

Qualité de l'air

PROVENCE - ALPES - CÔTE D'AZUR

Air intérieur

dans les écoles et crèches

Bilan des mesures 2009 - 2011

www.airpaca.org

AirPACA
QUALITÉ DE L'AIR

SOMMAIRE

1. CAMPAGNE NATIONALE ECOLES ET CRECHES	4
1.1. CONTEXTE	4
1.2. DEROULEMENT DE LA CAMPAGNE	4
1.3. CENTRALISATION DES RESULTATS	5
2. PROTOCOLE	6
2.1. PRE-DIAGNOSTICS	6
2.2. PARAMETRES MESURES	6
2.3. CLASSIFICATION NATIONALE	10
2.4. LA CAMPAGNE EN REGION PACA.....	11
3. RESULTATS	12
3.1. PHASE 1 (2009-2010)	12
3.2. PHASE 2 (2010-2011)	17
4. BILAN DE LA CAMPAGNE.....	22
4.1. FORMALDEHYDE	22
4.2. BENZENE.....	29
4.3. DIOXYDE DE CARBONE	32
4.4. RESULTATS GENERAUX	32
5. CONCLUSION.....	33

TABLEAUX

Tableau 1 : Valeurs de référence pour le formaldéhyde	7
Tableau 2 : Valeurs de référence pour le benzène	9
Tableau 3 : Valeurs de référence nationale	11
Tableau 4 : Valeurs de référence appliquées en région PACA	11
Tableau 5 : Bilan de la phase 1 par établissement selon les valeurs de référence appliquées en région PACA	16
Tableau 6 : Bilan de la phase 2 par établissement selon les valeurs de référence appliquées en région PACA	21
Tableau 7 : Résultats des mesures de l'établissement N°17	25
Tableau 8 : Résultats des mesures de l'établissement N°18	26
Tableau 9 : Résultats des mesures de l'établissement N°16	27
Tableau 10 : Résultats des mesures de l'établissement N°9	31
Tableau 11 : Concentrations moyennes extérieures en benzène selon les valeurs de référence appliquées en région PACA	31
Tableau 12 : Bilan des phases 1 et 2 par établissement selon les valeurs de référence appliquées en région PACA	32

FIGURES

Figure 1 : Carte des régions concernées par la campagne nationale écoles et crèches	4
Figure 2 : Exemple de tubes à diffusion passive	5
Figure 3 : Appareil de mesure	10
Figure 4 : Moyennes annuelles en formaldéhyde par établissement – phase 1	12
Figure 5 : Moyennes annuelles de formaldéhyde par salle pour chaque établissement – phase 1	13
Figure 6 : Pourcentage de salles par classe de concentration de formaldéhyde – phase 1	13
Figure 7 : Moyennes annuelles de benzène par établissement (ordre) – phase 1	14
Figure 8 : Moyennes annuelles de benzène par salle pour chaque établissement – phase 1	15
Figure 9 : Pourcentage de salles par classe	15
Figure 10 : Répartition des établissements	16
Figure 11 : Moyennes annuelles de formaldéhyde par établissement, classées – phase 2	17
Figure 12 : Moyenne annuelle de formaldéhyde par salle de classe pour chaque établissement – phase 2	18
Figure 13 : Pourcentage de salles par classe de concentration de formaldéhyde – phase 2	18
Figure 14 : Moyennes annuelles de benzène par salle de classe pour chaque établissement – phase 2	19
Figure 15 : Moyenne annuelle de benzène par salle de classe pour chaque établissement – phase 2	19
Figure 16 : Pourcentage de salles par classe de concentration de benzène – phase 2	20
Figure 17 : Répartition des établissements par indice ICONE – phase 2	20
Figure 18 : Moyennes annuelles de formaldéhyde par établissement – phases 1 et 2	22
Figure 19 : Emission de formaldéhyde par type de matériaux présents dans les salles de classe - établissement N°16	26
Figure 20 : Emission de formaldéhyde par type de matériaux présents dans les salles de classe - établissement N°17	28
Figure 21 : Moyennes annuelles de benzène par établissement – phases 1 et 2	29
Figure 22 : Evolution du benzène en intérieur et extérieure et du dioxyde de soufre	30
Figure 23 : Répartition des établissements par indice ICONE – phases 1 et 2	32

1. CAMPAGNE NATIONALE ECOLES ET CRECHES

1.1. CONTEXTE

Le Ministère de l'Environnement porte un projet pilote en 2009-2011 qui consiste en la surveillance de la qualité de l'air au sein de 360 écoles et crèches sur le territoire national. Ce projet, en lien avec de nombreux partenaires, est issu d'une volonté du Grenelle de l'Environnement (engagement 152 : principe de surveillance de la qualité de l'air intérieur dans les lieux clos ouverts au public) et du Plan National Santé Environnement (PNSE). Le PNSE I indique que l'air intérieur fait l'objet de plusieurs actions prioritaires et l'action 9 du PNSE II précise que la qualité de l'air intérieur dans les lieux publics doit être mieux gérée.

Le projet de loi portant engagement national pour l'environnement, dit Grenelle 2, prévoit l'obligation d'une surveillance périodique de la qualité de l'air dans certains établissements recevant du public (notamment les écoles et les crèches), à la charge des gestionnaires des établissements. La surveillance devra être réalisée au plus tard le 1^{er} janvier 2015.

Le Grenelle de l'Environnement a souligné la nécessité d'améliorer nos connaissances des polluants présents dans l'air intérieur afin de mettre en œuvre les mesures de gestion appropriées. L'objectif de cette campagne de mesure est de valider les protocoles de surveillance et les modalités de la surveillance obligatoire de la qualité de l'air intérieur dans certains établissements recevant du public¹ :

- optimiser les protocoles de surveillance,
- valider les modalités de gestion qui devront être mises en œuvre (polluants recherchés, nombre de prélèvements, recherche des causes de pollution, mesures correctives, ...).

1.2. DEROULEMENT DE LA CAMPAGNE

Les mesures sont réalisées en deux phases permettant de couvrir l'ensemble des régions françaises de métropole, ainsi que la Réunion pour les DOM-TOM : années scolaires 2009-2010 et 2010-2011. **La région PACA**, ainsi que les régions Basse-Normandie, Haute-Normandie, Ile-de-France et Nord-Pas-de-Calais travaillent en collaboration **pendant les deux phases**. Les autres régions de France ne participent qu'à l'une des 2 phases.



Figure 1 : Carte des régions concernées par la campagne nationale écoles et crèches

¹ Décret n° 2011-1728 du 2 décembre 2011 relatif à la surveillance de la qualité de l'air intérieur dans certains établissements recevant du public

Au total, 300 établissements ont été investigués au niveau national pour les 2 années scolaires. Pour chaque phase, ce sont environ 50 écoles primaires, 50 écoles maternelles et 50 crèches réparties de manière aléatoire géographiquement, de configuration variée (petits ou grands bâtiments) et localisés dans des environnements contrastés (proche d'une route ou en zone rurale par exemple) qui ont été investigués, en partenariat avec les AASQA², l'INERIS³, le LCSQA⁴ et le CSTB⁵.

Sur la région PACA, 23 lieux de surveillance ont été sélectionnés, réparti comme suit, 10 sur le territoire de compétence d'AIRFOBEP et 13 sur celui d'Atmo PACA⁶. Parmi ces 23 établissements, 4 ont participé aux deux phases. En effet suite aux résultats de la phase I, les mesures ont été poursuivies dans ces 4 établissements afin de déterminer l'impact, sur l'air intérieur, des recommandations mises en place dans ces structures accueillant du jeune public.

Ce projet vise la mesure du formaldéhyde, du benzène et des paramètres de confinement (notamment CO₂), sur deux périodes de l'année. Les mesures sont réalisées selon un protocole commun validé par l'INERIS et le CSTB, afin que les modalités techniques opérationnelles soient identiques pour tous les établissements d'accueil de l'enfant visés par le projet.



Figure 2 : Exemple de tubes à diffusion passive

1.3. CENTRALISATION DES RESULTATS

Les résultats des campagnes de mesure sont centralisés afin d'alimenter une base de données nationale permettant d'obtenir des statistiques à l'échelle du pays et de préparer l'obligation de surveillance de la qualité de l'air intérieur dans certains ERP⁷ dont la première échéance concerne les établissements d'accueil d'enfants de moins de 6 ans qui doivent réaliser une campagne de mesure avant le 1^{er} janvier 2015.

² Associations Agréées pour la Surveillance de la Qualité de l'Air

³ Institut National de l'Environnement industriel et des risques

⁴ Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air

⁵ Centre Scientifique et Technique du Bâtiment

⁶ Atmo PACA et AIRFOBEP ont fusionné le 10 janvier 2012 pour donner naissance à Air PACA

⁷ Etablissements recevant du public

2. PROTCOLE

Le principe général de cette campagne visant à l'amélioration de la qualité de l'air (QAI) et à préparer l'obligation de surveillance dans les établissements recevant du public est de :

- tester indépendamment une méthode de diagnostic simplifié du bâtiment, appelé pré-diagnostic,
- surveiller des polluants et indicateurs connus de la qualité de l'air intérieur,
- tester une base de données nationale de gestion et de centralisation des résultats.

La réalisation sur le terrain est déléguée aux Associations Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air (AASQA) pour la partie mesure des polluants et au CSTB, CETE ou bureaux d'études pour la partie diagnostic des bâtiments. Le protocole utilisé est un protocole national rédigé par l'INERIS. La base de données nationale est développée et gérée par le CSTB.

2.1. PRE-DIAGNOSTICS

La qualité de l'air intérieur est le résultat d'interactions complexes entre l'environnement extérieur, les équipements et matériaux des bâtiments, le mobilier et le matériel usuel, les individus et leurs activités. Il est nécessaire de tenir compte de tous ces facteurs pour une bonne évaluation de la qualité de l'air à l'intérieur d'un bâtiment. A la campagne de mesure est associée la réalisation, par des experts, de pré-diagnostic des bâtiments afin de disposer d'éléments d'explication des résultats d'analyses.

Le pré-diagnostic d'un bâtiment consiste à :

- décrire le bâtiment et son environnement proche,
- faire l'inventaire de ses systèmes de chauffage et ventilation,
- documenter les usages (activités, produits) eu égard à des impacts possibles sur la qualité de l'air intérieur,
- fournir les premiers éléments d'explication des niveaux de concentration ou de confinement élevés qui pourront être mesurés dans les salles instrumentées.

2.2. PARAMETRES MESURES

Les polluants et indicateurs mesurés lors de cette campagne sont les suivants :

- le formaldéhyde,
- le benzène,
- le dioxyde de carbone (CO₂).

Le formaldéhyde, caractéristique de l'air intérieur, fait partie, au même titre que le benzène, des polluants prioritaires auxquels l'exposition doit être limitée à l'intérieur des bâtiments en raison de leur toxicité particulière. Les concentrations en dioxyde de carbone sont utilisées comme indicateur de confinement des ambiances intérieures.

2.2.1. FORMALDEHYDE

De la famille des aldéhydes, le formaldéhyde est l'un des polluants les plus abondants et les plus fréquemment rencontrés dans les bâtiments en raison, entre autres, de sa vaste utilisation dans la fabrication d'une gamme très large de produits. Ses symptômes vont de la gêne olfactive à l'exacerbation des phénomènes allergiques en passant par l'irritation respiratoire et l'apparition de maux de tête. Il est également classé cancérigène certain (groupe 1) par le CIRC⁸ en raison de l'augmentation du cancer du nasopharynx lors d'expositions professionnelles.

A. MODALITES DE MESURE

L'évaluation de l'exposition humaine annuelle au formaldéhyde se réalise au moyen de tubes à diffusion passive spécifiques aux aldéhydes installés durant une semaine au cours de deux périodes (hivernale et estivale) et analysés en laboratoire. La concentration annuelle retenue correspond à la moyenne des concentrations obtenues lors des deux périodes.

B. VALEURS DE REFERENCE

Il existe aujourd'hui deux sources principales de valeurs de référence pour les concentrations de formaldéhyde en air intérieur :

- Les valeurs réglementaires fixées par décrets : valeurs guides et valeurs d'investigations complémentaires.
- Les valeurs repères⁹ du Haut Conseil de Santé Publique (HCSP), plus adaptées à la **gestion des cas** dans le cadre d'une amélioration progressive de l'état de la QAI en France (chaque seuil est accompagné de conseils de gestion, cf. ci-dessous).

Les seuils sont fixés en se basant sur des études épidémiologiques, en prenant un **facteur de sécurité de 10** à minima pour prendre en compte la variabilité de la sensibilité individuelle, notamment pour les enfants (i.e. les valeurs minimales auxquelles ces effets ont été observés sont divisées par 10 pour fixer les seuils).

Source	Seuil	Valeur annuelle	Effets
HCSP : valeur de gestion (Exposition long terme)	Valeur cible à atteindre en 2020	10 µg/m ³	Irritation des yeux, de la gorge
	Valeur repère	30 µg/m ³	Sensibilisation, aggravation d'un asthme (non démontré)
	Valeur d'information / recommandations	50 µg/m ³	Fatigue, maux de tête
	Valeur d'action rapide	100 µg/m ³	Cancer du nasopharynx
Valeurs réglementaires : décret 2011-1727 et décret 2012-14	Valeurs guides	30 µg/m ³ (01/01/2015)	Sensibilisation, aggravation d'un asthme (non démontré)
		10 µg/m ³ (01/01/2023)	Irritation des yeux, de la gorge
	Valeurs d'investigations complémentaires (surveillance obligatoire des ERP)	100 µg/m ³	Cancer du nasopharynx

Tableau 1 : Valeurs de référence pour le formaldéhyde

⁸ Centre International Contre le Cancer

⁹ http://www.hcsp.fr/docspdf/avisrapports/hcspr20091013_airesclosForm.pdf

C. CONSEILS DE GESTION

En dessous de la valeur cible de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, aucune action spécifique n'est à entreprendre. Dans l'état actuel des connaissances et techniques disponibles, il s'agit du cas idéal. Dans le cas de renouvellement de mobilier ou de travaux de rénovation, il est suggéré d'être attentif aux paramètres d'émissivité des produits choisis afin, a minima, de ne pas dégrader la situation.

Entre la valeur cible et la valeur repère de $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$, aucune action immédiate n'est à entreprendre.

Entre la valeur repère et la valeur d'information-recommandations de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, il est conseillé de vérifier la ventilation du local.

Entre la valeur d'information-recommandations et la valeur d'action rapide de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$, il est recommandé d'agir dans les mois qui suivent le constat de dépassement. Dans un premier temps, en améliorant la ventilation des locaux, puis en identifiant les sources d'émission de formaldéhyde et en les remplaçant.

Au-dessus de la valeur d'action rapide, il est recommandé d'agir dès que possible après le constat de dépassement, en améliorant la ventilation des locaux et en retirant les sources d'émission de formaldéhyde. Le relogement temporaire des occupants du local est également conseillé.

2.2.2. BENZENE

Le benzène, substance de la famille des hydrocarbures aromatiques classée cancérigène certain (groupe 1) par le CIRC, est couramment rencontré dans les bâtiments. La raison principale est une importante contribution extérieure puisqu'il est principalement issu de combustions et notamment du trafic routier mais il peut également y avoir des sources intérieures (divers produits, matériaux ou activités intérieures).

A. MODALITES DE MESURE

L'évaluation de l'exposition humaine à long terme au benzène se réalise au moyen de tubes à diffusion passive spécifiques aux BTEX¹⁰ installés durant une semaine au cours de deux périodes (hivernale et estivale) et analysés en laboratoire. La concentration annuelle retenue correspond à la moyenne des concentrations obtenues lors des deux périodes.

B. VALEURS REGLEMENTAIRES

Pour le benzène, il existe des valeurs réglementaires en air intérieur et extérieur ainsi que des valeurs de gestion du HCSP¹¹.

Les seuils sont fixés en se basant sur des études épidémiologiques, en prenant un **facteur de sécurité de 10** à minima pour prendre en compte la variabilité de la sensibilité individuelle, notamment pour les enfants (i.e. les valeurs minimales auxquelles ces effets ont été observés sont divisées par 10 pour fixer les seuils).

¹⁰ Benzène, Toluène, Ethylbenzène, Xylène

¹¹ http://www.hcsp.fr/docspdf/avisrapports/hcspr20100616_benzenespclos.pdf

Source	Seuil	Valeur annuelle	Effets
HCSP : valeur de gestion (Exposition long terme)	Valeur cible*	2 µg/m ³	Effets hématologiques cancérogènes et non cancérogènes
	Valeur repère	5 µg/m ³	
	Valeur d'action rapide	10 µg/m ³	
Valeurs réglementaires : décret 2011-1727 et décret 2012-14	Valeurs guides	5 µg/m ³ (01/01/2013)	
		2 µg/m ³ (01/01/2016)	
	Valeurs d'investigations complémentaires (surveillance obligatoire des ERP)	10 µg/m ³	
Réglementation air ambiant : valeur de gestion	Objectif de qualité	2 µg/m ³ sur 1 an	
	Valeur limite protection de la santé	5 µg/m ³ sur 1 an	

Tableau 2 : Valeurs de référence pour le benzène

* Concernant les effets cancérogènes du benzène, il n'a pas été mis en évidence de seuil en dessous duquel le benzène n'a pas d'impact. Les objectifs à long terme sont donc fixés en application du principe « ALARA » (« aussi faible que raisonnablement possible »). Le « risque individuel acceptable » communément admis par l'OMS est de 10⁻⁵, c'est-à-dire qu'il augmente la probabilité d'effet de 1/100 000, soit 2 µg/m³ pour le benzène.

Les effets suspectés du benzène sur la reproduction, le développement et le système nerveux n'ont pas pu être clairement mis en évidence par manque de données.

C. CONSEILS DE GESTION

En dessous de la valeur cible de 2 µg/m³, aucune action immédiate n'est à entreprendre. Dans le cas de travaux de rénovation, il est suggéré d'être attentif aux paramètres d'émissivité des produits choisis afin, a minima, de ne pas dégrader la situation.

Au-dessus de la valeur cible, il faut distinguer deux cas :

- Dans le cas où les niveaux de benzène sont moins élevés dans le bâtiment qu'à l'extérieur, il est recommandé de vérifier que la prise d'air de la ventilation du local ne se fasse pas à proximité d'une voie de circulation ou d'un parking et, le cas échéant, de déplacer cette prise d'air. Pour les valeurs supérieures à la valeur repère (5 µg/m³), il est nécessaire de rechercher également une éventuelle source autre que le trafic (industrie...).
- Dans le cas où les concentrations sont plus élevées dans le bâtiment qu'à l'extérieur, en fonction des niveaux :
 - Entre la valeur cible et la valeur repère de 5 µg/m³, il est conseillé de vérifier la ventilation du local.
 - Entre la valeur repère et la valeur d'action rapide de 10 µg/m³, il est recommandé d'agir dans les mois qui suivent le constat de dépassement : dans un premier temps en améliorant la ventilation des locaux, puis en identifiant les sources d'émission de benzène et en les remplaçant.
 - Au-dessus de la valeur d'action rapide, il est recommandé d'agir dès que possible après le constat de dépassement, en améliorant la ventilation des locaux et en retirant les sources d'émission de benzène. Le relogement temporaire des occupants du local est également conseillé.

2.2.3. DIOXYDE DE CARBONE (CO₂)

Le CO₂ est un traceur de bioeffluents et un excellent indicateur de confinement. Ce gaz est produit par le métabolisme des occupants qui le rejettent dans l'air expiré. Il dépend du nombre d'occupants, de la durée d'occupation, du volume de la salle et du taux de renouvellement d'air.

Le dioxyde de carbone, sauf à très haute dose, n'est pas toxique en lui-même mais peut provoquer des effets de somnolence au-delà de 1300 ppm.

A. MODALITES DE MESURE

Les concentrations en CO₂ sont mesurées, en période d'occupation des locaux, à l'aide d'un analyseur enregistreur en continu développé par l'OQAI, le Lum'Air. Le CSTB¹² calcule, à partir des concentrations de CO₂ mesurées durant la période d'occupation des salles, un indice de confinement : l'indice ICONE. Cet indice donne une note de 0 (pas de confinement) à 5 (confinement extrême). Il est calculé en prenant en compte la fréquence et l'intensité des concentrations supérieures à 1000 ppm et 1700 ppm.



Figure 3 : Appareil de mesure

B. VALEURS DE REFERENCE

Le règlement sanitaire départemental type (RSDT) impose de ne pas dépasser la concentration de 1000 ppm, avec tolérance de **1300 ppm** dans les locaux où il est interdit de fumer. Selon la norme Européenne EN 13779, les teneurs en CO₂ ne devraient pas dépasser **1000 ppm** pour une qualité de l'air modérée. Le décret 2012-14 relatif à la surveillance de la qualité de l'air intérieur dans les ERP désigne « une valeur d'investigations complémentaires » pour un indice de confinement ICONE de 5.

A. CONSEILS DE GESTION

L'indice ICONE et les mesures de CO₂ en général ne sont pas un indicateur d'impact sanitaire mais un indicateur préventif (dans le cas d'une source de pollution présente dans le local) et de confort.

- Pour un indice inférieur ou égal à 3, on considère qu'il n'y a pas de situation de confinement. La ventilation est suffisante, sauf en cas de source de pollution significative dans le bâtiment.
- A 4 ou 5, la situation est considérée comme trop confinée. La ventilation devrait être améliorée, en incitant les usagers du bâtiment à aérer plus régulièrement et en améliorant le fonctionnement du système de ventilation.

2.3. CLASSIFICATION NATIONALE

Dans le cadre de la campagne nationale, les valeurs de références retenues pour la gestion des résultats sont classées selon trois catégories : le cas idéal ne nécessitant aucune action, le cas faisant l'objet de recommandations simples et le cas de gestion spécifique pour lequel une intervention rapide est nécessaire pour améliorer la qualité de l'air intérieur.

¹² Centre Scientifique et Technique du Bâtiment

Résultats <u>par pièce</u>	Idéal	Recommandations simples	Gestion spécifique
Formaldéhyde ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	≤ 30	$30 < \leq 100$	> 100
Benzène ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	≤ 2	$2 < \leq 10$	> 10
Confinement (ICONE)	< 4	≥ 4	-

Tableau 3 : Valeurs de référence nationale

En région PACA, le comité de pilotage régional a décidé d'accompagner les collectivités pour améliorer la qualité de l'air intérieur au-delà des valeurs de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en formaldéhyde et $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour le benzène qui correspondent respectivement à la valeur d'information et de recommandations et à la valeur repère du Haut conseil de santé publique.

Résultats <u>par pièce</u>	Idéal	Recommandations simples	Accompagnement des collectivités	Gestion spécifique
Formaldéhyde ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	≤ 30	$30 < \leq 50$	$50 < \leq 100$	> 100
Benzène ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	≤ 2	$2 < \leq 5$	$5 < \leq 10$	> 10
Confinement (ICONE)	< 4	≥ 4		-

Tableau 4 : Valeurs de référence appliquées en région PACA

2.4. LA CAMPAGNE EN REGION PACA

La région Provence-Alpes-Côte d'Azur a participé aux phases 1 et 2 de la campagne nationale avec au total 23 établissements échantillonnés répartis sur les territoires d'AIRFOBEP et Atmo PACA aujourd'hui fusionnées (Air PACA), 18 lors de la première phase, 9 pour la deuxième phase dont 4 communs aux deux phases.

Air PACA a constitué un comité de pilotage régional. Ce dernier est composé de :

- Air PACA (Coordination)
- la DREAL (Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement),
- l'ARS (Agence Régionale de Santé),
- les PMI (Protection Maternelle Infantile) de Cannes, Cagnes-sur-Mer, Bouches-du-Rhône, Hautes-Alpes,
- les collectivités concernées,
- les inspections académiques (rectorat Aix-Marseille, rectorat de Nice),
- le CETE et Alpheis (chargés du prédiagnostic des bâtiments).

3. RESULTATS

3.1. PHASE 1 (2009-2010)

La première phase de la campagne nationale a concerné 18 établissements en région PACA.

3.1.1. FORMALDEHYDE

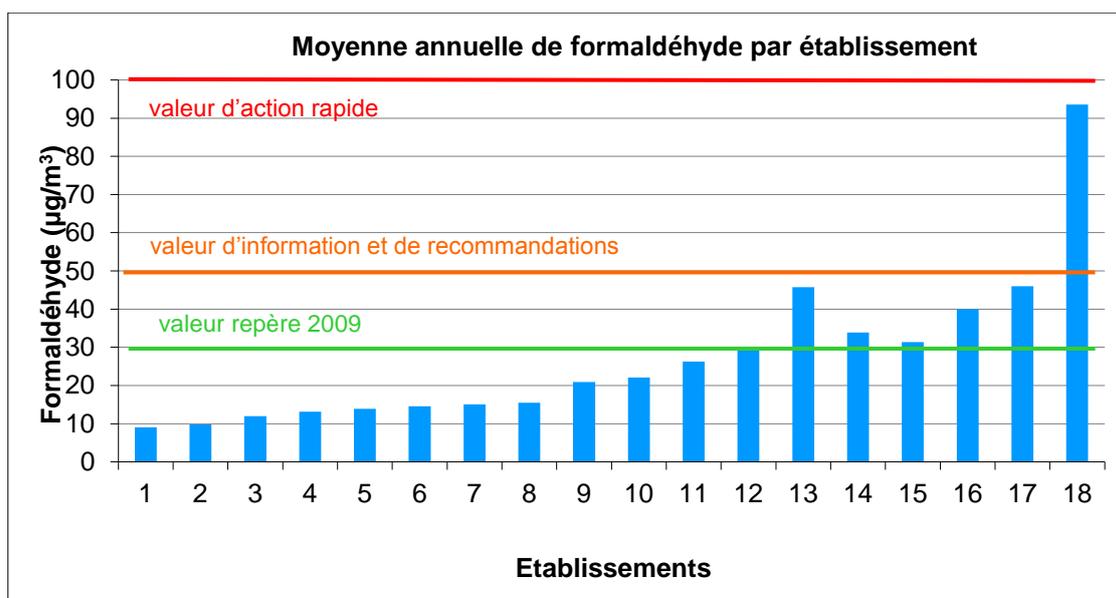


Figure 4 : Moyennes annuelles en formaldéhyde par établissement – phase 1

Les moyennes des concentrations annuelles des établissements sont très différentes d'un établissement à l'autre et sont comprises entre $9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à $94 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Douze établissements présentent des résultats inférieurs à la valeur repère du Haut Conseil en Santé Publique de $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (66 %), cinq (28 %) sont compris entre $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et un, soit 6 %, dépasse la valeur d'information et de recommandations de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sans toutefois atteindre la valeur d'action rapide de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Les concentrations annuelles des établissements salle par salle permettent de détailler les résultats et de mettre en évidence l'hétérogénéité des valeurs au sein d'un même établissement (voir figure suivante).

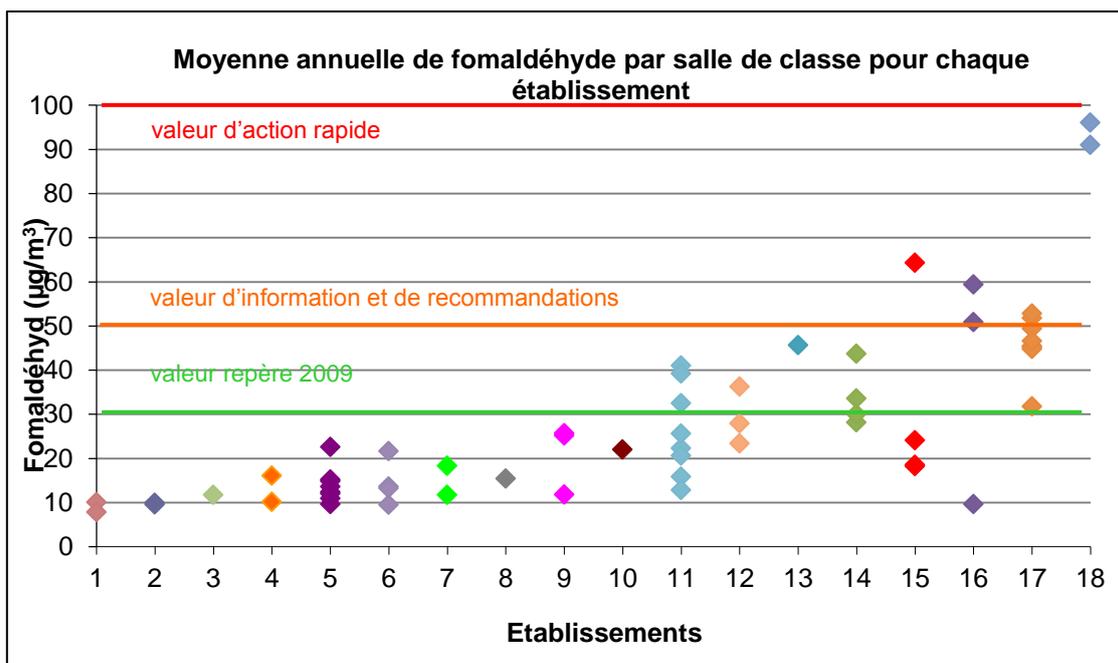


Figure 5 : Moyennes annuelles de formaldéhyde par salle pour chaque établissement – phase 1

Le détail des concentrations annuelles salle par salle permet d’identifier les zones les plus problématiques de chaque établissement. Les résultats des concentrations annuelles s’échelonnent de 8 µg/m³ à 96 µg/m³. Certains établissements comme les n°15 et 16 ont au moins une salle de classe dont les valeurs dépassent la valeur d’information et de recommandation alors que la moyenne de l’établissement ne la dépasse pas. C’est la concentration maximum rencontrée par établissement qui est retenue pour l’évaluation de la qualité de l’air intérieur de l’établissement.

Les classes de concentration en formaldéhyde par salle sont réparties comme suit :

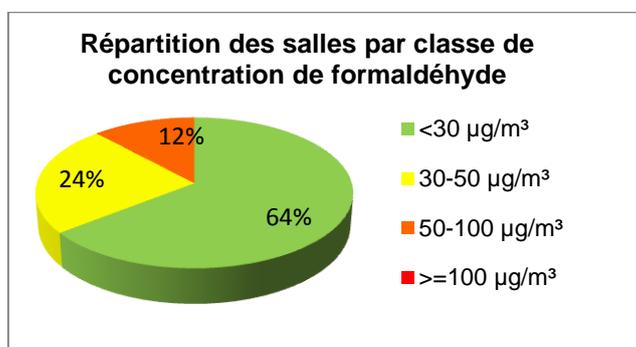


Figure 6 : Pourcentage de salles par classe de concentration de formaldéhyde – phase 1

Les mesures annuelles en formaldéhyde montrent que la majorité des classes sont situées en dessous de la valeur repère de 30 µg/m³ (64 %), que près d’un quart d’entre elles (24 %) sont comprises entre 30 et 50 µg/m³ et que 12 %, soit 7 classes réparties sur 5 établissements, dépassent la valeur d’information et de recommandation de 50 µg/m³ sans dépasser la valeur d’action rapide de 100 µg/m³.

En conclusion, sur les 18 établissements étudiés :

- 2 respectent totalement la valeur cible à long terme de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
- 8 ont au moins une salle dont la concentration se situe entre la valeur cible et la valeur repère de $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
- 4 ont au moins une salle dont la concentration se situe entre la valeur repère et la valeur d'information-recommandations de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
- 4 ont au moins une salle dont la concentration se situe entre la valeur d'information-recommandations et la valeur d'action rapide de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
- Aucun établissement ne dépasse la valeur d'action rapide.

La situation est assez variable d'une pièce à l'autre au sein d'un même établissement : l'écart obtenu en formaldéhyde entre deux salles d'un même établissement peut atteindre occasionnellement $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Ces différences peuvent s'expliquer par des matériaux de construction ou d'ameublement différents (en cas de construction à des époques différentes ou de rénovation partielle), des systèmes de ventilation différents ou des pratiques d'aération différentes.

3.1.2. BENZENE

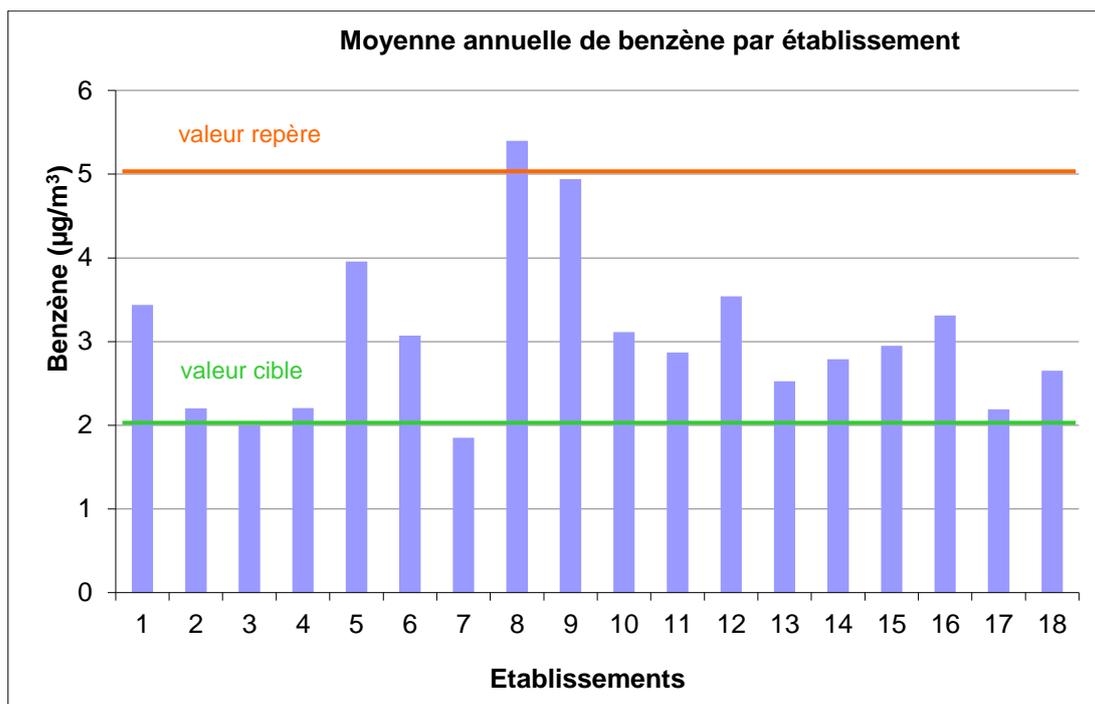


Figure 7 : Moyennes annuelles de benzène par établissement (ordre) – phase 1

Les moyennes des concentrations annuelles par établissement sont comprises entre $1,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et $5,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$. La majorité des établissements (83 %) montre des résultats compris entre la valeur cible de $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et la valeur repère de $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Deux établissements (11 %) ont des résultats inférieurs ou égaux à la valeur cible ; et un établissement (6 %) ne respecte pas la valeur repère.

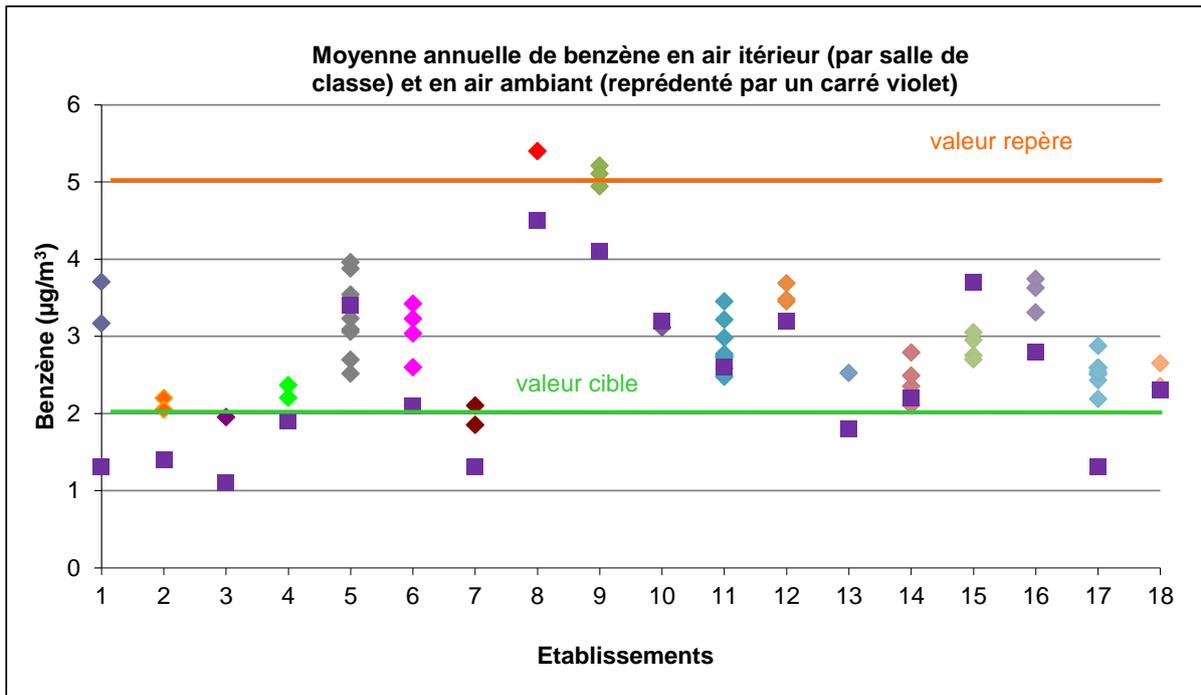


Figure 8 : Moyennes annuelles de benzène par salle pour chaque établissement – phase 1

Il est important de noter que pour les établissements dont certaines salles dépassent $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en benzène, les résultats sont homogènes d'une salle à l'autre et sont associés à d'importantes concentrations extérieures.

Les classes de concentration en benzène par salle sont réparties comme suit :

Seul 3 % des salles respectent la valeur cible de $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en benzène alors que 92 % ont des concentrations comprises entre $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et 5 % des salles ont des moyennes supérieures à $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, valeur repère.

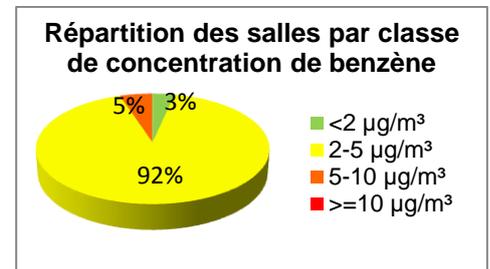


Figure 9 : Pourcentage de salles par classe de concentration de benzène – phase 1

Sur les 18 établissements étudiés :

- Un seul respecte totalement la valeur cible de $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
- 15 ont au moins une salle dont la concentration se situe entre la valeur cible et la valeur repère de $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
- 2 ont au moins une salle dont la concentration se situe entre la valeur repère et la valeur d'action rapide de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
- Aucun établissement ne dépasse la valeur d'action rapide.

Les deux établissements dont les niveaux sont supérieurs à la valeur repère sont situés dans une zone où les niveaux de benzène en air ambiant dépassent également ce seuil. Les concentrations de benzène dans le bâtiment semblent donc liées en grande partie aux niveaux présents à l'extérieur.

Il y a peu de variations entre les salles d'un même établissement : rarement plus d'1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ entre le minimum et le maximum. Les niveaux extérieurs semblent donc plus déterminants que les variations intérieures dans les 18 cas étudiés.

3.1.3. INDICE DE CONFINEMENT ICONÉ (DIOXYDE DE CARBONE)

Sur les 18 établissements étudiés :

- 13 ont une situation de confinement correcte (indices 1 à 3),
- 5 ont une situation de confinement non satisfaisante (indices 4 à 5).

La situation est très hétérogène. Les situations de confinement non satisfaisantes n'ont pas donné lieu à d'actions immédiates, la situation pouvant être améliorée avec de simples recommandations dans la plupart des cas rencontrés (exemple : aérer les pièces...).

Un indice de confinement élevé ne correspond pas forcément à une situation de pollution, mais il s'agit d'un facteur aggravant dans le cas de la présence d'une source de pollution. Des niveaux de polluants élevés ont été observés dans des bâtiments non confinés. A l'inverse, certains bâtiments confinés avaient des niveaux de polluants relativement faibles.

Il y a peu de variations entre les salles des établissements étudiés : au sein d'un même bâtiment la différence d'indices entre deux pièces est inférieure ou égale à 2. Ceci peut s'expliquer par une homogénéité du bâti et donc du système de ventilation, mais également par un certain « mimétisme » dans les pratiques de ventilation au sein de l'équipe d'enseignants et du personnel d'entretien.

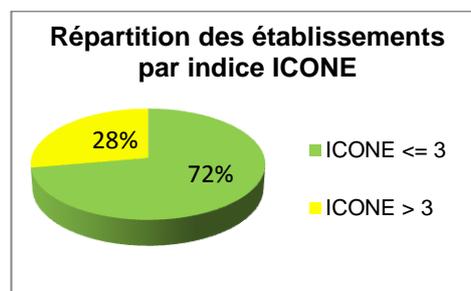


Figure 10 : Répartition des établissements par indice ICONÉ – phase 1

3.1.4. BILAN PHASE 1

Parmi les 18 établissements échantillonnés, 4 ont été concernés par des concentrations en formaldéhyde supérieures à la valeur d'information et de recommandations de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et 2 ont montré des concentrations intérieures en benzène supérieures à la valeur repère de $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Etablissements	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Formaldéhyde	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Jaune	Jaune	Jaune	Jaune	Orange	Orange	Orange	Orange
Benzène	Jaune	Jaune	Vert	Jaune	Jaune	Jaune	Jaune	Orange	Orange	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert
ICÔNE	Vert	Vert	Vert	Vert	Jaune	Vert	Jaune	Vert	Vert	Vert	Jaune	Jaune	Vert	Vert	Vert	Vert	Jaune	Vert

Tableau 5 : Bilan de la phase 1 par établissement selon les valeurs de référence appliquées en région PACA

Ces 6 établissements ont profité d'un accompagnement spécifique dans le but d'aider les gestionnaires des bâtiments à réduire l'exposition aux polluants intérieurs mesurés.

Les 4 établissements concernés par d'importantes concentrations en formaldéhyde ont participé à la phase 2 de la campagne nationale après avoir été invités à mettre en application des recommandations simples ou préconisations permettant, dans certaines conditions, d'améliorer la situation (aération, entretien ou remise en route d'un système de VMC, remplacement de revêtements,...). La participation de ces établissements à cette deuxième phase permet de vérifier l'efficacité des actions correctrices mises en place.

Concernant les 2 établissements soumis à des concentrations en benzène supérieures à la valeur repère de $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, des campagnes de mesures d'air ambiant en benzène ont été menées afin de confirmer l'hypothèse d'une contribution extérieure majoritaire aux concentrations mesurées en air intérieur.

3.2. PHASE 2 (2010-2011)

La deuxième phase de la campagne nationale a concerné 9 établissements, 4 ayant participé à la première phase de l'étude et concernés par d'importantes concentrations en formaldéhyde et 5 nouveaux établissements de l'ouest des Bouches-du-Rhône à la demande du Ministère afin de documenter davantage d'établissements en zone industrielle.

3.2.1. FORMALDEHYDE

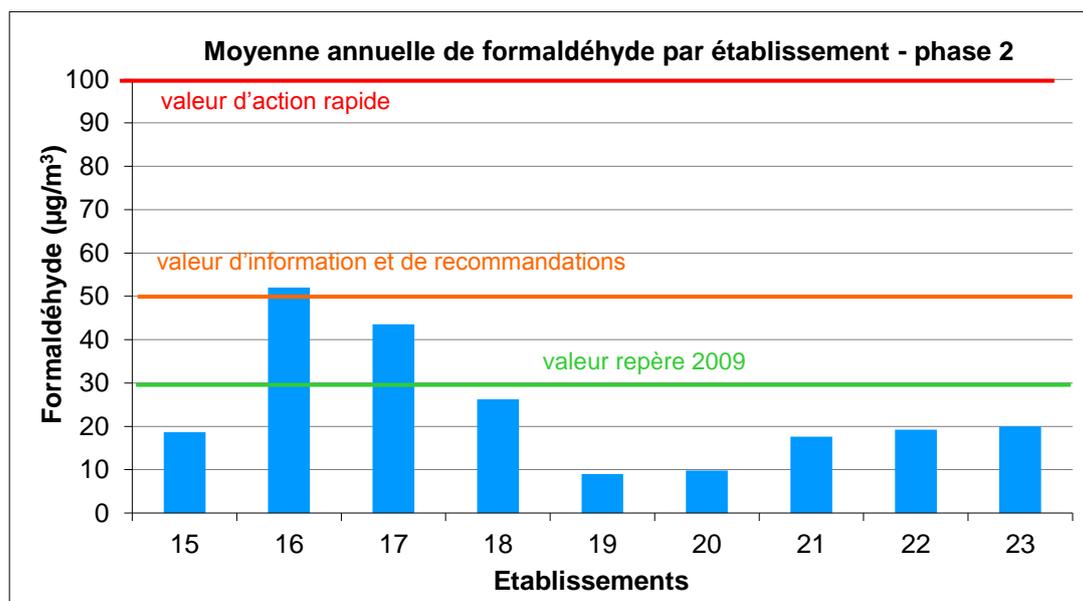


Figure 11 : Moyennes annuelles de formaldéhyde par établissement, classées – phase 2

Les moyennes des concentrations annuelles en formaldéhyde par établissement sont comprises entre $9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et $52 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Sept des neuf établissements (les cinq nouveaux établissements et deux des bâtiments ayant participé à la première phase de l'étude) présentent des résultats inférieurs à la valeur repère de $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (78 %), un établissement a une moyenne comprise entre $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et un autre ne respecte pas la valeur d'information et de recommandations de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

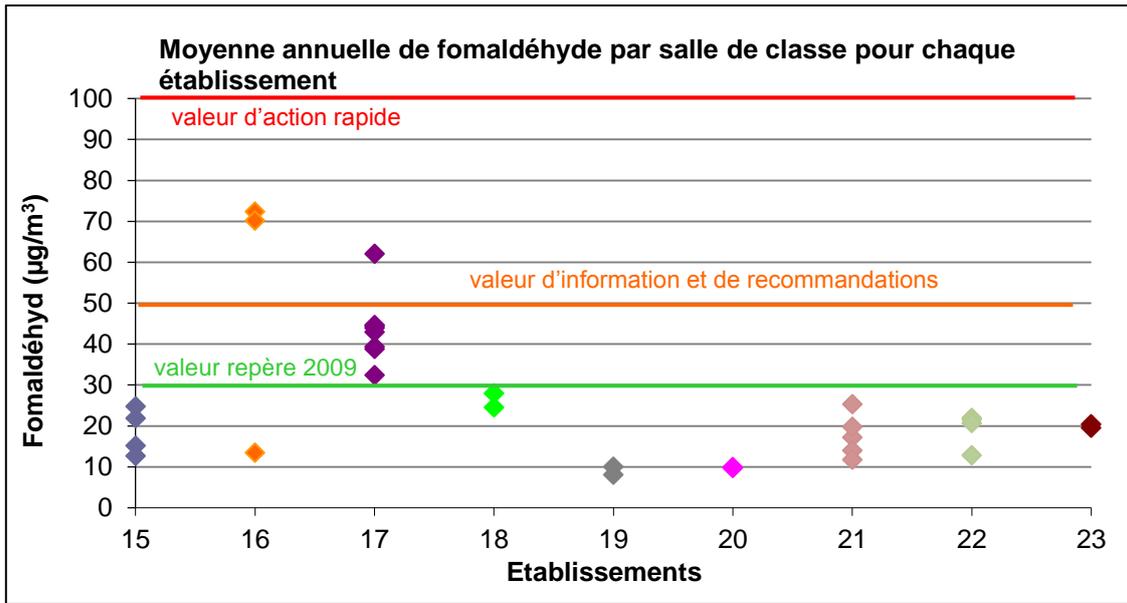


Figure 12 : Moyenne annuelle de formaldéhyde par salle de classe pour chaque établissement – phase 2

Le détail des concentrations en formaldéhyde de chaque salle des établissements concernés montre que deux bâtiments possèdent une ou plusieurs salles soumises à des concentrations intérieures supérieures à la valeur d'information et de recommandations.

Les classes de concentration en formaldéhyde par salle sont réparties comme suit :

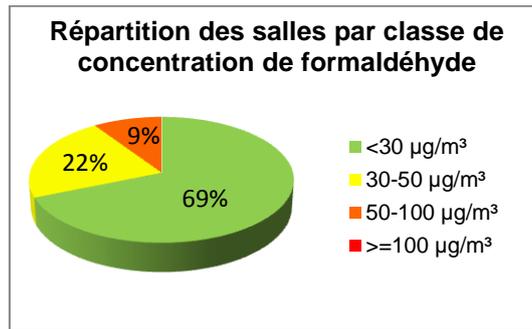


Figure 13 : Pourcentage de salles par classe de concentration de formaldéhyde – phase 2

Les mesures annuelles en formaldéhyde montrent que la majorité des classes (69 %) a une moyenne inférieure à la valeur repère de $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$, que près d'un quart des salles ont une moyenne comprise entre 30 et $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et que 9 %, soit 3 classes réparties sur 2 établissements, ont une moyenne ne respectant pas la valeur d'information et de recommandations de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sans dépasser la valeur d'action rapide de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Après renouvellement du revêtement de plafond et mise en place d'un système de ventilation mécanique contrôlée efficace dans un établissement ayant participé à la phase 1, les concentrations intérieures en formaldéhyde mesurées lors de la phase 2 ont largement diminué et respectent désormais la valeur repère de $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

En conclusion, sur les 9 établissements étudiés :

- 2 respectent totalement la valeur cible à long terme de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
- 5 ont au moins une salle dont la concentration se situe entre la valeur cible et la valeur repère de $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

- 2 ont au moins une salle dont la concentration se situe entre la valeur d'information-recommandations de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et la valeur d'action rapide de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
- Aucun établissement ne dépasse la valeur d'action rapide.

3.2.2. BENZENE

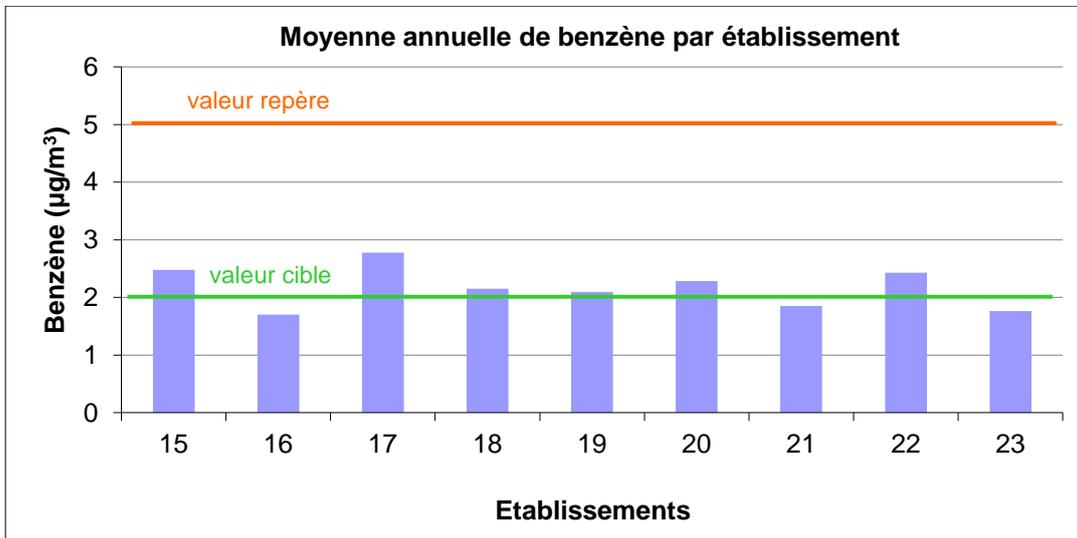


Figure 14 : Moyennes annuelles de benzène par salle de classe pour chaque établissement – phase 2

Les moyennes des concentrations annuelles en benzène par établissement sont comprises entre $1,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et $2,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Trois des neuf établissements présentent une moyenne de concentration intérieure en benzène inférieure à la valeur cible de $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$, les six autres bâtiments (67 %) une moyenne supérieure à $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ mais inférieure à la valeur repère de $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

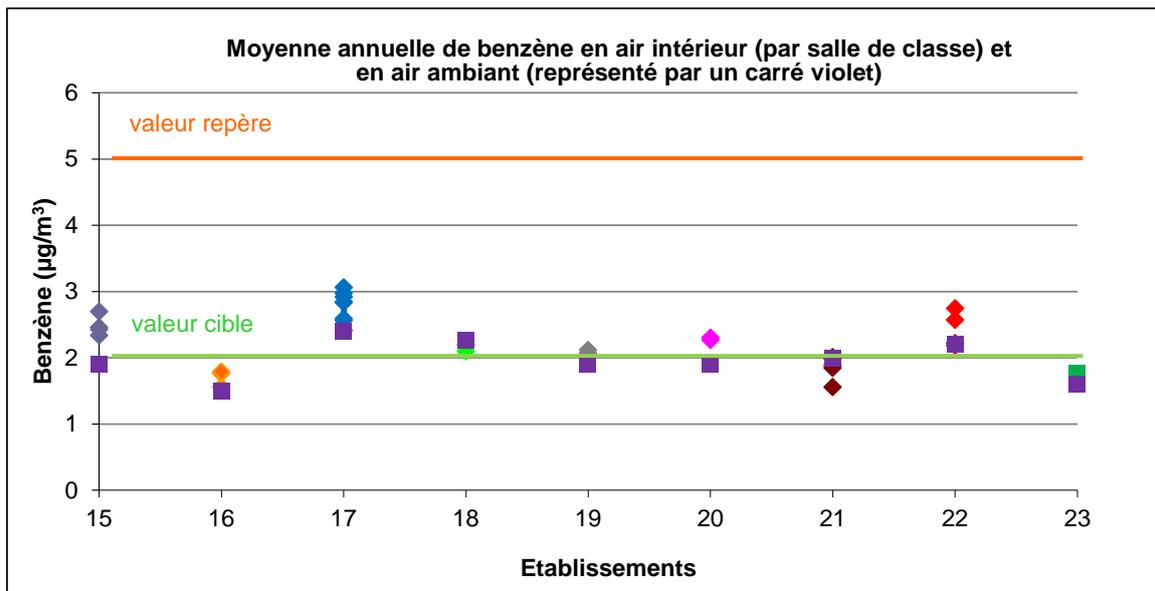


Figure 15 : Moyenne annuelle de benzène par salle de classe pour chaque établissement – phase 2

Les concentrations moyennes en benzène détaillées salle par salle montrent des résultats homogènes au sein d'un même établissement et équivalente à la concentration en air ambiant aux incertitudes de mesure près.

Les classes de concentration en benzène par salle sont réparties comme suit :

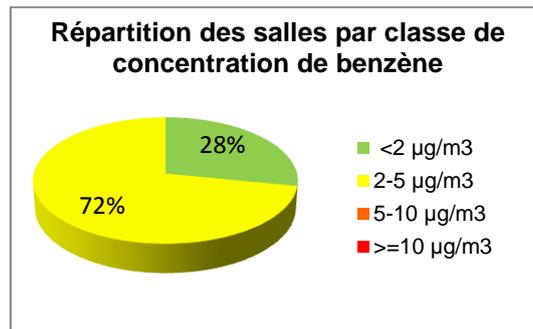


Figure 16 : Pourcentage de salles par classe de concentration de benzène – phase 2

28 % des salles présentent des concentrations intérieures annuelles en benzène inférieures à la valeur cible de 2 µg/m³ alors que 72 % sont soumises à des concentrations comprises entre 2 µg/m³ et 5 µg/m³.

Sur les 9 établissements étudiés :

- 2 respectent totalement la valeur cible de 2 µg/m³.
- 7 ont au moins une salle dont la concentration se situe entre la valeur cible et la valeur repère de 5 µg/m³.
- Aucun établissement ne dépasse la valeur repère.

3.2.3. INDICE DE CONFINEMENT ICONE (DIOXYDE DE CARBONE)

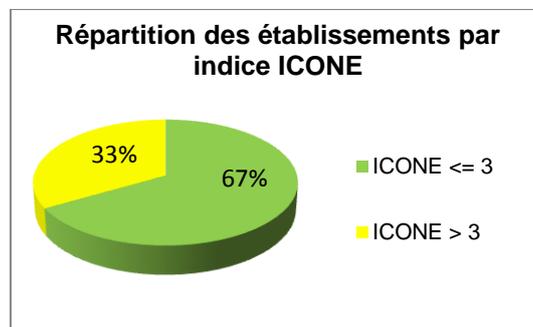


Figure 17 : Répartition des établissements par indice ICONE – phase 2

Sur les 9 établissements étudiés :

- 6 ont une situation de confinement correcte (indices 1 à 3).
- 3 ont une situation de confinement non satisfaisante (indices 4 à 5).

3.2.4. BILAN PHASE 2

Etablissements	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Formaldéhyde	Vert	Orange	Orange	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert
Benzène	Jaune	Vert	Jaune	Jaune	Jaune	Jaune	Jaune	Jaune	Vert
ICÔNE	Vert	Vert	Jaune	Vert	Vert	Vert	Jaune	Jaune	Vert

Tableau 6 : Bilan de la phase 2 par établissement selon les valeurs de référence appliquées en région PACA

Concernant le formaldéhyde, parmi les 9 établissements échantillonnés lors de la deuxième phase, 2 ont été concernés par des concentrations supérieures à la valeur d'information et de recommandations de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Ces deux bâtiments, issus de la première phase de l'étude sont ceux pour lesquels les recommandations simples et préconisations n'ont pas suffi à améliorer les teneurs en formaldéhyde. Ils ont donc profité d'un suivi approfondi permettant d'identifier les sources d'émissions et de préconiser avec précision la nécessité de réaliser de lourds travaux (changement de revêtements ou d'installation de systèmes de ventilation efficaces) nécessaires à une diminution significative de taux de formaldéhyde.

L'association d'une forte concentration en formaldéhyde avec un faible confinement (bâtiment n°16) est en phase avec l'hypothèse d'une ou de plusieurs sources importantes de formaldéhyde. Inversement, une concentration intérieure importante en formaldéhyde associée à un faible renouvellement d'air (bâtiment n°17) sous-entend une ou plusieurs sources de formaldéhyde modérées amplifiées par le confinement important qui contribue à concentrer les polluants intérieurs.

Pour le benzène, aucun bâtiment n'a montré de concentration supérieure à la valeur repère de $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Deux établissements ont même des teneurs en benzène inférieures à la valeur cible de $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

4. BILAN DE LA CAMPAGNE

4.1. FORMALDEHYDE

4.1.1. RESULTATS SYNTHETIQUES

Les résultats de la totalité des bâtiments échantillonnés au cours des 2 phases de la campagne sont les suivants :

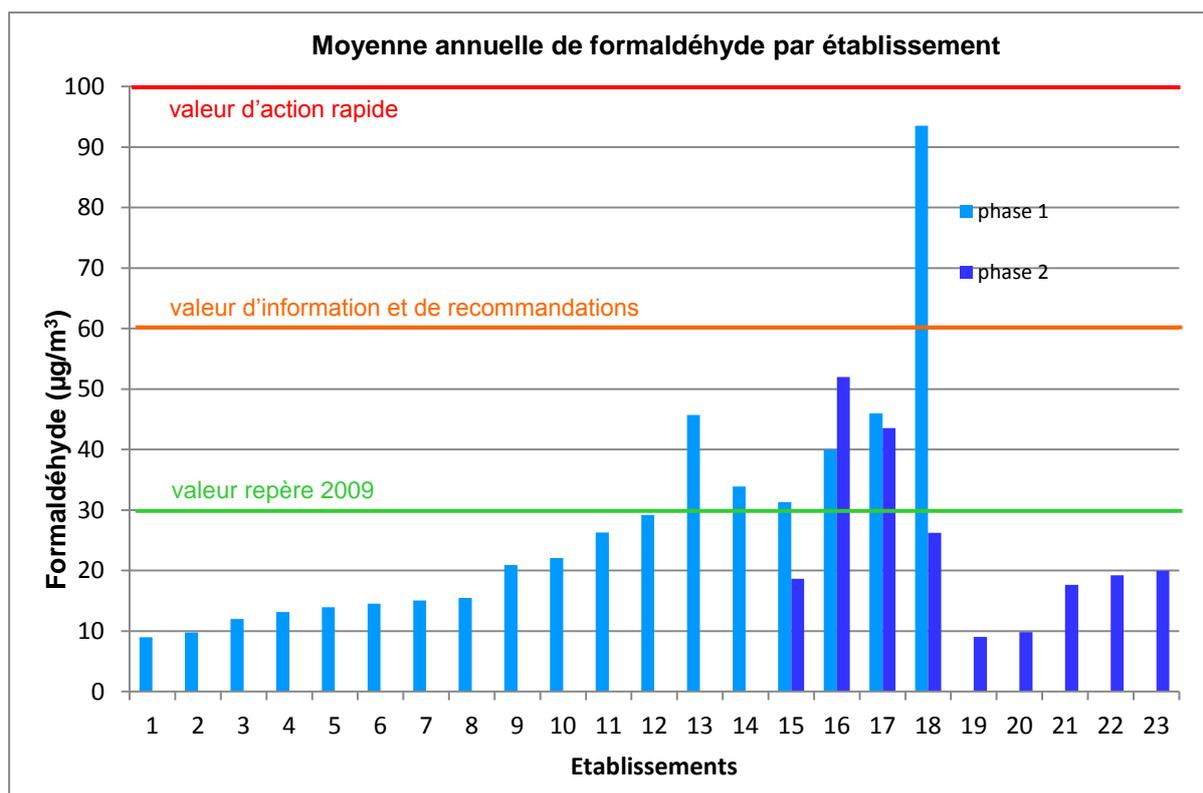


Figure 18 : Moyennes annuelles de formaldéhyde par établissement – phases 1 et 2

Le graphe ci-dessus met en évidence l'amélioration des niveaux en formaldéhyde pour 2 établissements sur 4 ayant participé aux 2 phases.

A la fin de la campagne, sur les 23 établissements étudiés et selon les résultats par classe (cf. figures 5 et 12) :

- 4 respectent totalement la valeur cible à long terme de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
- 13 ont au moins une salle dont la concentration se situe entre la valeur cible et la valeur repère de $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
- 4 ont au moins une salle dont la concentration se situe entre la valeur repère et la valeur d'information-recommandation de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
- 2 ont au moins une salle dont la concentration se situe entre la valeur d'information-recommandations et la valeur d'action rapide de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
- Aucun établissement ne dépasse la valeur d'action rapide.

4.1.2. SUIVIS APPROFONDIS

Les établissements dont les concentrations intérieures en formaldéhyde étaient supérieures aux valeurs d'information et de recommandations, $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ont profité d'un suivi spécifique en participant à la deuxième phase de l'étude.

Parmi les 18 établissements ayant participé à la première phase de l'étude, 4 ont présenté des concentrations intérieures en formaldéhyde supérieures à $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Les gestionnaires de bâtiments correspondants ont reçu des recommandations simples ou des préconisations à mettre en œuvre pour éviter l'accumulation de ce polluant dans leurs ambiances intérieures. Ils ont par la suite participé à la deuxième phase de la campagne de mesure afin de vérifier l'efficacité des actions correctrices mises en place.

Dans certains cas ces dernières ont été efficaces, dans d'autres des recherches de sources en formaldéhyde ont été nécessaires.

A. ETABLISSEMENT 18

L'établissement 18 a participé aux deux phases de la campagne nationale « mesure air intérieur dans les écoles et les crèches » et le gestionnaire du bâtiment réalisé des travaux entre ces deux phases de mesure.

Phase 1 :

Mesure en période été 2009 :

Les résultats pour la période été, en formaldéhyde, sont supérieurs à $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$, valeur d'action rapide, dans les deux salles investiguées. Le dépassement observé ne nécessite pas une fermeture de l'établissement ; mais une action rapide a été menée sans attendre les résultats de la saison hiver, et il a été décidé de :

- mesurer le formaldéhyde en intérieur avec un appareil automatique, pour trouver la ou les sources de formaldéhyde, et en extérieur par un échantillonneur passif,
- anticiper la réalisation du prédiagnostic,
- mobiliser un expert en bâtiment pour un audit complémentaire de l'établissement pour évaluer les sources potentielles d'émissions de formaldéhyde, assister la collectivité pour un cahier des charges technique particulier sur la ventilation, réaliser une mesure de perméabilité à l'air.

Résultats de ces actions :

- Les teneurs en formaldéhyde en extérieur sont largement inférieures aux valeurs mesurées en intérieur.
- Suite au prédiagnostic, il a été demandé d'ouvrir les grilles d'aération condamnées.

Mesure en période hiver 2009 :

Les résultats de mesure des deux salles pour la période hiver pour le formaldéhyde ne dépassent pas $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$. En moyenne sur les deux saisons, les valeurs en formaldéhyde sont inférieures à $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Une évaluation d'émissivité de plusieurs matériaux de construction a été effectuée par le CSTB (centre scientifique et technique du bâtiment). Une source très fortement émissive a été mise en évidence : la structure porteuse de la toiture des dômes.

Mesure au printemps 2010 :

Après installation d'un système de ventilation, le formaldéhyde a été à nouveau mesuré, les résultats ont donné des valeurs inférieures à $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, niveau d'information-recommandations.

Mesure annuelle

Les moyennes annuelles en benzène dans les 2 salles investiguées et à l'extérieur sont supérieures à $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$, objectif de qualité.

Phase 2 :

Suite à la détection de la source de formaldéhyde, des travaux ont été réalisés au sein de l'école : « changement de la couverture des dômes ». Suite à ce changement de matériau, de nouvelles mesures de formaldéhyde ont été réalisées en 2011. Les niveaux mesurés en formaldéhyde sont inférieurs à $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (valeur guide pour 2015) dans les deux salles investiguées.

Suite à l'ensemble des travaux (installation d'un système de ventilation et changement de la couverture des dômes), les niveaux en formaldéhyde ont nettement baissé et sont inférieurs à la valeur guide de 2015.

B. ETABLISSEMENT 15

L'établissement 15 a participé aux deux phases de la campagne nationale « mesure air intérieur dans les écoles et les crèches » et a bénéficié de nombreuses recommandations de la part du CETE.

Phase 1 :

La moyenne annuelle en formaldéhyde dans une des pièces investiguées est supérieure à $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle, niveau d'information-recommandations. Suite à ces résultats, un diagnostic approfondi du bâtiment a été réalisé. Ce dernier a permis de déterminer des actions immédiates et des actions à long terme pour améliorer la qualité de l'air intérieur de l'établissement.

Phase 2 :

Lors de la deuxième phase, le niveau en formaldéhyde, dans la pièce concernée par des niveaux élevés lors de la phase 1, est inférieur à $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$, valeur guide pour 2015.

Bien que toutes les préconisations recommandées par le CETE dans leur rapports de juillet et octobre 2010 n'aient pas été mises en œuvre, la situation s'est améliorée, probablement grâce à une surventilation par ouverture des fenêtres.

Les mesures proposées par le CETE pour améliorer la qualité de l'air intérieur sont les suivantes :

Actions immédiates :

- modifier le perçage des grilles d'entrée d'air (entaille 354×12 mm recommandée),
- détalonner les portes du premier étage donnant sur le palier des toilettes d'au moins 1 cm,
- créer une entrée d'air supplémentaire dans la salle de musique au niveau de la porte centrale,
- supprimer toutes les étagères des placards intégrés et les remplacer par :
 - du bois plein (très fortement conseillé),
 - ou à défaut du mélaminé avec chanfrein étanche ou tout matériau à faible émission avérée (solution non durable).

Actions à long terme :

- rénover les installations de ventilation dans leur ensemble par la mise en place d'un double flux avec récupérateur d'énergie. Ce nouveau système doit être étudié finement avant tout travaux. Il doit concerner l'ensemble de l'établissement.

Afin de limiter les risques sanitaires de propagation des virus, il est fortement conseillé dans les crèches de zoner le système de ventilation.

Les zones dans l'établissement peuvent être :

- une VMC à l'étage : salle d'activité seulement (exclure les parties polluées déjà traitées en VMC simple flux),
- une VMC pour les salles de vie au rez-de-chaussée,
- une VMC au niveau des dortoirs.

Les niveaux en benzène et l'indice de confinement sont du même ordre que ceux mesurés lors de la phase 1.

Bilan des mesures des 2 phases :

n° pièce	formaldéhyde		benzène		indice icône	
	2010	2011	2010	2011	2010	2011
1	18,6	12,7	3,0	2,4	2	1
2	18,3	15,1	2,8	2,3	2	3
3	24,2	21,8	3,1	2,5	0	0
4	64,4	24,8	2,7	2,7	invalidé	1
extérieur	/	/	3,7	1,9	/	/

Tableau 7 : Résultats des mesures de l'établissement N°15

La concentration en formaldéhyde dans la salle 4 a baissé entre les phases 1 et 2. Cette baisse de la teneur en formaldéhyde est probablement liée à une surventilation par ouverture des fenêtres.

C. ETABLISSEMENT 16

L'établissement 16 a participé aux deux phases de la campagne nationale « mesure air intérieur dans les écoles et les crèches » et a bénéficié d'un accompagnement spécifique pour la gestion de la qualité de l'air intérieur du bâtiment.

Phase 1 (2009-2010) :

Lors de la première phase de la campagne, la moyenne annuelle des concentrations en formaldéhyde dans deux des trois pièces investiguées est supérieure à $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, seuil d'information et de recommandations du Haut Conseil de Santé Publique (HCSP). Les teneurs annuelles en benzène sont inférieures à la valeur repère de $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Le confinement des salles de classe est faible (indices ICONÉ compris entre 1 et 2 sur une échelle allant de 1 à 5).

Suite à ces résultats, un diagnostic approfondi du bâtiment a été réalisé. Celui-ci a permis de déterminer des actions immédiates et des actions à long terme dans le but de diminuer les concentrations intérieures en formaldéhyde. Ce diagnostic approfondi a mis en évidence que le système de ventilation mécanique contrôlée n'était pas en fonctionnement et que les émissions en formaldéhyde semblaient provenir du plafond.

Des actions correctrices ont été mises en place. Celles-ci ont principalement concerné le système de renouvellement d'air (remise en service de la ventilation, nettoyage du réseau, raccordement des caissons, création d'entrées d'air dans les classes, détalonnage des portes internes, grille de passage d'air dans la porte d'entrée des sanitaires).

Cet établissement a participé à la deuxième phase de la campagne nationale afin de vérifier si les actions correctrices mises en œuvre ont été efficaces.

Phase 2 (2010-2011) :

Malgré les améliorations du système de ventilation, les concentrations annuelles en formaldéhyde lors de la deuxième phase n'ont pas baissé, elles sont même supérieures à celles de la phase 1. Les niveaux en benzène et l'indice de confinement sont du même ordre que ceux mesurés lors de la phase 1.

n° pièce	Formaldéhyde		Benzène		Indice ICONE	
	Phase 1	Phase 2	Phase 1	Phase 2	Phase 1	Phase 2
1	59	72	3,3	1,6	1	0
2	51	70	3,6	1,8	2	2
3	10	13	3,7	1,8	1	1
extérieur	/	/	2,8	1,5	/	/

Tableau 8 : Résultats des mesures de l'établissement N°16

Au vu de ces données, les mesures correctives mises en place ne s'avèrent pas suffisantes pour respecter les seuils à atteindre. De nouvelles actions sont donc à envisager. Les concentrations intérieures en formaldéhyde n'étant pas associées à un indice de confinement important, l'hypothèse la plus probable était la présence de sources internes conséquentes.

Recherche de sources en formaldéhyde :

Le bâtiment a profité d'un système de recherche de source en formaldéhyde développé par l'École de Mines de Douai. Ce dispositif de mesure a identifié le plafond comme principale source en formaldéhyde.

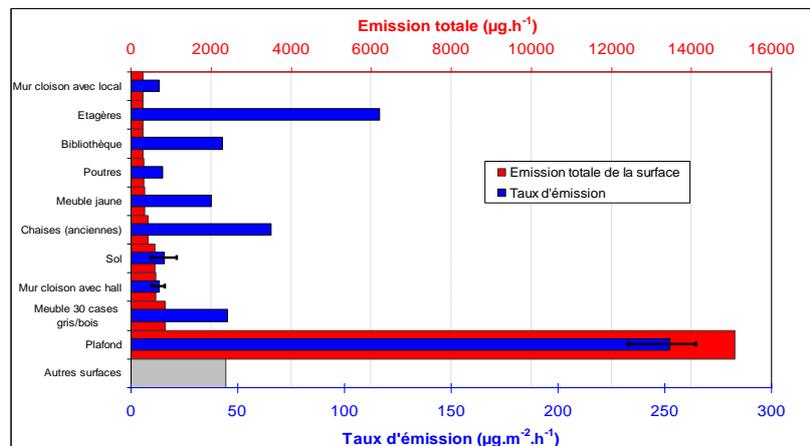


Figure 19 : Emission de formaldéhyde par type de matériaux présents dans les salles de classe - établissement N°16

Par la suite, une analyse d'émission spécifique d'un échantillon du plafond en condition de laboratoire à confirmer les résultats.

Ainsi, les recommandations suivantes ont été transmises à la collectivité concernée :

- Remplacement du revêtement de plafond par un matériau de Classe A+ (étiquetage sanitaire),
- Amélioration de la ventilation des locaux (sensibilisation du personnel à l'importance d'une ouverture plus fréquente des ouvrants et entretien du système de ventilation).

B. ETABLISSEMENT 17

L'établissement 17 a participé aux deux phases de la campagne nationale « mesure air intérieur dans les écoles et les crèches » et a bénéficié d'un accompagnement spécifique pour la gestion de la qualité de l'air intérieur du bâtiment.

Phase 1 (2009-2010) :

La moyenne annuelle des concentrations en formaldéhyde dans deux des huit pièces investiguées est supérieure au seuil d'information et de recommandations du Haut Conseil de Santé Publique (HCSP) de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Ces concentrations en formaldéhyde sont associées à un fort indice de confinement ICONE (4 sur une échelle de 1 à 5).

Suite à ces résultats, il a été préconisé une amélioration des conditions de renouvellement d'air. Cet établissement ne possédant pas de système de ventilation mécanique contrôlé, les actions correctrices mises en œuvre ont consisté à ajouter des grilles d'entrées d'air dans les locaux qui en étaient démunis et à sensibiliser le personnel à l'importance d'une ouverture plus fréquente des ouvrants.

Cet établissement a participé à la deuxième phase de la campagne nationale afin de vérifier si les actions correctrices mises en œuvre ont été efficaces.

Phase 2 (2010-2011) :

Les concentrations annuelles en formaldéhyde montrent des évolutions différentes selon les pièces. L'une des salles voit sa concentration annuelle diminuer pour passer en dessous du seuil de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. L'autre au contraire montre une augmentation de sa teneur annuelle en formaldéhyde. Les indices de confinement ne se sont pas améliorés, l'une des deux classes montre même un indice ICONE de 5, maximum observable.

n° pièce	Formaldéhyde		Benzène		Indice ICONE	
	Phase 1	Phase 2	Phase 1	Phase 2	Phase 1	Phase 2
1	45	43	2,2	3,0	2	3
2	45	39	2,5	2,8	3	3
3	45	39	2,9	2,8	3	/
4	52	44	2,6	2,9	4	5
5	49	45	2,4	2,6	3	/
6	32	32	2,6	3,1	3	4
7	53	62	2,5	2,6	4	4
8	47	44	2,5	2,4	3	2
extérieur	/	/	1,3	2,4	/	/

Tableau 9 : Résultats des mesures de l'établissement N°17

Au vu de ces données, les mesures correctives mises en place ne s'avèrent pas suffisantes pour respecter les seuils à atteindre. De nouvelles actions sont donc à envisager. Les concentrations intérieures en formaldéhyde étant associées à un indice de confinement important, l'hypothèse la plus probable est la présence de sources internes modérées amplifiées par le confinement.

Recherche de sources en formaldéhyde :

Le bâtiment a profité d'un système de recherche de source en formaldéhyde développé par l'Ecole de Mines de Douai. Malgré une émission spécifique relativement faible, le dispositif de mesure a identifié le plafond comme principale source en raison de la surface importante qu'il représente. Les éléments ayant

une émission spécifique importante et représentant la seconde contribution aux concentrations importantes en formaldéhyde sont les éléments acoustiques décoratifs (cubes et rectangles de couleur) accrochés au plafond.

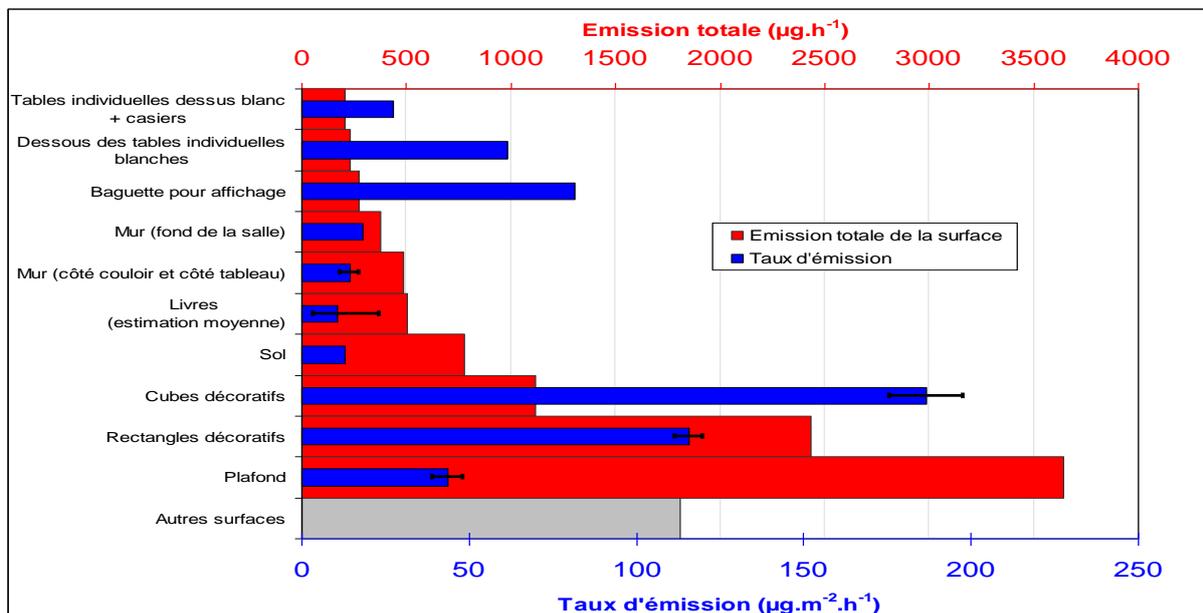


Figure 20 : Emission de formaldéhyde par type de matériaux présents dans les salles de classe - établissement N°17

Ainsi, les recommandations suivantes ont été transmises à la collectivité concernée :

- Dépose des éléments acoustique décoratifs,
- Installation d'un système de ventilation mécanique contrôlée permettant un renouvellement d'air constant avec l'assistance du CETE pour la rédaction du cahier des charges (prise en charge financière par la DREAL),
- A minima amélioration du renouvellement d'air (sensibilisation du personnel à l'importante d'une ouverture plus fréquente des ouvrants).

4.2. BENZENE

4.2.1. RESULTATS SYNTHETIQUES

Les résultats de la totalité des bâtiments échantillonnés au cours des 2 phases de la campagne sont les suivants :

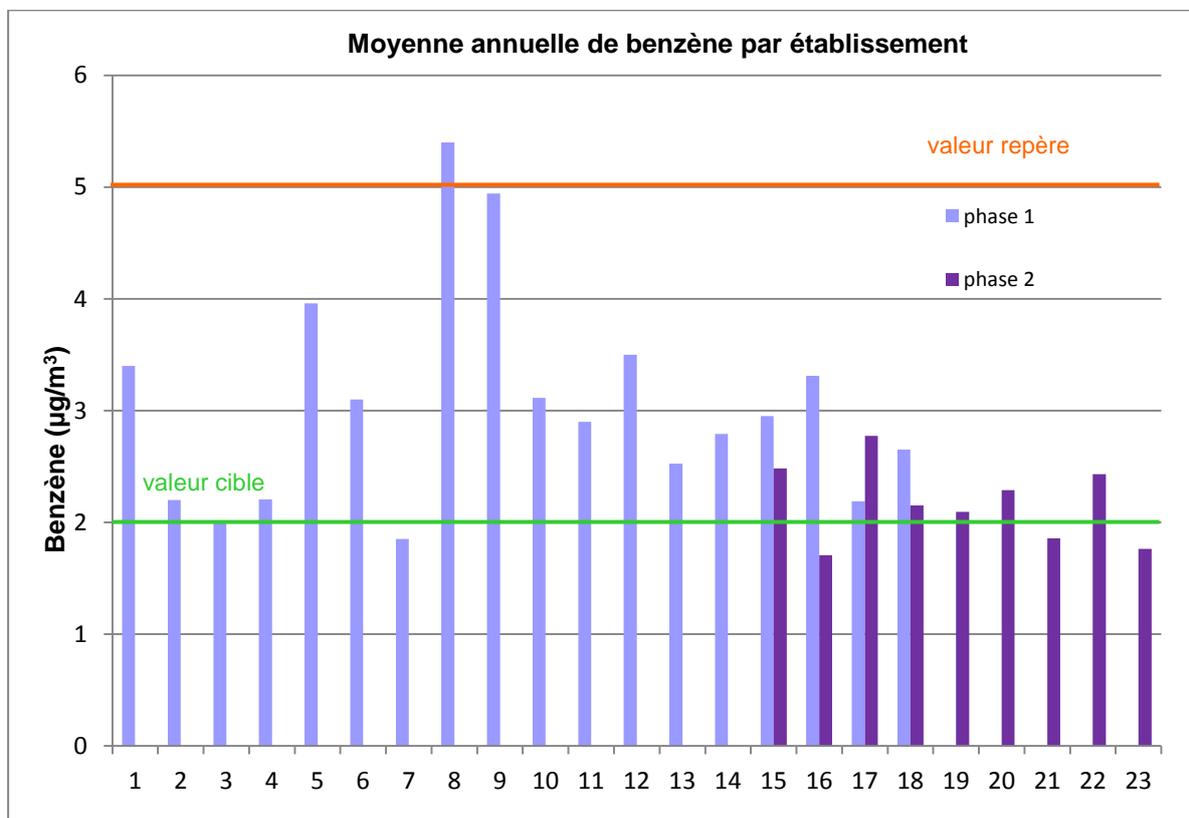


Figure 21 : Moyennes annuelles de benzène par établissement – phases 1 et 2

Le graphe ci-dessus met en évidence l'amélioration des niveaux en benzène pour 3 établissements sur 4 ayant participé aux 2 phases.

A la fin de la campagne, sur les 23 établissements étudiés et selon les résultats par classe (cf. figures 8 et 15) :

- 3 respectent totalement la valeur cible de 2 µg/m³.
- 18 ont au moins une salle dont la concentration se situe entre la valeur cible et la valeur repère de 5 µg/m³.
- 2 ont au moins une salle dont la concentration se situe entre la valeur repère et la valeur d'action rapide de 10 µg/m³.
- Aucun établissement ne dépasse la valeur d'action rapide.

4.2.2. SUIVIS APPROFONDIS

Les deux écoles concernées par des concentrations intérieures supérieures à la valeur repère de $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ au cours de la première phase de l'étude ont bénéficié d'un suivi spécifique afin de confirmer l'hypothèse d'une contribution extérieure.

A. ETABLISSEMENT 8

L'établissement 8 a participé à la première phase de la campagne nationale « mesure air intérieur dans les écoles et les crèches » et a bénéficié d'un suivi approfondi du benzène pour la gestion de la qualité de l'air intérieur du bâtiment.

Phase 1 :

La moyenne annuelle (calculée à partir de 2 résultats d'une semaine) en formaldéhyde dans la pièce de vie de la crèche est inférieure à $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$, valeur guide pour 2015. L'indice ICONNE est inférieur à 3, considéré comme acceptable. Les moyennes annuelles (calculées à partir de 2 résultats d'une semaine) en benzène intérieur et extérieur sont supérieures à $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, valeur limite annuelle. Suite à ces résultats, il a été décidé de poursuivre les mesures dans l'établissement et en extérieur sur plusieurs périodes de mesures.

Etape 2 :

Air PACA a créé un point de mesure du benzène (air ambiant) à proximité de l'établissement. Les résultats obtenus en 2010 et 2011 montrent des concentrations de benzène en air ambiant comparables à celles observées sur d'autres sites de la zone.

Des prélèvements dans le sol ont été effectués par l'INERIS en septembre 2010. Ces résultats tendent à éliminer l'hypothèse d'un lien entre pollution de l'air (intérieur et extérieur) au niveau de la crèche et pollution du sol de ce site.

En 2011, huit prélèvements (d'une semaine) de benzène ont été effectués dans l'air ambiant dans différents quartiers. Les résultats ont montré que les niveaux sont équivalents pour les différents points. Le quartier de l'établissement n'est donc pas un cas particulier. Les niveaux de benzène dans la ville concernée peuvent varier de $0,5$ à plus de $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ d'une série (d'une semaine) de mesure à une autre. Cette forte variabilité temporelle caractérise des lieux sous influence industrielle en opposition avec des lieux exclusivement urbains avec des niveaux plus stables dans le temps.

De plus, des mesures de benzène d'une semaine ont été réalisées pendant 20 périodes entre mai et octobre 2011, couvrant ainsi l'ensemble des conditions météorologiques, à l'intérieur de l'établissement, dans la cour et dans la rue. Les niveaux en benzène sont confrontés aux résultats de mesure du dioxyde de soufre. Les résultats de l'ensemble de ces périodes de mesure soulignent que :

- Les résultats intérieurs et extérieurs en benzène sont équivalents, aux incertitudes de mesure près.
- La moyenne de l'ensemble des résultats est inférieure à $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$, objectif de qualité. Les niveaux élevés obtenus en octobre 2009 n'ont jamais été relevés au cours des périodes suivantes.
- Les niveaux en benzène suivent la même évolution que celle du dioxyde de soufre, polluant traceur de l'activité industrielle.

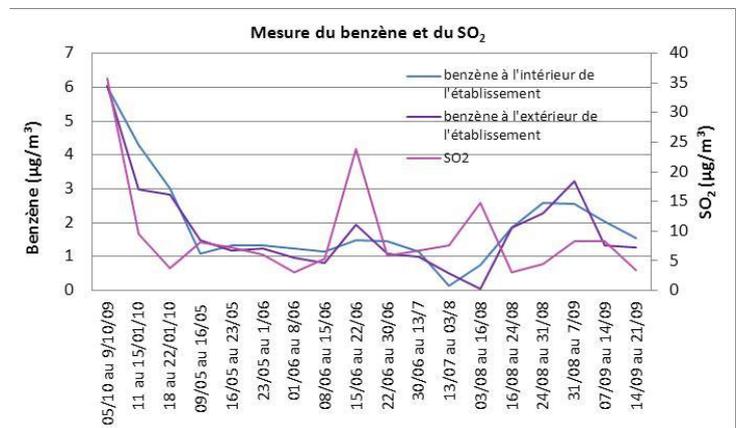


Figure 22 : Evolution du benzène en intérieur et extérieure et du dioxyde de soufre

En conclusion, tous ces éléments semblent suffisants pour confirmer le lien entre air extérieur et intérieur pour le benzène. Les sources émettrices à proximité (activités industrielles) semblent être la cause des concentrations en benzène mesurées dans l'établissement. On ne peut pas exclure que les niveaux d'octobre 2009 soient de nouveau atteints épisodiquement, mais cela reste peu représentatif de la situation d'exposition habituelle de l'établissement.

B. ETABLISSEMENT 9

L'établissement 9 a participé à la première phase de la campagne nationale « mesure air intérieur dans les écoles et les crèches » et a bénéficié d'un suivi approfondi du benzène pour la gestion de la qualité de l'air intérieur du bâtiment.

Phase 1 (2009-2010) :

La moyenne annuelle des concentrations en benzène dans deux des trois pièces investiguées est supérieure à la valeur repère du Haut Conseil de Santé Publique (HCSP) de $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Bien qu'étant inférieure à la valeur repère, la concentration extérieure en benzène est du même ordre (non significativement différente). Les concentrations en formaldéhyde sont toutes inférieures à la valeur repère de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Le confinement des salles de classe est faible (indices ICONE compris entre 1 et 2 sur une échelle allant de 1 à 5).

	Formaldéhyde	Benzène	Indice ICONE
Classe 1	25	4,9	1
Classe 2	26	5,2	2
Classe 3	12	5,1	/
Extérieur	/	4,1	/

Tableau 10 : Résultats des mesures de l'établissement N°9

La contribution à ces concentrations intérieures est probablement d'origine extérieure, il a donc été proposé à la collectivité de participer au projet de Plan de protection de l'atmosphère (analyse de la qualité de l'air ambiant dont le benzène) afin d'assurer un suivi des concentrations extérieures en benzène sur la commune au cours du temps.

Plan de protection de l'atmosphère :

L'intégration aux plans de protection de l'atmosphère a permis de mesurer la qualité de l'air ambiant en une quinzaine de points sur la commune dont sept à proximité de l'établissement (points 1 à 7).

Les résultats montrent des concentrations extérieures en benzène importantes pendant certaines périodes hivernales. Ils témoignent donc d'une pollution extérieure liée aux conditions météorologiques, non constantes dans le temps.

Benzène ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Hiver 1	3,3	2,7	1,6	3	1,5	3,4	2,4	1,7	2,8	2,9	2,4	2,6	2,4	1,8	1,9
Hiver 2	5	4,7	4,9	5,3	4,3	6,5	4,1	5	4,6	4,9	4,7	4,1	4,8	5,1	1,8
Été 1	0,8	0,7	0,9	0,8	0,7	1,2	0,6	1	0,7	0,8	0,7	0,7	-	0,7	0,8
Été 2	0,9	0,7	0,9	-	0,8	1,2	0,6	0,9	0,8	1	0,7	0,8	0,7	0,8	0,7

Tableau 11 : Concentrations moyennes extérieures en benzène selon les valeurs de référence appliquées en région PACA

Afin d'accompagner la collectivité dans sa démarche d'amélioration de la qualité de l'air ambiant sur la commune, un point de mesure à proximité de l'école leur a été proposé afin d'évaluer les concentrations extérieures en benzène tout au long de l'année.

4.3. DIOXYDE DE CARBONE

Les résultats de la totalité des bâtiments échantillonnés au cours des 2 phases de la campagne sont les suivants :

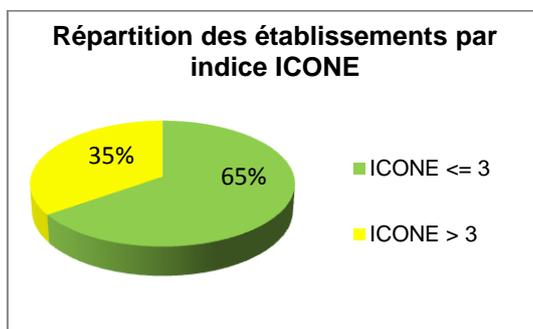


Figure 23 : Répartition des établissements par indice ICONE – phases 1 et 2

A la fin de la campagne, sur les 23 établissements étudiés :

- 15 ont une situation de confinement correcte (indices 1 à 3).
- 8 ont une situation de confinement non satisfaisante (indices 4 à 5).

4.4. RESULTATS GENERAUX

Le tableau ci-dessous donne une vision synthétique de l'ensemble des résultats par selon la classification retenue en région PACA.

Chaque établissement est noté, pour chaque paramètre, selon la salle de classes ayant les niveaux les plus élevés.

Etablissements	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
Formaldéhyde	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Jaune	Jaune	Jaune	Jaune	Vert	Orange	Orange	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert
Benzène	Jaune	Jaune	Vert	Jaune	Jaune	Jaune	Jaune	Orange	Orange	Jaune	Jaune	Jaune	Jaune	Jaune	Vert	Vert	Jaune	Jaune	Vert	Jaune	Jaune	Jaune	Vert	Vert
ICÔNE	Vert	Vert	Vert	Vert	Jaune	Vert	Jaune	Vert	Vert	Vert	Jaune	Jaune	Vert	Vert	Vert	Vert	Jaune	Vert	Vert	Vert	Vert	Jaune	Jaune	Vert

Tableau 12 : Bilan des phases 1 et 2 par établissement selon les valeurs de référence appliquées en région PACA

5. CONCLUSION

La campagne de mesure, réalisée sur 23 établissements et 3 paramètres, ne peut prétendre à être représentative de la situation des établissements d'accueil de la petite enfance dans la région. Cependant, elle reste porteuse d'enseignements :

- Dans le périmètre des établissements échantillonnés, l'exposition au benzène dans les lieux d'accueil de la petite enfance est très dépendante des sources extérieures, notamment la proximité des axes de circulation.
- Le formaldéhyde est un polluant présent en concentrations supérieures à la valeur repère dans un nombre significatif de bâtiment. Une grande attention doit donc être portée aux choix des matériaux d'habillage et d'ameublement des pièces et aux produits d'entretien utilisés, notamment dans le cas d'un renouvellement de matériel ou d'une rénovation.
- Plus d'une école sur deux étudiée était concernée par une ventilation non satisfaisante. Un effort doit être porté sur l'entretien des circuits de ventilation existants, ou sur leur aménagement en cas de non-conformité à la réglementation.

La réglementation impose aux exploitants de réaliser avant le 1^{er} janvier 2015 un bilan de la qualité de l'air intérieur des établissements d'accueil de la petite enfance. Dans le cadre de ce bilan réglementaire, les valeurs pour lesquelles des investigations complémentaires doivent être menées et pour lesquelles le préfet de département du lieu d'implantation de l'établissement devra être informé sont :

- 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour le formaldéhyde,
- 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour le benzène
- et un indice de confinement de 5.

Pour information, il existe des mesures simples permettant d'améliorer la qualité de l'air intérieur des bâtiments qui peuvent être mis en œuvre immédiatement, comme la vérification des conditions de ventilation ou l'intégration de critères sanitaires dans les choix d'ameublement et de matériaux de décoration.

Air intérieur dans les écoles et crèches Bilan des mesures 2009 - 2011

La surveillance de la qualité de l'air intérieur dans les lieux recevant du public devient obligatoire au 1^{er} janvier 2015 (décret 2011-1728). Une campagne nationale de surveillance de la qualité de l'air intérieur dans les écoles et les crèches a été initiée en 2009 pour les années scolaires 2009-2010 et 2010-2011, afin de constituer une base de données nationale et de valider les protocoles et les modalités de cette surveillance.

Air PACA a participé aux 2 phases de cette campagne, ainsi 23 établissements ont été investigués dans la région. Les établissements ayant révélé au cours de la première phase de l'étude des valeurs supérieures aux valeurs d'information et recommandations ont participé à la deuxième phase après avoir reçu des recommandations simples ou bénéficié d'investigations complémentaires.

Les deux polluants mesurés sont le formaldéhyde (émis par les matériaux, mobilier, colles, produit d'entretien) et le benzène (émis par les gaz d'échappement et tous les appareils de combustion). Ces deux composés ont été mesurés au cours de 2 périodes (été et hiver) afin de prendre en compte les variations saisonnières et ainsi obtenir une moyenne représentative de l'année. Cette dernière est comparée aux valeurs de référence. Le dioxyde de carbone, traceur du confinement, a également été mesuré afin de mettre en évidence d'éventuelles insuffisances de renouvellement d'air.

En fin de phase 2 de l'étude, les résultats par salle montrent que sur les 23 établissements surveillés :

- 17 respectent la valeur repère du formaldéhyde, soit 74 % ;
- 21 respectent la valeur repère du benzène, soit 91 % ;
- 16 n'ont pas un air confiné, soit 65 %.

Les établissements dont les moyennes annuelles ne respectaient toujours pas les valeurs d'information et recommandations ont bénéficié d'un suivi spécifique permettant de mettre en évidence les sources de pollution et les actions correctives ou les travaux nécessaires pour remédier à la situation.

Cette étude nationale, à laquelle les Associations Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air ont participé, a permis de valider les protocoles et les modalités de mesure de la qualité de l'air intérieur appliqués à la surveillance obligatoire de ce type d'établissement recevant du public.



AirPACA
QUALITÉ DE L'AIR
www.airpaca.org

Siège social

146, rue Paradis
« Le Noilly Paradis »
13294 Marseille Cedex 06
Tél. 04 91 32 38 00
Télécopie 04 91 32 38 29

Établissement de Martigues

Route de la Vierge
13500 Martigues
Tél. 04 42 13 01 20
Télécopie 04 42 13 01 29



Établissement de Nice

333, Promenade des Anglais
06200 Nice
Tél. 04 93 18 88 00
Télécopie 04 93 18 83 06

