, peinture, faux plafond
	E	1991	Béton			
	C	1916	Pierre			
B	Principal	1961	Ossature métallique / panneaux isolants	Gaz de ville	Simple flux sanitaires	Sol plastique, peinture et faux plafond
	Atelier	2017/2018	Béton		Double flux	Sol béton / murs béton et faux plafond
C	Principal	1994	Béton	Gaz avec appoint électrique	Simple flux sanitaires	Principalement carrelage / papier de verre et faux plafond
D	Atelier	1964	Béton	Gaz	Simple flux sanitaires	Carrelage / peinture / faux plafond
	Fonderie	1990				Sol plastique / peinture / faux plafond
	Externat 1					Sol plastique / peinture / faux plafond
	Externat 2					Moquette dans certaines salles / peinture / isolant
E	Externat	1913 construction et 1970 restructuration	Béton/brique	Urbain	Naturelle par conduit	Carrelage / peintures sur toile fibrée / faux plafond
	Laboratoire					
F	Principal	2007	Béton	Mixte gaz et bois	Simple flux sanitaires	Carrelage / peinture / faux plafond
	Administratif	1914	Pierre			
G	A	A et C = 1963 B = 1995 D = 2008	béton	Radiateurs, depuis chaufferie gaz dans local à part	Pas de ventilation D : simple flux	Sols plastiques, carrelage (bâti B) peintures, faux plafond
	B					
	C					
	D					
H	T	1968	Béton	Mixte bois et gaz	Simple flux sanitaires	Carrelage, peinture, faux-plafond
	Mécanique					
	A					
I	B	1990				Sols plastiques, peinture, faux plafond
	A	A = 1966 et 2000 E = A = 1966 et 1995	Béton	Chaufferie bois pellet dans un local dédié à l'extérieur + gaz, radiateur dans les salles	A = Pas de ventilation, sauf dans salle de TP, et simple flux dans CDI	Sols plastiques, carrelage (salle de TP) peinture, faux plafonds
E						
J	Principal	1868 puis rénovation en 2004	briques et pierre de tailles	chauffage collectif mazout - fioul	Simple flux dans salle info et labos, pas de ventilation dans les autres salles	Peinture acrylique sur support en fibre de verre, parquet dans les SDC et plastique en labo, faux-plafond

Peu de lycées sont équipés de système de ventilation spécifique. Des extractions d'air simple flux sont présentes dans les sanitaires mais ne permettent pas d'assurer la ventilation des salles de classes. Le renouvellement d'air est donc principalement effectué par l'ouverture des fenêtres.

L'inventaire des produits d'entretien utilisés a été réalisé pour chaque établissement.

Tous les lycées comportent des laboratoires ou des salles d'atelier, une de ces salles spécifiques a été sélectionnée pour chaque établissement. Des questionnaires ont été remis lors des campagnes de mesures afin de recenser les activités réalisées dans les salles de cours ainsi que leur occupation.

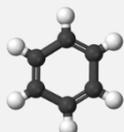
Les photos ci-dessous présentent différents types de salles ayant fait l'objet de mesures :



Figure 2 : Photos de différentes salles de classe

2. DESCRIPTION DES CAMPAGNES DE MESURE

2.1. PARAMETRES SUIVIS



De nombreuses études sur la qualité de l'air intérieur ont déjà été menées, et ceci dans différents lieux de vie : habitats, écoles, bureaux, etc. Elles ont toutes mis en évidence une **spécificité de la pollution de l'air intérieur**. Il s'avère qu'en phase gazeuse les composés chimiques présents sont principalement des **Composés Organiques Volatils (COV)** regroupant une multitude de substances de familles chimiques distinctes. Sont ainsi décelés dans les ambiances intérieures de manière plus significative que d'autres familles chimiques, certains aldéhydes (dont le formaldéhyde majoritairement et de manière quasi-systématique retrouvé), certains hydrocarbures aromatiques dont le benzène, le toluène, l'éthylbenzène et les xylènes communément appelés BTEX, mais également des COV appartenant aux terpènes, cétones, alcools, éthers de glycol, esters...

Parmi les COV, deux composés suscitent un intérêt particulier au regard de leur effets sur la santé : **le formaldéhyde et le benzène**. Ils sont classés **cancérogènes avérés par le CIRC (groupe 1)**. Les études épidémiologiques ont permis à l'ANSES 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 2015-1000 ayant modifié le décret 2011-1728).



Ces substances chimiques peuvent être émises par de nombreuses sources telles que les matériaux de construction et de décoration, mobiliers, produits d'entretien, peintures, vernis, colles, revêtements de sols, appareils à combustion (voir **annexe 1**).



Les rejets de NO_x (NO+NO₂) proviennent essentiellement de l'utilisation de combustibles fossiles (essence, gazole, fiouls, charbon, ...). Tous les secteurs utilisateurs de combustibles sont concernés, en particulier le **transport routier**. Le NO₂ se forme par combinaison de l'azote (principalement atmosphérique) et de l'oxygène de l'air à hautes températures. Au cours d'une combustion, l'azote de l'air s'oxyde en grande partie en NO puis progressivement en NO₂ à l'air libre.

Quelques procédés industriels (production d'acide nitrique, production d'engrais azotés, ...) et activités non liées à la consommation d'énergie (agriculture) émettent des NO_x.

Dans l'environnement intérieur, les oxydes d'azote sont essentiellement émis par les **appareils fonctionnant au gaz** comme les cuisinières à gaz, chaudières, chauffe-eau mais également par le tabagisme. Le NO₂ présent à l'extérieur peut également s'infiltrer au sein d'un bâtiment.



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. Bien que le CO₂ ne présente pas d'effet notable sur la santé aux niveaux rencontrés, il peut être le signe d'un confinement élevé pouvant engendrer une accumulation de substances polluantes que les auteurs d'une étude¹ lient à une prévalence de symptômes respiratoires tels que des inflammations, infections respiratoires, asthme... et dans une salle de classe à une gêne sur la concentration des enfants/élèves².



Les teneurs en polluants dans l'air intérieur dépendent de plusieurs facteurs complémentaires aux **émissions des matériaux de construction** et à celles liées aux **systèmes de chauffage** : sources d'**émissions extérieures**³, activités humaines (utilisations de produits et d'appareils domestiques, tabagisme⁴...), réactions chimiques⁵, température et humidité relative des locaux⁶, ventilation (mécanique et/ou naturelle)⁷.

Les paramètres et polluants mesurés dans le cadre de cette étude sont :

- Les paramètres de confort
- Le dioxyde carbone indicateur du renouvellement d'air
- Les aldéhydes dont le formaldéhyde
- Les composés organiques volatils dont les BTEX
- Le dioxyde d'azote
- Le radon

¹ Sundell J., Levin H., Nazaroff W. W., Cain W. S., Fisk W. J., Grimsrud D. T., Gyntelberg F., Li Y., Persily A. K., Pickering A. C., Samet J. M., Spengler J. D., Taylor S. T. and Weschler C. J., 2011. Ventilation rates and health: multidisciplinary review of the scientific literature, *Indoor Air*, 21(3), 205-218.

² OQAI (2004). Impact énergétique et sanitaire du renouvellement d'air dans deux écoles primaires, rapport. 98 p.

³ CSTB, (2001) : Étude expérimentale des conditions de transfert de la pollution atmosphérique d'origine locale à l'intérieur des bâtiments d'habitation, Convention de recherche ADEME, Rapport final.

⁴ Halios, C., Assimakopoulos, V., Helmis, C., Flocas, H : Investigating cigarette-smoke indoor pollution in a controlled environment. *Science of The Total Environment*, Vol 337, Issues 1-3, pages 183-190, 2005.

⁵ Thèse de Mélanie Nicolas (2006) : Ozone et qualité de l'air intérieur : interactions avec les produits de décoration et de construction – CSTB.

⁶ De Bellis, L., Haghghat, F., Material Emission Rates : Litterature review and the impact of indoor air temperature and relative humidity. *Buildings and environment*, 1998, Vol. 33, No 5. pp. 261 -277.

⁷ Poupard O., Blondeau P., Iordache V., Allard F. Statistical analysis of parameters influencing the relationship between outdoor and indoor air quality in schools. *Atmospheric Environment*, n° 39, p. 2071-2080, 2005.

2.2. TECHNIQUES DE MESURE

2.2.1. Température, humidité relative et ventilation



La température et l'humidité relative ont été suivies en continu par des sondes Ebro EBI 20-T-Ex déployées dans les sites intérieurs et extérieurs.

Figure 3 : Sonde EBRO/EBI

2.2.2. Le dioxyde de carbone



Les teneurs en dioxyde de carbone ont été mesurées avec un analyseur Q-Trak (sonde infrarouge non-dispersive 980) ou par des Class'Air, toutes les 10 minutes.

Figure 4 : Q-trak sonde 980

2.2.3. 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.
- ✓ Le NO₂

Les tubes passifs de type « Radiello » permettant la mesure du benzène sont constitués de 2 tubes cylindriques concentriques (Figure 5) : 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 « Gradko » comprennent un seul élément cylindrique bouché à son extrémité (Figure 6).



Figure 5 : Tubes passifs Radiello



Figure 6 : Tubes passifs Gradko

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 absorbante.

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 :

- L'Istituto Clinico Scientifico Maugeri situé à Peralolo di Vignonza en Italie pour l'analyse des COV (NF EN ISO 16017-2).
- Le laboratoire de chimie Atmo Grand Est à Metz pour l'analyse du NO_2 par dosage colorimétrique selon la norme NF X 43-009.



Figure 7 : Mise en place des tubes passifs dans une salle de classe et à l'extérieur

2.2.4. Les badges Kodalpha

La mesure de l'activité volumique du radon a été réalisée par un dosimètre radon KODALPHA qui est un détecteur de particules alpha. Il permet de réaliser des mesures "intégrées" de la radioactivité naturelle due au gaz radon. Les mesures ont été effectuées sur une durée de deux mois.

2.3. STRATEGIE D'ECHANTILLONAGE

2.3.1. Stratégie d'échantillonnage spatiale

Pour chaque lycée, quatre salles de cours ou accueillant des élèves ont 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...) a été échantillonnée.

Le tableau ci-dessous détaille les différentes pièces investiguées par établissement. A noter que pour deux lycées, le CDI a fait l'objet d'une mesure à la place d'une salle de cours classique.

Tableau 3 : Pièces sélectionnées dans chaque lycée

Lycée	Nom du bâtiment	Niveau	Numéro de la salle
A	D	1 ^{er} étage	D114 (laboratoire SVT)
	D	2 ^{ème} étage	D201
	E	1 ^{er} étage	E107
	C	Rez-de-chaussée	C01
B	Principal	Rez-de-chaussée	S01 bis (salle travaux pratiques)
		1 ^{er} étage	S16
		1 ^{er} étage	S20
	Atelier	Rez-de-chaussée	SAPS2
C	Principal	Rez-de-chaussée	3
		1 ^{er} étage	107
		1 ^{er} étage	115 (laboratoire)
		1 ^{er} étage	139
D	Atelier	Rez-de-chaussée	A115
	Externat 1	Rez-de-chaussée	E108
	Externat 2	1 ^{er} étage	E114/E121 (laboratoire)
	Fonderie	1 ^{er} étage	CDI
E	Externat	1 ^{er} étage	E116/118
		3 ^{ème} étage	E312/314
	Laboratoires	Rez-de-chaussée/entresol	L014 (laboratoire)
		2 ^{ème} étage	L214 (laboratoire)
F	Principal	1 ^{er} étage	104
		1 ^{er} étage	Laboratoire végétal
		Rez-de-chaussée	S010
	Administratif	Rez-de-chaussée	BTS1
G	A	1 ^{er} niveau au-dessus atelier	A210 (salle dans les ateliers)
	B	sous-sol	B001
	C	RDC	C012
	D	1 ^{er} étage	D106
H	A	Rez-de-chaussée	A02
	B	1 ^{er} étage	B11
	F	2 ^{ème} étage	F23
	Mécanique	1 ^{er} étage	T14 (laboratoire)
I	A	3 ^{ème} étage	A316 (laboratoire)
		2 ^{ème} étage	A206
	E	2 ^{ème} étage	E211
		RDC	CDI
J	Principal	1 ^{er} étage	16
		2 ^{ème} étage	23
		1 ^{er} étage	Info 2
		RDC	Laboratoire bio 2

2.3.2. Stratégie d'échantillonnage temporelle

Le tableau ci-dessous précise les dates de réalisation des campagnes pour chaque lycée :

Tableau 4 : Dates des campagnes

Lycée	Phase estivale	Phase hivernale
A	du 13 au 17 mai 2019	du 5 au 11 novembre 2018
B	du 17 au 21 septembre 2018	du 19 au 23 novembre 2018
C	du 3 au 7 juin 2019	du 3 au 7 décembre 2018
D	du 4 au 8 juin 2018	du 21 au 25 janvier 2019
E	du 28 mai au 1 ^{er} juin 2018	du 19 au 23 novembre 2018
F	du 10 au 14 septembre 2018	du 3 au 7 décembre 2018
G	du 24 au 28 septembre 2018	du 21 au 25 janvier 2019
H	du 14 au 18 mai 2018	du 17 au 21 décembre 2018
I	du 10 au 14 septembre 2018	du 03 au 07 décembre 2018
J	du 24 au 28 septembre 2018	du 17 au 21 décembre 2018

Les paramètres de confort, le dioxyde carbone, les aldéhydes, le dioxyde d'azote et le radon ont été mesurés dans toutes les salles. En ce qui concerne les composés organiques volatils, le benzène, le toluène, les xylènes et l'éthyl-benzène ont été déterminés dans toutes les salles de classe. La recherche d'un panel plus large de composés organiques volatils (environ une quarantaine) a été effectuée en complément dans deux salles par lycée dont la salle de cours spécifique (laboratoire ou autre...). A noter que les mesures de radon ont été effectuées uniquement en période hivernale pour une durée d'environ 2 mois.

3. STRATEGIE DE COMPARAISON

3.1. VALEURS DE REFERENCE

3.1.1. Les paramètres de confort



Le confort hygrothermique (température et humidité relative) est subjectif et dépend d'autres paramètres (vitesse de l'air, habillement...), il est possible de définir des **plages jugées acceptables**. Par exemple, le **diagramme de Fauconnier**⁸ 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**. Par ailleurs, l'ADEME préconise un taux optimal d'humidité relative dans l'air entre 40 et 60 %, pour une température s'élevant entre 18° et 22°C⁹.

⁸ R. Fauconnier, Diagramme des plages de confort température-humidité - article « L'action de l'humidité de l'air sur la santé dans les bâtiments tertiaires » - numéro 10/1992 de la revue Chauffage Ventilation Conditionnement - 1992.

⁹ L'Habitat « Un air sain chez soi » Ademe, Edition : mai 2015.

3.1.2. Le dioxyde de carbone

Le règlement sanitaire départemental indique de ne pas dépasser dans un espace clos 1 000 parties par million (ppm) de CO₂ avec une tolérance jusqu'à 1 300 ppm. On considère que le confinement est élevé à partir de 1700 ppm.

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)¹⁰. 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** (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 (cf. annexe 2)**. La note 0 correspond au confinement nul (niveau de CO₂ toujours inférieur à 1000 ppm), c'est la situation la plus favorable. La note 5 correspond au confinement extrême, c'est la situation la plus défavorable (niveau de CO₂ toujours supérieur à 1700 ppm pendant l'occupation).

Le dioxyde de carbone fait partie des substances à suivre lors de la phase hivernale des campagnes de surveillance dans les ERP. Les modalités de calcul précédemment énoncées figurent dans le décret 2012-14 modifié par le décret 2015-1926 du 30 décembre 2015.

3.1.3. Le benzène et le formaldéhyde

Parmi l'ensemble des polluants évoqués ci-avant, le benzène, le formaldéhyde ainsi que le confinement sont réglementés par le décret n° 2012-14 du 5 janvier 2012 et le décret n° 2011-1727 du 2 décembre 2011¹¹. Les autres polluants mesurés dans le cadre de cette étude ne disposent pas de valeurs réglementaires.

Pour le benzène et le formaldéhyde, la réglementation fixe les valeurs limites à ne pas dépasser dans un espace clos ainsi que les différentes valeurs guides d'exposition à long terme qui rentreront progressivement en vigueur à partir de 2013 (tableau 5).

La **valeur guide** pour l'air intérieur désigne un niveau de concentration de polluants de l'air intérieur, déterminé pour un espace donné à atteindre à long terme pour protéger la santé des personnes.

¹⁰ 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.

¹¹ Décret n° 2011-1727 relatif aux valeurs-guides pour l'air intérieur pour le formaldéhyde et le benzène.

La **valeur limite** désigne la valeur au-delà de laquelle des investigations complémentaires doivent être menées afin d'identifier et de neutraliser les sources dans le but de ramener les teneurs intérieures en dessous de la valeur repère.

Tableau 5 : Valeurs réglementaires relatives au benzène et au formaldéhyde

Synthèse des différentes valeurs réglementaires			
	Valeur guide pour une exposition long terme		Valeur limite
<i>Formaldéhyde</i>	10 µg/m³ à compter du 1 ^{er} janvier 2023	30 µg/m³ Depuis le 1 ^{er} janvier 2015	100 µg/m³
<i>Benzène</i>	2 µg/m³ Depuis le 1 ^{er} janvier 2016		10 µg/m³

Dans l'air ambiant, le benzène fait l'objet de seuil, à ne pas dépasser extérieur, fixé par le code de l'environnement – article R221-1 : la valeur limite annuelle est de 5 µg/m³ pour 2010.

3.1.4. Les autres composés organiques volatils

Pour les polluants ne disposant pas de valeurs réglementaires, des valeurs dites de référence seront utilisées. Les composés organiques volatils pour lesquels aucune valeur n'est recensée, ne figurent pas dans le tableau ci-après et l'interprétation est réalisée de façon quantitative.

Des valeurs guides indicatives ont été proposées pour le toluène, le styrène et les xylènes dans une étude de Koistinen et al¹². Le Haut Conseil de Santé Publique (HCSP) a également proposé des valeurs guides indicatives pour le trichloroéthylène¹³ et le tétrachloroéthylène¹⁴. L'Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'alimentation, de l'Environnement et du travail (ANSES) a également établi une valeur guide long terme pour l'acétaldéhyde¹⁵.

Tableau 6 : Valeurs indicatives pour les autres composés volatils

Polluants	Valeurs indicatives
<i>acétaldéhyde</i>	ANSES : 160 µg/m ³ (2014)
<i>toluène</i>	INDEX : 300 µg/m ³ (2005)
<i>(m+p)-xylènes et o-xylène</i>	INDEX : 200 µg/m ³ (2005)
<i>styrène</i>	INDEX : 250 µg/m ³ (2005)
<i>tétrachloroéthylène</i>	HCSP : 250 µg/m ³ (2010) Action rapide : 1250 µg/m ³
<i>trichloroéthylène</i>	HCSP : 2 µg/m ³ (2012)

¹² Koistinen K, Kotzias D, Kephelopoulos S et al. (2008). The INDEX project : executive summary of a European Union project on indoor air pollutants. Allergy, 63:810-819.

¹³ HCSP (2012) – Avis relatif à la fixation de valeurs repères d'aide à la gestion pour le trichloroéthylène dans l'air des espaces clos, 6 juillet 2012, 3.

¹⁴ HCSP (2010) – Avis relatif à la fixation de valeurs repères d'aide à la gestion pour le tétrachloroéthylène dans l'air des espaces clos, 16 juin 2010,

¹⁵ Proposition de valeurs guides de qualité de l'air intérieur L'acétaldéhyde, Avis de l'ANSES, Rapport d'expertise collective, avril 2014, Edition scientifique

3.1.5. Le dioxyde d'azote

L'ANSES a établi une valeur guide long terme pour le NO₂¹⁶ établie à 20 µg/m³.

3.1.6. Le radon

Le radon est un gaz radioactif d'origine naturelle, issu de la désintégration de l'uranium et du radium présents naturellement dans le sol et les roches. En France, il n'existe actuellement pas de limite réglementaire applicable aux bâtiments de bureaux. Cependant, sur la base des recommandations de l'Organisation mondiale de la santé, la Commission européenne a retenu la valeur de 300 Bq/m³ en moyenne annuelle comme valeur de référence en dessous de laquelle il convient de se situer. Lorsque les résultats de mesure dépassent 300 Bq/m³, il est ainsi nécessaire de réduire les concentrations en radon¹⁷.

3.2. DONNEES COMPARATIVES

A ce jour, peu de résultats concernant les lycées sont disponibles au niveau national. Les résultats obtenus dans cette étude pourront cependant à titre indicatif être comparés aux résultats obtenus dans les écoles primaires et maternelles bien que la configuration de ce type d'établissement soit différente de celle des lycées.

L'OQAI a engagé en 2013 une campagne nationale de mesure d'un grand nombre d'indicateurs de qualité de l'air et de confort dans un échantillon représentatif des écoles maternelles et élémentaires en France (301 écoles enquêtées). Son objectif était de faire un état des lieux de la pollution dans l'air et des poussières des salles de classe et de décrire les conditions de confort. Deux salles de classe tirées au sort par école ont été instrumentées pendant une semaine de cours, du lundi au vendredi. Des prélèvements d'air et de poussière déposée au sol ont été effectués pour mesurer des substances émises notamment par le mobilier scolaire, les revêtements, les produits d'activités, les produits d'entretien ou provenant de l'environnement extérieur. Les résultats sont présentés dans les figures suivantes :

Tableau 7 : Paramètres recherchés durant la campagne écoles

Pollution de l'air	Contamination des poussières au sol	Confort et ambiance	Questionnaires
64 polluants recherchés dans l'air : 13 composés organiques volatils (COV) 3 aldéhydes 46 composés organiques semi-volatils (COSV) <u>le dioxyde d'azote (NO₂)</u> les particules de diamètre inférieur à 2,5 µm (PM _{2,5}).	53 polluants recherchés dans la poussière déposée au sol 7 métaux dont le plomb 46 composés organiques semi-volatils (COSV) + Plomb dans les peintures des salles de classe	Température, humidité relative et concentration en dioxyde de carbone (CO ₂) enregistrées en continu dans les salles de classe pendant la semaine. Bruit, éclairage et champs électromagnétiques.	Des questionnaires ont été complétés par les enquêteurs, les gestionnaires des bâtiments et les enseignants, afin de décrire les caractéristiques des bâtiments, les activités en classe et la perception du confort par les occupants.

¹⁶ Anses (2013) Propositions de Valeurs Guides de qualité d'Air intérieur, Dioxyde d'azote (NO₂). Février 2013. Avis et rapport, 143 p.

¹⁷ <http://www.irsn.fr>

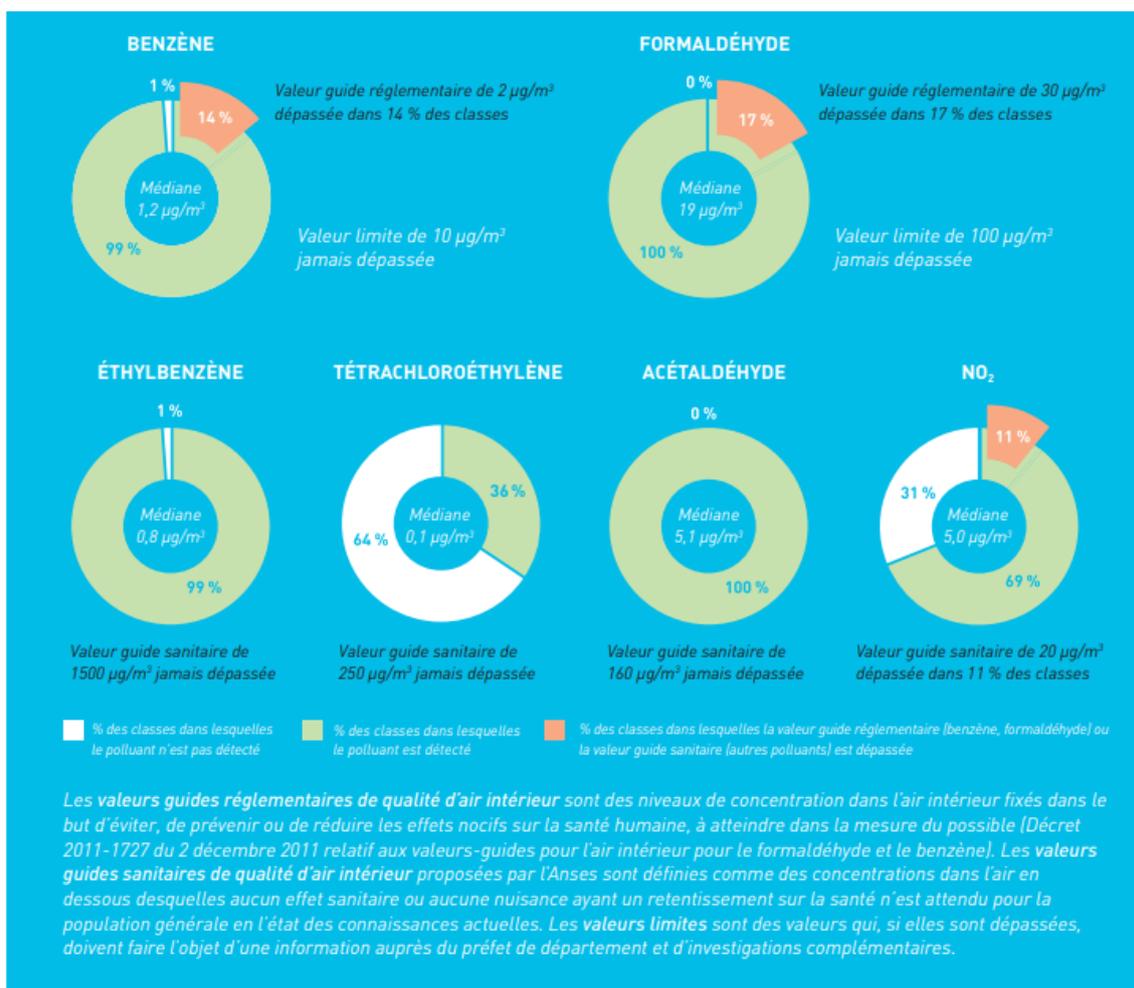


Figure 8 : Fréquence de détection et pourcentages de dépassement des valeurs de référence pour les polluants qui en disposent

5 % des écoles ont au moins une salle de classe présentant un confinement extrême, à savoir un indice ICONE de 5, valeur pour laquelle des investigations complémentaires doivent être menées selon la réglementation en vigueur. 36 % des écoles ont au moins une salle de classe présentant un confinement très élevé. Les proportions selon le type d'écoles sont présentées sur la ci-contre.

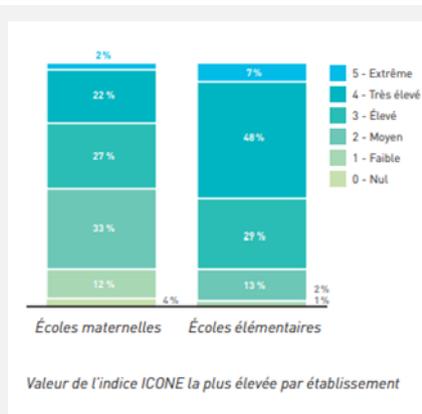


Figure 9 : Valeur de l'indice ICONE la plus élevée par établissement

4. RESULTATS

4.1. PARAMETRES DE CONFORT ET DE CONFINEMENT

4.1.1. Température et humidité relative

Les données de température et humidité relative observées pour chaque établissement durant les campagnes de mesure sont présentées dans les tableaux ci-après. Les résultats détaillés sont disponibles en annexe 3.

Tableau 8 : Résultats obtenus pour les paramètres de confort pour les campagnes estivales

Lycée	Température			Humidité		
	Minimum	Maximum	Moyenne	Minimum	Maximum	Moyenne
A	23,2	24	23,7	35,2	38,5	36,8
B	22,6	24,8	23,5	53,5	63,7	57,7
C	24,2	26,2	25	39,9	56,7	59,1
D	24,9	25,4	25,2	60,8	63,5	62
E	22,8	27,6	25,9	52,5	70,1	60,5
F	24,8	26,4	25,6	48,7	55,8	52,4
G	21,6	24,9	23	51,5	61,6	50,9
H	19,7	21,8	20,8	55,8	68,1	61,7
I	25	28,1	26,4	51,3	66	57
J	22,4	24	23	33,1	49	39,7

Pour la campagne estivale, les températures dans 5 lycées sur 10 dépassent 25°C en moyenne sur l'établissement et sont pour 4 autres supérieures à 23°C. Les préconisations de l'Ademe (18 à 22 °C) sont largement dépassées. Les températures les plus élevées sont observées dans le lycée I dont la campagne de mesure a été réalisée du 10 au 14 septembre 2018 et pour laquelle les températures extérieures étaient également élevées (25°C).

Ces résultats mettent en évidence la problématique du confort d'été qui est observée dans quasiment tous les lycées et dont les conséquences sont plus ou moins marquées en fonction de la période des campagnes de mesures (période de canicule ou non). 3 lycées (D, E, H) présentent des taux d'humidité moyens sur l'établissement supérieurs à 60 % ce qui est supérieur aux recommandations de l'Ademe (40 à 60%) et 2 lycées (B et C) sont proches de cette valeur. De tels taux d'humidité peuvent favoriser le développement de champignons et de moisissures ainsi que des sensations d'inconfort. Des tâches d'humidité en lien avec des problèmes récurrents d'infiltrations ont été observées dans deux lycées (C et D).



Figure 10 : Tache d'humidité observée dans une salle de classe du lycée D

Tableau 9 : Résultats obtenus pour les paramètres de confort pour les campagnes hivernales

Lycée	Température			Humidité		
	Minimum établissement	Maximum établissement	Température moyenne	Minimum établissement	Maximum établissement	Moyenne établissement
A	21,6	23,4	22,6	47,3	57,5	51,6
B	18,2	21,4	19,5	36,7	49,9	42,5
C	19,1	21,8	20,9	58,2	60,2	59,1
D	20,8	22,4	21,5	25,3	35,6	29,4
E	15,4	24,9	20,9	30,4	65,5	42,5
F	20,9	23,2	21,9	49,8	54,2	52,2
G	20,3	25,4	22,2	26,8	43,5	35,6
H	19,5	23	21	40,5	54,6	50,2
I	21,1	23,9	22,4	48,7	56,7	52,2
J	23,2	24,1	23,5	32,9	38,5	36,4

Pour la phase hivernale, les températures moyennes par établissement se situent entre 19,5 (lycée B) et 23,5 °C (lycée J). La température recommandée de 22°C est dépassée dans 4 lycées (A, G, I et J). Pour le lycée G, la pièce B001 présente une température moyenne de 25,4 °C. Les problèmes de régulation au niveau du chauffage (comme cela a été identifié au sein du lycée A par exemple) peuvent expliquer ces valeurs. Pour les taux d'humidité, ils sont plus modérés que lors des campagnes estivales puisque aucune moyenne ne dépasse 60 %. Les taux les plus élevés sont observés pour le lycée I et le lycée F. A noter que le lycée D présente un taux d'humidité inférieur à 30 % ce qui peut provoquer des problèmes inhérents à la sécheresse de l'air (irritations/gênes des voies respiratoires).

4.1.2. Confinement :

Le tableau ci-dessous présente la répartition des différents indices de confinement pour chaque lycée. A noter que les résultats détaillés lycée par lycée sont disponibles en annexe 4.

Tableau 10 : Répartition des indices de confinement pour chaque lycée

Campagnes	Valeur de l'indice	Nature de l'indice	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Estivales	0	Nul					1	1				
	1	Faible		1	1	1	1	1			1	2
	2	Moyen			1	1	1	2	1	1	3	2
	3	Elevé	4	2	2					1		
	4	Très élevé							2	1		
	5	Extrême								1		
	Non calculé			1		2	1		1			
Hivernales	0	Nul		1								
	1	Faible		1		1	1					1
	2	Moyen		1		1	1	1	1	1		1
	3	Elevé			1				1		1	2
	4	Très élevé	4		2	1	1	1		2	3	
	5	Extrême			1				2	1		
	Non calculé			1		1	1	2				

Campagnes estivales

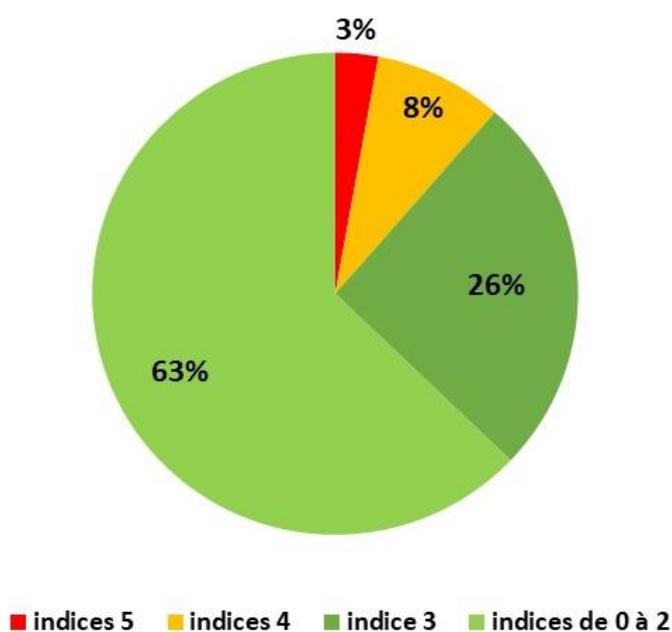


Figure 11 : Répartition de l'indice ICONE lors des campagnes estivales

Pour les campagnes estivales, peu de problèmes de confinement ont été relevés, puisque 63 % des indices de confinement sont répartis entre 0 et 2. 26% des salles de classe présentent cependant un indice de 3 ce qui correspond à un confinement élevé. A noter que pour les campagnes réalisées en période de forte chaleur, les températures ont favorisé l'ouverture des fenêtres. Par ailleurs, pour certaines campagnes effectuées début juin, les effectifs étaient parfois restreints ce qui n'a pas permis de calculer l'indice.

Les principaux problèmes de confinement ont été relevés dans le lycée G (deux salles : B001 et C012 avec indice 4) et le lycée H (salle T14 avec indice de 5 et salle A02 avec indice de 4). Le lycée G présente un indice de confinement de 4 dans deux salles de classe alors que le lycée H présente une classe avec un indice de 4 et l'autre avec un indice de 5.

Comme cela est précisé en annexe 2, l'observation d'un indice 4 ou 5 dans une salle classe conduit à un message de sensibilisation du maitre d'ouvrage. Pour un indice de 5, il convient en outre de mener une expertise afin d'identifier les causes et d'y remédier.

Campagnes hivernales

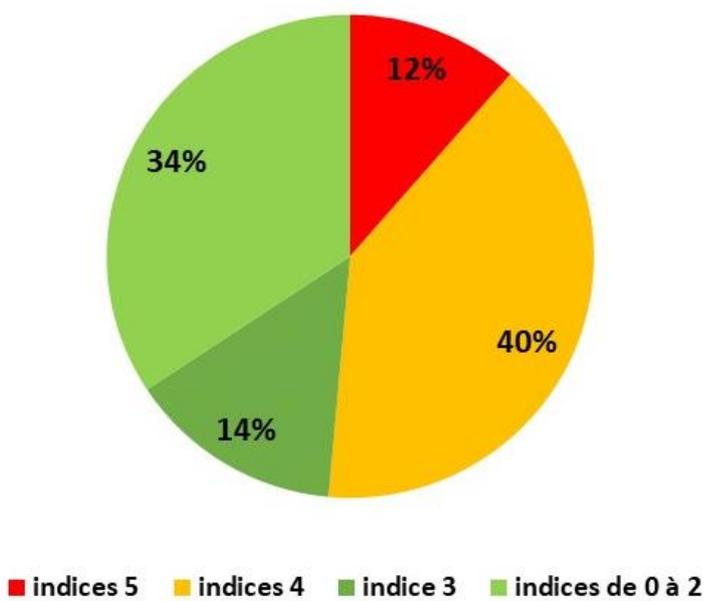


Figure 12 : Répartition de l'indice ICONE lors des campagnes spécifiques de sensibilisation.

Pour les campagnes hivernales, seulement 34 % des salles de classe présentent des indices de 0 à 2. **52 % des salles montrent un problème de confinement avec des indices de 4 à 5.** 8 lycées sur 10 ont au moins une salle de classe avec un indice de 4 ou 5. Seuls les lycées B et J ne présentent pas de problème de confinement. A noter qu'il s'agit de lycées professionnels pour lesquels les effectifs sont parfois plus réduits que dans l'enseignement général. Les lycées C, G et H figurent parmi lesquels ceux pour lesquels l'air est le moins bien renouvelé. Ces problématiques ont été remontées lors des comités de pilotage des différents lycées. De nombreux établissements ont intégré des actions spécifiques relatives au renouvellement d'air dans leur plan d'action : soit par l'achat de capteurs permettant la mesure du CO₂ ou par leur fabrication en interne dans le cadre des cours, soit par le biais d'actions

4.2. LE FORMALDEHYDE

Les activités réalisées dans les salles spécifiques pouvant avoir un impact sur les concentrations mesurées, les résultats obtenus dans ces salles font l'objet d'un paragraphe spécifique.

4.2.1. Salles de cours

Le tableau ci-dessous présente les résultats statistiques obtenus à partir des données de chaque salle de classe :

Tableau 11 : Données obtenues pour le formaldéhyde dans les salles de cours

Période	Nombre valeurs	Moyenne	Médiane	Max	Nombre de pièces inférieures à 10 µ/m ³	Nombres de pièces comprises entre 10 et 30 µg/m ³	Nombres de pièces supérieures à 30 µg/m ³
Eté	29	17,8	15,1	44,0			
Hiver	29	11,0	11,1	21,5			
Eté/Hiver	29	14,5	13,2	26,0	6	23	0

Les résultats obtenus sont globalement faibles. En effet, même s'il ne s'agit pas de la même typologie d'établissement scolaire, les concentrations sont inférieures à celles de la campagne nationale écoles de 2013-2017 (301 écoles) pour laquelle une médiane de $19 \mu\text{g}/\text{m}^3$ avait été obtenue. Pour les dix lycées, la médiane s'élève à $13,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

La valeur limite de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour laquelle il est nécessaire de mettre en œuvre des actions dès qu'un dépassement est observé dans une salle de classe lors d'une campagne de mesure, n'a pas été dépassée puisque le maximum s'élève à $44 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Aucune moyenne annuelle ne dépasse $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Si l'on considère les valeurs moyennes été/hiver, 6 salles présentent une moyenne inférieure à $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$. 23 salles de classe soit 79 % se situent entre 10 et $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$. A titre indicatif, lors de la campagne nationale, 17 % des salles de classes ont montré un dépassement de la valeur guide de $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Comme cela est observé habituellement, les résultats obtenus lors de la phase hivernale sont inférieurs à ceux des campagnes estivales.

Les valeurs moyennes par établissement sont présentées sous le tableau ci-dessous. Les valeurs détaillées pièce par pièce sont disponibles en annexe 4.

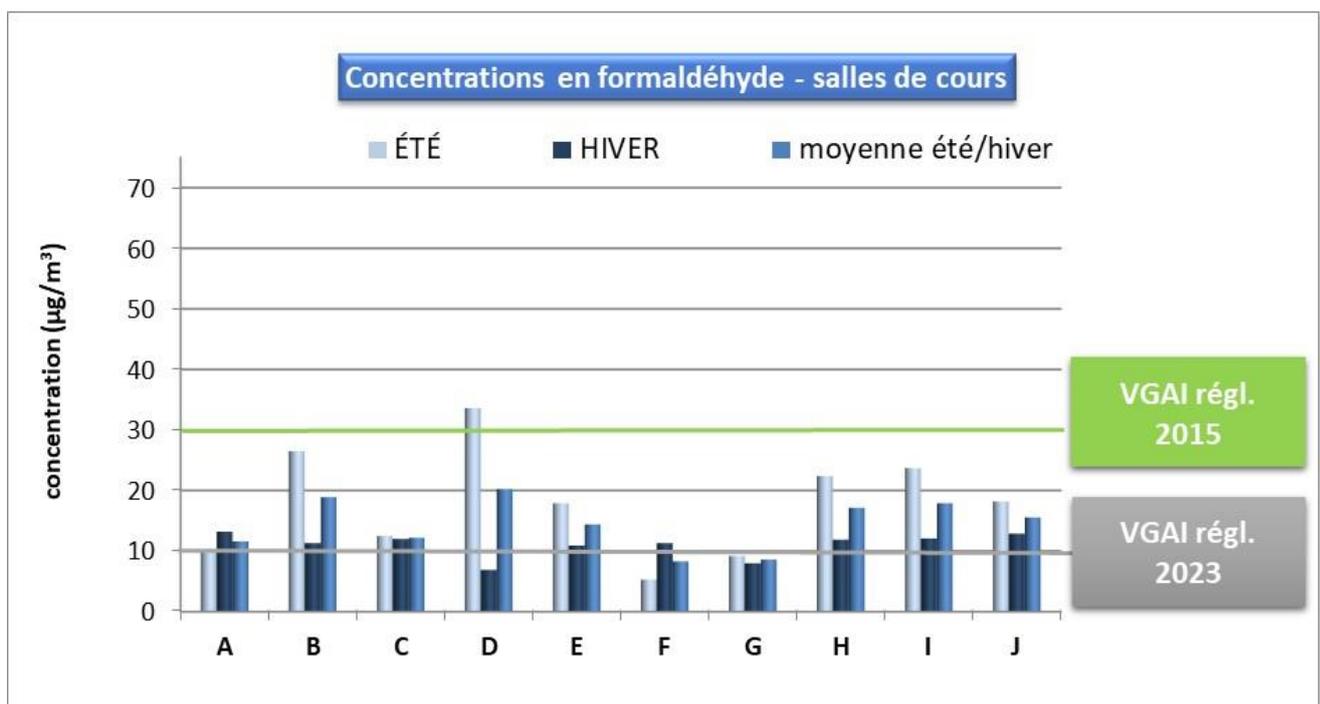


Figure 13 : Concentrations moyenne en formaldéhyde par établissement (salles de cours)

Les établissements présentant les valeurs les plus élevées notamment en période estivale sont le lycée D et le lycée B. Le lycée D est celui pour lequel la valeur maximale de $44 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a été observée dans la salle A115 lors de la campagne estivale. Cette valeur est largement inférieure à $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Pour cette campagne, la valeur dans le CDI de cet établissement est de $36,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$. En période hivernale, les valeurs dans le lycée sont très faibles et inférieures à $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ce qui permet d'obtenir une moyenne été/hiver inférieure à la valeur guide de $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Il s'agit de pièces orientées au sud-ouest et plus exposés à au rayonnement UV ce qui peut favoriser la formation de formaldéhyde par photochimie.

En effet, le formaldéhyde peut être produit dans l'air par la photo-oxydation de nombreux composés organiques volatils. La présence d'ozone provenant de l'air extérieur (dont les concentrations sont plus élevées en été et notamment en période de canicule) en réaction avec certains composés organiques volatils contribue également à sa formation. Pour le lycée B comme pour le lycée D, deux salles de classe présentent des valeurs plus élevées en été (salle S20 : 28,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ et salle 16 : 36,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en été) et plus faibles en période hivernale (de l'ordre de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

4.2.1. Salles spécifiques

Tableau 12 : Données obtenues pour le formaldéhyde dans les salles spécifiques

Période	Nb. valeurs	Moyenne	Médiane	Max	Nombre de pièces inférieures à 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Nombres de pièces comprises entre 10 et 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Nombres de pièces supérieures à 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Eté	11	30,5	18,5	69			
Hiver	11	12,9	10,6	25,5			
Eté/Hiver	11	21,7	17,1	47,2	2	6	3

Les concentrations en formaldéhyde dans les salles spécifiques sont plus élevées que dans les salles de cours classiques avec une médiane été/hiver de 17,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Une valeur maximale de 69 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a notamment été observée dans une des salles de classe en période estivale. La valeur limite de 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ n'est toutefois pas dépassée. La valeur moyenne en été est 2 fois plus élevée qu'en hiver en lien avec la formation de formaldéhyde par photochimie et le relargage des matériaux en présence de chaleur. Pour les 11 salles spécifiques concernées, 3 obtiennent une moyenne été/hiver supérieure à 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (lycées B, D et H). La majorité des salles (6 sur 11) se situent entre 10 et 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle. Le graphique ci-dessous présente les détails par établissement.

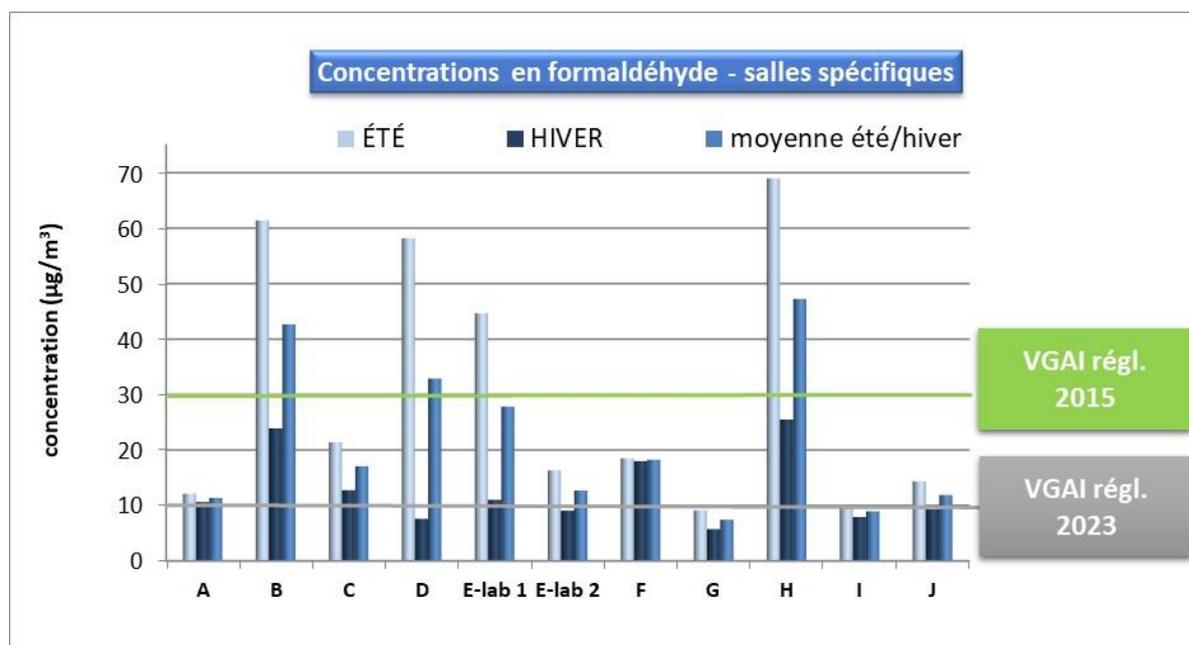


Figure 14 : Concentrations moyenne en formaldéhyde par établissement (salles spécifiques)

Les concentrations obtenues pour le formaldéhyde sont très variables en fonction des salles spécifiques. En effet, certaines ont des concentrations similaires à celles observées dans les salles de cours alors que d'autres présentent des valeurs élevées. Les salles spécifiques des lycées B, D et H sont celles présentant les concentrations les plus élevées notamment en été.

Pour le lycée B, il s'agit d'une salle d'atelier pour laquelle des activités spécifiques de nettoyage à partir de produit d'entretien sont réalisées quotidiennement. Par ailleurs, une salle avec un stockage important de produits est présente à proximité. Pour le lycée D, il s'agit d'un laboratoire de physique/chimie. Pour le lycée H, la salle d'atelier comporte une imprimante 3D qui selon la littérature peut émettre du formaldéhyde.

Pour les campagnes hivernales, les concentrations en formaldéhyde mesurées sont nettement plus faibles dans ces pièces. Les salles de classe concernées, présentent également des niveaux plus élevés en composés organiques volatils (paragraphe 4.3). Comme indiqué dans le paragraphe précédent, la présence d'autres composés organiques volatils lors de conditions estivales peut également favoriser la formation de formaldéhyde par photochimie et expliquer les niveaux mesurés.

4.3. LE BENZENE

Le tableau ci-dessous présente les résultats obtenus à partir des données de chaque salle de classe :

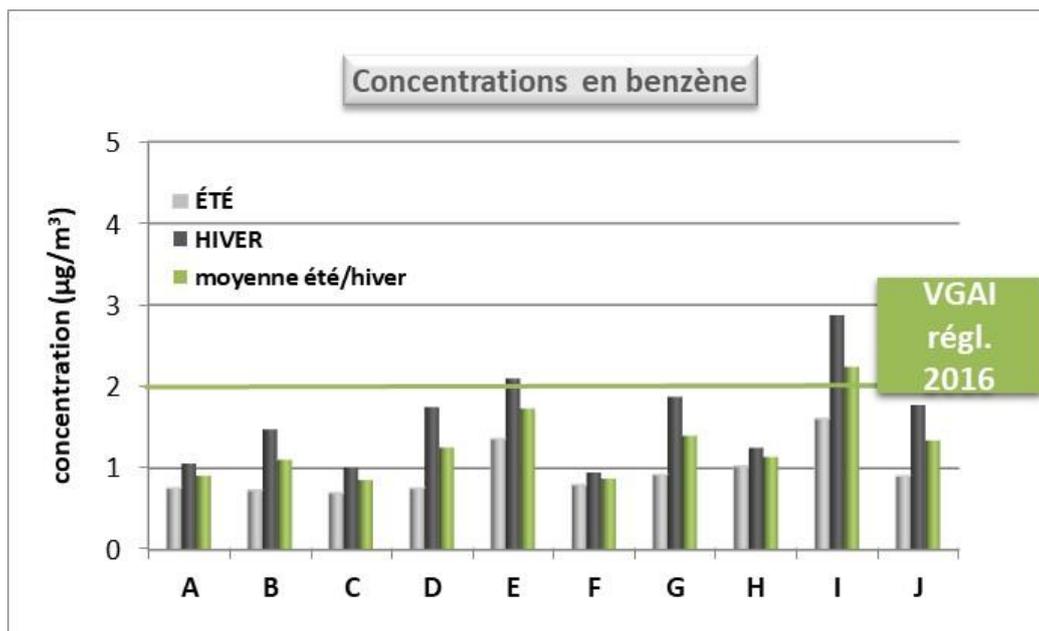
Tableau 13 : Données obtenues pour le benzène dans les salles des lycées

Période	Nb. valeurs	Moyenne	Médiane	Max	Nombre de pièces inférieures à 2 µg/m ³	Nombre de pièces supérieures à 2 µg/m ³
Été	40	1,0	0,8	2,8	37	3
Hiver	40	1,6	1,5	5,2		
Toute période	40	1,3	1,2	4		

La médiane obtenue dans les salles de classe des dix lycées et de 1,2 µg/m³ toute période confondue ce qui est similaire à ce qui a été déterminé lors de la campagne nationale écoles (médiane de 1,2 µg/m³). Les valeurs mesurées sont plus fortes en période hivernale conformément à ce qui est habituellement observé pour ce polluant. Une valeur maximale de 5,2 µg/m³ a été observée lors de la phase hivernale.

La valeur limite de 10 µg/m³ n'a été dépassée dans aucune salle de classe. Seules 3 salles de classe sur 40, soit 7,5%, dépassent en moyenne annuelle la valeur guide de 2 µg/m³ (lycée D et I), Lors de la campagne nationale écoles et crèches, 14 % des salles de classe ont dépassé cette valeur. Les valeurs mesurées pour le benzène sont donc globalement faibles.

Le graphique ci-après présente les concentrations obtenues pour le benzène en moyenne pour chaque établissement :



Les concentrations les plus élevées pour le benzène ont été observées dans le lycée I. En effet, la valeur maximale observée dans les lycées ($5,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ – phase hivernale) correspond à celle du CDI du lycée I. La moyenne annuelle pour cette salle s'élève à $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et les valeurs dans les autres salles de ce lycée

Figure 15 : Concentrations moyenne en benzène par établissement (salles spécifiques)

sont plus faibles de $1,7$ à $2,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$. La présence en dessous du CDI d'un espace de stockage (atelier), de véhicules utilitaires tels qu'un tracteur, une balayeuse, engins de jardinage avec réservoirs de carburant, est une source d'évaporation d'hydrocarbures (fioul, essence etc...) permettant d'expliquer ces valeurs. De plus, la mise en marche (combustion) de ces engins est réalisée dans cette zone et impacte donc directement le CDI. Ces éléments ont été indiqués lors de la présentation des résultats lors du COPIL du lycée.

4.4. LES COMPOSES ORGANIQUES VOLATILS

Les concentrations en composés organiques volatils dont les aldéhydes sont globalement faibles. Cependant quelques COV ont présenté des concentrations parfois plus élevées et supérieures à $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ qui sont répertoriées dans les tableaux 14 (salles de cours) et 15 (salles spécifiques).

Pour rappel, pour chaque lycée deux salles dont une salle spécifique ont fait l'objet de mesures complémentaires pour une quarantaine de composés organiques volatils.

Tableau 14 : Données obtenues pour les composés organiques volatils dans les salles des lycées

Lycée	Campagne	Salle	Composé	Concentration $\mu\text{g}/\text{m}^3$
A	estivale	E107	2-butoxyéthanol	24
			éthylbenzène	33
			m-p xylène	20
		D201	éthylbenzène	29
			m-p xylène	23
		C01	éthylbenzène	24
B	estivale	S16	n-decane et isomère	37
C	hivernale	107	2-butoxyéthanol	28
			1-méthoxy-2-propanol	28
			n-butyl acetate	73
			méthylcyclohexane	39
D	Hivernale	E108	éthylbenzène	53
			m-p-xylène	66
			n-nonane	160
			n-decane	320
			triméthylbenzène	110
			n-undecane	280
			n-dodecane	45
		A115	éthylbenzène	43
			m-p-xylène	32
		CDI	éthylbenzène	44
			m-p-xylène	34
hexaldéhyde	23,7			
F	Hivernale	S10	n-butylacétate	39
			n-undecane et isomères	60
			n-dodecane et isomères	58
			hexaldéhyde	200
			Valéraldéhyde	28,8

Pour le lycée A, du 2-butoxyéthanol a été observé pour la salle E017. Ce composé est présent dans l'un des produits d'entretien utilisé pour le **nettoyage des tables**. Du m-p xylène et de l'étylbenzène ont également été mis en évidence lors de la campagne estivale. Les valeurs pour ces composés sont faibles à l'extérieur indiquant qu'il s'agit d'une origine intérieure. Les sources de ces polluants en air intérieur sont les peintures, les vernis et les colles.

Pour le lycée B, du n-decane et isomère a été mis en évidence pour la salle S16. Ce produit a également été retrouvé dans la salle spécifique S01 bis et provient d'un des **produits d'entretien** utilisés dans le lycée.

Pour le lycée C, la salle 107 présente des concentrations un peu plus élevées pour certains composés lors de la campagne hivernale. Il s'agit du n-butylacétate ($73 \mu\text{g}/\text{m}^3$), du méthylcyclohexane ($39 \mu\text{g}/\text{m}^3$), et de deux composés appartenant à la famille des éthers de glycol ($28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour le 1-méthoxy-2-propanol et 2-butoxyéthanol). En ce qui concerne le n-butylacétate, ce polluant est présent dans les **marqueurs** qui sont utilisés dans la salle de classe. Ses sources en air intérieur sont également les peintures, les colles... La salle de classe a fait l'objet de **travaux de peinture récents par rapport aux**

campagnes de mesures ce qui pourrait également contribuer à la concentration observée. L'origine la plus probable pour le méthylcyclohexane serait également la peinture. Ce composé est également contenu dans les fluides correcteurs. Le 1-méthoxy-2-propanol est quant à lui présent dans le **spray nettoyant pour tableau** qui a été utilisé de manière régulière dans la salle lors de la campagne de mesure.

Le lycée D est celui qui présente les concentrations en composés organiques volatils les plus élevées lors de la campagne hivernale. Elles concernent toutes les salles de classe et également la salle spécifique (tableau 15). Des composés de la famille des alcanes (n-nonane, n-decane, n-undecane, n-dodecane et leurs isomères) ont été observés en concentrations parfois très importantes dans la salle E108 et également dans la salle E114/E121 (tableau 15). Les bâtiments d'externat dans lesquels se trouvent ces pièces ont fait l'objet de **rénovations importantes** ce qui permet d'expliquer ces valeurs. Des hydrocarbures ont été retrouvés à des concentrations significatives pour les quatre salles de classe et sur le point extérieur. Les valeurs sont plus élevées au sein des salles E114/ E121. Cela laisse supposer que la pollution engendrée par les travaux s'est dispersée à l'ensemble des bâtiments du lycée en ce qui concerne ces composés.

Pour le lycée F, les concentrations les plus élevées concernent le n-undecane, le n-dodécane, le n-butylacétate, l'hexaldéhyde et le varaldéhyde dans la salle S10 en lien avec la **réalisation de travaux** dans cette salle. Le n-butylacétate, utilisé dans les peintures, peut également provenir des marqueurs pour tableaux blancs utilisés dans la salle. Ces marqueurs seront substitués par d'autres moins émissifs.

Bilan pour les salles de cours :

En ce qui concerne les composés organiques volatils, 3 lycées ont été impactés par la réalisation de travaux en période d'occupation. Au vu des résultats, il est conseillé de les effectuer en dehors des périodes d'occupation des bâtiments ou en respectant des mesures de confinement du chantier afin de limiter l'apport de polluants liés au chantier dans les salles de classe attenantes. L'utilisation de produits moins émissifs est également préconisée. A noter que les salles de classes rénovées doivent être aérée de façon importante avant la réintégration des occupants.

Les produits d'entretien utilisés peuvent également dégrader la qualité de l'air comme cela a été mis en évidence pour les lycées A, B et C. L'inventaire des produits d'entretien utilisés a été effectué dans tous les lycées et l'utilisation de produits comportant de nombreuses substances dangereuses a été mises en évidence. Ces éléments ont été intégrés dans les plans d'action des lycées concernés.

Tableau 15 : Données obtenues pour les composés organiques volatils dans les salles spécifiques des lycées

Lycée	Campagne	Salle	Composé	Concentration	
B	estivale	S01bis	méthoxy-2-propanol	49,6	
			heptane	23 µg/m ³	
			nonane	56 µg/m ³	
			n-decane et isomère	106 µg/m ³	
			n-undecane et isomères	29	
			n-butanol	25	
D	Estivale	E114/E121	2-éthoxy-éthanol	34	
			2-méthoxy-ethanol	23	
	Hivernale	E114/E121	2-méthylpentane	140	
			3-méthylpentane	150	
			éthylbenzène	49	
			m-p-xylène	57	
			n-nonane	150	
			n-decane	350	
			triméthylbenzène	96	
			n-undecane	340	
n-dodecane	56				
E	Estivale	L214	Cyclohexane	270	
			n-butyl-acétate	28	
	Hivernale	L014	n-octane	23,3	
			L214	éthylacétate	90
				Méthylcyclohexane	130
			L014	2-méthylpentane	32
3-méthylpentane	21				
H	Estivale	T14	n-heptane	33	
I	Estivale	A316	cyclohexane	49	
	Hivernale	A316	Cyclohexane	55	
J	Estivale	Labo bio	Méthyléthylcétone	24,2	

Comme cela a été mis en évidence pour le formaldéhyde, la salle S01bis du lycée B présente également des concentrations importantes pour les COV en lien avec l'utilisation fréquente de produits d'entretien lors des travaux pratiques. Le **stockage de produits d'entretien** dans la pièce contiguë y contribue également. Il est nécessaire de mener une réflexion sur l'aération et la ventilation de la salle ainsi que la pièce de stockage contiguë et de limiter l'échange d'air entre ces deux pièces.

Pour le lycée D, les travaux ont impacté la qualité de l'air de cette salle comme cela a été indiqué dans le paragraphe précédent. Certains polluants sont cependant spécifiques à cette salle. Il s'agit du 2-éthoxy-éthanol et du 2-méthoxy-ethanol pour la campagne estivale. Ces composés sont présents dans les produits utilisés pour le nettoyage des tabes. Pour la campagne hivernale, le 2-méthylpentane et le 3-méthylpentane qui ont été mis en évidence proviennent des activités de **travaux pratiques réalisées dans les salles**.

Ces composés ont également été identifiés dans l'un des laboratoires du lycée E en lien avec les activités de travaux pratiques de chimie. Pour cet établissement, d'autres composés ont également été observés en période hivernale et estivale comme le cyclohexane.

Il s'agit d'un composé également retrouvé dans le lycée I en phase hivernale et estivale toujours en lien avec la réalisation des travaux pratiques de physique/chimie. Pour le lycée J, il s'agit d'un composé spécifique aux travaux pratiques de biologie.

La salle d'atelier du lycée H présente quant à elle du n-heptane en lien avec les activités pratiquées dans la salle. D'autres composés ont également été observés à des concentrations proches mais inférieures à 20 µg/m³.

Parmi les 10 lycées, l'impact des activités sur les concentrations en composés organiques volatils a été mis en évidence pour quatre salles de laboratoires et deux salles d'atelier. Au vu de ces observations, une attention particulière doit être portée sur le renouvellement d'air de ces salles d'autant plus que la présence de COV peut participer à la formation de formaldéhyde (paragraphe 4.2).

4.5. LE DIOXYDE D'AZOTE

Les résultats obtenus pour le dioxyde d'azote dans les lycées ont été reportés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 16 : Données obtenues pour le dioxyde d'azote dans les salles des lycées

Période	Nb. valeurs	Moyenne	Médiane	Max	Nombre de pièces inférieures à 20 µg/m ³	Nombre de pièces supérieures à 20 µg/m ³
Été	40	13	11,8	40		
Hiver	39	13,7	13,6	28,8		
Toute période	39	13,2	12,4	34,4	34	5

Les valeurs observées dans les lycées sont modérées. La médiane s'élève à 12,4 µg/m³ ce qui est plus élevé que lors de la campagne nationale école et crèche de 2013/2017 (5 µg/m³). Cela s'explique par la proportion d'établissements ruraux lors de la campagne nationale alors que la typologie des lycées est principalement périurbaine. La valeur guide de 20 µg/m³ est dépassée dans 5 salles de classe ce qui représente 13 % des pièces (11% lors de la campagne nationale école et crèche).

L'ensemble des résultats pour le dioxyde d'azote est disponible en annexe 7.

Le graphique ci-après présente les résultats moyens obtenus pour chaque établissement :

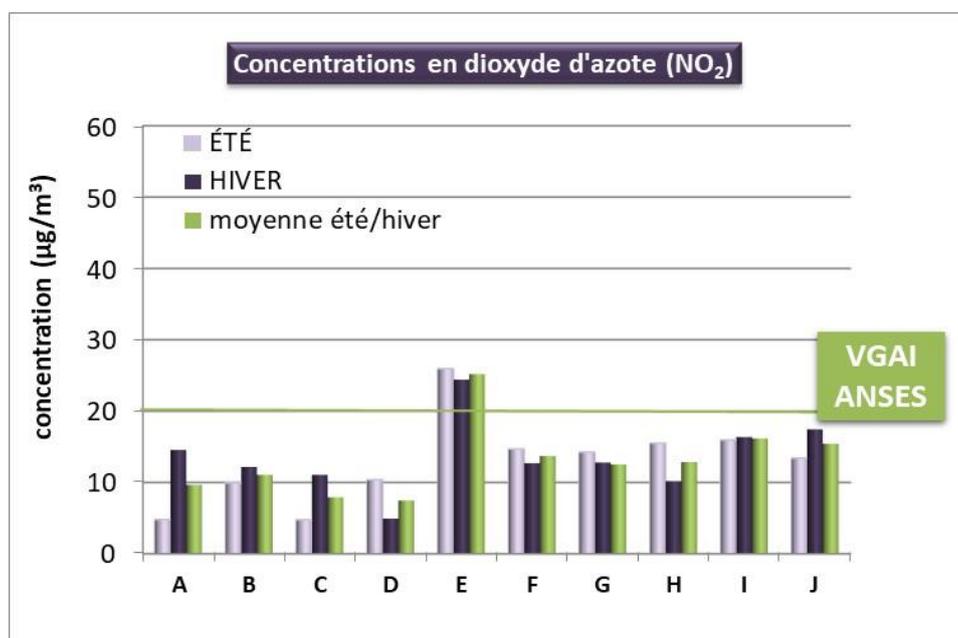


Figure 16 : Concentrations moyenne en dioxyde d'azote par établissement

Le lycée E présente les concentrations les plus élevées. En effet, pour ce lycée les quatre salles de classe dépassent la valeur guide de 20 µg/m³. L'environnement urbain dans lequel est situé le lycée avec des routes à fort trafic tout autour peut expliquer ces résultats. Les concentrations mesurées à l'extérieur sont supérieures à celles des salles de classe. L'aération et les phénomènes de transfert air extérieur/air intérieur sont les principales voies d'entrée de ce polluant.

4.6. LE RADON

Les résultats obtenus pour le radon sont présentés dans le tableau ci-après. A noter que les badges radon ont fait l'objet de dégradations dans certains lycées ce qui n'a pas permis d'obtenir de valeurs pour certaines pièces. Pour rappel, les mesures ont été effectuées en période hivernale sur une durée d'environ 2 mois. **Ces résultats sont présentés à titre indicatif et ne substituent pas aux mesures réglementaires.**

Tableau 17 : Données obtenues pour le dioxyde d'azote dans les salles des lycées

Période	Nb. valeurs	Moyenne	Médiane	Max	Nombre de pièces inférieures à 300 Bq/m ³	Nombre de pièces supérieures à 300 Bq/m ³
Campagne hivernale	28	59,2	35,9	170	28	0

Les résultats obtenus dans les lycées sont faibles et largement inférieurs au seuil de précaution de 300 Bq/m³. Un maximum de 170 Bq/m³ a été observé dans une pièce (salle info du lycée J). A noter que le potentiel radon de la commune où se situe le lycée est de catégorie 3 ce qui permet d'expliquer ce résultat.

CONCLUSION

Les campagnes de mesures réalisées en 2018 et 2019 dans 10 lycées de la région Grand Est ont permis de mettre en évidence les éléments suivants :

Pour les paramètres de confort :

- En été, des températures élevées dans de nombreuses salles de classe démontrant la **problématique du confort d'été**. Ces températures sont parfois associées à des taux d'humidité supérieurs aux préconisations ce qui peut favoriser le développement des moisissures et des micro-organismes.
- Pour la campagne hivernale, les températures et les taux d'humidité sont plus modérés. Certaines salles de classe présentent toutefois une surchauffe.

Pour le confinement :

- Pour la campagne estivale, seuls deux lycées présentent un indice de confinement de 4 (qualifié de très élevé) ou 5 (qualifié d'extrême) chacun dans une salle de classe. Les températures élevées ont favorisé l'ouverture des fenêtres.
- **Pour l'hiver, 8 lycées sur 10 ont une salle de classe avec un indice de confinement de 4 ou 5.** Les problèmes de confinement sont plus marqués pour les lycées G, H et C.

Pour le formaldéhyde :

- Les valeurs mesurées pour le formaldéhyde sont globalement faibles. A noter qu'aucun dépassement de la valeur limite ($100 \mu\text{g}/\text{m}^3$) n'a été observé.
- La valeur guide $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a été dépassée dans 3 salles dédiées à des activités spécifiques. Les **valeurs plus fortes dans les salles spécifiques** ont été observées lors de la période estivale. La formation de formaldéhyde par photochimie en présence de concentrations parfois importantes d'autres composés organiques volatils, cumulée à son émission directe par des matériaux de construction par exemple et renforcée sous l'effet de la chaleur, permet d'expliquer ce résultat.

Pour le benzène :

- Les concentrations sont faibles. La valeur limite de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ est respectée dans l'ensemble des pièces et la valeur guide de $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ est dépassée dans 3 pièces.
- Les valeurs les fortes ont été observées dans le lycée G en raison de la présence de **stockage d'hydrocarbures à proximité d'une salle**.

Pour les autres composés organiques volatils :

- Certains polluants spécifiques ont été observés dans les salles de classe de 3 lycées suite à la **réalisation de travaux de rénovation** (lycées C, D et F).
- Les **produits d'entretien** constituent également une source de COV identifiée dans plusieurs établissements.

- Enfin plusieurs composés ont été mis en évidence dans les salles dédiées à un enseignement spécifiques en lien avec les **travaux pratiques réalisés**.

Pour le dioxyde d'azote :

- Alors que les valeurs sont modérées dans la majorité des établissements, le lycée E présente des concentrations plus élevées en lien avec la présence de **trafic routier à proximité**.

Pour le radon :

- L'ensemble des valeurs est inférieur à 300 Bq/m³.

Les résultats obtenus dans les lycées **sont globalement satisfaisants mais certains points d'attention et de vigilance** ont été mis en évidence et font l'objet de recommandations transmises aux lycées. Ces éléments ont été exposés dans les rapports individuels et lors des comités de pilotage de chaque lycée, avec l'objectif de rédiger et mettre en place des plans d'actions en 2020 :

- Pour le confinement certains lycées mettent en place des **stratégies d'aération** et des politiques de sensibilisation alors que d'autres lycées s'orientent vers l'achat ou la construction de boîtiers de mesure du CO₂ (avec diodes de couleurs en fonction des seuils atteints).
- En ce qui concerne les travaux/chantier, une **vigilance sur les produits utilisés ainsi que sur les périodes de réalisation en lien avec l'occupation** est à avoir et est commune à tous les lycées.
- Pour le lycée F, le **déplacement du stockage des hydrocarbures** en dessous du CDI est à l'étude.
- Pour les produits d'entretien, un **travail d'inventaire et de substitution des produits** les plus émissifs est engagé dans certains lycées.
- **Les salles spécifiques doivent faire l'objet d'une aération/ventilation particulière notamment lors de la réalisation des activités.**
- En ce qui concerne l'impact du trafic routier pour le lycée E, il sera **pris en compte dans la stratégie d'aération du lycée**.

Les points d'attention et préconisation soulevés lors de cette étude dans 10 lycées serviront de référence pour l'ensemble des lycées du Grand Est pour lesquels la surveillance de la qualité de l'air intérieur doit être mise en œuvre et ainsi concourront à améliorer la qualité de l'air intérieur pour les occupants.

ANNEXE 1

SOURCES D'EMISSION DES POLLUANTS

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...



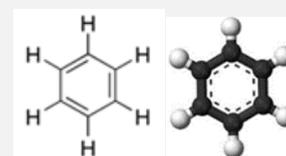
Les autres COV (liste non exhaustive)

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 :

- **xylènes** : peintures, vernis, colles, insecticides.
- **éthylbenzène** : peintures, vernis, colles de moquettes, pesticides.
- **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.



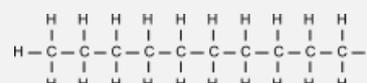
Autres hydrocarbures aromatiques :

- **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.



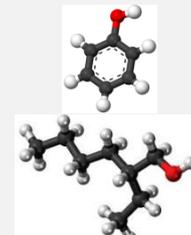
- **n-undécane** : white-spirit, colles pour sol, cires, vernis à bois, nettoyants pour sol, moquettes, tapis, huile pour parquet, solvant.
- **méthylcyclohexane** : un solvant des éthers de cellulose (les éthers de cellulose étant utilisés pour contrôler la viscosité d'un milieu, en tant qu'épaississants 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 :

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

ANNEXE 2

NATURE DU CONFINEMENT ET INFORMATION ASSOCIEES

D'APRES L'INDICE ICONE

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 :</p> <p>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.</p> <p>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 :</p> <p>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.</p> <p>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>

ANNEXE 3

RESULTATS POUR LES PARAMETRES DE CONFORT

Lycée A	site	Température (°C)			Humidité relative (%)		
		Moyenne	Max	Min	Moyenne	Max	Min
hiver	D114	21,6	25,1	12,6	47,3	68,8	39,1
	D201	23,5	26,5	9,8	51	81,1	42,2
	E107	23,4	27,1	13	50,5	81,2	40,1
	C01	21,8	24,5	13,7	57,5	75	45,2
	extérieur	13,8	23,2	5,3	72,4	96,7	44,7
été	D114	23,7	27,9	19,2	37,4	48,4	25
	D201	24	27,3	20,2	35,2	54	25,3
	E107	23,2	27	20,5	36,2	53,8	25,7
	C01	23,8	25,5	21,7	38,5	47,5	30,3
	extérieur	16,7	18,7	11,7	35	53	23

Lycée B	site	Température (°C)			Humidité relative (%)		
		Moyenne	Max	Min	Moyenne	Max	Min
été	S01	22,6	28	13,1	63,7	88	50,4
	S16	23,7	27,8	17,7	55,9	67,6	45,5
	S20	22,7	26,8	19,3	57,5	80,6	41,3
	SAPS2	24,8	27,3	17,8	53,5	73,9	35
	extérieur	20,7	35,1	11,5	64,8	91,8	24,1
hiver	S01bis	18,5	24,7	13,5	49,9	58,1	42,9
	S16	18,2	22,7	13,6	41,3	54,2	32
	S20	19,9	23,5	18	36,7	62	30,2
	SAPS2	21,4	23,9	19	42,2	49,3	30,9
	extérieur	3,8	20	0,7	77,9	90,8	45,6

Lycée C	site	Température (°C)			Humidité relative (%)		
		Moyenne	Max	Min	Moyenne	Max	Min
hiver	3	21,5	25,5	2,5	59,4	86,7	30,4
	107	21,1	25,3	11	60,2	75,8	37,4
	115	19,1	22,5	13,3	58,2	69,9	30,7
	139	21,8	25,9	16,7	58,7	71,9	46,6
	extérieur	11,6	21,8	5,9	84,9	96,4	45,3
été hiver	3	24,2	27,8	16,6	56,7	63,9	48,4
	107	25,2	30	16,1	39,9	51,2	39,9
	115	26,2	29,9	15,7	45,9	59,6	37,4
	139	24,2	27,3	16,8	50,7	59,8	44,9
	3	21,5	25,5	2,5	59,4	86,7	30,4

Lycée D	site	Température (°C)			Humidité relative (%)		
		Moyenne	Max	Min	Moyenne	Max	Min
été	A115	25,4	26,3	24,2	61,5	64	59
	E108	25,4	27,5	24,6	60,8	66,2	54
	E114	24,9	27,3	14,5	63,5	93,4	47,2
	CD1	25,1	26,7	23	61,2	74	55
	Extérieur	25,5	31,8	15,5	60,7	94,9	45,9
hiver	A115	22,4	24,8	15,3	25,3	41,2	22,9
	E108	20,8	24	15,2	35,6	45,5	29,4
	E121	21,2	22,5	14	27,4	45,4	23,3
	CD1	-	-	-	-	-	-
	extérieur	-0,5	15	-3,6	84,9	95,3	27,2

Lycée E	site	Température (°C)			Humidité relative (%)		
		Moyenne	Max	Min	Moyenne	Max	Min
été	E116-118	26,5	29,2	23,4	56,1	68,3	44,3
	E312-314	26,7	27,9	25,6	63,4	55,6	47,4
	L014	22,8	23,9	21,7	70,1	73,7	65,8
	L214	27,6	31,7	25,5	52,5	68,8	41,0
	extérieur	23,9	30,2	17,8	64,0	89,6	42,7
hiver	E116-118	21,5	24,9	15,4	45,6	65,5	30,4
	E312-314	21,1	22,8	19,1	45,6	55,3	38,2
	L014	22,0	23,7	20,9	39,9	62,3	35,2
	L214	19,1	21,2	17,9	38,8	60,8	33,8
	extérieur	4,4	6,6	0,4	74,4	89,9	60,6

Lycée F	site	Température (°C)			Humidité relative (%)		
		Moyenne	Max	Min	Moyenne	Max	Min
été	104	26,4	29,6	20,2	48,7	68,4	33,5
	Lab V	25,4	29,8	21,1	55,8	62,6	49,8
	S010	24,8	28,9	18,6	52	73,1	32,3
	BTS1	25,9	29,8	20,3	53	78,9	42,5
	extérieur	13,8					
hiver	104	21,7	24,7	19,7	53	42,2	90,9
	Lab V	21,6	23	20,2	51,7	65,2	42,5
	S010	20,9	23,4	18,9	54,2	71,6	43,5
	BTS1	23,2	26,2	18	49,8	92	40
	extérieur	8,5	19,5	1,8	90,3	95,8	63,8

Lycée G	site	Température (°C)			Humidité relative (%)		
		Moyenne	Max	Min	Moyenne	Max	Min
été	B001	22,5	25,6	20,1	51,5	67,0	40,7
	C012	21,6	25,0	18,6	61,6	50,8	35,0
	D106	24,9	27,8	22,5	39,6	52,1	30,8
	A210 (non occupée)	25,3	31,8	19,9	35,9	54,7	23,3
	EXT	19,2	33,6	8,6	42,3	81,7	17,9
hiver	B001	25,4	26,8	23,8	26,8	37,9	19,4
	C012	20,3	22,1	17,3	43,5	49,6	28,4
	D106	22,5	25,0	20,9	42,5	52,6	30,6
	A210	20,7	23,3	18,2	29,4	37,5	23,0
	EXT	-1,6	8,0	-5,1	79,7	91,4	47,4

Lycée H	site	Température (°C)			Humidité relative (%)		
		Moyenne	Max	Min	Moyenne	Max	Min
été	A02	19,7	23,8	16,6	68,1	79,6	55,7
	B11	21,1	23,1	19,2	55,8	62,6	49,8
	F23	21,8	23,4	20	59,0	63,7	55
	T14	20,4	23	18,8	63,8	66,9	60,2
	extérieur	17,8	27,1	10,5	72,9	97,4	43,6
hiver	A02	21,7	23,8	19,2	54,6	67,7	43,7
	B11	23	24,5	20,6	40,5	55,2	36,5
	F23	19,5	22	16,6	54,2	68,5	43
	T14	19,7	22,5	17,1	51,6	62	45,1
	extérieur	6,7	18,5	0,4	53,1	73,3	0,1

Lycée I	site	Température (°C)			Humidité relative (%)		
		Moyenne	Max	Min	Moyenne	Max	Min
été	E211	25,9	27,8	24,5	54,3	67,8	42,1
	A206	28,1	30,5	23,4	66,0	50,4	35,0
	A316 (labo)	26,6	28,9	24,2	51,3	60,8	39,6
	CDI	25,0	27,0	23,0	56,2	63,6	46,8
	EXT	25,0	37,7	13,3	57,7	92,5	29,2
hiver	E211	22,8	25,6	21,4	48,7	57,7	41,2
	A206	23,9	27,0	22,1	53,0	65,8	41,1
	A316	21,1	22,5	19,5	56,7	64,3	48,2
	CDI	21,9	23,0	20,6	50,3	56,8	44,3
	EXT	10,5	16,7	5,0	83,1	94,0	68,0

Lycée J	site	Température (°C)			Humidité relative (%)		
		Moyenne	Max	Min	Moyenne	Max	Min
été	Salle 16	23,1	25,1	19,7	39,0	55,0	31,0
	Salle 23	22,5	26,0	18,3	49,0	37,9	30,0
	Salle info 2	22,4	24,7	19,4	37,5	57,0	30,0
	labo de biologie 2	24,0	25,9	21,8	33,1	42,0	27,0
	EXT	12,6	21,8	1,9	68,3	92,6	41,7
hiver	Salle 16	23,2	24,8	17,2	38,5	48,4	28,6
	Salle 23	23,3	27,1	20,2	37,6	53,3	30,6
	Salle info 2	23,3	25,6	21,1	36,7	45,7	30,1
	labo de biologie 2	24,1	25,9	20,6	32,9	45,4	26,2
	EXT	6,1	19,7	-1,2	82,3	92,9	29,5

ANNEXE 4

RESULTATS POUR LE CONFINEMENT

Lycée A	Campagne	Valeur ICONE	Nature du confinement	informations
Eté	D114	3	élevé	néant
	D201	3	élevé	néant
	E107	3	élevé	néant
	C01	3	élevé	néant
Hiver	D114	4	Très élevé	sensibilisation
	D201	4	Très élevé	sensibilisation
	E107	4	Très élevé	sensibilisation
	C01	4	Très élevé	sensibilisation

Lycée B	Campagne	Valeur ICONE	Nature du confinement	informations
Eté	S01	3	élevé	néant
	S16	3	élevé	néant
	S20	Non calculé		
	SPAS2	1	faible	néant
Hiver	S01	2	moyen	néant
	S16	1	faible	néant
	S20	Non calculé		
	SPAS2	0	nul	néant

Lycée C	Campagne	Valeur ICONE	Nature du confinement	informations
Eté	3	3	Elevé	néant
	107	2	Moyen	néant
	115	1	Faible	néant
	139	3	Élevé	néant
Hiver	3	5	Extrême	sensibilisation
	107	3	Elevé	néant
	115	4	Très élevé	sensibilisation
	139	4	Très élevé	sensibilisation

Lycée D	Campagne	Valeur ICONE	Nature du confinement	informations
Eté	A115	Non calculé		
	E108	2	Élevé	néant
	E114	1	Élevé	néant
	CDI	Non calculé		
Hiver	A115	1	Faible	néant
	E108	4	Très élevé	sensibilisation
	E114	2	Moyen	néant
	CDI	Non calculé		

Lycée E	Campagne	Valeur ICONE	Nature du confinement	informations
Eté	E116-118	Non calculé		
	E312-314	1	faible	néant
	L014	2	moyen	néant
	L214	0	nul	néant
Hiver	E116-118	4	très élevé	sensibilisation
	E312-314	Non calculé		
	L014	2	moyen	néant
	L214	1	faible	néant

Lycée F	Campagne	Valeur ICONE	Nature du confinement	informations
Eté	104	1	faible	néant
	Lab V	0	nul	néant
	S010	2	moyen	néant
	BTS1	2	moyen	néant
Hiver	104	2	moyen	néant
	Lab V	Non calculé		
	S010	Non calculé		
	BTS1	4	Très élevé	sensibilisation

Lycée G	Campagne	Valeur ICONE	Nature du confinement	informations
Eté	B001	4	très élevé	sensibilisation
	C012	4	très élevé	sensibilisation
	D106	2	moyen	néant
	A210	Non calculé		
Hiver	B001	3	élevé	néant
	C012	5	extrême	sensibilisation + action
	D106	5	extrême	sensibilisation + action
	A210	2	moyen	néant

Lycée H	Campagne	Valeur ICONE	Nature du confinement	informations
Eté	A02	4	Très élevé	sensibilisation
	T14	5	extrême	sensibilisation
	F23	3	élevé	néant
	B11	2	moyen	néant
Hiver	A02	5	extrême	sensibilisation
	T14	4	Très élevé	sensibilisation
	F23	4	Très élevé	sensibilisation
	B11	2	moyen	néant

Lycée I	Campagne	Valeur ICONE	Nature du confinement	informations
Eté	A206	2	moyen	néant
	E211	2	moyen	néant
	A316	1	faible	néant
	CDI	2	moyen	néant
Hiver	A206	4	très élevé	sensibilisation
	E211	4	très élevé	sensibilisation
	A316	4	très élevé	sensibilisation
	CDI	3	élevé	néant

Lycée J	Campagne	Valeur ICONE	Nature du confinement	informations
Eté	Salle 16	2	moyen	néant
	Salle 23	2	moyen	néant
	Salle info 2	1	faible	néant
	labo de biologie 2	1	faible	néant
Hiver	Salle 16	3	élevé	néant
	Salle 23	3	élevé	néant
	Salle info 2	2	moyen	néant
	labo de biologie 2	1	faible	néant

ANNEXE 5

RESULTATS POUR LE FORMALDEHYDE

Lycée A			
Pièce	Hiver ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Eté ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Moyenne ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
D201	14,8	11,6	13,2
E107	9,7	7,7	8,7
C01	15,1	10,6	12,8
D114	10,6	12,1	11,4

Lycée B			
Pièce	Hiver ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Eté ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Moyenne ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Salle S20	13,0	28,5	20,8
Salle APS2	8,4	15,3	11,8
Salle 16	12,4	35,6	24,0
Salle S01 Bis	23,9	61,4	42,6

Lycée C			
Pièce	Hiver ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Eté ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Moyenne ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Salle 3	10,1	12,73	11,6
107	15,4	11,4	10,8
Salle 139	10,5	13,4	14,4
115	12,8	21,4	17,1

Lycée D			
Pièce	Hiver ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Eté ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Moyenne ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
A115	8	44,0	26,0
E108	6,2	20,0	13,1
CDI	6,6	36,9	21,8
E114/E121	7,6	58,2	32,9

Lycée E			
Pièce	Hiver ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Eté ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Moyenne ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
E116/118	8	10,6	9,4
E312/314	13,6	25,3	19,5
L014	11,0	44,6	27,8
L214 (laboratoire)	9,1	16,3	12,7

Lycée F			
Pièce	Hiver ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Eté ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Moyenne ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
104	6,9	5,4	6,2
S10	21,5	3,7	12,6
BTS01	5,5	6,9	6,2
LabV	18	18,5	18,3

Lycée G			
Pièce	Hiver ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Eté ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Moyenne ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
SALLE B001	4,9	8,2	6,6
SALLE C012	5,6	6,3	6,0
SALLE D106	13,3	13,0	13,2
SALLE A210	5,7	9,1	7,4

Lycée H			
Pièce	Hiver ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Eté ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Moyenne ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
A02	13,3	21,2	17,3
F23	12,5	28,3	20,4
B11	10	17,7	13,8
T14	25,5	69,0	47,2

Lycée I			
Pièce	Hiver ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Eté ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Moyenne ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Salle A206	12,8	15,1	14,0
Salle E211	11,1	22,2	16,7
Salle E002 (CDI)	12,5	33,8	23,2
Salle A316 (labo chimie)	7,92	9,9	8,9

Lycée J			
Pièce	Hiver ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Eté ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Moyenne ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Salle 16	12,6	20,3	16,5
Salle 23	10,2	12,4	11,3
Salle info 2	16,0	21,8	18,9
Salle labo de biologie 2	9,4	14,4	11,9

ANNEXE 6

RESULTATS POUR LE BENZENE

Lycée A			
Pièce	Eté ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Hiver ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Moyenne ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
D114	0,8	0,6	0,7
D201	0,6	1,2	0,9
E107	0,8	1,1	0,9
C01	0,8	1,3	1,1
Extérieur	1,5	-	1,5

Lycée B			
Pièce	Eté ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Hiver ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Moyenne ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Salle S01 Bis	0,7	1,1	0,9
Salle S20	0,8	1,7	1,2
Salle APS2	0,7	1,7	1,2
Salle 16	0,8	1,4	1,1
Extérieur	0,9	2	1,5

Lycée C			
Pièce	Eté ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Hiver ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Moyenne ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Salle 3	0,7	0,1	0,8
Salle 115	0,6	1,1	0,9
Salle 107	0,6	1	0,8
Salle 139	0,9	1	0,9
Extérieur	0,6	1	0,8

Lycée D			
Pièce	Eté ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Hiver ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Moyenne ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
A115	0,6	1,8	1,2
E108	0,6	1,9	1,3
E114/E121	0,9	1,1	1
CDI	1,0	2,2	1,6
Extérieur	0,7	1,8	1,2

Lycée E			
Pièce	Eté ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Hiver ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Moyenne ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Salle E116	1,1	2,5	1,8
Salle E312	1,5	2,9	2,2
Salle L014	1,3	1,5	1,4
Salle L214	1,6	1,5	1,5
Extérieur	2,3	2,1	2,2

Lycée F			
Pièce	Eté ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Hiver ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Moyenne ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
104	0,8	0,9	0,9
Lab V	0,9	1	1
S10	0,7	0,9	1,1
BTS01	0,8	1	1
ext	0,9	1	1

Lycée G			
Pièce	Eté ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Hiver ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Moyenne ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
A210	1,2	2,2	1,7
B001	0,8	1,9	1,4
C012	0,9	1,7	1,3
D106	0,8	1,7	1,2
ext	1	1,9	1,5

Lycée H			
Pièce	Eté ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Hiver ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Moyenne ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
A02	1	1.2	1.1
T14	1	1.3	1.2
F23	1	1.2	1.1
B11	1.1	1.3	1.2
ext	1	1.1	1.1

Lycée I			
Pièce	Eté ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Hiver ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Moyenne ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
A206	1,2	1,7	1,5
E211	1,1	2,9	2,0
A316	1,4	1,7	1,5
CDI	2,8	5,2	4,0
ext	1,3	1,5	1,4

Lycée J			
Pièce	Eté ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Hiver ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Moyenne ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Salle 16	0,8	1,6	1,2
Salle 23	0,9	1,6	1,3
Salle info 2	0,8	1,7	1,3
Salle labo de biologie 2	1,1	2,2	1,7
Extérieur	0,9	1,2	1

ANNEXE 7

RESULTATS POUR LE DIOZYDE D'AZOTE

Lycée A			
Pièce	Eté ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Hiver ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Moyenne ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
D114	5,4	15,1	10,3
D201	4,2	12,6	8,4
E107	4,6	18,6	11,6
C01	5,0	11,9	8,5
Extérieur	10,5	19,3	14,9

Lycée B			
Pièce	Eté ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Hiver ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Moyenne ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Salle S01	7,6	10,8	9,2
Salle S20	14,1	16,0	15
Salle APS2	6,8	8,3	7,6
Salle 16	11,2	13,6	12,4
Extérieur	19,2	25,1	22,1

Lycée C			
Pièce	Eté ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Hiver ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Moyenne ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Salle 3	4,2	9,2	6,7
Salle 107	4,5	15,0	10
Salle 115	4,2	7,6	5,9
Salle 139	5,8	12,4	9,1
Extérieur	4,8	11,1	7,9

Lycée D			
Pièce	Eté ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Hiver ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Moyenne ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
A115	10,6	1,2	5,9
E108	8,2	4,7	6,5
E114/E121	9,8	6,7	8,2
CDI	13,0	7,1	10
Extérieur	10,4	4,9	7,5

Lycée E			
Pièce	Eté ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Hiver ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Moyenne ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
E119 (116)	18,4	24,4	21,4
E314 (312)	24	23,2	23,6
L014	21,5	21,3	21,4
L214	40	28,8	34,4
Extérieur	37,4	41,4	39,4

Lycée F			
Pièce	Eté ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Hiver ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Moyenne ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
104	12,2	13,7	13
LabV	15,3	17,2	16,3
S10	13,7	6,3	10
BTS01	17,6	13,6	15,6
Extérieur	23,3	17,7	20,5

Lycée G			
Pièce	Eté ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Hiver ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Moyenne ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
A210	16,2	13,3	14,8
B001	11,0	14,8	12,9
C012	20,2	-	-
D106	9,5	10,3	9,9
Extérieur	24,5	27,9	26,2

Lycée H			
Pièce	Eté ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Hiver ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Moyenne ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
A02	8,5	12,4	10,5
T14	8,5	6,2	7,4
F23	11,3	8,5	9,9
B11	33,8	13,6	23,7
Extérieur	21	18	19,5

Lycée I			
Pièce	Eté ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Hiver ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Moyenne ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Salle A206	16,1	14,5	15,3
Salle E211	12,5	14,9	13,7
Salle A316 (labo chimie)	18	13,5	15,7
Salle E002 (CDI -centre documentaire)	17,1	22,5	19,8
Extérieur	24,7	28,9	26,8

Lycée J			
Pièce	Eté ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Hiver ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Moyenne ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Salle 16	13,4	15,8	14,6
Salle 23	14,9	18,8	16,9
Salle info 2	11,1	14,9	13,0
Salle labo de biologie 2	14,2	20,2	17,2
Extérieur	20	26,4	23,2

ANNEXE 8

RESULTATS POUR LE RADON

Lycée A	Activité volumique du radon 222 (Bq/m ³)
A02	75
T14	149
B11	72

Lycée B	Activité volumique du radon 222 (Bq/m ³)
Salle S01	15
Salle S20	15
Salle APS2	58

Lycée C	Activité volumique du radon 222 (Bq/m ³)
Salle 3	15
Salle 107	15

Lycée D	Activité volumique du radon 222 (Bq/m ³)
Salle 3	15
Salle 107	15

Lycée E	Activité volumique du radon 222 (Bq/m ³)
L014	24

Lycée F	Activité volumique du radon 222 (Bq/m ³)
S10	169

Lycée G	Activité volumique du radon 222 (Bq/m ³)
A210	28
B001	101
C012	56
D106	115

Lycée H	Activité volumique du radon 222 (Bq/m ³)
A02	75
T14	149
B11	72

Lycée I	Activité volumique du radon 222 (Bq/m ³)
A206	35
E211	30
A316	26
CDI	48

Lycée J	Activité volumique du radon 222 (Bq/m ³)
Salle 16	35
Salle 23	17
Salle info 2	170
labo de biologie 2	36



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