

***SURVEILLANCE REGLEMENTAIRE DE LA QUALITE DE L'AIR
INTERIEUR DANS CERTAINS ETABLISSEMENTS RECEVANT DU
PUBLIC
GUIDE METHODOLOGIQUE RELATIF A LA CONDUITE DE MESURES
DANS LE CADRE
D'INVESTIGATIONS COMPLEMENTAIRES EN CAS DE
DEPASSEMENT
DES VALEURS REPERES DE FORMALDEHYDE ET DE BENZENE***

*Centre Scientifique et Technique du Bâtiment
(CSTB)*

Direction Santé Confort

Août 2025

Référence SC-QSO-2024-176

Version 3

Ce guide a été réalisé par Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB) et a bénéficié du soutien financier de la Direction générale de la prévention des risques du ministère de la Transition écologique.

Ont contribué à son élaboration et sa relecture : Vincent Binot, Corinne Bouhnoure, Claire Dassonville, Virginie Desvignes, Stéphane Moularat, Olivier Ramalho

TABLE DES MATIERES

1. Contexte	6
2. Domaine d'application.....	6
2.1. Objectif	6
2.2. A qui s'adresse ce guide ?	7
3. Gestion des résultats issus des campagnes de mesure.....	7
4. Réalisation d'investigations complémentaires	7
4.1. Déclenchement d'investigations complémentaires.....	7
4.2. Accompagnement des propriétaires/exploitants	8
4.3. Organisation des investigations complémentaires	8
5. Etape 1 – Validation métrologique des résultats.....	11
6. Etape 2 – Analyse du contexte de la situation de dépassement	12
6.1. Examen des concentrations extérieures en benzène	12
6.2. Examen des sources potentielles de formaldéhyde	13
6.3. Analyse du contexte précédent la mise en œuvre du prélèvement	13
6.4. Analyse du contexte lors du prélèvement.....	13
7. Etape 3 – Mesures de confirmation.....	14
7.1. Vérification du dépassement de la valeur guide réglementaire du formaldéhyde ..	14
7.1.1. Concentration mesurée en formaldéhyde sur 4,5 jours supérieure à 30 µg/m ³	14
7.1.2. Concentration mesurée en formaldéhyde sur 4,5 jours supérieure à 100 µg/m ³	15
7.1.3. Mise en œuvre du prélèvement actif de formaldéhyde sur 1 à 4 heures	15
7.2. Mesure de confirmation pour un dépassement en benzène.....	16
8. Etape 4 – Recherche de sources.....	17
9. Mesures correctives et prévention des recurrences.....	19
9.1. Choix des mesures correctives	19
9.2. Contrôle de l'efficacité des mesures correctrices	20
10. Références	21
11. Annexes.....	23
11.1. ANNEXE 1. Sources et facteurs contribuant à la qualité de l'air intérieur des locaux, notamment pour le formaldéhyde et le benzène	23
11.1.1. Sources de formaldéhyde.....	23
11.1.2. Sources de benzène.....	24
11.2. ANNEXE 2. Synthèse des niveaux de concentration mesurés lors de la campagne nationale dans les écoles de l'OQAI (2013-2017)	26

11.3.	ANNEXE 3. Dispositifs de mesures disponibles pour conduire une recherche de sources (liste non exhaustive)	28
11.4.	ANNEXE 4. Méthodes alternatives de mesure des émissions de matériaux <i>in situ</i> utilisant un échantillonnage passif	30
11.5.	ANNEXE 5. Actions correctrices	32
11.5.1.	Listes de ressources disponibles	32
11.6.	ANNEXE 6. Exemple de fiche de suivi d'activités.....	35

ABBREVIATIONS

CSTB	Centre scientifique et technique du bâtiment
Cofrac	Comité français d'accréditation
Ineris	Institut national de l'environnement industriel et des risques
LCSQA	Laboratoire central de surveillance de la qualité de l'air

1. CONTEXTE

La loi portant engagement national pour l'environnement a rendu obligatoire la surveillance de la qualité de l'air intérieur dans certains établissements recevant un public sensible (articles L. 221-7, L. 221-8 et R. 221-29 et suivants du code de l'environnement). Les établissements sont visés aux 1°, 2° et 3° du II de l'article R. 221-30 du code de l'environnement : établissements d'accueil collectif d'enfants de moins de six ans, accueils de loisirs (cf. 1° du II de l'article R. 227-1 du code de l'action sociale et des familles), établissements d'enseignement ou de formation professionnelle du premier et second degré.

Le dispositif réglementaire encadrant la surveillance de la qualité de l'air intérieur dans ces établissements comporte :

- une évaluation annuelle des moyens d'aération qui peut être effectuée par les services techniques de l'établissement ;
- un autodiagnostic de la qualité de l'air intérieur, à réaliser tous les 4 ans ;
- une campagne de mesures de polluants (formaldéhyde, benzène, et CO₂ pour évaluer le confinement) par un organisme accrédité, réalisée à chaque étape clé de la vie du bâtiment ;
- et un plan d'actions visant à améliorer la qualité de l'air intérieur et prenant en compte l'évaluation annuelle des moyens d'aération, l'autodiagnostic et la campagne de mesures.

Les modalités de réalisation des campagnes de mesure de polluants sont définies dans les textes réglementaires suivants :

- décret n° 2022-1690 du 27 décembre 2022 modifiant le décret n° 2012-14 du 5 janvier 2012 relatif à l'évaluation des moyens d'aération et à la mesure des polluants effectuées au titre de la surveillance de la qualité de l'air intérieur de certains établissements recevant du public ;
- arrêté du 27 décembre 2022 modifiant l'arrêté du 1er juin 2016 relatif aux modalités de surveillance de la qualité de l'air intérieur dans certains établissements recevant du public.

2. DOMAINE D'APPLICATION

2.1. OBJECTIF

Le présent document est un **complément** au guide d'accompagnement à la mise en œuvre de la surveillance réglementaire de la qualité de l'air intérieur dans certains établissements recevant du public mis à disposition par le Cerema (2025).

Il a pour objectif de **fournir des éléments méthodologiques** à la conduite de mesure dans le cadre d'investigations complémentaires en cas de dépassement des valeurs limites définies au 3° du III de l'article R221-30 du code de l'environnement et dans l'article 10 du décret 2012-14 du 5 janvier 2012 relatif à l'évaluation des moyens d'aération et à la mesure des polluants effectuées au titre de la surveillance de la qualité de l'air intérieur de certains établissements recevant du public notamment en termes de recherche de sources des substances incriminées. Le présent document n'a pas de valeur réglementaire.

Le cas spécifique des mesures du dioxyde de carbone n'est pas traité dans ce document car il fait déjà l'objet d'un guide méthodologique spécifique : guide de surveillance du confinement (CSTB, 2023).

Ce document annule et remplace le document intitulé « *Accompagnement de la surveillance obligatoire de la qualité de l'air intérieur dans les établissements d'enseignement, d'accueil de la petite enfance et d'accueil de loisirs : Guide méthodologique relatif à la conduite de mesures de second niveau en cas de dépassement des valeurs-limites formaldéhyde, benzène et perchloroéthylène* » élaboré par l'Ineris en date de novembre 2015 (Ineris, 2015).

2.2. A QUI S'ADRESSE CE GUIDE ?

Ce guide se veut à la fois une aide pour le propriétaire/exploitant des établissements potentiellement concernés, mais également un appui méthodologique à l'attention des organismes techniques susceptibles d'être impliqués.

3. GESTION DES RESULTATS ISSUS DES CAMPAGNES DE MESURE

Il est recommandé de se préparer, en amont, à la gestion des résultats issus des campagnes de mesure. Ces résultats doivent être interprétés par l'équipe de gestion mise en place par le propriétaire/exploitant au regard de l'ensemble des autres informations collectées dans le cadre de la surveillance réglementaire, à savoir : l'évaluation des moyens d'aération, l'autodiagnostic et les mesures déjà envisagées dans le cadre du plan d'action. Ces éléments sont décrits en détail dans le guide d'accompagnement du Cerema (2025). Celui-ci fournit également des fiches informatives complémentaires (tome 7) qui peuvent s'avérer utiles.

Par ailleurs, le recueil de toute information ou événement survenue au moment de la campagne de mesure (dans l'établissement ou à l'extérieur comme une situation météorologique particulière, un pic de pollution extérieur, etc.) peut aider à l'interprétation des résultats.

4. REALISATION D'INVESTIGATIONS COMPLEMENTAIRES

4.1. DECLENCHEMENT D'INVESTIGATIONS COMPLEMENTAIRES

Dans le cadre du dispositif réglementaire, les campagnes de mesure des polluants réglementaires formaldéhyde et benzène ne sont requises que :

- si l'établissement a été affecté par des étapes clé précisées au I et au III de l'article R221-30 du code de l'environnement ;
- et si le calcul du seuil dépasse les seuils stipulés par catégorie d'étapes clés dans l'annexe du décret n° 2022-1690 du 27 décembre 2022 modifiant le décret n° 2012-14 du 5 janvier 2012 relatif à l'évaluation des moyens d'aération et à la mesure des polluants effectuées au titre de la surveillance de la qualité de l'air intérieur de certains établissements recevant du public.

Les étapes clés, les seuils et leurs calculs sont précisés dans le guide d'accompagnement du Cerema (tome 4).

Une campagne de mesure de polluants réglementaires requiert deux séries de mesure espacées de 4 à 7 mois et à deux périodes distinctes chauffe et hors chauffe.

Les résultats des concentrations obtenues à chaque série sont comparés à des valeurs limites définies au 3° du III de l'article R221-30 du code de l'environnement et dans l'article 10 du décret 2012-14 du 5 janvier 2012 relatif aux modalités de surveillance de la qualité de l'air intérieur dans certains établissements recevant du public.

Lorsqu'un dépassement de la valeur pour laquelle le préfet de département du lieu d'implantation de l'établissement doit être informé est observé, c'est à l'organisme accrédité ayant réalisé les prélèvements qu'il revient d'informer le préfet de département dans un délai de quinze jours en précisant les résultats des mesures, le lieu et le nom de l'établissement concerné.

Le **dépassement** d'une de ces valeurs limites réglementaires implique également le déclenchement obligatoire d'une **expertise** à la charge du propriétaire/exploitant **dans un délai de deux mois après la réception des résultats** (article R. 221-36 du code de l'environnement). Cette expertise a pour objectif de rechercher et d'identifier les causes et sources des polluants mis en cause. Elle doit également fournir des propositions de mesures correctives adaptées afin de remédier à la situation. En cas de non-réalisation de cette expertise, le préfet peut en prescrire la réalisation aux frais du propriétaire ou, le cas échéant, de l'exploitant.

Le dépassement de la valeur-guide pour l'air intérieur (VGAi) figurant à l'article R. 221-29 du code de l'environnement par la moyenne des concentrations mesurées à chacune des deux périodes ne déclenche pas d'investigation complémentaire.

4.2. ACCOMPAGNEMENT DES PROPRIETAIRES/EXPLOITANTS

Pour la conduite de l'expertise visant à identifier les causes du dépassement et à proposer des mesures correctives, le propriétaire/exploitant de l'établissement peut faire appel à ses propres services ou à un organisme compétent accrédité qui disposent des moyens nécessaires pour conduire toute investigation complémentaire. Une liste d'organismes accrédités en capacité de réaliser des investigations complémentaires sur les causes des dépassements et d'apporter des recommandations est disponible à titre indicatif sur le site suivant : <https://surveillance.qai-erp.fr/reseau-de-laboratoires>.

4.3. ORGANISATION DES INVESTIGATIONS COMPLEMENTAIRES

Cette expertise doit être menée de manière organisée en suivant des étapes qu'il convient d'avoir réalisées avant d'entamer la suivante. L'équipe de gestion pilote cette expertise avec l'appui au besoin d'un organisme compétent et accrédité, notamment en ce qui concerne les étapes 3 et 4.

Les étapes de cette expertise sont les suivantes et vont être détaillées par la suite dans ce document :

1. Consolidation des résultats obtenus et recherche d'informations complémentaires concernant le site (section 5) ;
2. Analyse du contexte de la situation de dépassement (section 6) ;
3. Réalisation de mesures de confirmation (section 7) ;
4. Recherche des différentes causes à l'origine du dépassement des valeurs limites afin de pouvoir mettre en place des actions correctives (section 8).

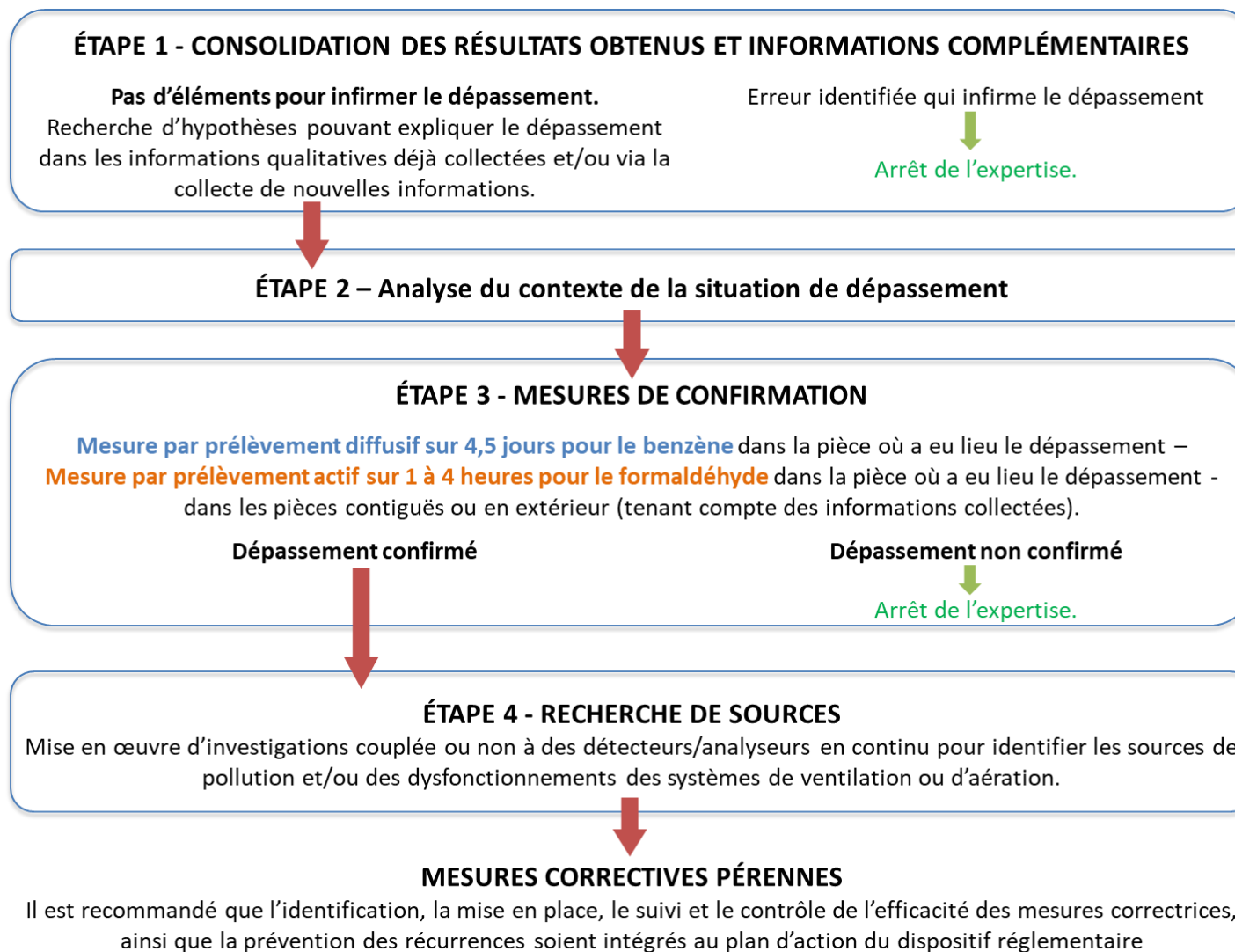


Figure 1 : Les différentes étapes de l'expertise

5. ETAPE 1 – VALIDATION METROLOGIQUE DES RESULTATS

La première action à réaliser lors d'une situation de dépassement des valeurs limites définies au 3° du III de l'article R221-30 du code de l'environnement et dans l'article 10 de l'arrêté du 27 décembre 2022 modifiant l'arrêté du 1er juin 2016 relatif aux modalités de surveillance de la qualité de l'air intérieur dans certains établissements recevant du public est de consolider les données acquises.

En effet, avant d'engager le processus d'une expertise complémentaire, il est essentiel de vérifier la validité des données transmises par les laboratoires.

Il convient de s'assurer que les résultats des concentrations mesurées ne sont pas entachés d'erreurs liés notamment à des problèmes métrologiques.

Par conséquent, il convient, entre autres, que l'organisme accrédité ayant réalisé les prélèvements et fourni le rapport de résultat, vérifie ou fasse vérifier les paramètres et conditions d'analyses pour la(les) substance(s) concernées par le(s) dépassement(s) :

- La conformité des paramètres utiles au calcul de la concentration : durée de prélèvement, débit de diffusion pris en compte, correction du débit de diffusion avec la température ;
- L'adéquation du support et de l'adsorbant utilisé à la substance analysée pour le débit de diffusion pris en compte ;
- L'absence d'incidents survenus dans la chaîne de conservation des supports de prélèvement avant et après prélèvement (au(x) laboratoire(s) et pendant le(s) transports(s)) ;
- Au niveau de l'analyse, l'absence de doute sur la masse de substance calculée dans l'échantillon :
 - o conformité de la gamme d'étalonnage ;
 - o vérification des paramètres analytiques relatifs à l'extraction, l'injection, la séparation et la détection sur l'ensemble de la chaîne ;
 - o conformité du point de contrôle accompagnant la série de mesures ;
 - o masse calculée dans la gamme d'étalonnage de la substance (si tel n'est pas le cas, l'incertitude sur le résultat est plus importante) ;
 - o absence de co-élution sur le chromatogramme au niveau du pic de la substance recherchée (notamment pour le benzène si la mesure a été réalisée uniquement en chromatographie en phase gazeuse couplée à une détection par ionisation de flamme (GC-FID) ;
- La conformité des niveaux des blancs analytiques, blancs de lot ou de terrain, permettant ainsi de confirmer que le dépassement observé n'est pas lié à une contamination initiale des supports ou de la chaîne analytique ;
- La vérification des formules de calculs, macros utilisées dans les logiciels pour exprimer le résultat en concentration.

Si les vérifications conduisent à identifier une ou des erreurs liées à la métrologie :

- soit cette erreur est mathématique et la nouvelle concentration calculée infirme le dépassement : l'expertise s'arrête à ce stade.
- soit des problèmes métrologiques ont été identifiés dans le protocole de mesure impliquant que le prélèvement et/ou l'analyse sont à refaire : l'expertise est en suspens à ce stade en attente des nouveaux résultats.

Si les vérifications conduisent :

- à ne pas remettre en cause le(s) résultat(s) obtenu(s) et donc le dépassement de la valeur limite, il convient de passer à l'étape suivante de l'expertise ;
- à identifier une plus grande incertitude sur le résultat et par conséquent sur un possible dépassement de la valeur limite, il convient de passer à l'étape suivante de l'expertise.

6. ETAPE 2 – ANALYSE DU CONTEXTE DE LA SITUATION DE DEPASSEMENT

Cette étape permet de collecter des informations pouvant expliquer ou donner des pistes par rapport au dépassement observé. Elle va ainsi permettre d'émettre des hypothèses sur la ou les sources potentiellement en cause dans le dépassement et de dimensionner l'expertise à mener pour les confirmer ou les infirmer.

L'analyse de ces informations doit permettre d'identifier des facteurs et des cheminements qui peuvent contribuer à l'accumulation de polluants dans la ou la/les pièce(s) concernée(s) par le dépassement. Il convient également d'élargir les investigations aux autres pièces du bâtiment.

En effet, une grande partie des polluants présents dans l'air intérieur est issue de sources multiples, et leurs concentrations dépendent de nombreux facteurs : facteurs extérieurs au bâtiment (météorologie, infrastructures voisines, sources extérieures), caractéristiques du bâtiment (système de ventilation, caractéristiques de construction, revêtements intérieurs, etc.) et activités des occupants (aération, ménage, activités manuelles, travaux, ...).

Une présentation succincte des sources et des facteurs contribuant à la qualité de l'air intérieur des locaux, notamment pour le formaldéhyde et le benzène est fournie au travers des fiches « alea » dans le guide d'accompagnement à la mise en œuvre de la surveillance réglementaire de la QAI dans les ERP du CEREMA (2025) et en annexe 1.

Des informations complémentaires sur les sources de composés organiques volatils en lien avec les composants des bâtiments ou les activités menées dans les bâtiments sont également documentées dans les annexes informatives A et B de la norme NF EN ISO 16000-32:2014 : Air intérieur - Investigation sur la présence de polluants dans les bâtiments. Des exemples de composition des matériaux et produits de construction y sont notamment indiqués.

6.1. EXAMEN DES CONCENTRATIONS EXTERIEURES EN BENZENE

Dans le cas où le dépassement concerne le **benzène**, la concentration intérieure doit être mise en perspective avec la **concentration extérieure** afin de vérifier si elle est ou non du même ordre de grandeur. Pour cela, et seulement dans le cadre de cette comparaison intérieur/extérieur, il est recommandé d'appliquer une incertitude de $\pm 30 \%$ à chaque valeur de concentration (incertitude fixée pour une mesure indicative). S'il s'avère que la concentration intérieure (diminuée de 30 %) n'est pas strictement supérieure à la concentration extérieure (augmentée de 30 %), cela indique que **l'environnement extérieur de l'établissement représente la source majoritaire de benzène**.

Les sources potentielles de benzène sont présentées en annexe 1. Il peut être noté que les premières opérations réglementaires de surveillance de la QAI avaient mis en évidence l'impact, sur la concentration intérieure en benzène, de la présence d'un local de stockage d'hydrocarbures (ex. : station-service, soute à solvants...) ou d'engins à moteur (ex. : parking), attendant ou à proximité immédiate des pièces instrumentées. Une exploitation approfondie des chromatogrammes peut également donner des pistes en recherchant la présence d'autres substances (notamment d'autres hydrocarbures aromatiques comme le toluène). Cela peut permettre d'avoir une idée de la localisation de la source (intérieure ou extérieure) en utilisant le(s) ratio(s) de concentration toluène/benzène (voir annexe 1).

- Si l'origine des concentrations intérieures en benzène peut être identifiée à la suite de cette étape, des actions de correction doivent être mises en place pour réduire les concentrations intérieures (section 9) et il n'est pas nécessaire de poursuivre les investigations complémentaires.
- En revanche, si l'origine de la pollution spécifique en benzène ne peut être isolée, il convient de poursuivre les investigations.

6.2. EXAMEN DES SOURCES POTENTIELLES DE FORMALDEHYDE

Les sources potentielles du formaldéhyde sont présentées en annexe 1. Le retour d'expérience des premières opérations réglementaires a mis en évidence le rôle des plaques de panneaux de bois agglomérés parfois utilisées dans les charpentes ou l'utilisation de produits de désinfections professionnels inadaptés conjugués à un dysfonctionnement du système de ventilation.

6.3. ANALYSE DU CONTEXTE PRECEDENT LA MISE EN ŒUVRE DU PRELEVEMENT

La ou les **étapes clés** ayant conduit à la mise en œuvre de la campagne doivent être détaillées. En particulier, les **matériaux et produits utilisés** lors des travaux dans les pièces investiguées doivent pouvoir être documentés et leurs **fiches de sécurité** recueillies. Leur examen peut déjà permettre d'identifier une utilisation de la ou des substances incriminées.

De même, les éléments recueillis dans le cadre de l'**autodiagnostic** peuvent apporter des pistes de réflexion sur les facteurs en cause dans le dépassement observé. L'examen du **rapport d'évaluation des moyens d'aération** (incluant les mesures à lecture directe du CO₂) peut également permettre de déceler un défaut d'aération ou du fonctionnement du système de ventilation dans la ou les pièce(s) concernées. Un croisement avec le niveau de confinement obtenu est également un bon indicateur. Par ailleurs, si le rapport sur l'évaluation des moyens d'aération a mis en exergue des situations à rectifier, il convient de vérifier que les actions correctives adéquates ont été menées et si tel n'était pas le cas, il convient de les faire réaliser.

Il convient également de **se renseigner auprès des occupants** du bâtiment sur les événements et les activités ayant pu avoir lieu les jours et semaines précédant le prélèvement.

6.4. ANALYSE DU CONTEXTE LORS DU PRELEVEMENT

Les informations disponibles dans les **questionnaires renseignés en accompagnement de la campagne de mesure** (guide sur la stratégie d'échantillonnage du formaldéhyde et du benzène, CSTB, 2024) doivent être exploitées, de manière à détecter tout événement ou incident survenu durant cette période.

Il convient également de **se renseigner auprès des occupants** du bâtiment sur les événements et les activités ayant pu avoir lieu au cours de la semaine de mesures et/ou quelques temps auparavant.

Dans le cas où l'établissement serait équipé d'un système de ventilation spécifique, il serait nécessaire de vérifier si un défaut de fonctionnement de ce dernier a été identifié au cours des mesures. Dans ce cas, il convient de rétablir la situation sans délai. Il convient aussi de garder à l'esprit que des actions correctives sur le plan de l'aération/ventilation, réalisées après les mesures ayant conduit au dépassement, ne prémunissent pas de rechercher les sources possibles de(s) substance(s) concernée(s) et réaliser les mesures de confirmation décrites ci-après.

Enfin, si l'évaluation des moyens d'aération n'a pas encore été réalisée, il convient de la réaliser au plus vite et d'engager les actions correctives nécessaires, si besoin.

7. ETAPE 3 – MESURES DE CONFIRMATION

La campagne de mesures de confirmation a pour objectif :

- d'évaluer si le dépassement observé est lié à un phénomène ponctuel ou s'il s'inscrit dans le temps,
- d'élargir le champ des mesures afin d'obtenir des renseignements complémentaires sur la ou les source(s) possible(s).
- de vérifier si le dépassement persiste et si la mise en œuvre de mesures correctives lourdes s'avèrent nécessaires (la réalisation de travaux complémentaires potentiellement coûteux sur la base d'une seule valeur est un risque).

Cette campagne de mesure de confirmation ne correspond pas à une recherche exhaustive de sources (Etape 4). Elles doivent être dimensionnées pour apporter rapidement des réponses à l'équipe de gestion sur la persistance du dépassement. Il faut donc éviter qu'elles aboutissent à une expertise de long terme s'étalant sur plusieurs semaines ou mois.

Il convient d'accompagner la campagne de mesures de confirmation par une inspection qualitative de tous les locaux par exemple sur la base des recommandations de la norme NF ISO 16000-32 (2014). Par ailleurs, sur le plan métrologique, si des manquements ont été identifiés dans la campagne de mesures de 1^{er} niveau (manquements au niveau des blancs, des répliques, ...), il convient également d'y remédier. Si des hypothèses ont été identifiées, des points de mesures supplémentaires peuvent être ajoutés afin de les confirmer ou non.

En complément des mesures, un nouveau recensement précis des activités effectuées au cours de prélèvement est primordial. Pour ce faire, une fiche de suivi d'activité peut être mise à disposition dans chaque pièce instrumentée (cf. Annexe 6).

7.1. VERIFICATION DU DEPASSEMENT DE LA VALEUR GUIDE REGLEMENTAIRE DU FORMALDEHYDE

7.1.1. Concentration mesurée en formaldéhyde sur 4,5 jours supérieure à 30 µg/m³

Si la concentration mesurée en formaldéhyde sur 4,5 jours est supérieure à 30 µg/m³, cela signifie qu'il existe un risque que la valeur guide réglementaire de 100 µg/m³ pour une

exposition de courte durée soit dépassée. Dans cette situation, il est recommandé par le Haut conseil de la santé publique (HCSP), dans son avis d'avril 2024 (HCSP, 2024), de réaliser une **nouvelle mesure** dans les pièces incriminées pour **vérifier si la concentration en formaldéhyde dépasse la valeur guide réglementaire de 100 µg/m³** au travers de la mise en œuvre d'au moins un **prélèvement actif sur une durée de 1 à 4 heures**. Cette vérification tient lieu de mesure de confirmation.

Si la mesure de confirmation ne conduit pas à un dépassement de la valeur guide réglementaire de 100 µg/m³, il n'y a pas lieu de poursuivre l'expertise.

Si la mesure de confirmation conduit à un dépassement de la valeur guide réglementaire de 100 µg/m³, l'expertise se poursuit (étape 4). Par ailleurs, comme le préconise le HCSP dans son avis de 2024, ce dépassement doit faire l'objet d'une information du Préfet de département. L'organisme en charge du prélèvement aurait la charge de la transmission de cette information au Préfet.

7.1.2. Concentration mesurée en formaldéhyde sur 4,5 jours supérieure à 100 µg/m³

Si la concentration mesurée sur la série de mesure est supérieure à 100 µg/m³, cela signifie que la valeur guide réglementaire de 100 µg/m³ pour une exposition de courte durée a bien été dépassée au moins une fois sur les 4,5 jours de prélèvement. Dans ce cas, il convient de poursuivre les investigations afin de vérifier la variabilité temporelle et spatiale des résultats obtenus. L'organisme accrédité en charge des prélèvements alerte le Préfet de département dans un délai de 15 jours après réception des résultats d'analyse. Pour vérifier la persistance du dépassement, une mesure de confirmation est effectuée au travers de la mise en œuvre d'un **prélèvement actif sur une durée de 1 à 4 heures**. Le résultat est alors comparé à la **valeur guide réglementaire de 100 µg/m³**.

Si pour ce cas de figure, la mesure de confirmation conduit à un dépassement de la valeur guide réglementaire de 100 µg/m³, le dépassement est jugé persistant et l'expertise se poursuit (étape 4).

Si la mesure de confirmation ne conduit pas à un dépassement de la valeur guide réglementaire de 100 µg/m³, l'expertise doit néanmoins se poursuivre pour identifier la ou les causes du premier dépassement observé. Si l'analyse du contexte (étape 2) n'a pas permis déjà d'en identifier, il convient de procéder à l'étape 4. Comme aucune persistance du dépassement n'a été observé, il n'y a normalement pas lieu de mettre en place des mesures correctives lourdes (voir section 9).

7.1.3. Mise en œuvre du prélèvement actif de formaldéhyde sur 1 à 4 heures

Le prélèvement actif du formaldéhyde dans l'air est réalisé sur une durée de 1 à 4 heures dans les conditions normales d'occupation des locaux. Les **périodes de prélèvement à privilégier** sont **celles où la probabilité d'observer un pic de formaldéhyde est la plus élevée** en se focalisant sur la pièce où le dépassement a été observé :

- Il peut s'agir de la matinée du lundi en début de semaine si la source privilégiée de formaldéhyde est liée à un revêtement ou de manière plus générale au bâti, si le système de ventilation mécanique est programmé pour s'arrêter en fin de semaine ou si les ouvrants des locaux restent fermés en fin de semaine ;

- Si l'augmentation de la concentration en formaldéhyde est plutôt associée à l'usage d'un produit (de nettoyage, désinfection ou autre), il convient alors de réaliser la mesure sur la première période d'occupation qui suit la mise en œuvre du produit ;
- Si aucune piste particulière n'est privilégiée comme possible source de formaldéhyde, toute période d'occupation sur la semaine qui intervient à la suite d'une période de fermeture de la pièce (portes et fenêtres fermées) peut convenir.

Si plusieurs pièces sont visées lors de la campagne de confirmation du dépassement, tous les prélèvements doivent être réalisés sur la même période (même matinée ou même après-midi). Durant les prélèvements actifs, maintenir les portes et fenêtres fermées dans les pièces instrumentées dans la mesure du possible et du raisonnable (les conditions d'occupation doivent rester normales). Le prélèvement actif ne doit pas perturber le milieu et les élèves. Au besoin, la ligne de prélèvement peut être déportée.

L'organisme en charge de la mesure de confirmation convient de la période d'intervention avec le propriétaire ou l'exploitant des locaux. Dans son rapport, il note le choix de la période de prélèvement sur la semaine et les éléments qui ont donné lieu à ce choix.

Le prélèvement actif de vérification du dépassement de la valeur guide réglementaire en formaldéhyde est réalisé dans la pièce où un premier niveau de dépassement a été observé. Des mesures complémentaires dans les pièces adjacentes (sur les côtés, au-dessus et en-dessous) peuvent également être menées. Seul le formaldéhyde est concerné par cette campagne de confirmation. Aucune mesure de benzène n'est nécessaire. La campagne de confirmation peut être accompagnée d'un suivi en CO₂ dans les locaux concernés sur la même période que le prélèvement de formaldéhyde. Ce suivi indicatif peut permettre de relever des premiers éléments relatifs au renouvellement d'air des locaux. L'indice de confinement de l'air n'est pas calculé.

7.2. MESURE DE CONFIRMATION POUR UN DEPASSEMENT EN BENZENE

La **mesure de confirmation doit être réalisée sur une durée de 4,5 jours pour le benzène** (prélèvement sur tube passif conformément aux protocoles en vigueur (LAB REF 30)). La stratégie d'échantillonnage spatiale pour cette mesure de confirmation doit intégrer la ou les pièces où un dépassement des valeurs-limites a été mesuré, les pièces contigües (latéralement et verticalement) et un point en extérieur pour le benzène.

Dans le cas d'un dépassement en benzène, une analyse des échantillons par GC-MS doit être imposée au laboratoire en charge des mesures de confirmation, afin de lever tout doute d'identification au moment de l'analyse et éviter les problèmes de co-élution. Par ailleurs, il est préconisé de modifier la méthode d'analyse de manière à détecter et quantifier d'autres composés organiques volatils (COV), pouvant apporter des informations utiles relatives à l'origine de la source.

Seul le benzène est concerné par cette campagne de confirmation. Aucune mesure de formaldéhyde n'est nécessaire. La campagne de confirmation peut être accompagnée d'un suivi en CO₂ dans les locaux concernés sur la même période que le prélèvement de benzène. Ce suivi indicatif peut permettre de relever des premiers éléments relatifs au renouvellement d'air des locaux. L'indice de confinement de l'air peut être calculé pour accompagner la mesure du benzène. Ce résultat reste indicatif. Il n'est interprété que dans le cadre de l'expertise.

Si la mesure de confirmation ne conduit pas à un nouveau dépassement de la valeur de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en benzène, l'expertise doit néanmoins se poursuivre pour identifier la ou les causes du premier dépassement observé. Si l'analyse du contexte (étape 2) n'a pas permis déjà d'en identifier, il convient de procéder à l'étape 4. Comme aucune persistance du dépassement n'a été observé, il n'y a normalement pas lieu de mettre en place des mesures correctives lourdes (voir section 9).

Si la mesure de confirmation conduit à un nouveau dépassement de la valeur de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, l'expertise se poursuit (étape 4). Le Préfet de département ayant déjà été informé du premier dépassement, il n'y a pas lieu de l'alerter à nouveau.

8. ETAPE 4 – RECHERCHE DE SOURCES

Si les éléments de contexte (étape 2) n'ont pas permis d'identifier une cause possible du dépassement observé, il convient d'engager une recherche de sources en mettant en œuvre une méthodologie et des appareils dédiés.

L'ensemble des mesures conduites dans ce cadre n'est pas réalisé afin de caractériser une exposition représentative des occupants mais pour identifier des « points chauds » et orienter l'expertise sur une ou plusieurs sources possibles du polluant en situation de dépassement et situées à proximité. La confirmation de l'impact des sources identifiées par ce biais peut requérir un prélèvement de matériau, d'un revêtement ou d'un produit pour des tests en chambre d'émission par exemple. Les résultats obtenus de manière expérimentale au laboratoire, même exprimés sous forme de concentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), ne pourront en aucun cas être interprétés comme des données d'exposition effective des occupants.

Cette recherche de sources doit s'articuler autour de deux axes : d'un point de vue spatial afin d'identifier la localisation de la source mais également temporel afin de voir si l'émission de cette source est continue ou intermittente.

Les émissions de polluants liés au bâti ou aux matériaux se font plutôt de manière continue. De ce fait, la concentration du polluant émis dans une pièce varie peu, sauf du fait d'une variation du renouvellement d'air (ouverture/fermeture d'un ouvrant, arrête/démarrage du système de ventilation).

Les activités intérieures et/ou extérieures se caractérisent plutôt par des émissions intermittentes. Elles conduisent à de fortes variations de la concentration sur la semaine voire la journée, avec des pics de concentration élevée et un retour plus ou moins rapide à un niveau de bruit de fond.

De ce fait, observer le profil de variation de la concentration en benzène ou formaldéhyde sur la semaine permet d'orienter sur le type d'émission et donc sur le type de source émettrice. Cela nécessite d'enregistrer en continu la concentration du polluant à l'aide de systèmes de mesure en temps « réel » (à intervalles réguliers de quelques minutes à l'heure).

Parmi les appareils de mesure en temps réel, il convient de distinguer :

- les analyseurs qui sont plus lourds à mettre en œuvre (poids, volume d'encombrement, fonctionnement avec des bouteilles de gaz, temps de préparation et de mise en œuvre) mais sont plus précis et robustes en termes de concentration mesurée ;
- les détecteurs (ou micro-capteurs) qui sont plus maniables mais dont les résultats sont plus approximatifs. Ce qui n'empêche pas ces appareils de pouvoir être dans certains cas

pertinents pour ce type d'investigation. Il convient toutefois de bien connaître leurs limites d'utilisation et de détection (qui doit être inférieure à la valeur limite qui permet de juger d'un dépassement ($100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour le formaldéhyde et $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour le benzène).

A défaut d'appareils de mesures en temps réel, des séquences de prélèvements actifs successifs peuvent être réalisées afin d'approcher un suivi temporel, soit sur tubes avec analyse en laboratoire en différé, soit sur badges/détecteurs à lecture directe. Si ces systèmes ne permettent pas d'obtenir un suivi en temps réel, il est en revanche possible de démultiplier les points de prélèvements afin de déterminer si des salles similaires du bâtiment peuvent être affectées.

L'Annexe 3 recense de manière non exhaustive certains dispositifs existants pour conduire cette recherche de source. Elle a été rédigée sur la base des informations disponibles au moment de la rédaction du présent document. Quel(s) que soi(en)t le(s) système(s) de mesure utilisé(s) (temps réel ou prélèvement actif), il convient de connaître leurs limites de performance, notamment en termes d'interférents, de spécificité de la mesure et de limite de quantification.

Dans tous les cas, la mise en place de ces dispositifs de mesures doit être faite de manière à obtenir un suivi temporel des concentrations couplé à un recensement précis des activités de façon à interpréter les pics de concentrations observés.

Lorsqu'une ou plusieurs sources sont suspectées, il convient de distinguer deux situations :

- Si la source peut être facilement retirée ou éliminée, il peut être procéder à son retrait/élimination. Une mesure complémentaire après retrait de la source permettra de conforter l'hypothèse et l'action entreprise ;
- Si la source est intégrée au bâti ou se trouve être plus difficile à enlever sans mettre en œuvre des moyens lourds, il convient d'abord de conforter l'hypothèse en procédant soit à des mesures d'émissions *in situ* à la surface des matériaux ciblés, soit en laboratoire après prélèvement d'un échantillon. Ces mesures permettent de vérifier que la source émet le polluant en quantité suffisante pour expliquer les fortes concentrations observées dans la pièce en tenant compte de l'ensemble des surfaces contributives. Si tel est le cas, plusieurs types d'actions correctives sont possibles :
 - Entamer des travaux souvent assez lourds pour éliminer la source de pollution (changer le matériau ou revêtement par un autre peu ou pas émissif) ;
 - Isoler la source (au moyen d'un revêtement barrière ou imperméable) de telle façon que les émissions ne puissent pas atteindre le volume de la pièce incriminée ;
 - Condamner l'utilisation de la pièce.

La confirmation des émissions polluantes par une source sur site nécessite l'utilisation d'une cellule d'essai d'émission de type FLEC¹ (Field and Laboratory Emission Cell) ou assimilée. L'Annexe 4 présente différentes méthodes de mesure d'émission des matériaux (FLEC et alternatives) pouvant être mises en place sur site, en utilisant un échantillonnage passif. De

¹ La cellule d'essai FLEC permet la mesure sur site du débit d'émission spécifique par unité de surface (facteur d'émission). La norme Afnor NF EN ISO 16000-10 (2010) décrit le principe de fonctionnement de ce type de cellule pour l'émission des COV.

manière plus classique, des expérimentations en laboratoire peuvent être réalisées à partir d'un échantillon de la source ou du matériau prélevé directement sur place.

Il est important de noter que si un revêtement semble fortement contributeur à la suite d'un essai d'émission sur site, ce n'est pas forcément le matériau apparent qui est responsable des émissions observées. Dans le cas où un revêtement aurait été identifié comme fortement contributeur, des prélèvements des différents matériaux présents en surface, mais également en sous-face peuvent être réalisés et transmis à des laboratoires afin d'évaluer leurs émissions respectives.

Dans le cas d'un dépassement en benzène, si un contexte de sol pollué est suspecté, (construction sur un site pollué réhabilité), il est possible de mesurer au point le plus bas ou le vide-sanitaire. Pour ce faire, il est recommandé de consulter le guide du BRGM et de l'Ineris (MTECT. Guide diagnostics des sites et sols pollués, 2023).

Une mesure des autres COV (prélèvement par screening) est également recommandé afin de déterminer la ou les sources. Ce screening a pour but d'identifier si la concentration en benzène ou en formaldéhyde est corrélée à celle des autres COV.

9. MESURES CORRECTIVES ET PREVENTION DES RECURRENCES

En cas de dépassement des valeurs repères, l'expertise menée doit permettre d'identifier les causes de la présence de pollution dans l'établissement mais également de fournir les éléments nécessaires au choix de mesures correctives pérennes et adaptées à la pollution observée. Il est recommandé que l'identification, la mise en place, le suivi et le contrôle de l'efficacité des mesures correctrices, ainsi que la prévention des récurrences soient intégrés au plan d'action du dispositif réglementaire.

9.1. CHOIX DES MESURES CORRECTIVES

La nature des mesures correctives étant dépendante de chaque situation, il n'est pas possible de les lister de façon exhaustive, mais elles suivent en général les préconisations d'une amélioration de la qualité de l'air intérieur, à savoir :

- la limitation de l'émission de la source ou son retrait ;
- une augmentation du renouvellement de l'air (par aération ou ventilation) pour limiter le niveau de concentration dans l'air intérieur ;
- la réduction de l'exposition des occupants consistant en un ajustement du temps, de la quantité et du lieu d'utilisation de la source ;
- les bons gestes à adopter par les occupants.

Il est important que les mesures correctives ainsi que la prévention des récurrences soient mises en place dans le cadre d'une démarche collaborative impliquant tous les intervenants des ERP (personnels administratifs, d'entretien, technique, les personnes en charge des enfants, les enseignants etc.). C'est un processus complexe qui nécessite de bien identifier toutes les parties prenantes et d'utiliser des outils collaboratifs pour faciliter le partage et la gestion d'informations relatives à l'établissement. Enfin, toutes les parties prenantes doivent être sensibilisées et formées de manière régulière aux enjeux de la qualité de l'air intérieur.

Des informations et des ressources sur les sources de pollution et les actions à mettre en œuvre sont disponibles :

- dans le guide d'accompagnement à la mise en œuvre de la surveillance réglementaire de la QAI dans les ERP du CEREMA (2025) ;
- dans les ressources de la [cellule bâtiscolaire](#) de l'Education nationale ;
- ainsi qu'au travers de retours d'expérience de collectivités ayant mis en place des actions d'amélioration de la QAI dans le cadre de projets (AACT-AIR notamment) financés par l'Ademe (Du Chelas et al. (2020), Legendre et al. (2016), Orcel et al. (2021)).

9.2. CONTROLE DE L'EFFICACITE DES MESURES CORRECTRICES

Il est recommandé d'effectuer des mesures de vérification pour s'assurer de l'efficacité des mesures correctrices mises en place. La stratégie d'échantillonnage sera conditionnée par le type d'actions correctrices réalisées et par le type de polluant. Un calcul de seuil devra être calculé pour vérifier que les mesures correctives deviennent, ou ne deviennent pas, à leur tour des étapes clés.

Si celles-ci correspondent à des travaux aboutissant sur des étapes clés, la campagne en cours peut être remplacée par une nouvelle campagne de mesures réglementaires. Cette campagne ne devra pas être moins contraignante que la campagne initiale. Cette nouvelle campagne de mesure devra inclure la ou les pièces ayant eu un dépassement.

10. REFERENCES

Afnor. NF EN ISO 16000-10. Dosage de l'émission de composés organiques volatils de produits de construction et d'objets d'équipement – Méthode de la cellule d'essai d'émission. 2006.

Airlab. [Challenge micro-capteurs éditions 2018-2025.](#)

Anses. [Micro-capteurs pour le suivi de la qualité de l'air intérieur et extérieur. Volume 1. De l'usage des micro-capteurs à des fins d'évaluation de l'exposition individuelle \(saisine 2018-SA-00271\).](#) Maisons-Alfort : Anses, 178 p.

Bâtiscolaire. <https://batiscolaire.education.gouv.fr/>

Blondel A. [Identification des sources intérieures de composés organiques volatils et estimation de leur contribution aux teneurs observées dans les logements français.](#) Thèse de l'Université des Sciences et Technologie de Lille, 165 p. 2010.

Briand E. [Guide de gestion de la qualité de l'air intérieur dans les établissements recevant du public.](#) Santé publique France et Direction générale de la santé. 2010. 78 p.

Cerema. [Guide d'accompagnement à la mise en œuvre de la surveillance réglementaire de la qualité de l'air intérieur dans certains établissements recevant du public. Révision Février 2025.](#)

Chiappini L. [Air intérieur - Mesure du formaldéhyde, Rapport LCSQA DRC-08-94304-15167A.](#) 2008. 54 p.

Chiappini L. [Surveillance du Benzène : état des lieux des niveaux de benzène en air intérieur. Rapport LCSQA DRC-10-111581-08963A,](#) 61 p. 2010.

Crunaire S, Dusanter S, Plaisance H, Poulhet G. [Mesure du formaldéhyde. Volet 2.B. : Test d'un échantillonneur passif pour la mesure in situ des taux d'émission en formaldéhyde des surfaces et matériaux présents dans les environnements intérieurs.](#) Rapport LCSQA. 2011. 64 p.

Crunaire S, Dusanter S, Poulhet G. [Investigations complémentaires dans certains établissements de la campagne pilote : Poursuite des essais de l'échantillonneur passif pour la mesure in-situ des taux d'émission en formaldéhyde des surfaces et matériaux présents dans des établissements scolaires ou d'accueil de la petite enfance.](#) Rapport LCSQA. 2012. 38 p.

Du Chelas D, Baron-Renou P, Monnier H. 2020. [Caractérisation des transferts de pollution de l'air extérieur vers l'air intérieur dans les établissements scolaires – TRANSFAIR une évaluation du transfert des polluants et des propositions de bonnes pratiques dans les écoles de Saint-Nazaire.](#) Synthèse. 24 pages.

ECB. [European Union Risk Assessment Report. Toluene, volume 30.](#) 2003.

ECOL'AIR. [Ecol'air : Les outils pour une bonne gestion de la qualité de l'air dans les écoles.](#) Guide Ademe. 2018. 34 p.

Fable S., Chiappini L., [Note du LCSQA – Air intérieur : Métrologie du formaldéhyde.](#) Rapport LCSQA DRC-11-118241-13918A. 2012. 11 p.

Guibet J.C. [Les carburants et la combustion. Technique de l'ingénieur, Doc. BM 2 520.](#) 2000. <https://doi.org/10.51257/a-v1-bm2520>.

Ineris-. Exposition par inhalation au benzène, toluène, éthylène et xylène (BTEX) dans l'air - Sources, mesures et concentrations. DRC-04-56770-AIRE-n°1056-IZd, 2004.

Ineris. Accompagnement de la surveillance obligatoire de la qualité de l'air intérieur dans les établissements d'enseignement, d'accueil de la petite enfance et d'accueil de loisirs : Guide méthodologique relatif à la conduite de mesures de second niveau en cas de dépassement des valeurs-limites formaldéhyde, benzène et perchloroéthylène, guide méthodologique INERIS-DRC-15-152439-07695A, novembre 2015, 78 p.

Legendre A-L., Cormerais B., Caïni F., Navel V., Durand E., Vivion G., Troquet C., Fauvel G. 2016. Projet IMPACTAIR - Améliorer la qualité de l'air dans les crèches, les maternelles et les écoles élémentaires de La Rochelle – Rapport.156 pages.

Locoge N, Leonardis T, Crunaire S. Guide Méthodologique pour la surveillance du benzène dans l'air ambiant (version 2014). Rapport LCSQA. 2014. 59 p.

Marchand C. -Bilan/veille sur la qualité de l'air intérieur à un niveau national et international : travaux récents et nouveaux instruments disponibles. Rapport LCSQA DRC-09-103367-15670A. 2009. 54 p.

MTECT. Guide diagnostics des sites et sols pollués. Mise à jour en avril 2023. Disponible en ligne : https://ssp-infoterre.brgm.fr/sites/default/files/documents/2023-04/2023-04_18_Guide_MTECT_Diagnostics-SSP_1.pdf

Nicolle J. "Développement d'une méthodologie d'analyse de composés organiques volatils en traces pour la qualification de matériaux de construction", Thèse de l'Université de Pau et des Pays de l'Adour, 168 p. 2009.

Orcel A, Pradier F, Dassonville C, Mandin C, Sivanantham S. 2021. Qualité de l'air en milieu scolaire - DAISY, déterminants de la qualité de l'air intérieur dans ls écoles et crèches de la Ville de Lyon. Rapport Ademe, AACT-AIR (édition 2019). 60 pages.

Salthammer T., Formaldehyde sources, formaldehyde concentrations and air exchange rates in European housings. Building and Environment, vol. 150, pp. 219-232. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.12.042>.

Shinohara N., M. Fujii, A. Yamasaki and Y. Yanagisawa "Passive flux sampler for measurement of formaldehyde emission rates", Atmospheric Environment, vol. 41, pp. 4018-4028. 2007. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2007.01.028>.

Shinohara N., T. Kajiwara, M. Ohnishi, K. Kodama and Y. Yanagisawa "Passive Emission Colorimetric Sensor (PECS) for measuring emission rates of formaldehyde based on an enzymatic reaction and reflectance photometry", Environmental Science and Technology, vol. 42, pp. 4472-4477. 2008. <https://doi.org/10.1021/es7029762>.

TROUSS'AIR. Quelles fournitures scolaires pour une meilleure qualité de l'air intérieur ? TROUSS'AIR : Aide au choix de fournitures scolaires pour améliorer la qualité de l'air intérieur - cas des écoles de la ville de Grenoble. Rapport Ademe.2021.

Yamashita S., K. Kume, T. Horiike, N. Honma, M. Fusaya, T. Ohura and T. Amagai "Emission sources and their contribution to indoor air pollution by carbonyl compounds in a school and a residential building in Shizuoka, Japan", Indoor and Built Environment, vol. 21, pp. 3392-402. 2012. <https://doi.org/10.1177/1420326X11412631>.

11. ANNEXES

11.1. ANNEXE 1. SOURCES ET FACTEURS CONTRIBUANT A LA QUALITE DE L'AIR INTERIEUR DES LOCAUX, NOTAMMENT POUR LE FORMALDEHYDE ET LE BENZENE

Les éléments présentés dans cette annexe (Figure 2), ont été élaborés et adaptés à partir d'une variété de sources documentaires incluant : Briand (2010), Cerema (2025), Chiappini (2010), Ineris (2015), Salthammer (2019).

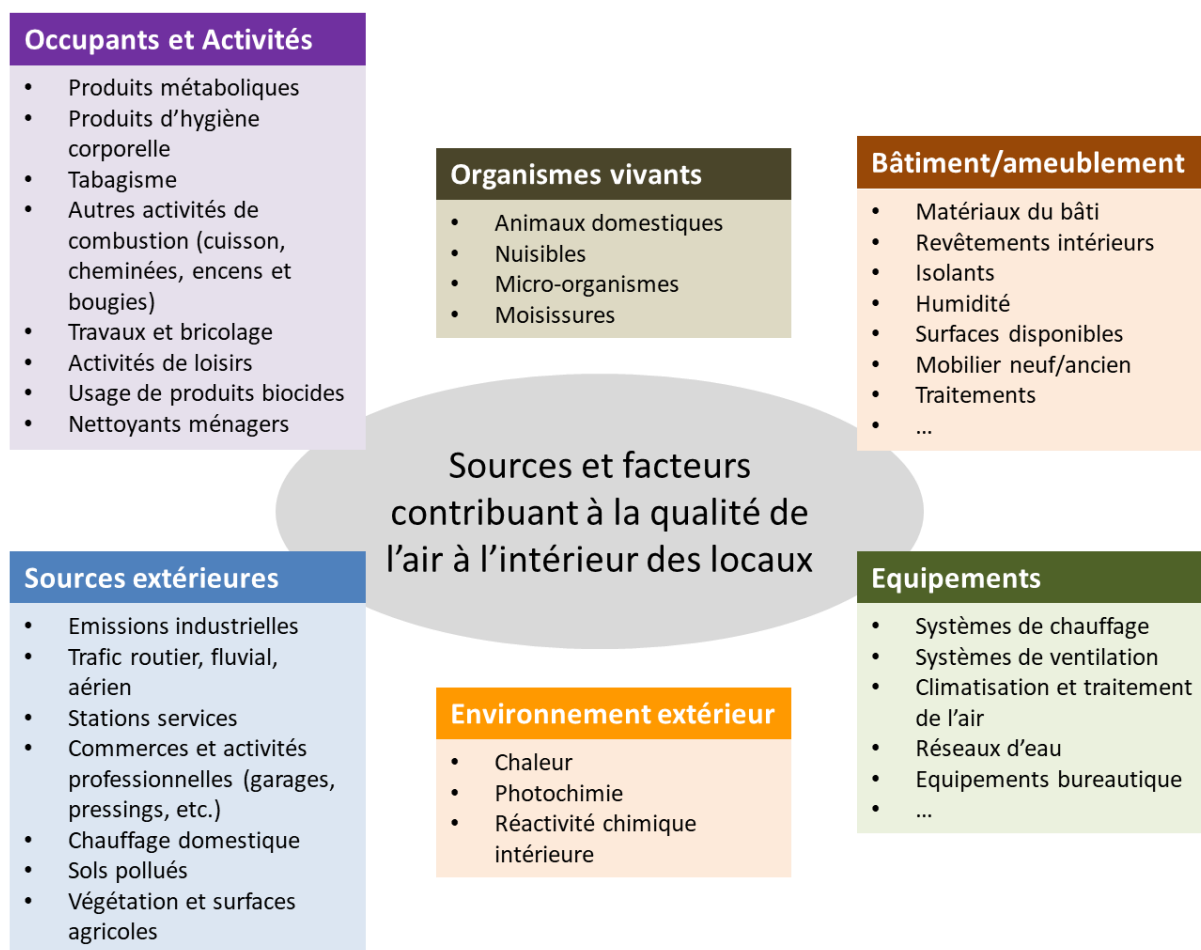


Figure 2. Sources et facteurs contribuant à la qualité de l'air à l'intérieur des locaux

11.1.1. Sources de formaldéhyde

Les sources de formaldéhyde au sein des bâtiments peuvent être nombreuses. En général, ce sont elles qui contribuent le plus à la concentration observée à l'intérieur. L'intensité de l'émission de formaldéhyde est très variable d'une source, d'un matériau ou d'un produit à l'autre. Le formaldéhyde est également présent à l'extérieur mais en général à des concentrations plus faibles du fait notamment de sa sensibilité à la photolyse.

Sources de formaldéhyde	
Typologie	Source
Bâtiment/ameublement	Matériaux dérivés du bois (panneaux de particules, aggloméré, etc.)

Sources de formaldéhyde	
Typologie	Source
	Peintures à phase solvant
	Matériaux d'isolation (laines minérales)
	Mobilier neuf
Occupants et activités	Produits de désinfection
	Produits domestiques et cosmétiques
	Combustion (tabagisme, encens, bougies, cuisson, etc.)
Equipements	Photocopieurs
Environnement intérieur	Réactivité chimique impliquant l'ozone
Environnement extérieur	Photochimie
Sources extérieures	Combustion (chauffage domestique, émissions industrielles, feux, etc.)

Tableau 1. Sources de formaldéhyde dans l'air intérieur des locaux

11.1.2. Sources de benzène

L'utilisation du benzène, classée comme substance dangereuse et cancérigène, est très réglementée dans les matériaux et produits. De ce fait, sa présence dans les produits de construction et de décoration, et dans les produits domestiques, reste exceptionnelle. La contribution des sources extérieures sur la concentration intérieure de benzène est le plus souvent prépondérante, mais les sources intérieures peuvent ne pas être négligeables.

Sources de benzène	
Typologie	Source
Bâtiment/ameublement	Produits de construction et de décoration
Occupants et activités	Stockage de carburants, solvants organiques
	Tabagisme
	Produits de bricolage
	Combustion (cheminées, poêles à bois, encens, bougies)
Sources extérieures	Trafic routier
	Combustion (chauffage domestique, émissions industrielles, feux, etc.)
	Stations-services, garages, stockage d'hydrocarbures
	Parking souterrain
	Sols pollués

Tableau 2. Sources et facteurs contribuant au benzène dans l'air intérieur des locaux

A noter

En air extérieur, les principales sources en benzène et toluène sont les carburants (INERIS, 2004). Près de ces sources, les ratios toluène/benzène sont donnés par la source elle-même (composition des carburants, profils des gaz d'échappement, ...). Il faut noter que le ratio toluène/benzène dans les gaz d'échappement d'un moteur à essence est de l'ordre de 5 (Guibet, J.C., 2005), alors que dans l'essence, il est rapporté par plusieurs sources comme étant de l'ordre de 9 (ECB, 2003). Le toluène étant plus réactif que le benzène, lorsque la masse d'air vieillit, c'est-à-dire lorsqu'on s'éloigne de la source d'émission, le ratio toluène/benzène a tendance à diminuer. Un ratio toluène/benzène plus élevé indique une plus grande proximité à la source d'émission. Ainsi, l'exploitation des ratios toluène/benzène peut permettre de différencier les éventuelles sources de toluène et de benzène pouvant être à l'origine des concentrations mesurées.

11.2. ANNEXE 2. SYNTHÈSE DES NIVEAUX DE CONCENTRATION MESURES LORS DE LA CAMPAGNE NATIONALE DANS LES ÉCOLES DE L'OQAI (2013-2017)

Tableau 3. Distribution des concentrations en formaldéhyde et benzène dans les écoles en France métropolitaine (2013-2017)

Concentration $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Effectif d'écoles observé	Effectif d'écoles représenté	LD	LQ	% > LD	% > LQ	P5	P25	Médiane	P75	P95	MA $\pm$ ET
Benzène	296	66 044	0,3	0,3	100 %	99 %	0,4	0,9	1,2	1,6	3,1	1,4 $\pm$ 0,1
Formaldéhyde	301	67 299	0,6	0,6	100 %	100 %	8,2	12,9	19,3	27,6	43,1	21,4 $\pm$ 0,7

LD : limite de détection ; LQ : Limite de quantification ; P : centile de distribution ; MA $\pm$ ET : Moyenne $\pm$ écart-type

Tableau 4. Pourcentage d'écoles avec des concentrations en formaldéhyde et en benzène dépassant les valeurs réglementaires (données 2013-2017)

Polluants	Valeur guide réglementaire**	Pourcentage d'écoles avec au moins une salle de classe > valeur guide réglementaire*	Valeur limite réglementaire**	Pourcentage d'écoles avec au moins une salle de classe > valeur limite réglementaire
Benzène	2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (annuelle)	15 %	10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0 %
Formaldéhyde	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ^b (1 à 4 heures)	0 %	30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ / 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	23 % / 0 %

*Comparaison réalisée à l'échelle de la semaine de mesure uniquement

**Valeur susceptible d'être modifiée

Tableau fourni à titre indicatif : Les données obtenues à partir d'une seule intervention sur l'année ne permettent pas une comparaison directe avec la valeur guide réglementaire annuelle (2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour le benzène), qui nécessite une moyenne calculée sur l'ensemble de l'année.

De même, une mesure hebdomadaire de formaldéhyde n'est pas suffisante pour écarter tout risque de de dépassement de la valeur guide du formaldéhyde, applicable sur le court terme (entre 1 et 4 heures).

11.3. ANNEXE 3. DISPOSITIFS DE MESURES DISPONIBLES POUR CONDUIRE UNE RECHERCHE DE SOURCES (LISTE NON EXHAUSTIVE)

La référence aux dispositifs cités dans cette annexe et de manière générale dans le document ne préjuge pas de leurs performances. De manière générale, l'utilisation de ses dispositifs nécessite un personnel qualifié et expert.

Tableau 5. Appareils de mesure en temps réel (liste non exhaustive)

Substance	Nom commercial de l'appareil Marque	Portabilité	Type d'appareil
Formaldéhyde	Interscan	+	Détecteur Interférents possibles
Formaldéhyde	Formaldemeter htV-m (PPM Technology)	+	Détecteur Interférents possibles
Formaldéhyde	FP-30 (RKI Instrument)	+	Détecteur Interférents possibles
Formaldéhyde	AL 4021 (Aerolaser GmbH)	-	Analyseur
Formaldéhyde	Airmo HCHO (Chromatotec)	-	Analyseur
Formaldéhyde	microF : Analyseur de formaldéhyde portable (Chromatotec)	-	Analyseur
Formaldéhyde/ benzène	Blue X-FLR8 IAQ monitoring (Blue Industry & Sciences)	-	Analyseur
Benzène	microVOC/microBTEX : Analyseur de formaldéhyde portable (Chromatotec)	-	Analyseur
Benzène	AMA, Syntech, Environnement SA, Chromatotec. Surveillance du benzène dans l'air ambiant	-	Analyseur

Les dispositifs permettant une réponse multi-gaz globale, type COV totaux ne sont pas repris dans le tableau ci-dessus.

Badges/capteurs couplés à un lecteur direct de concentration

Les dispositifs existants, spécifiques par rapport aux substances concernées, ne couvrent que la mesure du formaldéhyde. Parmi eux, on peut citer les dispositifs mesurant le formaldéhyde de manière spécifique :

- Le Profil'Air ERP de chez Ethera ;
- Le FM-801 de chez Graywolf.

De nombreux autres capteurs de formaldéhyde basés sur une mesure électrochimique sont disponibles sur le marché. Ces capteurs ne montrent pas en général une limite de détection suffisante et la mesure est sujette à de nombreuses interférences.

Depuis 2018, de nombreux dispositifs de micro-capteurs sont évalués dans le cadre du challenge micro-capteurs Airlab, parmi lesquels certains sont dédiés à la mesure du formaldéhyde. L'évaluation des dispositifs testés est disponible en ligne (Airlab, 2025). De manière plus générale, les micro-capteurs ont fait l'objet d'une évaluation par un groupe de travail dédié de l'Anses quant à leur utilisation dans les environnements intérieurs (Anses, 2022).

De plus amples informations techniques sur certains de ces dispositifs sont disponibles dans les rapports du Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air (www.lcsqa.org). De façon non exhaustive :

- Pour le formaldéhyde :

- LCSQA-INERIS-DRC-08-94304-15167A. Mesure du formaldéhyde. Chiappini (**2008**).
- LCSQA-INERIS-DRC-11-118241-13918A . Note du LCSQA – Air intérieur : Métrologie du formaldéhyde. Fable et Chiappini (**2012**).
- LCSQA-INERIS-DRC-09-103367-15670A. Bilan/veille sur la qualité de l'air intérieur à un niveau national et international : travaux récents et nouveaux instruments disponibles. Marchand (**2009**).

- Pour le benzène :

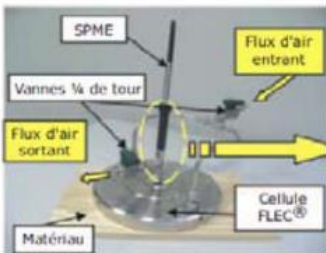
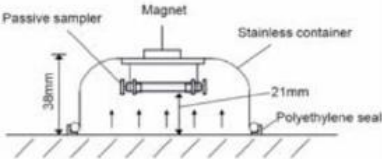
- LCSQA-MD. Guide méthodologique pour la surveillance du benzène dans l'air ambiant. Locoge et al. (**2014**).

11.4. ANNEXE 4. METHODES ALTERNATIVES DE MESURE DES EMISSIONS DE MATERIAUX *IN SITU* UTILISANT UN ECHANTILLONNAGE PASSIF

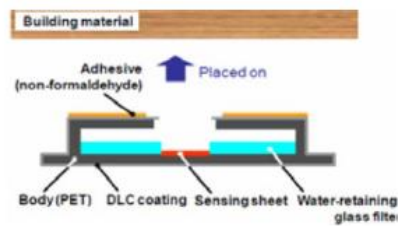
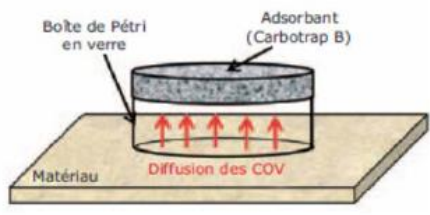
L'analyse de l'émission *in situ* est de dernier recours lorsque la prise d'un échantillon pour réaliser un test en laboratoire n'est pas possible. Cette méthode *in situ* reste cependant moins fiable qu'une approche laboratoire.

Cette technique a été déployée lors de la campagne pilote de surveillance de la QAI dans les écoles et les crèches pour quelques établissements dont les concentrations en formaldéhyde ne dépassaient pas la valeur limite mais étaient supérieures ou de l'ordre de 50 µg/m³.

Les éléments présentés dans cette annexe sont extraits des rapports sur le test d'un échantillonneur passif pour la mesure *in situ* des taux d'émission en formaldéhyde des surfaces et matériaux présents dans les environnements intérieurs, publié par le LCSQA-EMD (Crunaire et al., 2011 et 2012) à la suite du développement expérimental réalisé par Blondel (2010). Ces rapports se concentrent sur le formaldéhyde, cependant les éléments présentés peuvent être adaptés pour le cas du benzène.

Désignation	FLEC-SPME	ECSMS
	Field and Laboratory Emission Cell - MicroExtraction sur Phase Solide	Emission Cell for Simultaneous Multi-Sampling
Représentation		
Durée de prélèvement	20 min	6 h
Référence bibliographique	Nicolle, 2009	Yamashita, 2011

(Source : Crunaire et al., 2011 et 2012)

Désignation	PECS	PFS
	Passive Emission Colorimetric Sensor	Passive Flux Sampler
Représentation		
Durée de prélèvement	30 min	8 h
Référence bibliographique	Shinohara, 2008	Shinohara, 2007

(Source : Crunaire et al., 2011 et 2012)

11.5. ANNEXE 5. ACTIONS CORRECTRICES

11.5.1. Listes de ressources disponibles

11.5.1.1. Mallette Ecol'air

Cette [mallette Ecol'air](#) est publiée sur le site de l'agence de la transition écologique (ADEME) à l'attention des services techniques et de services en charge des achats et des marchés public dans les collectivités, du personnel des établissements scolaires en charge de l'entretien, des enseignants. Elle contient :

- un guide de diagnostic simplifié des installations de ventilation dans les écoles ;
- un guide sur le choix des produits d'entretien pour une meilleure qualité de l'air intérieur
- une affiche à apposer dans le local de stockage des produits d'entretien : "Tout commence par une meilleure qualité de l'air intérieur !!!" ;
- et 15 fiches d'informations pratiques.



11.5.1.2. Fournitures scolaires

Dans l'objectif de proposer aux enseignants des établissements scolaires Grenoblois, un catalogue de produits respectueux de la qualité de l'air intérieur, le projet **TROUSS'AIR** a permis l'élaboration de **clauses sanitaires** à intégrer dans le cahier des charges pour le marché des fournitures scolaires de la ville de Grenoble. En outre, la sélection de produits moins émissifs a permis une baisse de coût d'achat de l'ordre de 10 % lors de la passation du marché des fournitures scolaires

[TROUSS'AIR : Aide au choix de fournitures scolaires pour améliorer la qualité de l'air intérieur - cas des écoles de la ville de Grenoble](#)

L'ADEME met aussi à disposition une fiche "[Choisir des fournitures sans risque pour la santé](#)" et une infographie "[Fournitures scolaires : comment équiper ses enfants sans risque ?](#)" pour aider à choisir des fournitures scolaires bonnes pour la planète et pour les enfants.

11.5.1.3. Guide recocreche

L'ARS Nouvelle-Aquitaine met à disposition des collectivités et des associations et gestionnaires de crèches privées, des outils et méthodes concrets pour opérer un changement vers des pratiques plus saines pour la santé et le bien-être des enfants.

<https://www.recocreches.fr/>

11.5.1.4. Guide « construire sain »

<https://qualiteconstruction.com/ressource/points-sensibles-construction/qualite-air-interieur-bonnes-pratiques-programmation/>

<https://qualiteconstruction.com/publication/humidite-dans-la-construction-12-enseignements-a-connaître/>

11.5.1.5. Outil d'aide à la décision

Outil ICHAQAI et démarche ECRAINS

Afin de garantir une qualité de l'air satisfaisante dans les bâtiments, il est nécessaire de limiter durablement les émissions de polluants à leur source et d'assurer un renouvellement de l'air en adéquation avec les sources d'émission et les usages des bâtiments. Il a été démontré que la phase chantier constitue une étape cruciale pour la qualité de l'air intérieur finale du bâtiment.

Dans cette perspective, le projet ICHAQAI (Impact de la phase CHAntier sur la Qualité de l'Air Intérieur), soutenu par l'ADEME, propose un outil d'aide à la décision répertoriant une centaine d'actions préventives destinées aux professionnels de la construction afin de mieux intégrer la qualité de l'air pendant les chantiers. L'outil s'accompagne également de documents de sensibilisation pour faciliter l'appropriation des bonnes pratiques par les acteurs opérationnels.

<https://qualiteconstruction.com/ressource/batiment/aide-decision-ichaqai-amelioration-qualite-air-interieur/>

En complément, la démarche ECRAINS (Engagement à Construire Responsable pour un Air Intérieur Sain), également développée avec le soutien de l'ADEME, vise à intégrer la prise en compte de la QAI dans les opérations de construction et de rénovation dès la phase de conception et jusqu'à la livraison. Elle repose sur une charte d'engagement volontaire signée par les maîtres d'ouvrage et les entreprises, favorisant la mise en œuvre d'actions concrètes pour limiter les émissions de polluants, anticiper les sources potentielles de contamination et garantir une meilleure qualité de l'air intérieur en fin de chantier.

<https://ecrains.ademe.fr/>

Ces deux dispositifs sont complémentaires : ICHAQAI propose un ensemble opérationnel d'actions et d'outils pratiques, tandis qu'ECRAINS structure une démarche globale et collaborative, renforçant la responsabilité collective des acteurs de la construction autour de l'objectif d'un air intérieur plus sain.

11.6. ANNEXE 6. EXEMPLE DE FICHE DE SUIVI D'ACTIVITES

	ENSEIGNANT				PERSONNEL D'ENTRETIEN	
	Mettre une croix si la classe est occupée pendant ce créneau horaire	Activités avec les élèves à préciser	Période d'aération à renseigner	Remarques	Opérations de nettoyage à préciser (balayage humide, désinfection, ...)	Remarques
06:00						
06:30						
07:00						
07:30						
08:00						
08:30						
09:00						
09:30						
10:00						
10:30						
11:00						
11:30						
12:00						
12:30						
13:00						
13:30						
14:00						
14:30						
15:00						
15:30						
16:00						
16:30						
17:00						
17:30						

ENSEIGNANT					PERSONNEL D'ENTRETIEN	
Mettre une croix si la classe est occupée pendant ce créneau horaire	Activités avec les élèves à préciser	Période d'aération à renseigner	Remarques		Opérations de nettoyage à préciser (balayage humide, désinfection, ...)	Remarques
18:00						
18:30						
19:00						
19:30						
20:00						
20:30						

FIN DE DOCUMENT
