

RAPPORT D'ÉTUDE
DRC-07-93056-17276A

14/12/2007

**Expertise de la qualité de l'air intérieur dans les
salles de classe de l'école primaire du Bouteiller
à Louvres (95) : phase 2.**

Expertise de la qualité de l'air intérieur dans les salles de classe de l'école primaire du Bouteiller à Louvres (95) : phase 2.

Étude conduite pour la commune de Louvres (95)

Étude réalisée par Luc Mosqueron et Serge Collet, Direction des risques chroniques

PRÉAMBULE

Le présent rapport a été établi sur la base des informations fournies à l'INERIS, des données (scientifiques ou techniques) disponibles et objectives et de la réglementation en vigueur.

La responsabilité de l'INERIS ne pourra être engagée si les informations qui lui ont été communiquées sont incomplètes ou erronées.

Les avis, recommandations, préconisations ou équivalent qui seraient portés par l'INERIS dans le cadre des prestations qui lui sont confiées, peuvent aider à la prise de décision. Etant donné la mission qui incombe à l'INERIS de par son décret de création, l'INERIS n'intervient pas dans la prise de décision proprement dite. La responsabilité de l'INERIS ne peut donc se substituer à celle du décideur.

Le destinataire utilisera les résultats inclus dans le présent rapport intégralement ou sinon de manière objective. Son utilisation sous forme d'extraits ou de notes de synthèse sera faite sous la seule et entière responsabilité du destinataire. Il en est de même pour toute modification qui y serait apportée.

L'INERIS dégage toute responsabilité pour chaque utilisation du rapport en dehors de la destination de la prestation.

	Rédaction	Vérification	Approbation
NOM	Luc MOSQUERON	Serge COLLET	André CICOLELLA
Qualité	Ingénieur Unité Évaluation des risques sanitaires	Ingénieur Unité Qualité de l'air	Responsable de l'Unité Évaluation des risques sanitaires
Visa			

TABLE DES MATIERES

1. INTRODUCTION : RAPPEL CONTEXTUEL.....	5
2. MÉTHODE	5
2.1 Protocole de prélèvements et d'analyses	5
2.2 Conditions de ventilation et de température lors des prélèvements	6
2.3 Interprétation des résultats	6
3. RESULTATS.....	7
3.1 Analyse descriptive et comparative	7
3.2 Comparaison aux valeurs de « référence » : valeurs mesurées en France dans l'habitat ou les ecoles	9
3.3 Comparaison aux Valeurs Guides et VTR.....	12
4. CONCLUSION	14
5. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	16

1. INTRODUCTION : RAPPEL CONTEXTUEL

Suite à la manifestation lors de la rentrée scolaire 2007 de symptômes sanitaires légers (picotements, irritations légères...) et de nuisances olfactives chez plusieurs écoliers et membres du personnel enseignant de l'école primaire du Bouteiller à Louvres (95), des mesures de la qualité de l'air à l'intérieur de trois salles de classe ont été réalisées par l'INERIS le 17 septembre 2007 [1]. Les familles chimiques recherchées étaient les aldéhydes et les Composés Organiques Volatils (COV). Les résultats indiquaient une qualité de l'air dans les salles qualifiée de médiocre ou mauvaise, avec des **teneurs en aldéhydes et COV** supérieures à celles généralement rencontrées en France dans des logements ou d'autres écoles. Au regard des niveaux de concentration mesurés à l'extérieur des salles de classe, les niveaux de pollution rencontrés à l'intérieur des classes semblaient liés à la présence de sources d'émission intérieures. Ces sources n'ont pas pu être identifiées clairement. En particulier, aucun lien avec des travaux de rénovation de peinture dans les salles réalisés durant l'été 2007 n'a été mis directement en évidence. La mise en œuvre d'une ventilation satisfaisante avait été recommandée.

Suite à ces premiers résultats, l'école du Bouteiller est restée fermée aux élèves. Des dispositifs visant à assurer de bonnes conditions de ventilation dans les locaux du groupe scolaire ont été aménagés, avec notamment la pose de grilles de ventilation dans les salles de classe. A l'issue de ces travaux, la mairie de Louvres a souhaité mettre en œuvre une seconde campagne afin d'une part de juger de l'efficacité des mesures de ventilation mises en œuvre, et d'autre part de vérifier que la qualité de l'air dans les locaux est satisfaisante.

2. METHODE

2.1 PROTOCOLE DE PRELEVEMENTS ET D'ANALYSES

Le protocole d'analyse retenu en vue de la qualification de la qualité de l'air intérieur dans les locaux de l'école a été établi conjointement par l'INERIS et la DDASS du Val d'Oise. Cinq points de mesures ont été choisis :

- 2 salles de classe (primaire et élémentaire),
- 1 salle informatique,
- 1 salle n'ayant pas subi de travaux de peintures durant l'été 2007,
- 1 point référence en air extérieur (préau).

Par rapport à la première campagne de mesures réalisée en septembre, seule la salle n'ayant pas subi de travaux de rénovation durant l'été 2007 a été ajoutée. Les 4 autres points de prélèvement avaient déjà été retenus lors de la campagne de mesures initiale. Ils devraient permettre de suivre l'évolution de la qualité de l'air de septembre à décembre.

Les familles chimiques recherchées sont identiques à celles choisies lors de la première campagne de mesures, à savoir les **aldéhydes et les COV**. Les

méthodes de prélèvement et d'analyse sont identiques à celles mises en œuvre lors de la première campagne de mesures en septembre [1].

2.2 CONDITIONS DE VENTILATION ET DE TEMPERATURE LORS DES PRELEVEMENTS

Dans les 2 salles de classe (primaire et élémentaire) et la salle n'ayant pas subi de travaux de peintures durant l'été 2007, les prélèvements ont été réalisés dans des conditions normales de ventilation. Dans la salle informatique, les prélèvements ont été pratiqués sans aération préalable, c'est à dire dans des conditions de ventilation proches de celles rencontrées lors de la campagne initiale.

Les prélèvements ont été réalisés le mardi 4 décembre 2007 entre 7h30 et 10h30. Contrairement à la campagne initiale, aucun élève n'était présent dans l'école au moment des mesures. En raison de la fermeture prolongée de l'établissement, aucune activité scolaire n'a été pratiquée dans les jours précédant les mesures. Les températures relevées dans les salles de classe lors des prélèvements étaient comprises entre 16 et 17°C (12°C à l'extérieur), le taux d'humidité relative de 57 %.

Ces conditions de confinement/ventilation, présence d'élèves et pratique d'activités scolaires, température..., qui influencent largement la qualité de l'air intérieur, différent de celles relevées au cours de la campagne de mesures de septembre. Rappelons que les prélèvements de la campagne initiale avaient été effectués un lundi matin, c'est à dire dans des conditions où les bâtiments étaient restés fermés et inoccupés depuis 48 heures (établissement scolaire fermé aux élèves durant le week-end), c'est à dire après une période de non ventilation des locaux, mais des activités scolaires normales avaient eu lieu la semaine précédant ces mesures.

2.3 INTERPRETATION DES RESULTATS

La campagne de mesure réalisée par l'INERIS le 4 décembre 2007 a pour objectifs :

- **de qualifier la qualité de l'air intérieur** dans les locaux de l'école et vérifier que les mesures mises en œuvre depuis le mois de septembre (pose de grilles de ventilation) ont permis de diminuer les niveaux de pollution dans les salles de classe ; pour cela, les données de qualité de l'air en décembre doivent être comparées aux données de septembre ;
- **de positionner les concentrations mesurées par rapport à des valeurs « repères »** selon la démarche utilisée et décrite dans le rapport initial de l'INERIS [1] (valeurs typiquement rencontrées dans les habitats ou dans certaines écoles françaises ; Valeurs Guides pour la qualité de l'air intérieur développées par les instances internationales, européennes ou françaises ; Valeurs Toxicologiques de Référence).

3. RESULTATS

3.1 ANALYSE DESCRIPTIVE ET COMPARATIVE

Les résultats des mesures réalisées en décembre 2007 à l'extérieur et à l'intérieur des locaux de l'école sont comparés dans le Tableau 1 à ceux observés précédemment en septembre. De manière générale, on observe une nette amélioration de la qualité de l'air dans les salles de classe pour les aldéhydes comme pour les COV. En particulier, les résultats indiquent :

- une diminution nette des concentrations dans les 3 salles de classe pour chacun des composés individuels ; pour les aldéhydes par exemple, on observe un abattement minimal de 2,2 pour le formaldéhyde dans la salle primaire et un abattement maximal de 17,5 pour le propionaldéhyde dans la salle élémentaire ; pour les COV, l'amélioration de la qualité de l'air est également significative avec des concentrations diminuées d'un facteur 1,8 pour le benzène dans la salle élémentaire jusqu'à un facteur 1 000 pratiquement pour le 1,2,3-triméthylbenzène dans la salle informatique et la salle primaire ;
- dans les 3 salles de classe investiguées en septembre et décembre, la diminution observée est du même ordre de grandeur, avec par exemple des teneurs totales en aldéhydes environ 5 fois moins élevées en décembre dans chacune des salles, et des teneurs en COV totaux (C2-C6) 5 à 9 fois plus faibles après la période de fermeture de l'établissement et la pose de grilles de ventilation ; l'homogénéité des teneurs dans les 3 salles observée en septembre est donc retrouvée en décembre ;
- les teneurs mesurées le 4 décembre dans les différentes salles de l'école sont relativement homogènes, y compris dans la salle où n'ont pas eu lieu de travaux de peinture durant l'été ; la qualité de l'air dans cette dernière ne diffère pas significativement de celle aujourd'hui observée dans les salles où ont été réalisés des travaux de peinture durant l'été. Cette homogénéité de la qualité de l'air dans les différentes salles peut s'expliquer notamment par la fermeture de l'école dans les semaines ayant précédé les mesures d'une part, et les systèmes de ventilation mis en place d'autre part. En effet, les 4 salles de classe étant situées dans un même bâtiment non occupé par les élèves depuis fin octobre 2007 (donc absence de sources d'émission liées aux activités scolaires), la libre circulation de l'air dans ce bâtiment, l'efficacité accrue de la ventilation grâce aux grilles de ventilation récemment posées, sont des facteurs favorisant cette tendance à l'homogénéisation des teneurs en polluants. Les résultats dans la salle non rénovée ne permettent pas d'estimer rétrospectivement l'influence éventuelle qu'auraient pu avoir en septembre les travaux estivaux pratiqués sur les autres parties ou salles du bâtiment n'ayant pas fait l'objet de travaux de peinture.

Tableau 1 : Teneurs en aldéhydes et en COV ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) dans l'école du Bouteiller en septembre et décembre 2007

		Septembre					Décembre					
		Salle informatique	Salle primaire	Salle élémentaire	Salle primaire (sans travaux)	Préau	Salle informatique	Salle primaire	Salle élémentaire	Salle primaire (sans travaux)	Préau	
Aldéhydes	formaldéhyde	101.8	90.8	105.1	n.m.	1.6	35.8	42.1	30.9	26.1	1.7	
	acétaldéhyde	78.4	59.7	67.2	n.m.	3.5	6.8	6.1	6.3	4.0	0.7	
	acétone	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	52.9	51.0	25.7	36.6	2.8	
	acroléine	<0,27	<0,24	<0,24	n.m.	<0,29	<0,13	<0,14	<0,10	<0,10	<0,14	
	propionaldéhyde	<0,69	17.4	19.1	n.m.	0.7	1.6	1.5	1.1	0.9	<0,01	
	butanal	36.8	28.3	27.3	n.m.	1.6	2.5	2.3	2.0	1.5	0.3	
	pentanal	88.6	71.6	64.0	n.m.	1.3	5.6	5.5	4.0	3.0	<0,38	
	hexanal	225.7	174.6	161.9	n.m.	1.6	13.6	14.2	10.3	8.2	0.3	
	heptanal	113.4	89.0	81.8	n.m.	1.0	11.9	13.9	7.1	5.5	0.3	
	octanal	97.3	78.2	66.9	n.m.	1.6	13.9	13.7	9.8	8.3	0.5	
	Total	742.0	609.5	593.3	n.m.	12.3	144.6	150.3	97.2	94.0	6.5	
COV	propane	17.5	19.1	13.4	n.m.	15.7	3.5	3.8	4.2	5.9	5.2	
	n-butane	21.8	20.4	15.2	n.m.	7.5	4.5	4.5	8.2	7.0	7.9	
	n-pentane	103.4	73.5	53.8	n.m.	4	3.7	3.6	7.5	2.9	2.6	
	n-hexane	13.5	13.4	11.1	n.m.	1.5	0.7	0.7	1.6	0.6	1.0	
	n-heptane	65.7	78.5	82.5	n.m.	5	2.1	2.0	1.8	1.8	1.4	
	n-octane	37.2	37.8	33.9	n.m.	1.1	1.3	1.1	1.2	1.1	1.3	
	n-nonane	80.7	71.6	49.7	n.m.	2.4	2.6	2.5	1.7	3.1	10.1	
	n-décane	171.7	239.1	156.8	n.m.	8.9	6.0	3.5	2.4	11.6	<0,62	
	benzène	2.7	2.8	2.9	n.m.	2.6	1.2	1.3	1.6	1.1	6.9	
	toluène	27.7	38.8	47	n.m.	18.8	2.0	2.5	3.1	2.9	7.9	
	éthylbenzène	14.6	24.4	49.1	n.m.	6.2	0.8	1.0	1.5	0.8	1.9	
	m-xylène	64	79.5	231	n.m.	15.2	3.8	4.4	6.4	3.5	9.0	
	o-xylène	37.5	45.4	48	n.m.	6.8	2.2	2.3	1.5	1.7	3.5	
	1,3,5-triméthylbenzène	81.2	72.8	54.5	n.m.	5.9	0.9	<0,61	1.1	0.7	0.8	
	1,2,4-triméthylbenzène	128.5	115.2	138.7	n.m.	12.2	<0,67	<0,67	2.1	<0,67	0.4	
	1,2,3-triméthylbenzène	933.3	1086.8	608.9	n.m.	9.7	1.1	<0,58	5.8	1.2	1.1	
	iso-octane ou 2,2,4-triméthylpentane	7.1	11.9	5.8	n.m.	4.1	<0,48	0.6	0.5	<0,48	0.6	
		COV total C2àC6	227.4	197.5	155.6	n.m.	101.2	25.6	23.0	30.2	35.1	36.4
		COV total C6àC12	1500.3	2095.9	1602.2	n.m.	102.7	10.8	10.8	22.0	10.8	25.2

n.m. = non mesuré

3.2 COMPARAISON AUX VALEURS DE « REFERENCE » : VALEURS MESUREES EN FRANCE DANS L'HABITAT OU LES ECOLES

- **Aldéhydes**

Contrairement à ce qui était observé en septembre, les teneurs moyennes en aldéhydes à l'intérieur des classes sont aujourd'hui situées dans la gamme des valeurs observées par ailleurs en France dans les habitats dans des conditions de vie « normales » ou dans d'autres écoles dans des conditions « normales » ou dans un contexte de nuisance (Tableau 2, page 10).

- **COV**

Les éléments de comparaison disponibles pour les alcanes sont assez parcellaires. Les rares informations disponibles pour les écoles indiquent une assez large variabilité des teneurs observées. Les valeurs mesurées dans les classes du Bouteiller se situent dans la fourchette des concentrations rapportées dans d'autres situations (Tableau 3, page 11), y compris pour le toluène, l'éthylbenzène, les xylènes et le triméthylbenzène qui en septembre étaient situés dans la limite haute, voire au dessus, des gammes de concentrations mesurées dans les habitats ou certaines écoles.

Tableau 2 : Comparaison des concentrations en aldéhydes ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) mesurées en décembre dans l'école de Louvres avec les concentrations rapportées dans d'autres situations en France

Contexte ou conditions	Groupe scolaire de Louvres		Logements				Ecoles					
			Echantillon français de l'OQAI [2]			Echantillon du Nord-Pas-de-Calais (Etude Habit'air 2006) [3]	Echantillon parisien (Etude LHVP 2001) [4]	1 école du nord de la France (2002) [4]	1 école du sud de la France (2005) [3]	3 écoles en Bourgogne (2003) [4]	Strasbourg : 111 écoles (2004-2005) [3, 5]	Etude ISAAC** 108 écoles de 5 villes françaises (1999) [4, 6]
	Nuisances	Conc. max	Conc moy.*	Normale			Normale	Normale	Nuisances	Nuisances	Normale	Normale
			P10	P50	P95	P50	P50	Etendue	Etendue	Etendue	Moyenne [étendue]	Moyenne [étendue]
Formaldéhyde	42.1	33.7	9,3	19,6	46,6	17,1	23,5	20 - 25	18 - 23	-	23 [9 – 83]	23 [4 - 100]
Acétaldéhyde	6.8	5.8	5,3	11,6	30	9,8	10,2	6 - 7	5 - 7	-	8	-
Acroléine	<0,14	nc	0,5	1,1	3,4	< 3	-	-	-	-	-	-
Propanal	1.6	1.3	-	-	-	2,3	4,1	nd	2 - 3	< LQ à 3,6	3	-
Butanal	2.5	2.1	-	-	-	< 8	-	3 - 6	-	< LQ à 6,4	8	-
Pentanal	5.6	4.6	-	-	-	-	5,5	nd	-	< LQ à 3,6	-	-
Hexanal	14.2	11.6	5,9	13,6	50,1	13,5	21,1	4 - 11	-	< LQ à 17,9	-	-
Heptanal	13.9	9.6	-	-	-	-	-	nd	-	-	-	-
Octanal	13.9	11.4	-	-	-	-	-	1 - 4	-	-	-	-

* calculée sur les 4 points de mesure

** International Study on Asthma and Allergies in Childhood

nc = non calculé

nd = non détecté

Tableau 3 : Comparaison des concentrations en COV ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) mesurées dans l'école de Louvres avec les concentrations rapportées dans d'autres situations en France

Contexte ou conditions	Groupe scolaire de Louvres		Logements			Ecoles			
			Echantillon français de l'OQAI [2]			3 écoles en Bourgogne (2003) [4]	2 écoles région bordelaise [3]	1 école du nord de la France (2002) [4]	1 école du sud de la France (2005) [3]
	Nuisances		Normale			Normale	Normale	Nuisances	Nuisances
	Conc. max	Conc moy*	P10	P50	P95	Etendue	Etendue	Etendue	Etendue
propane	5.9	4.4	-	-	-	-	-	-	3,5 - 28
n-butane	8.2	6.1	-	-	-	-	< LD à 12	-	4,2 - 100
n-pentane	7.5	4.4	-	-	-	-	-	-	-
n-hexane	1.6	0.9	-	-	-	0,6 - 0,8	-	-	-
n-heptane	2.1	1.9	-	-	-	0,5 - 256,6	-	-	-
n-octane	1.3	1.2	-	-	-	0,4 - 20,2	-	-	-
n-nonane	3.1	2.5	-	-	-	3,2 - 178,1	-	-	-
n-décane	11.6	5.9	1,9	5,3	53,0	5,5 - 404	-	-	-
iso-octane (2.2.4-triméthylpentane)	0.6	0.5	-	-	-	-	-	-	-
benzène	1.6	1.3	< LQ	2,1	7,2	-	< LD à 1	-	1 - 1,4
toluène	3.1	2.6	4,5	12	87	6,9 - 12,5	< LD à 3	34 - 93	6 - 29
éthylbenzène	1.5	1.0	1,0	2,3	15	2 - 9,3	-	26 - 195	9 - 22
m-xylène	2.3	1.9	2,3	5,6	39,7	5,7 - 36,8	< LD à 6	97 - 1015	23 - 43
o-xylène	6.4	4.5	1,0	2,3	14,6	2,2 - 20,1	-	-	7 - 19
1,3,5-triméthylbenzène	1.1	0.8	-	-	-	-	-	-	-
1,2,4-triméthylbenzène	2.1	1.0	1,7	4,1	21,2	7,2 - 212	< LD à 2	-	-

3.3 COMPARAISON AUX VALEURS GUIDES ET VTR

- **Aldéhydes**

La concentration moyenne en formaldéhyde mesurée dans les salles de l'école ($33,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$) est inférieure à la Valeur Guide de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ recommandée en juillet 2007 par l'AFSSET pour une durée d'exposition de 2 heures (valeur correspondant également à la Valeur Toxicologique de Référence proposée par l'ATSDR pour une exposition de courte durée) (Tableau 4). Elle reste en revanche au dessus de la valeur guide de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ proposée par l'AFSSET pour une exposition long terme.

Pour l'acétaldéhyde, la teneur moyenne dans l'école est inférieure à la VGAI proposée par la Commission Européenne. Pour les autres aldéhydes, l'absence de VGAI ou de VTR ne permet pas de positionner les valeurs mesurées dans l'école de Louvres.

Tableau 4 : Comparaison des concentrations en aldéhydes ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) mesurées dans l'école de Louvres avec les VGAI et les VTR

	Ecole de Louvres Concentrations moyennes	Valeurs guides AI (expositions de longue durée)	Valeurs Toxicologiques de Référence	
			Exposition de courte durée	Exposition de longue durée
Formaldéhyde ⁽¹⁾	33.7	$50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur 2 heures $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour une exposition long terme (AFSSET 2007)	$50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (troubles respiratoires, ATSDR, 1999)	$3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (troubles respiratoires, OEHHA, 1999)
Acétaldéhyde	5.8	$200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (INDEX, 2005)	-	$9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (troubles respiratoires, ATSDR, 1991)
Acroléine	< 0,3	-	$0,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (irritation des yeux, OEHHA, 1999)	$0,02 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (lésions nasales, US-EPA, 2003)
Propionaldéhyde	1.3	-	-	-
Butanal	2.1	-	-	-
Pentanal	4.6	-	-	-
Hexanal	11.6	-	-	-
Heptanal	9.6	-	-	-
Octanal	11.4	-	-	-

Note : (1) Le formaldéhyde est classé comme cancérigène certain chez l'homme. En vertu du principe ALARA (As Low As Reasonably Achievable), leurs concentrations dans les environnements intérieurs doivent être aussi faibles que possible.

- **COV**

Pour la série des alcanes, une seule VTR chronique par inhalation est disponible pour le n-hexane ; les concentrations mesurées dans l'école restent largement

inférieures à ce repère (Tableau 5). Pour les dérivés benzéniques (BTEX), les concentrations dans les classes restent inférieures à leurs VGAI et VTR aiguës respectives.

Tableau 5 : Comparaison des concentrations en COV ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) mesurées dans l'école de Louvres avec les VGAI et les VTR

	Ecole de Louvres Concentrations moyennes	Valeurs guides AI (expositions de longue durée)	Valeurs Toxicologiques de Référence	
			Exposition de courte durée	Exposition de longue durée
propane	4.4	-	-	-
n-butane	6.1	-	-	-
n-pentane	4.4	-	-	-
n-hexane	0.9	-	-	700 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (troubles neurologiques, US-EPA, 2005)
n-heptane	1.9	-	-	-
n-octane	1.2	-	-	-
n-nonane	2.5	-	-	-
n-décane	5.9	-	-	-
iso-octane (2,2,4-triméthylpentane)	0.5	-	-	-
Benzène ⁽¹⁾	1.3	Concentration aussi basse que possible	30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (troubles immunologiques, ATSDR, 2005)	10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (troubles immunologiques, ATSDR, 2005)
toluène	2.6	300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (INDEX, 2005)	260 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (irritations, OMS, 2000) <i>1 semaine</i>	300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (troubles de la vision, ATSDR, 2000)
éthylbenzène	1.0	3 800 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Japon, 2002)	-	800 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (effets sur le foie et le rein, RIVM, 2000)
m-xylène	4.5	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (INDEX, 2005)	8 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (troubles neurologiques, ATSDR, 2005)	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (troubles de la coordination, US-EPA, 2003)
o-xylène	1.9	-	-	-
1,3,5-triméthylbenzène	0.8	-	-	-
1,2,4-triméthylbenzène	1.0	-	-	-

Le benzène et le formaldéhyde sont des composés cancérigènes certains chez l'homme. En vertu du principe ALARA (*As Low As Reasonably Achievable*), leurs concentrations dans les environnements intérieurs doivent être aussi faibles que possible.

4. CONCLUSION

Les mesures réalisées le 4 décembre 2007 indiquent que la qualité de l'air dans les salles de classe de l'école du Bouteiller s'est **nettement améliorée** depuis le 17 septembre dernier. Les concentrations en aldéhydes et COV dans les 4 salles investiguées sont homogènes, qu'il y ait eu ou non durant l'été 2007 des travaux de peinture dans les classes étudiées. La mise en place de grilles de ventilation dans les salles de classe du groupe scolaire semble donc avoir joué un rôle efficace sur la pollution observée en septembre, ce qui confirme l'importance du rôle de la ventilation sur la QAI déjà souligné dans de nombreux travaux.

Les teneurs moyennes **en aldéhydes et COV** aujourd'hui mesurées dans les classes se situent **dans la gamme** des concentrations rencontrées en France dans des logements ou d'autres écoles. Elles se situent en dessous des Valeurs Guides existantes, à l'exception du formaldéhyde pour lequel les concentrations moyennes sont plus élevées que la Valeur Guide de 10 µg/m³ proposée par l'AFSSET pour une exposition de longue durée. Toutefois, ce dépassement pour le formaldéhyde ne constitue pas une particularité du groupe scolaire de Louvres. Il est très fréquemment constaté dans les environnements intérieurs en France, que ce soit dans les habitats ou dans les bâtiments scolaires. A titre d'exemple, une étude récente (2005) réalisée dans plus de 200 salles de classe d'écoles primaires de la région strasbourgeoise, indique que 13 % des classes strasbourgeoises présentent des concentrations en formaldéhyde similaires (30-40 µg/m³) à celles mesurées à Louvres. Dans plus de 10 % des établissements strasbourgeois, les teneurs dépassent les 40 µg/m³.

Tableau 6 : Distribution des concentrations¹ en formaldéhyde dans les écoles primaires de Strasbourg [5]

	<i>Nombre de salles</i>	<i>%</i>
Nombre total de salles	222	100
[0 – 10[µg/m³	31	14
[10 – 20[µg/m³	78	35
[20 – 30[µg/m³	58	26
[30 – 40[µg/m³	28	13
[40 – 50[µg/m³	16	7
[50 – 60[µg/m³	7	3
[60 – 70[µg/m³	2	< 1
[70 – 80[µg/m³	1	< 1
[80 – 90[µg/m³	1	< 1
> 90 µg/m³	0	0

¹ Concentrations mesurées sur 48 heures.

En conclusion, la qualité de l'air dans les classes de l'école du Bouteiller est donc redevenue semblable à celle que l'on peut observer dans d'autres bâtiments scolaires en France. Les grilles de ventilation posées dans les classes semblent donc efficaces et assurer des taux de renouvellement d'air satisfaisants.

Toutefois, il convient de garder à l'esprit qu'au moment des mesures pratiquées en décembre, la température dans les salles de classe était peu élevée (16-17°C)², ce qui n'était pas en faveur d'une volatilisation potentielle de certains composés volatils (en effet, au contraire, des phénomènes de volatilisation de composés organiques en période estivale ou en période de chauffage, peuvent induire de plus fortes teneurs intérieures si les conditions de ventilation sont insuffisantes). Par ailleurs, les résultats ont été observés après une longue période de fermeture de l'école, à distance de toute activité génératrice potentielle d'émissions de COV.

² Les salles de classe n'étant pas chauffées en l'absence des élèves.

5. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. **INERIS**. *Expertise de la qualité de l'air intérieur dans les salles de classe du groupe scolaire de Louvres (95)*. **2007**. 23 p.
2. **OQAI**. *Campagne nationale de logements. Etat de la qualité de l'air dans les logements français. Rapport final*. Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur, **2006**. 183 p.
3. **INERIS**. *Mise à jour de la veille documentaire sur la qualité de l'air intérieur en France (2004-2006)*. **2006**. 93 p.
4. **Mosqueron L, Nedellec V**. *Inventaire des données françaises sur la qualité de l'air à l'intérieur des bâtiments : actualisation des données sur la période 2001-2004*. Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur; **2004**. 59 p.
5. **ASPA** (Association pour la Surveillance et l'Etude de la Pollution Atmosphérique en Alsace). *Campagne de mesure du formaldéhyde dans les établissements scolaires et d'accueil de petite enfance de la ville de Strasbourg : bilan des niveaux mesurés*. **2005**. 39 p.
6. **Mosqueron L, Nedellec V**. *Inventaire des données françaises sur la qualité de l'air à l'intérieur des bâtiments*. Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur, 2001. 147 p.

RAPPORT D'ÉTUDE
DRC-07-93056-17276A

14/12/2007

**Expertise de la qualité de l'air intérieur dans les
salles de classe de l'école primaire du Bouteiller
à Louvres (95) : phase 2.**

Expertise de la qualité de l'air intérieur dans les salles de classe de l'école primaire du Bouteiller à Louvres (95) : phase 2.

Étude conduite pour la commune de Louvres (95)

Étude réalisée par Luc Mosqueron et Serge Collet, Direction des risques chroniques

PRÉAMBULE

Le présent rapport a été établi sur la base des informations fournies à l'INERIS, des données (scientifiques ou techniques) disponibles et objectives et de la réglementation en vigueur.

La responsabilité de l'INERIS ne pourra être engagée si les informations qui lui ont été communiquées sont incomplètes ou erronées.

Les avis, recommandations, préconisations ou équivalent qui seraient portés par l'INERIS dans le cadre des prestations qui lui sont confiées, peuvent aider à la prise de décision. Etant donné la mission qui incombe à l'INERIS de par son décret de création, l'INERIS n'intervient pas dans la prise de décision proprement dite. La responsabilité de l'INERIS ne peut donc se substituer à celle du décideur.

Le destinataire utilisera les résultats inclus dans le présent rapport intégralement ou sinon de manière objective. Son utilisation sous forme d'extraits ou de notes de synthèse sera faite sous la seule et entière responsabilité du destinataire. Il en est de même pour toute modification qui y serait apportée.

L'INERIS dégage toute responsabilité pour chaque utilisation du rapport en dehors de la destination de la prestation.

	Rédaction	Vérification	Approbation
NOM	Luc MOSQUERON	Serge COLLET	André CICOLELLA
Qualité	Ingénieur Unité Évaluation des risques sanitaires	Ingénieur Unité Qualité de l'air	Responsable de l'Unité Évaluation des risques sanitaires
Visa			

TABLE DES MATIERES

1. INTRODUCTION : RAPPEL CONTEXTUEL.....	5
2. MÉTHODE	5
2.1 Protocole de prélèvements et d'analyses	5
2.2 Conditions de ventilation et de température lors des prélèvements	6
2.3 Interprétation des résultats	6
3. RESULTATS.....	7
3.1 Analyse descriptive et comparative	7
3.2 Comparaison aux valeurs de « référence » : valeurs mesurées en France dans l'habitat ou les ecoles	9
3.3 Comparaison aux Valeurs Guides et VTR.....	12
4. CONCLUSION	14
5. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	16

1. INTRODUCTION : RAPPEL CONTEXTUEL

Suite à la manifestation lors de la rentrée scolaire 2007 de symptômes sanitaires légers (picotements, irritations légères...) et de nuisances olfactives chez plusieurs écoliers et membres du personnel enseignant de l'école primaire du Bouteiller à Louvres (95), des mesures de la qualité de l'air à l'intérieur de trois salles de classe ont été réalisées par l'INERIS le 17 septembre 2007 [1]. Les familles chimiques recherchées étaient les aldéhydes et les Composés Organiques Volatils (COV). Les résultats indiquaient une qualité de l'air dans les salles qualifiée de médiocre ou mauvaise, avec des **teneurs en aldéhydes et COV** supérieures à celles généralement rencontrées en France dans des logements ou d'autres écoles. Au regard des niveaux de concentration mesurés à l'extérieur des salles de classe, les niveaux de pollution rencontrés à l'intérieur des classes semblaient liés à la présence de sources d'émission intérieures. Ces sources n'ont pas pu être identifiées clairement. En particulier, aucun lien avec des travaux de rénovation de peinture dans les salles réalisés durant l'été 2007 n'a été mis directement en évidence. La mise en œuvre d'une ventilation satisfaisante avait été recommandée.

Suite à ces premiers résultats, l'école du Bouteiller est restée fermée aux élèves. Des dispositifs visant à assurer de bonnes conditions de ventilation dans les locaux du groupe scolaire ont été aménagés, avec notamment la pose de grilles de ventilation dans les salles de classe. A l'issue de ces travaux, la mairie de Louvres a souhaité mettre en œuvre une seconde campagne afin d'une part de juger de l'efficacité des mesures de ventilation mises en œuvre, et d'autre part de vérifier que la qualité de l'air dans les locaux est satisfaisante.

2. METHODE

2.1 PROTOCOLE DE PRELEVEMENTS ET D'ANALYSES

Le protocole d'analyse retenu en vue de la qualification de la qualité de l'air intérieur dans les locaux de l'école a été établi conjointement par l'INERIS et la DDASS du Val d'Oise. Cinq points de mesures ont été choisis :

- 2 salles de classe (primaire et élémentaire),
- 1 salle informatique,
- 1 salle n'ayant pas subi de travaux de peintures durant l'été 2007,
- 1 point référence en air extérieur (préau).

Par rapport à la première campagne de mesures réalisée en septembre, seule la salle n'ayant pas subi de travaux de rénovation durant l'été 2007 a été ajoutée. Les 4 autres points de prélèvement avaient déjà été retenus lors de la campagne de mesures initiale. Ils devraient permettre de suivre l'évolution de la qualité de l'air de septembre à décembre.

Les familles chimiques recherchées sont identiques à celles choisies lors de la première campagne de mesures, à savoir les **aldéhydes et les COV**. Les

méthodes de prélèvement et d'analyse sont identiques à celles mises en œuvre lors de la première campagne de mesures en septembre [1].

2.2 CONDITIONS DE VENTILATION ET DE TEMPERATURE LORS DES PRELEVEMENTS

Dans les 2 salles de classe (primaire et élémentaire) et la salle n'ayant pas subi de travaux de peintures durant l'été 2007, les prélèvements ont été réalisés dans des conditions normales de ventilation. Dans la salle informatique, les prélèvements ont été pratiqués sans aération préalable, c'est à dire dans des conditions de ventilation proches de celles rencontrées lors de la campagne initiale.

Les prélèvements ont été réalisés le mardi 4 décembre 2007 entre 7h30 et 10h30. Contrairement à la campagne initiale, aucun élève n'était présent dans l'école au moment des mesures. En raison de la fermeture prolongée de l'établissement, aucune activité scolaire n'a été pratiquée dans les jours précédant les mesures. Les températures relevées dans les salles de classe lors des prélèvements étaient comprises entre 16 et 17°C (12°C à l'extérieur), le taux d'humidité relative de 57 %.

Ces conditions de confinement/ventilation, présence d'élèves et pratique d'activités scolaires, température..., qui influencent largement la qualité de l'air intérieur, différent de celles relevées au cours de la campagne de mesures de septembre. Rappelons que les prélèvements de la campagne initiale avaient été effectués un lundi matin, c'est à dire dans des conditions où les bâtiments étaient restés fermés et inoccupés depuis 48 heures (établissement scolaire fermé aux élèves durant le week-end), c'est à dire après une période de non ventilation des locaux, mais des activités scolaires normales avaient eu lieu la semaine précédant ces mesures.

2.3 INTERPRETATION DES RESULTATS

La campagne de mesure réalisée par l'INERIS le 4 décembre 2007 a pour objectifs :

- **de qualifier la qualité de l'air intérieur** dans les locaux de l'école et vérifier que les mesures mises en œuvre depuis le mois de septembre (pose de grilles de ventilation) ont permis de diminuer les niveaux de pollution dans les salles de classe ; pour cela, les données de qualité de l'air en décembre doivent être comparées aux données de septembre ;
- **de positionner les concentrations mesurées par rapport à des valeurs « repères »** selon la démarche utilisée et décrite dans le rapport initial de l'INERIS [1] (valeurs typiquement rencontrées dans les habitats ou dans certaines écoles françaises ; Valeurs Guides pour la qualité de l'air intérieur développées par les instances internationales, européennes ou françaises ; Valeurs Toxicologiques de Référence).

3. RESULTATS

3.1 ANALYSE DESCRIPTIVE ET COMPARATIVE

Les résultats des mesures réalisées en décembre 2007 à l'extérieur et à l'intérieur des locaux de l'école sont comparés dans le Tableau 1 à ceux observés précédemment en septembre. De manière générale, on observe une nette amélioration de la qualité de l'air dans les salles de classe pour les aldéhydes comme pour les COV. En particulier, les résultats indiquent :

- une diminution nette des concentrations dans les 3 salles de classe pour chacun des composés individuels ; pour les aldéhydes par exemple, on observe un abattement minimal de 2,2 pour le formaldéhyde dans la salle primaire et un abattement maximal de 17,5 pour le propionaldéhyde dans la salle élémentaire ; pour les COV, l'amélioration de la qualité de l'air est également significative avec des concentrations diminuées d'un facteur 1,8 pour le benzène dans la salle élémentaire jusqu'à un facteur 1 000 pratiquement pour le 1,2,3-triméthylbenzène dans la salle informatique et la salle primaire ;
- dans les 3 salles de classe investiguées en septembre et décembre, la diminution observée est du même ordre de grandeur, avec par exemple des teneurs totales en aldéhydes environ 5 fois moins élevées en décembre dans chacune des salles, et des teneurs en COV totaux (C2-C6) 5 à 9 fois plus faibles après la période de fermeture de l'établissement et la pose de grilles de ventilation ; l'homogénéité des teneurs dans les 3 salles observée en septembre est donc retrouvée en décembre ;
- les teneurs mesurées le 4 décembre dans les différentes salles de l'école sont relativement homogènes, y compris dans la salle où n'ont pas eu lieu de travaux de peinture durant l'été ; la qualité de l'air dans cette dernière ne diffère pas significativement de celle aujourd'hui observée dans les salles où ont été réalisés des travaux de peinture durant l'été. Cette homogénéité de la qualité de l'air dans les différentes salles peut s'expliquer notamment par la fermeture de l'école dans les semaines ayant précédé les mesures d'une part, et les systèmes de ventilation mis en place d'autre part. En effet, les 4 salles de classe étant situées dans un même bâtiment non occupé par les élèves depuis fin octobre 2007 (donc absence de sources d'émission liées aux activités scolaires), la libre circulation de l'air dans ce bâtiment, l'efficacité accrue de la ventilation grâce aux grilles de ventilation récemment posées, sont des facteurs favorisant cette tendance à l'homogénéisation des teneurs en polluants. Les résultats dans la salle non rénovée ne permettent pas d'estimer rétrospectivement l'influence éventuelle qu'auraient pu avoir en septembre les travaux estivaux pratiqués sur les autres parties ou salles du bâtiment n'ayant pas fait l'objet de travaux de peinture.

Tableau 1 : Teneurs en aldéhydes et en COV ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) dans l'école du Bouteiller en septembre et décembre 2007

		Septembre					Décembre					
		Salle informatique	Salle primaire	Salle élémentaire	Salle primaire (sans travaux)	Préau	Salle informatique	Salle primaire	Salle élémentaire	Salle primaire (sans travaux)	Préau	
Aldéhydes	formaldéhyde	101.8	90.8	105.1	n.m.	1.6	35.8	42.1	30.9	26.1	1.7	
	acétaldéhyde	78.4	59.7	67.2	n.m.	3.5	6.8	6.1	6.3	4.0	0.7	
	acétone	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	n.m.	52.9	51.0	25.7	36.6	2.8	
	acroléine	<0,27	<0,24	<0,24	n.m.	<0,29	<0,13	<0,14	<0,10	<0,10	<0,14	
	propionaldéhyde	<0,69	17.4	19.1	n.m.	0.7	1.6	1.5	1.1	0.9	<0,01	
	butanal	36.8	28.3	27.3	n.m.	1.6	2.5	2.3	2.0	1.5	0.3	
	pentanal	88.6	71.6	64.0	n.m.	1.3	5.6	5.5	4.0	3.0	<0,38	
	hexanal	225.7	174.6	161.9	n.m.	1.6	13.6	14.2	10.3	8.2	0.3	
	heptanal	113.4	89.0	81.8	n.m.	1.0	11.9	13.9	7.1	5.5	0.3	
	octanal	97.3	78.2	66.9	n.m.	1.6	13.9	13.7	9.8	8.3	0.5	
	Total	742.0	609.5	593.3	n.m.	12.3	144.6	150.3	97.2	94.0	6.5	
COV	propane	17.5	19.1	13.4	n.m.	15.7	3.5	3.8	4.2	5.9	5.2	
	n-butane	21.8	20.4	15.2	n.m.	7.5	4.5	4.5	8.2	7.0	7.9	
	n-pentane	103.4	73.5	53.8	n.m.	4	3.7	3.6	7.5	2.9	2.6	
	n-hexane	13.5	13.4	11.1	n.m.	1.5	0.7	0.7	1.6	0.6	1.0	
	n-heptane	65.7	78.5	82.5	n.m.	5	2.1	2.0	1.8	1.8	1.4	
	n-octane	37.2	37.8	33.9	n.m.	1.1	1.3	1.1	1.2	1.1	1.3	
	n-nonane	80.7	71.6	49.7	n.m.	2.4	2.6	2.5	1.7	3.1	10.1	
	n-décane	171.7	239.1	156.8	n.m.	8.9	6.0	3.5	2.4	11.6	<0,62	
	benzène	2.7	2.8	2.9	n.m.	2.6	1.2	1.3	1.6	1.1	6.9	
	toluène	27.7	38.8	47	n.m.	18.8	2.0	2.5	3.1	2.9	7.9	
	éthylbenzène	14.6	24.4	49.1	n.m.	6.2	0.8	1.0	1.5	0.8	1.9	
	m-xylène	64	79.5	231	n.m.	15.2	3.8	4.4	6.4	3.5	9.0	
	o-xylène	37.5	45.4	48	n.m.	6.8	2.2	2.3	1.5	1.7	3.5	
	1,3,5-triméthylbenzène	81.2	72.8	54.5	n.m.	5.9	0.9	<0,61	1.1	0.7	0.8	
	1,2,4-triméthylbenzène	128.5	115.2	138.7	n.m.	12.2	<0,67	<0,67	2.1	<0,67	0.4	
	1,2,3-triméthylbenzène	933.3	1086.8	608.9	n.m.	9.7	1.1	<0,58	5.8	1.2	1.1	
	iso-octane ou 2,2,4-triméthylpentane	7.1	11.9	5.8	n.m.	4.1	<0,48	0.6	0.5	<0,48	0.6	
		COV total C2àC6	227.4	197.5	155.6	n.m.	101.2	25.6	23.0	30.2	35.1	36.4
		COV total C6àC12	1500.3	2095.9	1602.2	n.m.	102.7	10.8	10.8	22.0	10.8	25.2

n.m. = non mesuré

3.2 COMPARAISON AUX VALEURS DE « REFERENCE » : VALEURS MESUREES EN FRANCE DANS L'HABITAT OU LES ECOLES

- **Aldéhydes**

Contrairement à ce qui était observé en septembre, les teneurs moyennes en aldéhydes à l'intérieur des classes sont aujourd'hui situées dans la gamme des valeurs observées par ailleurs en France dans les habitats dans des conditions de vie « normales » ou dans d'autres écoles dans des conditions « normales » ou dans un contexte de nuisance (Tableau 2, page 10).

- **COV**

Les éléments de comparaison disponibles pour les alcanes sont assez parcellaires. Les rares informations disponibles pour les écoles indiquent une assez large variabilité des teneurs observées. Les valeurs mesurées dans les classes du Bouteiller se situent dans la fourchette des concentrations rapportées dans d'autres situations (Tableau 3, page 11), y compris pour le toluène, l'éthylbenzène, les xylènes et le triméthylbenzène qui en septembre étaient situés dans la limite haute, voire au dessus, des gammes de concentrations mesurées dans les habitats ou certaines écoles.

Tableau 2 : Comparaison des concentrations en aldéhydes ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) mesurées en décembre dans l'école de Louvres avec les concentrations rapportées dans d'autres situations en France

Contexte ou conditions	Groupe scolaire de Louvres		Logements				Ecoles					
			Echantillon français de l'OQAI [2]			Echantillon du Nord-Pas-de-Calais (Etude Habit'air 2006) [3]	Echantillon parisien (Etude LHVP 2001) [4]	1 école du nord de la France (2002) [4]	1 école du sud de la France (2005) [3]	3 écoles en Bourgogne (2003) [4]	Strasbourg : 111 écoles (2004-2005) [3, 5]	Etude ISAAC** 108 écoles de 5 villes françaises (1999) [4, 6]
	Nuisances	Nuisances	Normale			Normale	Normale	Nuisances	Nuisances	Normale	Normale	Normale
	Conc. max	Conc moy.*	P10	P50	P95	P50	P50	Etendue	Etendue	Etendue	Moyenne [étendue]	Moyenne [étendue]
Formaldéhyde	42.1	33.7	9,3	19,6	46,6	17,1	23,5	20 - 25	18 - 23	-	23 [9 – 83]	23 [4 - 100]
Acétaldéhyde	6.8	5.8	5,3	11,6	30	9,8	10,2	6 - 7	5 - 7	-	8	-
Acroléine	<0,14	nc	0,5	1,1	3,4	< 3	-	-	-	-	-	-
Propanal	1.6	1.3	-	-	-	2,3	4,1	nd	2 - 3	< LQ à 3,6	3	-
Butanal	2.5	2.1	-	-	-	< 8	-	3 - 6	-	< LQ à 6,4	8	-
Pentanal	5.6	4.6	-	-	-	-	5,5	nd	-	< LQ à 3,6	-	-
Hexanal	14.2	11.6	5,9	13,6	50,1	13,5	21,1	4 - 11	-	< LQ à 17,9	-	-
Heptanal	13.9	9.6	-	-	-	-	-	nd	-	-	-	-
Octanal	13.9	11.4	-	-	-	-	-	1 - 4	-	-	-	-

* calculée sur les 4 points de mesure

** International Study on Asthma and Allergies in Childhood

nc = non calculé

nd = non détecté

Tableau 3 : Comparaison des concentrations en COV ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) mesurées dans l'école de Louvres avec les concentrations rapportées dans d'autres situations en France

Contexte ou conditions	Groupe scolaire de Louvres		Logements			Ecoles			
			Echantillon français de l'OQAI [2]			3 écoles en Bourgogne (2003) [4]	2 écoles région bordelaise [3]	1 école du nord de la France (2002) [4]	1 école du sud de la France (2005) [3]
	Nuisances		Normale			Normale	Normale	Nuisances	Nuisances
	Conc. max	Conc moy*	P10	P50	P95	Etendue	Etendue	Etendue	Etendue
propane	5.9	4.4	-	-	-	-	-	-	3,5 - 28
n-butane	8.2	6.1	-	-	-	-	< LD à 12	-	4,2 - 100
n-pentane	7.5	4.4	-	-	-	-	-	-	-
n-hexane	1.6	0.9	-	-	-	0,6 - 0,8	-	-	-
n-heptane	2.1	1.9	-	-	-	0,5 - 256,6	-	-	-
n-octane	1.3	1.2	-	-	-	0,4 - 20,2	-	-	-
n-nonane	3.1	2.5	-	-	-	3,2 - 178,1	-	-	-
n-décane	11.6	5.9	1,9	5,3	53,0	5,5 - 404	-	-	-
iso-octane (2.2.4-triméthylpentane)	0.6	0.5	-	-	-	-	-	-	-
benzène	1.6	1.3	< LQ	2,1	7,2	-	< LD à 1	-	1 - 1,4
toluène	3.1	2.6	4,5	12	87	6,9 - 12,5	< LD à 3	34 - 93	6 - 29
éthylbenzène	1.5	1.0	1,0	2,3	15	2 - 9,3	-	26 - 195	9 - 22
m-xylène	2.3	1.9	2,3	5,6	39,7	5,7 - 36,8	< LD à 6	97 - 1015	23 - 43
o-xylène	6.4	4.5	1,0	2,3	14,6	2,2 - 20,1	-	-	7 - 19
1,3,5-triméthylbenzène	1.1	0.8	-	-	-	-	-	-	-
1,2,4-triméthylbenzène	2.1	1.0	1,7	4,1	21,2	7,2 - 212	< LD à 2	-	-

3.3 COMPARAISON AUX VALEURS GUIDES ET VTR

- **Aldéhydes**

La concentration moyenne en formaldéhyde mesurée dans les salles de l'école ($33,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$) est inférieure à la Valeur Guide de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ recommandée en juillet 2007 par l'AFSSET pour une durée d'exposition de 2 heures (valeur correspondant également à la Valeur Toxicologique de Référence proposée par l'ATSDR pour une exposition de courte durée) (Tableau 4). Elle reste en revanche au dessus de la valeur guide de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ proposée par l'AFSSET pour une exposition long terme.

Pour l'acétaldéhyde, la teneur moyenne dans l'école est inférieure à la VGAI proposée par la Commission Européenne. Pour les autres aldéhydes, l'absence de VGAI ou de VTR ne permet pas de positionner les valeurs mesurées dans l'école de Louvres.

Tableau 4 : Comparaison des concentrations en aldéhydes ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) mesurées dans l'école de Louvres avec les VGAI et les VTR

	Ecole de Louvres Concentrations moyennes	Valeurs guides AI (expositions de longue durée)	Valeurs Toxicologiques de Référence	
			Exposition de courte durée	Exposition de longue durée
Formaldéhyde ⁽¹⁾	33.7	$50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur 2 heures $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour une exposition long terme (AFSSET 2007)	$50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (troubles respiratoires, ATSDR, 1999)	$3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (troubles respiratoires, OEHHA, 1999)
Acétaldéhyde	5.8	$200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (INDEX, 2005)	-	$9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (troubles respiratoires, ATSDR, 1991)
Acroléine	< 0,3	-	$0,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (irritation des yeux, OEHHA, 1999)	$0,02 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (lésions nasales, US-EPA, 2003)
Propionaldéhyde	1.3	-	-	-
Butanal	2.1	-	-	-
Pentanal	4.6	-	-	-
Hexanal	11.6	-	-	-
Heptanal	9.6	-	-	-
Octanal	11.4	-	-	-

Note : (1) Le formaldéhyde est classé comme cancérigène certain chez l'homme. En vertu du principe ALARA (*As Low As Reasonably Achievable*), leurs concentrations dans les environnements intérieurs doivent être aussi faibles que possible.

- **COV**

Pour la série des alcanes, une seule VTR chronique par inhalation est disponible pour le n-hexane ; les concentrations mesurées dans l'école restent largement

inférieures à ce repère (Tableau 5). Pour les dérivés benzéniques (BTEX), les concentrations dans les classes restent inférieures à leurs VGAI et VTR aiguës respectives.

Tableau 5 : Comparaison des concentrations en COV ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) mesurées dans l'école de Louvres avec les VGAI et les VTR

	Ecole de Louvres Concentrations moyennes	Valeurs guides AI (expositions de longue durée)	Valeurs Toxicologiques de Référence	
			Exposition de courte durée	Exposition de longue durée
propane	4.4	-	-	-
n-butane	6.1	-	-	-
n-pentane	4.4	-	-	-
n-hexane	0.9	-	-	700 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (troubles neurologiques, US-EPA, 2005)
n-heptane	1.9	-	-	-
n-octane	1.2	-	-	-
n-nonane	2.5	-	-	-
n-décane	5.9	-	-	-
iso-octane (2,2,4-triméthylpentane)	0.5	-	-	-
Benzène ⁽¹⁾	1.3	Concentration aussi basse que possible	30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (troubles immunologiques, ATSDR, 2005)	10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (troubles immunologiques, ATSDR, 2005)
toluène	2.6	300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (INDEX, 2005)	260 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (irritations, OMS, 2000) <i>1 semaine</i>	300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (troubles de la vision, ATSDR, 2000)
éthylbenzène	1.0	3 800 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Japon, 2002)	-	800 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (effets sur le foie et le rein, RIVM, 2000)
m-xylène	4.5	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (INDEX, 2005)	8 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (troubles neurologiques, ATSDR, 2005)	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (troubles de la coordination, US-EPA, 2003)
o-xylène	1.9	-	-	-
1,3,5-triméthylbenzène	0.8	-	-	-
1,2,4-triméthylbenzène	1.0	-	-	-

Le benzène et le formaldéhyde sont des composés cancérigènes certains chez l'homme. En vertu du principe ALARA (*As Low As Reasonably Achievable*), leurs concentrations dans les environnements intérieurs doivent être aussi faibles que possible.

4. CONCLUSION

Les mesures réalisées le 4 décembre 2007 indiquent que la qualité de l'air dans les salles de classe de l'école du Bouteiller s'est **nettement améliorée** depuis le 17 septembre dernier. Les concentrations en aldéhydes et COV dans les 4 salles investiguées sont homogènes, qu'il y ait eu ou non durant l'été 2007 des travaux de peinture dans les classes étudiées. La mise en place de grilles de ventilation dans les salles de classe du groupe scolaire semble donc avoir joué un rôle efficace sur la pollution observée en septembre, ce qui confirme l'importance du rôle de la ventilation sur la QAI déjà souligné dans de nombreux travaux.

Les teneurs moyennes **en aldéhydes et COV** aujourd'hui mesurées dans les classes se situent **dans la gamme** des concentrations rencontrées en France dans des logements ou d'autres écoles. Elles se situent en dessous des Valeurs Guides existantes, à l'exception du formaldéhyde pour lequel les concentrations moyennes sont plus élevées que la Valeur Guide de 10 µg/m³ proposée par l'AFSSET pour une exposition de longue durée. Toutefois, ce dépassement pour le formaldéhyde ne constitue pas une particularité du groupe scolaire de Louvres. Il est très fréquemment constaté dans les environnements intérieurs en France, que ce soit dans les habitats ou dans les bâtiments scolaires. A titre d'exemple, une étude récente (2005) réalisée dans plus de 200 salles de classe d'écoles primaires de la région strasbourgeoise, indique que 13 % des classes strasbourgeoises présentent des concentrations en formaldéhyde similaires (30-40 µg/m³) à celles mesurées à Louvres. Dans plus de 10 % des établissements strasbourgeois, les teneurs dépassent les 40 µg/m³.

Tableau 6 : Distribution des concentrations¹ en formaldéhyde dans les écoles primaires de Strasbourg [5]

	<i>Nombre de salles</i>	<i>%</i>
Nombre total de salles	222	100
[0 – 10[µg/m³	31	14
[10 – 20[µg/m³	78	35
[20 – 30[µg/m³	58	26
[30 – 40[µg/m³	28	13
[40 – 50[µg/m³	16	7
[50 – 60[µg/m³	7	3
[60 – 70[µg/m³	2	< 1
[70 – 80[µg/m³	1	< 1
[80 – 90[µg/m³	1	< 1
> 90 µg/m³	0	0

¹ Concentrations mesurées sur 48 heures.

En conclusion, la qualité de l'air dans les classes de l'école du Bouteiller est donc redevenue semblable à celle que l'on peut observer dans d'autres bâtiments scolaires en France. Les grilles de ventilation posées dans les classes semblent donc efficaces et assurer des taux de renouvellement d'air satisfaisants.

Toutefois, il convient de garder à l'esprit qu'au moment des mesures pratiquées en décembre, la température dans les salles de classe était peu élevée (16-17°C)², ce qui n'était pas en faveur d'une volatilisation potentielle de certains composés volatils (en effet, au contraire, des phénomènes de volatilisation de composés organiques en période estivale ou en période de chauffage, peuvent induire de plus fortes teneurs intérieures si les conditions de ventilation sont insuffisantes). Par ailleurs, les résultats ont été observés après une longue période de fermeture de l'école, à distance de toute activité génératrice potentielle d'émissions de COV.

² Les salles de classe n'étant pas chauffées en l'absence des élèves.

5. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. **INERIS**. *Expertise de la qualité de l'air intérieur dans les salles de classe du groupe scolaire de Louvres (95)*. **2007**. 23 p.
2. **OQAI**. *Campagne nationale de logements. Etat de la qualité de l'air dans les logements français. Rapport final*. Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur, **2006**. 183 p.
3. **INERIS**. *Mise à jour de la veille documentaire sur la qualité de l'air intérieur en France (2004-2006)*. **2006**. 93 p.
4. **Mosqueron L, Nedellec V**. *Inventaire des données françaises sur la qualité de l'air à l'intérieur des bâtiments : actualisation des données sur la période 2001-2004*. Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur; **2004**. 59 p.
5. **ASPA** (Association pour la Surveillance et l'Etude de la Pollution Atmosphérique en Alsace). *Campagne de mesure du formaldéhyde dans les établissements scolaires et d'accueil de petite enfance de la ville de Strasbourg : bilan des niveaux mesurés*. **2005**. 39 p.
6. **Mosqueron L, Nedellec V**. *Inventaire des données françaises sur la qualité de l'air à l'intérieur des bâtiments*. Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur, 2001. 147 p.