



Surveillance de la qualité de l'air intérieur dans des établissements recevant du public à proximité de la cokerie de Serémange-Erzange

Bilan 2018

Avec le soutien de



Agence Régionale de Santé Grand Est

CONDITIONS DE DIFFUSION

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

- Licence ouverte de réutilisation d'informations publiques
- 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

Rédaction : *JENNESON Bérénice, ingénieur études*
Relecture : *SCHNEIDER Christelle, chargée d'études*
Approbation : *DEPROST Raphaële, responsable Unité Projets*

Référence du modèle de rapport : COM-FE-001_2

Référence du projet : 100130

Référence du rapport : PROJ-EN-180

Date de publication : 27/11/2018

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

INTRODUCTION.....	4
1. DESCRIPTION DES ECOLES MATERNELLES	5
1.1. SITUATION GEOGRAPHIQUE.....	5
1.2. CARACTERISTIQUES DES ETABLISSEMENTS.....	6
1.3. PIECES INVESTIGUEES	6
1.4. CARACTÉRISTIQUES DES ÉTABLISSEMENTS ET MATÉRIAUX UTILISES.....	6
2. CAMAPGNE DE MESURE	7
2.1. PARAMETRES SUIVIS	7
2.2. TECHNIQUES DE MESURE	8
2.2.1. Le dioxyde de carbone	8
2.2.2. Tubes à diffusion passive	8
2.3. STRATEGIE D’ECHANTILLONAGE	8
2.3.1. Stratégie d’échantillonnage spatiale	8
2.3.2. Stratégie d’échantillonnage temporelle	9
3. STRATEGIE DE COMPARAISON.....	9
3.1. VALEURS DE REFERENCE.....	9
3.1.1. Le dioxyde de carbone	9
3.1.2. Le benzène	10
3.2. DONNEES COMPARATIVES	11
4. ANALYSE DES CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES PENDANT LES CAMPAGNES	13
4.1. CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES DU 19 AU 23 FEVRIER 2018	14
4.2. CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES DU 16 AU 20 AVRIL 2018	14
4.3. CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES DU 25 AU 29 JUIN 2018	15
4.4. CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES DU 5 AU 9 NOVEMBRE 2018.....	15

5. RESULTATS.....	16
5.1. LE CONFINEMENT	16
5.2. LE BENZENE	16
5.2.1. Résultats des campagnes 2018 et comparaison à la valeur limite	16
5.2.1. Moyennes annuelles 2018 et comparaison aux valeurs guides.....	20
CONCLUSION.....	22

INTRODUCTION

Dans son Programme Régional de Surveillance de la Qualité de l'Air 2017-2021, ATMO Grand Est, association 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.

Dans le cadre d'investigations menées par l'Agence Régionale de Santé (ARS), une surveillance trimestrielle du benzène et du confinement est effectuée depuis 2013 dans des établissements recevant du public situés à proximité de la cokerie de Serémange-Erzange. Elle a permis de mettre en évidence des dépassements de la valeur limite de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en benzène dans certains établissements lors de situations d'expositions de vents en provenance de la cokerie. Dans la continuité de cette surveillance, les campagnes de mesures ont été reconduites pour l'année 2018 dans les mêmes établissements.

Cette étude présente différents objectifs :

- Evaluer les niveaux de benzène dans les établissements sélectionnés à différentes périodes de l'année,
- Déterminer les niveaux de confinement dans les établissements, notamment en période de chauffe,
- Comparer les valeurs mesurées aux différentes valeurs réglementaires et valeurs d'aide à la gestion existantes en air intérieur,
- Comparer les résultats obtenus à l'intérieur des établissements avec les niveaux rencontrés en air ambiant à proximité de la cokerie.

La présente étude concerne quatre écoles maternelles et comporte quatre phases de mesures distinctes réparties sur 2018. Un état des lieux du bâti au regard de la qualité de l'air intérieur est tout d'abord exposé dans le rapport, suivi d'un descriptif de la stratégie adoptée pour les campagnes de mesures. Les différents outils réglementaires à disposition sont ensuite présentés puis utilisés pour l'interprétation des résultats obtenus lors des campagnes.

1. DESCRIPTION DES ECOLES MATERNELLES

1.1. SITUATION GEOGRAPHIQUE

Les quatre écoles maternelles ont été sélectionnées de par leur proximité avec la cokerie de Serémange-Erzange.

Figure 1 : Carte des établissements retenus (source geoportail.gouv.fr)



Le tableau ci-dessous présente l'adresse de chaque établissement.

Tableau 1 : Adresse des établissements

Nom de l'établissement	Adresse de l'établissement
École maternelle Bouton d'Or	Rue des Bons Enfants à FLORANGE
Ecole maternelle du Centre	18, rue de Gargan à FLORANGE
Ecole Maternelle Bosment	Rue Odette à FAMECK
Ecole maternelle Marcel Pagnol	3, place François Mitterrand à Serémange-Erzange

Les écoles Bouton d'Or, Bosment et Marcel Pagnol se situent à environ 1,1 km de la cokerie. L'école du Centre se trouve à environ 1,5 km.

1.2. CARACTERISTIQUES DES ETABLISSEMENTS

Aucune école maternelle sélectionnée ne comporte d'étage. Le nombre de salles de classe et leur répartition au sein des différents bâtiments de chaque établissement sont précisés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 2 : Salles de classe dans les différents établissements

Nom de l'établissement	Nombre total de salles de classe	Répartition des salles de classe
École maternelle Bouton d'Or	9	1 bâtiment divisé en deux pôles
École maternelle du Centre	3	2 salles de classe dans le bâtiment des Maternelles, 1 salle dans le bâtiment primaire
École Maternelle Bosment	2	1 bâtiment
École maternelle Marcel Pagnol	5	3 salles de classe dans un bâtiment 2 salles de classe dans le second bâtiment

1.3. PIECES INVESTIGUEES

L'ensemble des pièces investiguées dans le cadre de cette étude est présenté dans le tableau ci-dessous :

Tableau 3 : Nombre de pièces investiguées par établissement

Nom de l'établissement	Nombre de pièces investiguées
École maternelle Bouton d'Or	2 salles de classe : pièces 1 et 2
École maternelle du Centre	2 salles de classe : pièce 1 (bâtiment maternelle) et pièce 2 (bâtiment primaire)
École Maternelle Bosment	1 salle de classe : pièce 1
École maternelle Marcel Pagnol	2 salles de classes : pièces 1 et 2

1.4. CARACTÉRISTIQUES DES ÉTABLISSEMENTS ET MATÉRIAUX UTILISÉS

Les 4 établissements présentent des caractéristiques similaires en ce qui concerne les techniques de construction. Il s'agit de bâtiments en pierre et/ou en béton de construction classique. L'énergie utilisée pour leur chauffage est le gaz. Le détail des revêtements présents dans chaque pièce investiguée lors de la campagne est précisé dans le tableau ci-après :

Tableau 4 : Revêtements présents dans les différentes pièces

Nom de l'établissement	Pièces	Revêtement au sol	Revêtement aux murs
École maternelle Bouton d'Or	Pièces 1 et 2	Sol plastique collé	Toile de verre + Peinture
École maternelle du Centre	Pièces 1 et 2	Parquet	Peinture (été 2013)
École Maternelle Bosment	Pièce 1	Sol plastique collé	Toile de verre + Peinture
École maternelle Marcel Pagnol	Pièces 1 et 2	Sol plastique collé	Toile de verre + Peinture

Les meubles présents dans l'ensemble des pièces sont en bois aggloméré et en contreplaqué. Il n'y a pas eu de travaux ni d'introduction de mobiliers neufs au cours de l'année 2018.

2. CAMAPGNE DE MESURE

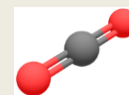
2.1. PARAMETRES SUIVIS

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

- Le dioxyde de carbone
- Le benzène

Le **benzène** est l'une des substances jugées prioritaires en air intérieur par la communauté scientifique en raison de son classement comme cancérigène avéré par le CIRC (Centre International de Recherche sur le Cancer). Ce composé appartient à la famille des hydrocarbures aromatiques monocycliques. Ses sources en air intérieur sont principalement les carburants, la fumée de cigarette, les produits de bricolage, et certains produits de construction. À l'extérieur, le benzène est issu du chauffage au bois, des gaz de combustion des véhicules et de certaines activités industrielles.

Un **indicateur du renouvellement de l'air intérieur** 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 (confinement). 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 celles liées aux systèmes de chauffage : **sources d'émissions extérieures³, activités humaines** (utilisations de produits et d'appareils domestiques, tabagisme⁴...), **réactions chimiques⁵, température et humidité relative des locaux⁶, ventilation** (mécanique et/ou naturelle)⁷.

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., Haghighat, F., Material Emission Rates : Literature 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. Le dioxyde de carbone

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



Figure 2 : Q-trak

2.2.2. Tubes à diffusion passive

Le suivi des concentrations dans l'air pour le benzène a été effectué au moyen de tubes à diffusion passive.



Figure 3 : Tubes passifs radiello

Les tubes passifs de type « Radiello » permettant la mesure du benzène sont constitués de 2 tubes cylindriques concentriques (figure 3) : 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.

La quantité de molécules piégées dans la cartouche est proportionnelle à sa concentration dans l'environnement.

Dans la pièce à investiguer, le tube passif est suspendu à l'horizontal et ceci 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 moyennes des polluants dans l'air sur l'ensemble de la période d'exposition (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) sont déterminées par analyse différée au Laboratoire Interrégional de Chimie **SYNAIRGIE** situé à Schiltigheim accrédité par le COFRAC (n° 1-2092) par chromatographie liquide haute performance (HPLC) avec détection par absorption pour le formaldéhyde et par chromatographie en phase gazeuse (CPG) pour le benzène pour les campagnes de février et de novembre 2018. Pour les campagnes d'avril à juin 2018, les analyses ont été effectuées par le laboratoire LASAIR à Paris dans des conditions identiques.

2.3. STRATEGIE D'ECHANTILLONNAGE

2.3.1. Stratégie d'échantillonnage spatiale

La stratégie d'échantillonnage spatiale pour le benzène a été établie en suivant les recommandations du « Guide d'application pour la surveillance du formaldéhyde et du benzène dans les établissements d'enseignement, d'accueil de la petite enfance et d'accueil de loisirs : stratégie d'échantillonnage et positionnement des résultats ». Cette stratégie prend en compte le nombre de pièces par niveau et par bâtiment. Le tableau ci-dessous détaille les différentes pièces investiguées pour chaque établissement. Pour chaque établissement, une mesure extérieure a également été effectuée.

Pour les mesures de benzène, l'ensemble des pièces présenté au paragraphe 2.3 a fait l'objet de mesures.

Concernant la mesure du confinement, elle a été mise en œuvre dans une pièce par établissement :

Tableau 5 : Nombre de pièces investiguées par établissement pour le confinement

Nom de l'établissement	Pièce investiguée
École maternelle Bouton d'Or	Pièce 2
École maternelle du Centre	Pièce 1
École Maternelle Bosment	Pièce 1
École maternelle Marcel Pagnol	Pièce 1

2.3.2. Stratégie d'échantillonnage temporelle

Afin d'être représentatif des conditions moyennes sur l'année permettant ainsi une comparaison par rapport à des valeurs de référence long terme, et du fait des fluctuations notables de concentrations des polluants selon les saisons, quatre périodes de mesure d'une semaine dans l'année ont été définies :

- 1^{ère} campagne : du 19 au 23 février 2018,
- 2nd campagne : du 16 au 20 avril 2018,
- 3^{ème} campagne : du 25 au 29 juin 2018,
- 4^{ème} campagne : du 5 au 9 novembre 2018.

3. STRATEGIE DE COMPARAISON

3.1. VALEURS DE REFERENCE

3.1.1. 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)⁸. 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**. 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.

⁸ 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.

3.1.2. Le benzène

La réglementation fixe la **valeur limite** à ne pas dépasser dans un espace clos pour le benzène ainsi que les différentes **valeurs guides d'exposition à long terme** qui rentrent progressivement en vigueur à partir de 2013. Ces valeurs sont basées sur celles initialement définies par l'ANSES (Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation de l'environnement et du travail) et le HCSP (Haut Conseil de la Santé Publique), dont les **valeurs repères** servent également de référence.

- La **valeur limite** fixée à $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ par le décret n° 2012-14 du 5 janvier 2012⁹ désigne la valeur pour laquelle des investigations complémentaires doivent être menées et pour laquelle le préfet de département du lieu d'implantation de l'établissement doit être informé. Par ailleurs, le décret indique que les résultats obtenus à chaque période et dans chaque pièce sont à comparer à la valeur limite.

Selon le HCSP¹⁰, « des concentrations intérieures en benzène supérieures à $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ correspondent à un excès de risque de leucémie de 6.10^{-5} pour une exposition au long cours sur la vie entière. Il s'agit d'un niveau de risque six fois plus élevé que la valeur cible à atteindre en 2015 qui n'est pas acceptable pour une exposition continue ».

- Les **valeurs guides pour l'air intérieur** fixées par le décret n° 2011-1727 du 2 décembre 2011¹¹ et reprises de ce fait dans l'article R. 221-29 du Code de l'Environnement, désignent un niveau de concentration de polluants de l'air intérieur fixé, déterminé pour un espace clos donné, dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine, à atteindre, dans la mesure du possible, dans un délai donné pour une exposition à long terme. Elles sont fondées exclusivement sur des critères sanitaires, à l'exclusion des critères de faisabilité économique et de toute considération métrologique et sont issues des travaux de l'ANSES. La moyenne des concentrations mesurées sur deux périodes de mesures en saisons contrastées est comparée aux valeurs guides.

- En complément de l'expertise de l'ANSES et dans une optique d'aide à la gestion, le HCSP a publié des valeurs dites « de gestion », les **valeurs repères**, prenant en compte ces critères sanitaires tout en les mettant en perspective avec les concentrations techniquement atteignables actuellement. Le HCSP a publié ses recommandations pour le benzène en juin 2010¹⁰. La moyenne des concentrations mesurées sur deux périodes de mesures en saison contrastée est comparée à la valeur repère. Il est précisé que « Dans les cas exceptionnels où la teneur extérieure serait supérieure à $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, la valeur repère dans les espaces clos ne peut pas, en général, être respectée ; on veillera alors à diminuer les teneurs intérieures en benzène à un niveau aussi bas que le permet cette concentration extérieure ».

Le tableau ci-après synthétise l'ensemble des valeurs réglementaires en vigueur pour ce polluant.

Tableau 6 : Valeurs de références pour le benzène

Valeur guide pour une exposition long terme		Valeur repère 2018	Valeur limite
$2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ depuis le 1 ^{er} janvier 2016	$5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ancienne valeur jusqu'au 1 ^{er} janvier 2016	$2 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$10 \mu\text{g}/\text{m}^3$

⁹ Décret n° 2012-14 du 5 janvier 2012 relatif à l'évaluation des moyens d'aération et à la mesure des polluants effectuées au titre de la surveillance de la qualité de l'air intérieur de certains établissements recevant du public.

¹⁰ HCSP: Valeurs repères d'aide à la gestion dans l'air des espaces clos : Le benzène, juin 2010.

¹¹ Décret n° 2011-1727 du 2 décembre 2011 relatif aux valeurs-guides pour l'air intérieur pour le formaldéhyde et le benzène

3.2. DONNEES COMPARATIVES

Des mesures ont été réalisées au niveau national dans des ERP de type écoles (2013-2017 - multiparamètres) et écoles et crèches (2009-2011 – uniquement formaldéhyde, benzène et confinement).

Campagne nationale écoles de l'OQAI (2013-2017)

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.

Parmi les écoles, 50 % se situent en territoire rural, 30 % en milieu périurbain et 20 % en milieu urbain.

Les résultats sont présentés dans les figures suivantes :

Tableau 7 : Polluants mesurés

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) le dioxyde d'azote (NO ₂) les particules de diamètre inférieur à 2,5 µm (PM2,5).	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.

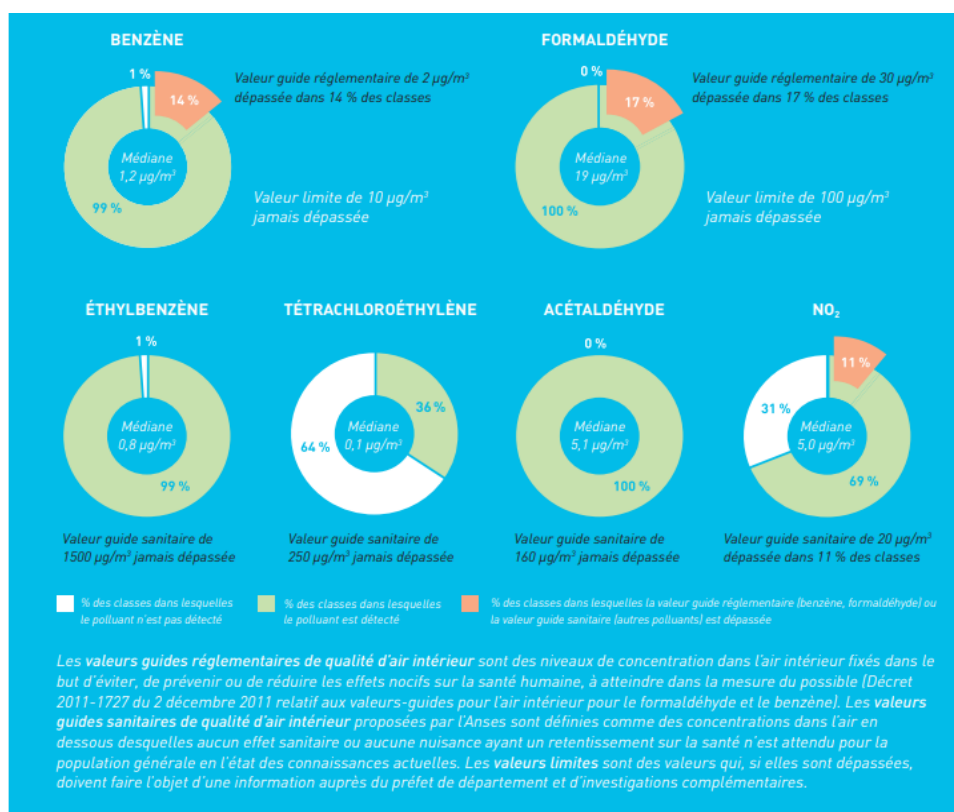


Figure 4 : Fréquence de détection et pourcentages de dépassement des valeurs de référence pour les polluants qui en disposent (Campagne nationale écoles de l'OQAI 2013-2017)

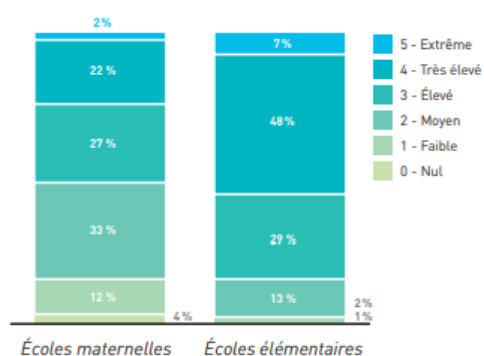


Figure 5 : Fréquence des indices ICONE les plus élevés par établissement (Campagne nationale écoles de l'OQAI 2013-2017)

Valeur de l'indice ICONE la plus élevée par établissement

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 figure ci-dessus.

État des lieux de la qualité de l'air dans des écoles (maternelles/élémentaires) et crèches (2009-2011)

Une campagne pilote nationale de surveillance de la qualité de l'air dans les écoles et les crèches françaises a été lancée en 2009 par le Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie (MEDDE) sur une période de 2 ans.

Au total, 320 établissements répartis sur l'ensemble du territoire ont été concernés, durant une semaine d'enseignement, à raison de deux saisons (été et hiver). Lors de cette campagne, deux polluants prioritaires ont été mesurés le formaldéhyde et le benzène. En complément, des mesures sur le confinement, déterminé notamment à partir du taux de concentration en CO₂, ont été réalisées. Des audits techniques des bâtiments ont complété ce suivi des indicateurs de qualité de l'air intérieur.

La répartition précise entre établissements ruraux, périurbains et urbains n'est pas connue précisément pour cette étude, mais la proportion d'établissements ruraux est moins élevée que pour l'étude de 2013-2017. La répartition des concentrations en benzène était la suivante :

La répartition de l'indice de confinement (ICONE) au niveau des pièces et par type d'établissements était la suivante :

Données nationales BENZENE (BE) :

BE (µg/m ³)	Répartition des MOYENNES annuelles		Répartition des MOYENNES annuelles	
	à l'échelle de l'ETABLISSEMENT		à l'échelle de chaque PIECE	
0 à ≤ 2	42,6%	42,6%	35,7%	35,7%
2 à ≤ 5	56,1%	57,4%	63,3%	64,2%
5 à ≤ 10	1,3%		0,9%	
> 10	0,0%	0,0%	0,1%	0,1%

Figure 6 : Répartition des concentrations en benzène par classes de concentrations en moyennes annuelles tous établissements confondus lors de la campagne nationale pilote écoles et crèches

Icône	CONFINEMENT AU NIVEAU DES PIECES							
	GLOBAL		CRECHES		MATERNELLES		ELEMENTAIRES	
	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%
0	124	13.8%	46	24.6%	37	16.8%	41	8.4%
1	141	15.7%	57	30.5%	51	23.2%	33	6.7%
2	195	21.8%	42	22.5%	67	30.5%	86	17.6%
3	237	26.5%	32	17.1%	43	19.5%	162	33.1%
4	179	20.0%	5	2.7%	20	9.1%	154	31.5%
5	8	0.9%	1	0.5%	0	0.0%	7	1.4%
INV	12	1.3%	4	2.1%	2	0.9%	6	1.2%
TOTAL	896	100%	187	100%	220	100%	489	100%

INV : données invalides ou indisponibles ne permettant pas le calcul du confinement.

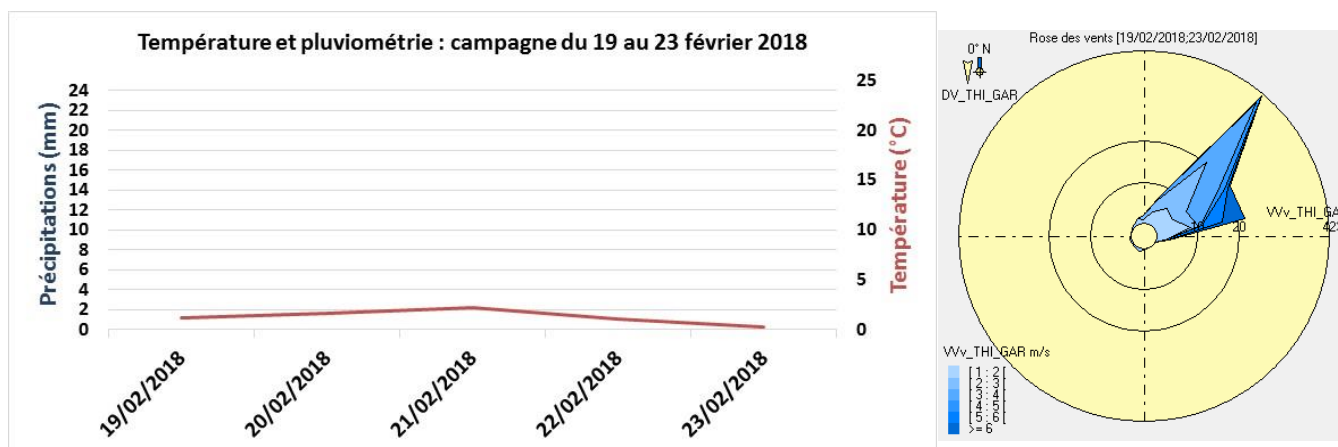
Figure 7 : Répartition de l'indice de confinement à l'échelles des pièces – campagne nationale pilote écoles et crèches

4. ANALYSE DES CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES PENDANT LES CAMPAGNES

Lors des précédentes campagnes, l'influence de l'air extérieur sur les concentrations observées dans les établissements a été mise en évidence. Les niveaux de benzène à l'extérieur dépendent des conditions météorologiques et notamment des directions de vent pouvant rabattre les émissions de la cokerie au niveau des différents établissements.

Le paragraphe ci-dessous détaille les conditions météorologiques observées lors des quatre campagnes de mesures mises en œuvre en 2018.

4.1. CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES DU 19 AU 23 FEVRIER 2018



4.3. CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES DU 25 AU 29 JUIN 2018

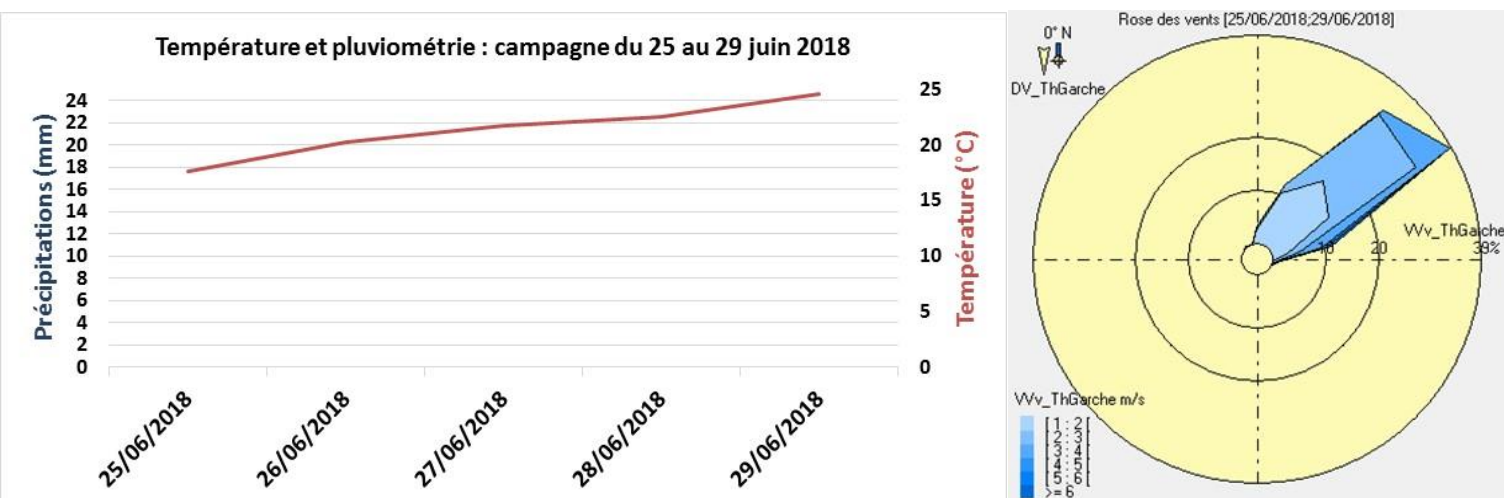


Figure 10 : Conditions météorologiques du 25 au 29 juin 2018

Un temps estival, ensoleillé et de plus en plus chaud au fur et à mesure de la semaine a été observé lors de la campagne de mesure. La fin de semaine se caractérise par des températures élevées. Aucune précipitation n'a été enregistrée lors de la campagne de mesure. Les vents faibles à modérés étaient principalement originaires du nord-est et leur présence a permis le brassage des polluants présents dans l'air.

4.4. CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES DU 5 AU 9 NOVEMBRE 2018

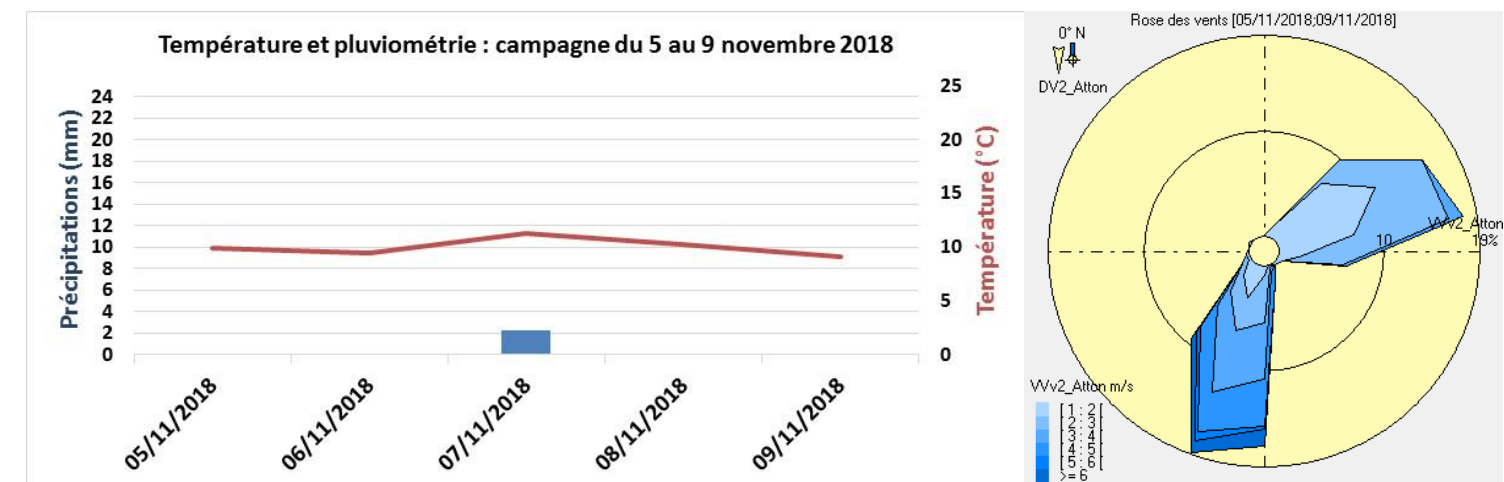


Figure 11 : Conditions météorologiques du 5 au 9 novembre 2018

La campagne de mesure est marquée par des températures douces et un temps variable. Quelques précipitations faibles ont notamment été enregistrées pour la journée du mercredi 7 novembre. Les vents étaient majoritairement issus du nord-est en début de campagne. Des masses d'air provenant du sud ont ensuite été observées avec des vents forts notamment lors de la journée du 7 novembre. De bonnes conditions de dispersion ont ainsi été observées lors de cette campagne de mesure.

5. RESULTATS

5.1. LE CONFINEMENT

L'indice de confinement a été calculé dans chacune des pièces instrumentées pour les quatre campagnes de mesure sauf pour la campagne de juin dans l'école Marcel Pagnol (appareil débranché) :

Tableau 8 : Valeur des indices de confinement obtenus

Campagne	École Bouton d'Or	École du Centre	École Bosment	École Marcel Pagnol
Février 2018	2	1	2	1
	Moyen	Faible	Moyen	Faible
Avril 2018	2	2	2	2
	Moyen	Moyen	Moyen	Moyen
Juin 2018	0	1	0	-
	Nul	Faible	Nul	
Novembre 2018	2	2	1	3
	Moyen	Moyen	Faible	Elevé

Les indices de confinement sont satisfaisants dans l'ensemble pour les quatre écoles, traduisant un renouvellement d'air suffisant. Seule l'école Marcel Pagnol présente un indice de 3 sur 5 correspondant à un confinement élevé pour la campagne de novembre 2018.

5.2. LE BENZENE

5.2.1. Résultats des campagnes 2018 et comparaison à la valeur limite

Le tableau ci-après présente les niveaux de benzène observés dans les différentes pièces pour les différentes campagnes. Comme indiqué dans le décret n° 2012-14 du 5 janvier 2012, **les résultats obtenus à chaque période et dans chaque pièce sont comparés à la valeur limite**. Des blancs de mesure et des répliques ont été réalisés afin de valider les résultats.

Campagne de février 2018 :

Tableau 9 : Concentrations en benzène observées dans les établissements pour la campagne de février 2018 (résultats exprimés en $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Établissement	Salle	Concentration en benzène	Moyenne établissement	Valeur extérieure
École Bouton d'Or	Pièce 1	2,4	2,5	2,0
	Pièce 2	2,5		
École du Centre	Pièce 1	1,7	1,8	1,4
	Pièce 2	1,8		
École Bosment	Pièce 1	9,2	9,2	13,3
École Marcel Pagnol	Pièce 1	21,9	19,7	23,4
	Pièce 2	17,4		

La valeur limite de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ est dépassée pour les deux pièces de l'école Marcel Pagnol dont les concentrations s'élèvent respectivement pour la pièce 1 et 2 à $21,9$ et $17,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$. La concentration mesurée à l'école Bosment, bien que près de deux fois plus faible ($9,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$) reste proche de la valeur limite. Les valeurs dans les autres établissements sont plus modérées et inférieures à $2,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Les concentrations observées à l'extérieur de l'école Marcel Pagnol ($23,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$) et de l'école Bosment ($13,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$) sont supérieures à celles observées dans les pièces.

A noter, que dans le cadre de la réglementation relative à la surveillance de la qualité de l'air intérieur dans les ERP (ce qui n'est pas le cas pour ces campagnes), un dépassement de la valeur limite entraîne la réalisation d'investigations complémentaires avec une information du préfet de département. Lors des études précédentes, la comparaison entre les concentrations en air intérieur et air extérieur a montré qu'elles se recoupent de façon systématique et que de fait, l'air extérieur constitue la principale source de benzène au sein des établissements Bosment et Marcel Pagnol.

En effet, en ce qui concerne la comparaison entre air intérieur et air extérieur le « *Guide d'application pour la surveillance du formaldéhyde et du benzène dans les établissements d'enseignement, d'accueil de la petite enfance et d'accueil de loisirs* » indique les éléments suivants : « *notamment en cas de dépassement de la valeur limite, il conviendra de vérifier si les concentrations intérieures concernées et la concentration extérieure sont ou ne sont pas du même ordre de grandeur. Pour cela, et seulement dans le cadre de cette comparaison intérieur/extérieur, il est recommandé d'appliquer une incertitude de $\pm 30\%$ à chaque concentration (incertitude fixée pour une mesure indicative). S'il s'avère que les concentrations, aux incertitudes de mesure près, se recoupent, les investigations complémentaires devront également porter en priorité sur l'environnement extérieur de l'établissement, qui représente dans ce cas la source majoritaire de benzène* ». La comparaison intérieur/extérieur a été effectuée dans le graphique ci-après :

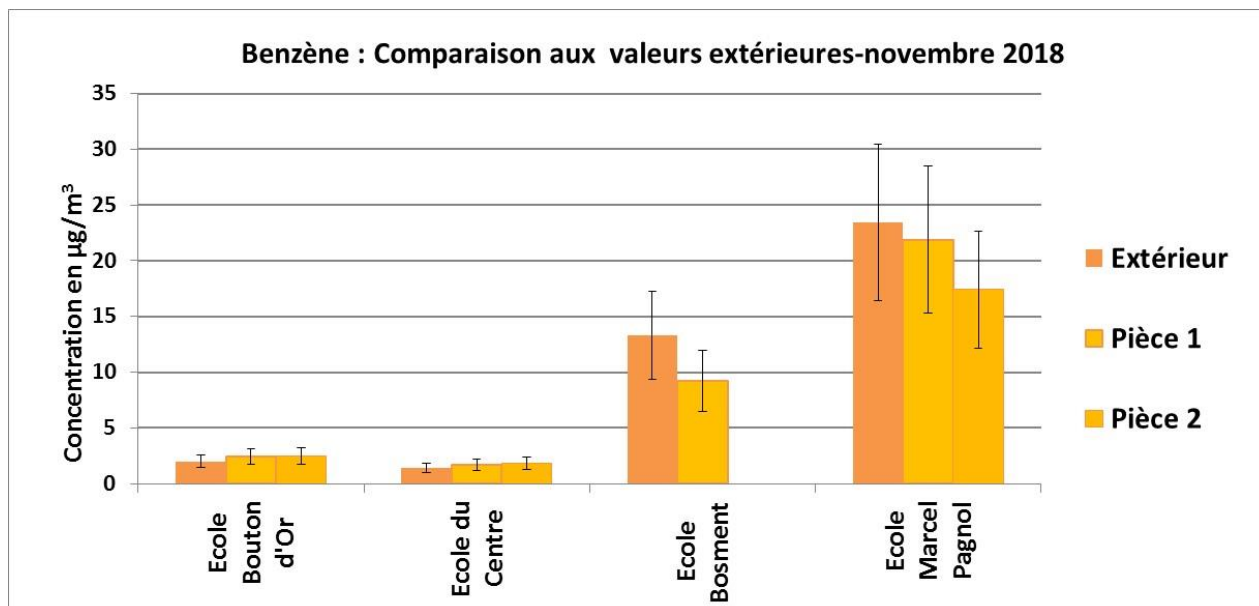


Figure 12 : Comparaison aux valeurs extérieures - campagne de novembre

Si l'on considère l'incertitude de 30 %, la concentration à l'extérieur de l'école Marcel Pagnol se recoupe avec celles observées dans les pièces. Les concentrations extérieures sont donc la principale source de benzène dans l'établissement. Cela est également confirmé par le fait qu'aucune source de benzène n'a été identifiée à l'intérieur des pièces.

Pendant la campagne de mesure, les vents étaient originaires du Nord-Est. L'école Marcel Pagnol se situait sous les vents dominants pendant cette période ce qui explique qu'elle soit la plus impactée par les émissions de la cokerie.

C'est également le cas de l'école Bosment, mais dans une moindre mesure, puisqu'elle est située plus au sud par rapport à la cokerie.

Par ailleurs, plus globalement les conditions météorologiques durant cette campagne n'ont pas permis une bonne dispersion des polluants dans l'air ambiant ce qui explique ces valeurs élevées.

Campagne d'avril 2018 :

Tableau 10 : Concentrations en benzène observées dans les établissements pour la campagne d'avril 2018 (résultats exprimés en $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Établissement	Salle	Concentration en benzène	Moyenne établissement	Valeur extérieure
École Bouton d'Or	Pièce 1	3,7	3,7	5,3
	Pièce 2	3,6		
École du Centre	Pièce 1	3,1	2,9	-
	Pièce 2	2,7		
École Bosment	Pièce 1	2,9	2,9	2,5
École Marcel Pagnol	Pièce 1	3,8	3,1	5,0
	Pièce 2	2,3		

Pour cette campagne de mesure, les valeurs obtenues se situent aux alentours de $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$. L'école Bosment présente la concentration moyenne sur l'établissement la plus élevée ($3,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Diverses directions de vents ont été enregistrées lors de la campagne de mesure ce qui explique des concentrations assez similaires d'un établissement à l'autre quelle que soit leur situation géographique. Malgré des conditions météorologiques défavorables à la dispersion des polluants dans l'air, les concentrations mesurées restent modérées et beaucoup plus faibles que lors de la campagne précédente. Les concentrations extérieures les plus élevées ont été observées à proximité de l'école Marcel Pagnol et de l'école Bouton d'Or.

La valeur limite de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ n'est pas dépassée.

Campagne de juin 2018 :

Tableau 11 : Concentrations en benzène observées dans les établissements pour la campagne de juin 2018 (résultats exprimés en $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Établissement	Salle	Concentration en benzène	Moyenne établissement	Valeur extérieure
École Bouton d'Or	Pièce 1	1,3	1,5	1,5
	Pièce 2	1,7		
École du Centre	Pièce 1	1,1	1,3	1,1
	Pièce 2	1,4		
École Bosment	Pièce 1	4,9	4,9	7,8
École Marcel Pagnol	Pièce 1	2,5	2,6	2,4
	Pièce 2	2,6		

Pour cette campagne de mesure, l'école Bosment présente une concentration plus élevée ($4,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$) que dans les autres établissements. Lors de cette période, les vents étaient principalement orientés au nord-est alors que cette école se situe au sud de la cokerie. Par ailleurs, les conditions météorologiques étaient favorables à la dispersion des polluants. A l'extérieur, la valeur mesurée ($7,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$) est nettement plus forte que dans l'établissement. L'école Marcel Pagnol, située dans le même secteur géographique, présente cependant une concentration moins élevée ($2,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Les valeurs rencontrées dans les autres établissements sont plus faibles.

La valeur limite de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ n'est pas dépassée pour cette campagne de mesure.

Campagne de novembre 2018 :

Tableau 12 : Concentrations en benzène observées dans les établissements pour la campagne de novembre 2018 (résultats exprimés en $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Établissement	Salle	Concentration en benzène	Moyenne établissement	Valeur extérieure
École Bouton d'Or	Pièce 1	2,6	2,7	2,8
	Pièce 2	2,7		
École du Centre	Pièce 1	2,3	2,3	2
	Pièce 2	2,2		
École Bosment	Pièce 1	2,9	2,9	3,1
École Marcel Pagnol	Pièce 1	4,1	4,1	4,3
	Pièce 2	4		

Pour cette campagne, l'école Marcel Pagnol présente une concentration moyenne sur l'établissement de $4,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ce qui est un peu plus élevé que pour les autres écoles. Des vents du nord-est ont en effet été observés en début de campagne ce qui peut expliquer que cet établissement soit le plus impacté. Par ailleurs, les conditions de dispersion des polluants étaient bonnes pour cette campagne de mesure.

Bilan des campagnes :

Pour l'année 2018, la valeur limite de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a été dépassée à une reprise pour les deux pièces de l'école Marcel Pagnol, ce lors de la campagne de février 2018. Depuis la réalisation des campagnes en 2013, les dépassements suivants de cette valeur ont été constatés :

- En juin 2014 dans la pièce de l'école Bosment avec une concentration de $10,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
- en décembre ($10,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$) et en juin 2013 ($12,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$) dans la pièce 2 de l'école Bouton d'Or
- en décembre 2013 dans l'école du Centre ($10,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dans la pièce 1 et $11,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dans la pièce 2).

C'est donc la première fois que l'école Marcel Pagnol est concernée par un dépassement. Les concentrations mesurées dans cette école ($17,4$ et $21,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$) sont les plus élevées depuis le début des campagnes en 2013. A titre de comparaison, lors de la campagne nationale écoles que l'OQAI a engagé à partir de 2013 dans 301 écoles, la valeur limite de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ n'a jamais été dépassée. Pour rappel, cette étude comportait 50 % d'écoles rurales et 20 % d'écoles péri-urbaines, dont la typologie est donc assez éloignée de celle des écoles de Serémange (milieu industriel/urbain). Par ailleurs, pour cette étude nationale une seule campagne de mesure par école a été effectuée. Concernant le transfert de l'air extérieur vers les pièces dans les écoles, si l'on calcule les ratios de concentration intérieur/extérieur (I/E) pour chaque pièce, ils se situent en moyenne entre 0,8 et 1. Les données de la littérature font état d'un ratio moyen de 1,2 dans les écoles. Les ratios sont donc plus faibles dans les écoles de la présente étude ce qui montre l'origine majoritairement extérieure des niveaux de benzène observés.

5.2.1. Moyennes annuelles 2018 et comparaison aux valeurs guides

La réalisation de quatre campagnes à des saisons distinctes a permis d'estimer la concentration moyenne observée pour chaque établissement et de les comparer aux différentes valeurs guides ainsi qu'à la valeur repère. Les moyennes obtenues pour l'année 2018 sont comparées à celles des années précédentes. Le tableau ci-après présente les différentes moyennes annuelles obtenues pour l'année 2018.

Tableau 13 : Moyennes annuelles pour le benzène pour l'année 2018 en $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Établissement	Salle	Concentration moyenne en benzène 2018 en $\mu\text{g}/\text{m}^3$
École Bouton d'Or	Pièce 1	2,5
	Pièce 2	2,6
	Moyenne	2,6
	Extérieur	2,9
École du Centre	Pièce 1	2,1
	Pièce 2	2,0
	Moyenne	2,1
	Extérieur	1,5 (3 campagnes)
École Bosment	Pièce 1	5
	Moyenne	5
	Extérieur	6,7
École Marcel Pagnol	Pièce 1	8,1
	Pièce 2	6,6
	Moyenne	7,4
	Extérieur	8,8
Valeur repère/valeur guide 2018		2

Pour l'année 2018, les moyennes annuelles dans l'ensemble des pièces dépassent la valeur guide de $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Les concentrations annuelles dans l'école Marcel Pagnol ($8,1$ et $6,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$) sont près de quatre fois plus élevées que la valeur guide. L'école Bosment présente quant à elle une concentration moyenne annuelle de $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Pour les autres établissements, les moyennes annuelles sont plus modérées et restent inférieures à $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

A titre de comparaison, lors de la campagne écoles de l'OQAI de 2013-2017, la médiane obtenue est de $1,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et est donc dépassée pour toutes les écoles de la présente étude. Par ailleurs, dans la campagne écoles de l'OQAI, seulement 14 % des salles de classes ont présenté une concentration annuelle supérieure à $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Lors de la campagne nationale écoles et crèches de 2009-2011, cette proportion était plus importante puisque 64,3 % des concentrations moyennes annuelles en benzène dans les pièces étaient supérieures à $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$. A noter que le nombre de pièces, le nombre d'établissements et la typologie des établissements n'est pas la même pour ces deux campagnes ce qui peut expliquer la différence entre les résultats obtenus.

Le graphique ci-après présente les concentrations moyennes par établissement obtenues depuis le début des mesures en 2013.

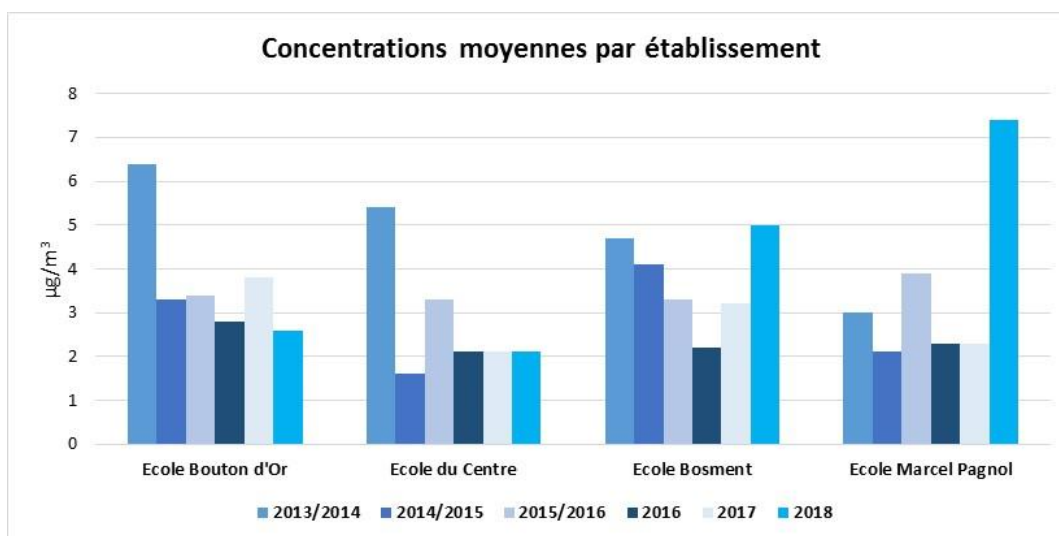


Figure 13 : Evolution de la concentration moyenne par établissement

Pour l'école Marcel Pagnol et l'école Bosment, il s'agit de la plus forte moyenne annuelle enregistrée depuis le début des campagnes en 2013. Cela est particulièrement marqué pour l'école Marcel Pagnol. Cela s'explique par les fortes valeurs enregistrées lors de la campagne de février et le fait que la majorité des campagnes de 2018 étaient caractérisées par des vents de nord-est pouvant impacter ces deux établissements. Les écoles de Bouton d'Or et l'école de Centre ne présentent pas d'évolution significative par rapport aux trois dernières années.

CONCLUSION

L'évaluation des niveaux de benzène qui s'est déroulée sur quatre phases de l'année 2018 dans des établissements recevant du public situés à proximité de la cokerie de Serémange-Erzange a permis de mettre en évidence les éléments suivants :

- **Des indices de confinement globalement satisfaisants**, témoignant d'un renouvellement de l'air adapté. L'école de Marcel Pagnol présente cependant un indice de confinement élevé lors de la campagne de novembre.
- **Une valeur limite en benzène de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dépassée dans les deux pièces de l'école Marcel Pagnol pour la campagne de février 2018** (les mesures devant être comparées pour chaque période et dans chaque pièce à la valeur limite). Lors de cette campagne, les conditions météorologiques étaient favorables à l'accumulation des polluants dans l'air ambiant ce qui peut expliquer les concentrations élevées observées.
- Comme pour les études précédentes, une comparaison entre les niveaux relevés à l'intérieur et à l'extérieur des établissements indiquant que la **principale source de benzène dans les établissements est l'air extérieur**.
- Des concentrations observées dans les écoles très liées aux conditions météorologiques, qui conditionnent la dispersion du benzène émis à l'extérieur, et le transfert du benzène dans les pièces des écoles. Lors des campagnes de février, de juin et de novembre, les écoles de Marcel Pagnol et de Bosment étaient situées sous les vents de la cokerie et présentent les concentrations les plus élevées.
- La **valeur guide pour une exposition long terme applicable depuis le 1^{er} janvier 2016 fixée à 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ est dépassée pour l'ensemble des pièces pour les mesures 2018**. La moyenne annuelle pour l'école Marcel Pagnol atteint 7,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ et constitue la moyenne annuelle la plus élevée depuis le début des campagnes en 2013. Cela s'explique notamment par la forte valeur mesurée en février alors que pour les autres campagnes les valeurs étaient plus faibles.

Les campagnes de 2018 ont donc été marquées par les fortes valeurs en benzène observées en février dans les écoles situées au sud-ouest de la cokerie. Ces valeurs sont liées au transfert de ce polluant de l'air extérieur vers les salles de classe des écoles.



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