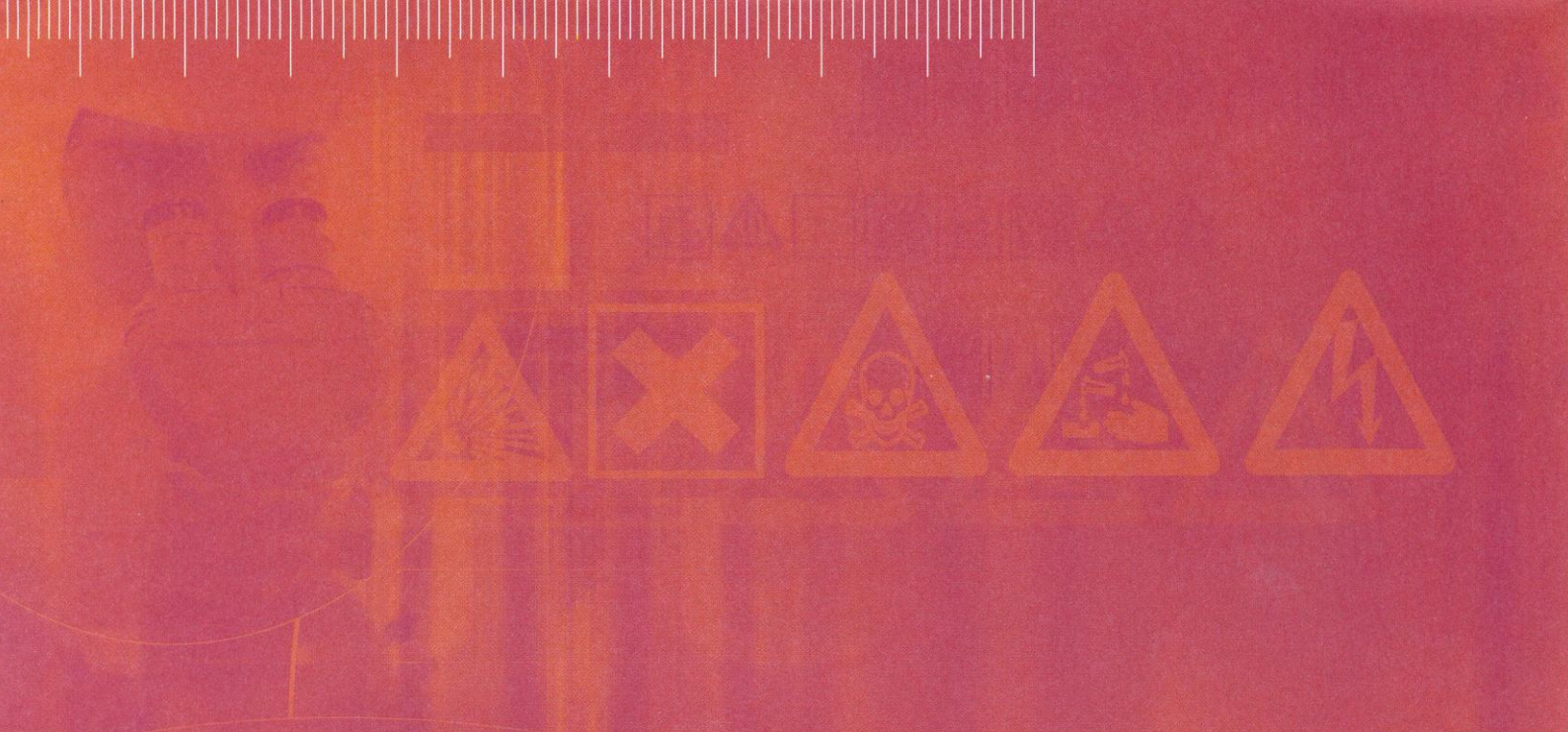




GUIDE METHODOLOGIQUE

09/11/2015

N° INERIS-DRC-15-152439-07695A

**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 METHODOLOGIQUE RELATIF A LA CONDUITE DE
MESURES DE SECOND NIVEAU EN CAS DE DEPASSEMENT
DES VALEURS-LIMITES FORMALDEHYDE, BENZENE ET
PERCHLOROETHYLENE.

INERIS

maîtriser le risque |
pour un développement durable |

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 METHODOLOGIQUE RELATIF A LA CONDUITE DE MESURES DE SECOND NIVEAU EN CAS DE DEPASSEMENTS DES VALEURS-LIMITES FORMALDEHYDE, BENZENE ET PERCHLOROETHYLENE.

Document réalisé pour le Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie (MEDDE)

PRÉAMBULE

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

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

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

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

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

	Rédaction	Vérification	Approbation
NOM	Caroline MARCHAND Heidi CARRILHO	Marc DURIF	Nicolas ALSAC
Qualité	Ingénieurs à l'Unité « Milieux » Direction des Risques Chroniques	Responsable de l'Unité « Milieux » Direction des Risques Chroniques	Responsable du Pôle « Caractérisation de l'Environnement » Direction des Risques Chroniques
Visa	 		

GLOSSAIRE

AASQA	: Associations agréées de surveillance de la qualité de l'air,
ACMO	: Agent chargé de la mise en œuvre des règles d'hygiène et de sécurité,
ARS	: Agence régionale de santé,
BET	: Bureau d'études techniques,
BE	: Benzène,
TEX	: Toluène, éthylbenzène et xylènes,
COPIL	: Comité de pilotage,
COV	: Composées organiques volatils,
CO ₂	: Dioxyde de carbone,
CVC	: Chauffage, Ventilation, Climatisation,
CSTB	: Centre scientifique et technique du bâtiment,
DGS	: Direction générale de la santé,
DREAL	: Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement,
DRIEE	: Direction régionale et interdépartementale de l'environnement et de l'énergie,
EMD	: Ecole des mines de Douai,
EPA	: Environmental Protection Agency,
ERP	: Etablissement recevant du public,
FA	: Formaldéhyde,
FLEC	: Field and Laboratory Emission Cell,
GC-FID	: Chromatographie en phase gazeuse avec détection par ionisation de flamme,
GC-MS	: Chromatographie en phase gazeuse avec détection par spectrométrie de masse,
HCSP	: Haut conseil de la santé publique,
HPLC	: Chromatographie en phase liquide à haute performance,
HR	: Humidité relative,
INERIS	: Institut national de l'environnement industriel et des risques,
InVS	: Institut de veille sanitaire,
LCSQA	: Laboratoire central de la surveillance de la qualité de l'air,

MEDDE : Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie,
MOE : Maîtrise d'œuvre,
MSS : Ministère de la Santé et des Sports,
PCE : Perchloroéthylène ou Tétrachloroéthylène,
PNSE2 : Second plan national santé-environnement,
QAI : Qualité de l'air intérieur,
T : Température,
UV : Ultra-violet,
VAR : Valeurs d'action rapide,
V-guide : Valeur-guide,
V-limite : Valeur-limite.

TABLE DES MATIÈRES

CONTEXTE ET DOMAINE D'APPLICATION	7
CONSEILS GENERAUX POUR ANTICIPER LA GESTION DES RESULTATS	9
PARTIE 1 : Mesures de second niveau dans le contexte de l'approche #1 - surveillance de la QAI représentative de l'ensemble de l'établissement conformément au LAB-REF 30	11
1. LES PREALABLES A LA CONDUITE DE L'EXPERTISE DE RECHERCHE DE SOURCES	15
2. CAS PARTICULIER DU TETRACHLOROETHYLENE.....	16
3. EXPERTISE A MENER POUR LE FORMALDEHYDE OU LE BENZENE	17
3.1 Etape 1 - Consolidation des données obtenues et informations complémentaires	18
3.1.1 Consolidation et mise en perspective des données acquises	18
3.1.2 Informations complémentaires à obtenir	20
3.2 Etape 2 - Mesures de confirmation	21
3.3 Etape 3 - Recherche de sources.....	23
4. CHOIX DES MESURES CORRECTIVES PERENNES	26
1. TETRACHLOROETHYLENE (PCE).....	28
2. FORMALHYDE ET BENZENE	28
2.1 Consolidation des données	28
2.2 S1 Source extérieure, contigüe au bâtiment	29
2.3 S2 Rénovation (peinture, revêtements, ...) dans une pièce.....	30
2.3.1 Mesures initiales réalisées avant réintégration des locaux.....	30
2.3.2 Mesures initiales réalisées après réintégration des locaux	30
2.4 S3 Renouvellement complet du mobilier dans une pièce.....	30
2.5 S4 Source extérieure, non contigüe au bâtiment	31
2.6 Déploiement d'un kit en dehors des situations fléchées dans le Guide Pratique.....	31
REFERENCES	33
LISTE DES ANNEXES	35

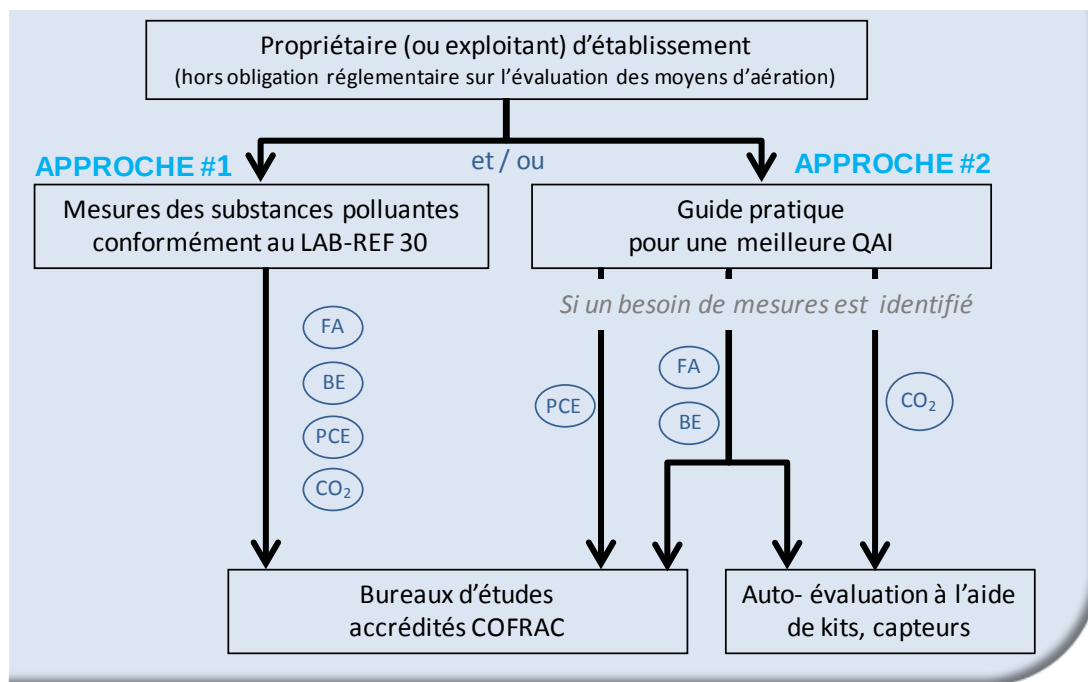
CONTEXTE ET DOMAINE D'APPLICATION

En application de la loi n° 2010-788 du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement, le décret n° 2011-1728 du 2 décembre 2011 impose une surveillance périodique de la qualité de l'air intérieur (QAI) dans certains établissements recevant du public (ERP) en introduisant les articles R.221-30 et suivants dans le code de l'environnement.

Cette dernière, dans son nouveau dispositif réglementaire 2018-2023 appliqué aux crèches et établissements scolaires¹, repose sur les principes suivants :

- d'une part, l'évaluation obligatoire des moyens d'aération de l'établissement tous les 7 ans ;
- et, d'autre part,
 - soit la mise en œuvre d'un programme d'actions de prévention de la qualité de l'air intérieur, conformément au [Guide Pratique pour une meilleure qualité de l'air dans les lieux accueillant des enfants](#)² ;
 - soit, en l'absence de mise en œuvre d'un programme d'actions de prévention, des campagnes de mesure de la qualité de l'air intérieur, tous les 7 ans, par des organismes accrédités.

Ainsi, le suivi de la QAI (mesures de 1^{er} niveau) peut être réalisé selon deux types d'approche métrologique différents qui sont schématisés sur la Figure 1 ci-après.



FA (formaldéhyde), BE (benzène), PCE (tétrachloroéthylène), CO₂ (dioxyde de carbone)

Figure 1 : Schéma récapitulatif des recours aux mesures de la QAI (mesures de 1^{er} niveau)

¹ Les structures concernées sont les établissements d'accueil collectif d'enfants de moins de six ans, les centres de loisirs, les établissements d'enseignement ou de formation professionnelle du premier et du second degrés, les établissements sanitaires et sociaux prenant en charge les mineurs éloignés de leur famille en raison des difficultés d'ordre social ou éducatif, les mineurs handicapés, les mineurs délinquants (mentionnés aux 1°, 2°, 4° du I de l'article L 312-1 du code de l'action sociale et des familles).

² <http://www.developpement-durable.gouv.fr/Guide-pratique-pour-une-meilleure.html>

Dans le cadre de cette surveillance, des valeurs-limites réglementaires ont été définies dans l'article 10 du décret n°2012-14 du 5 janvier 2012, à savoir :

Substances	Valeur-limite
Formaldéhyde (FA)	100 µg/m ³
Benzène (BE)	10 µg/m ³
Dioxyde de carbone (CO ₂)	Indice de confinement de niveau 5 *
Tétrachloroéthylène (PCE)	1250 µg/m ³

**Un indice de confinement de 5 correspond à des pics de teneur en CO₂ élevés supérieurs à 4 000 ppm (partie par million) et à des valeurs moyennes pendant l'occupation supérieures à 2 000 ppm.*

Selon l'approche choisie (**#1** ou **#2**), les mesures ne sont pas réalisées selon la même méthodologie et les résultats associés n'impliquent pas les mêmes processus d'information et de gestion en cas de dépassement de ces valeurs.

Le présent document a pour objectif de fournir des éléments utiles à la conduite de mesures de second niveau en cas de dépassement des valeurs-limites, notamment en termes de recherche de sources des substances incriminées. Il se veut à la fois une aide pour le propriétaire/exploitant de l'établissement potentiellement concerné, mais également un appui méthodologique à l'attention des organismes techniques susceptibles d'être impliqués. Ces éléments s'appuient sur le retour d'expérience de la gestion des cas de dépassement de la campagne pilote de surveillance de la qualité de l'air dans les écoles et crèches (2009-2011), diligentée et financée par le ministère chargé de l'environnement, en lien avec les ministères chargés de la santé et de l'éducation nationale. Cette campagne avait réuni différents acteurs locaux et nationaux (CSTB et INERIS en appui technique et organisationnel, AASQA pour les mesures de terrain, spécialistes en audit technique des bâtiments). Une synthèse des niveaux de concentration mesurés lors de cette campagne et des actions mises en œuvre en cas de dépassement des valeurs-limites est présentée en Annexe 1.

Les éléments méthodologiques proposés dans ce guide sont déclinés en 2 parties distinctes dans la suite du document afin de tenir compte des spécificités de chaque approche (**#1** ou **#2**) :

- **PARTIE ①** : mesures de second niveau dans le contexte de l'approche **#1** - surveillance de la QAI représentative de l'ensemble de l'établissement conformément au LAB-REF 30 ;
- **PARTIE ②** : mesures de second niveau dans le contexte de l'approche **#2** - mise en œuvre du **Guide Pratique** pour une meilleure QAI dans les lieux accueillant des enfants.

Le cas spécifique du dioxyde de carbone n'est pas traité dans ce document car l'objectif, en cas de fortes teneurs, n'est pas de rechercher la source de cette substance. En effet, cette substance est à considérer, en présence des occupants, comme un traceur du confinement de l'air qui reflète le renouvellement d'air de la pièce. Des niveaux élevés impliquent alors de définir une stratégie d'aération des pièces occupées et d'améliorer les pratiques d'aération déjà en place qui dépendent de la perméabilité à l'air du bâtiment, de la présence éventuelle d'un système de ventilation, des ouvertures des fenêtres ainsi que des portes intérieures. Il convient de rappeler que ce type de mesure ne se substitue pas à l'évaluation obligatoire des moyens d'aération de l'établissement prévue dans le dispositif réglementaire.

CONSEILS GENERAUX

POUR ANTICIPER LA GESTION DES RESULTATS

Il est important qu'une information soit faite, **au niveau local**, sur le nouveau dispositif réglementaire de la surveillance obligatoire de la qualité de l'air dans les lieux clos recevant du public.

En effet, quelle que soit l'approche choisie (**#1** ou **#2**) pour répondre à cette obligation, il est primordial que les parties prenantes de l'établissement (professeurs, parents d'élèves,...) sachent ce qui est entrepris au niveau de l'établissement.

Si des mesures sont planifiées, il est également important de se préparer, en amont, à la gestion de ces résultats. En ce sens, un **guide pratique** sur la **gestion de la qualité de l'air intérieur** dans les établissements recevant du public, publié par la Direction générale de la santé (DGS) et l'Institut de veille sanitaire (InVS), est disponible en ligne³. Ce document constitue une **aide opérationnelle aux responsables d'établissements recevant du public**. Il dispose notamment d'un chapitre sur la gestion des résultats de mesures de la QAI, avec des conseils en termes de **communication**, et présente les avantages d'une **approche proactive de la QAI**, en amont de toute situation de dépassement à gérer. Dans cette optique, ce guide encourage vivement les propriétaires/exploitants d'établissement, et notamment quand ce dernier est important, à identifier un **référént de la qualité de l'air intérieur (Référént QAI)**, éventuellement en articulation étroite avec l'agent chargé de la mise en œuvre des règles d'hygiène et de sécurité (ACMO). Le rôle de ce référent est de coordonner la diffusion d'informations sur la QAI et sa gestion auprès des parties prenantes (professeurs, parents d'élèves,...), et la centralisation des données acquises (résultats de repérages, de diagnostics, d'analyses éventuelles...).

Les situations de gestion de résultats de mesures dans l'air intérieur sont toujours plus faciles à gérer lorsqu'une stratégie proactive a permis de les préparer.

Par ailleurs, de façon générale, une notion clé pour commenter des résultats de mesures est la durée d'exposition associée aux concentrations mesurées. En effet, **chaque valeur de référence est établie sur la base d'une durée d'exposition**. Ainsi, selon la valeur considérée, le délai accordé pour diminuer les concentrations auxquelles les occupants sont exposés peut être plus ou moins long. Les valeurs-limites fixées dans le cadre de la surveillance ont été définies par rapport à une exposition long-terme (une à plusieurs années). Il est donc important de préciser aux occupants qu'un **dépassement des valeurs-limites** doit effectivement faire l'objet d'**actions** pour à terme réduire l'exposition des occupants mais **n'implique pas une résolution immédiate de la situation**.

Si cette notion a été expliquée en amont aux parties prenantes de l'établissement, elle est d'autant plus comprise et acceptée au moment de l'annonce des résultats.

³ Ministère de la santé et des sports et Institut national de veille sanitaire – Guide pratique : Gestion de la qualité de l'air – Etablissements recevant du public. 2010 (<http://www.sante.gouv.fr/IMG/pdf/guid0910.pdf>).

PARTIE 1 Mesures de second niveau dans le contexte de l'approche #1 - surveillance de la QAI représentative de l'ensemble de l'établissement conformément au LAB-REF 30

La mesure des substances polluantes (formaldéhyde (FA), benzène (BE), tétrachloroéthylène (PCE), dioxyde de carbone (CO₂)), conformément au référentiel COFRAC (LAB-REF 30⁴), constitue une alternative pour souscrire au nouveau dispositif réglementaire. Les **mesures réalisées dans ce cadre** ont pour objectif d'avoir une « **photographie** » **représentative des concentrations** au sein de l'établissement. Ainsi, aucune source n'a déjà été identifiée *a priori* au moment de l'instrumentation (hors cas particulier du tétrachloroéthylène et contrairement à la démarche de la Partie 2).

Dans cette approche, le dispositif réglementaire impose que lorsque pour **au moins un polluant mesuré**, le résultat des analyses effectuées **dépasse les valeurs-limites** mentionnées précédemment :

- les **organismes ayant effectué les prélèvements** informent le **préfet** du département du lieu d'implantation de l'établissement dans un délai de **15 jours** après réception des résultats d'analyse ;
- le **propriétaire** ou, le cas échéant, l'exploitant de l'établissement concerné engage à ses frais, et dans un **délai de deux mois** après réception des résultats d'analyse, toute expertise nécessaire pour **identifier les causes de présence de pollution dans l'établissement** et **fournir les éléments nécessaires au choix de mesures correctives pérennes et adaptées à la pollution**. Dans tous les cas, le préfet du département du lieu d'implantation de l'établissement concerné devra être informé dans un **délai de 15 jours** après leur réception par le propriétaire ou, le cas échéant, l'exploitant de l'établissement concerné, des résultats de cette expertise.

Note 1 : Un rappel du positionnement des résultats obtenus par rapport aux différentes valeurs réglementaires est donné en Annexe 2, avec les implications associées en cas de dépassement des valeurs-limites. Des informations complémentaires sont également disponibles dans le guide d'application relatif à la stratégie d'échantillonnage et positionnement des résultats pour le formaldéhyde et le benzène⁵.

Les éléments méthodologiques fournis ci-après sont utiles à la conduite de l'expertise requise en cas de dépassement des valeurs-limites.

⁴ COFRAC : Exigences spécifiques pour l'accréditation des organismes procédant aux mesures de surveillance de la qualité de l'air intérieur dans les établissements recevant du public. Document LAB REF 30 – Révision 00. 2012 (<http://www.cofrac.fr/documentation/LAB-REF-30>)

⁵ LCSQA INERIS DRC-12-126743-09487A – Guide d'application pour la surveillance du formaldéhyde et du benzène dans les établissements d'enseignement, d'accueil de la petite enfance et d'accueil de loisirs : Stratégie d'échantillonnage et positionnement des résultats. 2012 (<http://www.lcsqa.org/rapport/2012/ineris/guide-surveillance-formaldehyde-benzene-etablissements-enseignement-enfance>)

1. LES PRÉALABLES A LA CONDUITE DE L'EXPERTISE DE RECHERCHE DE SOURCES

Le guide de la DGS sur la gestion de la QAI dans les ERP préconise qu'une cellule de gestion soit créée afin de gérer les résultats de mesure, avec pour missions :

- d'être le point focal de toutes les informations (médicales, • techniques, analytiques, individuelles, organisationnelles) relatives à la situation ;
- d'analyser les résultats des données disponibles et participer aux décisions de gestion de la situation ;
- d'organiser le suivi et la mise en œuvre des mesures à engager ;
- de définir et coordonner la communication sur les résultats et leur gestion.

Ce document préconise également que cette cellule intègre au minimum le référent QAI, les décideurs (maître d'ouvrage, directeur, exploitant ou institution exerçant une tutelle sur le fonctionnement de l'établissement), un représentant des services techniques affectés à l'établissement, les opérateurs techniques pertinents sur la QAI (mesures, bâtiments).

Ainsi, **en amont de toute action** (information, démarrage de l'expertise, ...), il est primordial que le propriétaire/exploitant de l'établissement concerné par une situation de dépassement des valeurs-limites, et le préfet de département *ad hoc*, informent et mobilisent de façon concertée, dès réception des résultats d'analyse, l'équivalent de ce type de cellule de gestion.

En cas de dépassement de **valeurs-limites (v-limites)**, les **modalités de communication et d'information des enseignants et des parents d'élèves** restent à l'appréciation de cette cellule de gestion mais il est recommandé de mener cette action dans la **transparence** la plus complète, en organisant des **réunions d'information** auprès des personnels des établissements et des parents d'élèves. Il convient d'aborder le sujet avec prudence, afin d'éviter de générer des situations d'inquiétudes collectives pouvant perturber le fonctionnement des organisations et avoir des effets néfastes sur la santé des occupants.

Au-delà de l'information sur les résultats de mesure, il est important d'**expliquer aux occupants les actions qui vont être engagées**. Ces actions doivent être en accord avec les obligations réglementaires, à savoir, la conduite **d'une expertise, dans un délai de deux mois** après réception des résultats d'analyse, pour **identifier les causes de présence de pollution dans l'établissement et fournir les éléments nécessaires au choix de mesures correctives pérennes et adaptées à la pollution**.

2. CAS PARTICULIER DU TÉTRACHLOROÉTHYLÈNE

Le dispositif de surveillance ne prévoit pas de mesure systématique du tétrachloroéthylène (PCE) mais uniquement lorsqu'une installation de nettoyage à sec⁶ utilisant cette substance est installée dans le même immeuble que l'établissement ou dans un immeuble contigu.

L'arrêté du 5 décembre 2012 modifiant l'arrêté du 31 août 2009 relatif aux prescriptions générales applicables aux installations classées pour la protection de l'environnement soumises à déclaration sous la rubrique n° 2345 relative à l'utilisation de solvants pour le nettoyage à sec et le traitement des textiles ou des vêtements, stipule que si le niveau de concentration en PCE dans l'air intérieur des locaux voisins occupés par des tiers dépasse 1250 µg/m³, une action rapide devra être menée par l'exploitant pour ramener cette concentration à un niveau aussi faible que possible, avec comme objectif la valeur guide de 250 µg/m³.

De ce fait, en cas de dépassement de la valeur-limite associée au PCE, il convient d'en informer immédiatement la DREAL ou la DRIEE qui prendra les dispositions nécessaires pour faire appliquer les obligations citées ci-dessus.

⁶ *Relevant de la rubrique n°2345 de la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement.*

3. EXPERTISE A MENER POUR LE FORMALDEHYDE OU LE BENZÈNE

Comme indiqué, seul le **dépassement des valeurs-limites** implique le **déclenchement obligatoire d'une expertise** pour identifier les causes de ces niveaux de concentration.

Cette expertise doit être menée de manière organisée, suivant des **étapes clés**. Elle doit ainsi comprendre, et **selon l'ordre défini**, les étapes suivantes :

1. **Consolidation** des données obtenues et recherche d'informations complémentaires concernant le site ;
2. Réalisation de **mesures de confirmation** ;
3. **Recherche de sources** à l'origine du dépassement des valeurs-limites afin de pouvoir mettre en place des actions correctives.

Il est important de réaliser chaque étape clé avant d'entamer la suivante afin de ne pas se lancer dans un processus long qui aurait pu être évité. Le processus global de cette expertise est synthétisé dans le schéma ci-après.

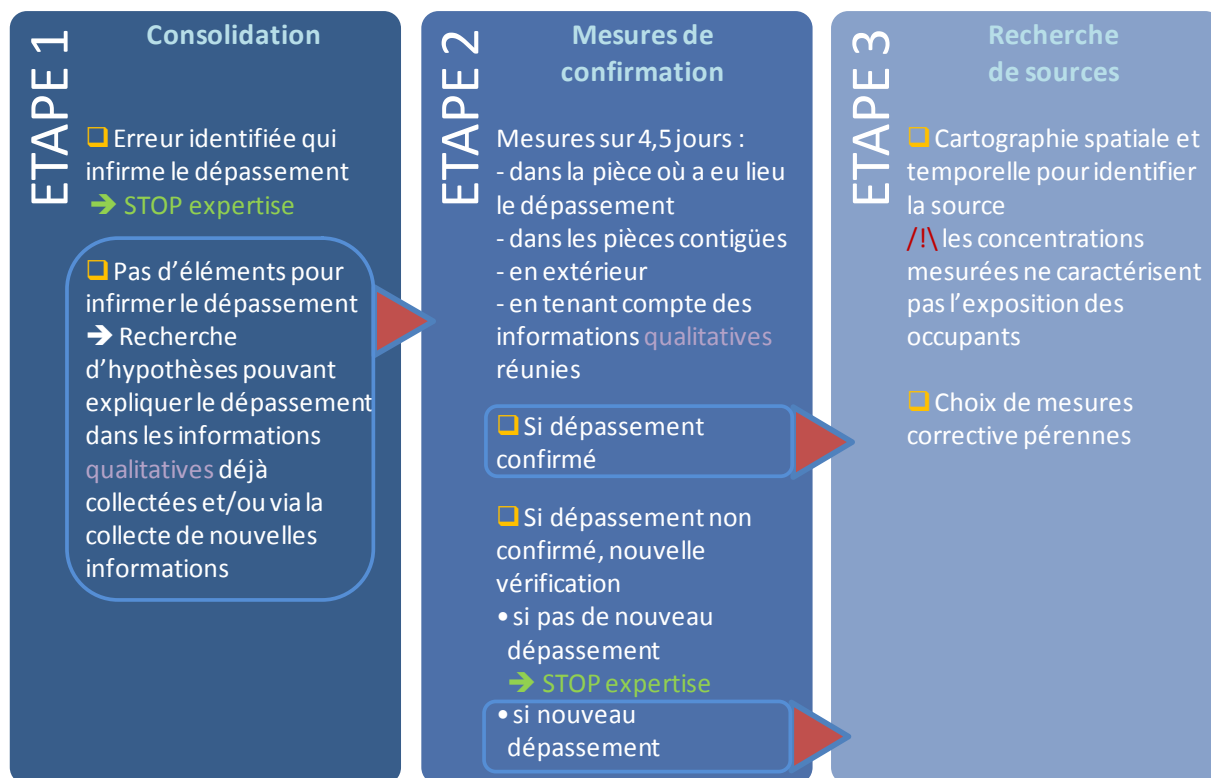


Figure 2 : Processus de l'expertise pour le formaldéhyde et le benzène

3.1 ÉTAPE 1 - CONSOLIDATION DES DONNÉES OBTENUES ET INFORMATIONS COMPLÉMENTAIRES

L'objectif de cette étape est de vérifier la validité des données transmises, et d'apporter des informations complémentaires concernant le site pouvant expliquer le dépassement observé. Cette étape va ainsi permettre d'identifier des hypothèses sur la source des concentrations mesurées et de dimensionner l'expertise à mener pour les confirmer ou les infirmer.

3.1.1 Consolidation et mise en perspective des données acquises

La première action à réaliser lors d'une situation de dépassement des valeurs-limites est de **consolider les données acquises**.

En effet, avant d'engager le processus d'une expertise complémentaire, il est primordial de s'assurer que la concentration mesurée n'est pas liée à un **problème métrologique**⁷.

Il convient entre autre que l'organisme ayant réalisé les prélèvements et fourni le rapport de résultat vérifie (ou ait vérifié) 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 utilisé pour le calcul, ... ;
- qu'aucun problème n'est survenu dans la chaîne de conservation des supports de prélèvement avant et après prélèvement (au(x) laboratoire(s) et pendant le(s) transports(s)) ;
- qu'au niveau de l'analyse, il n'existe aucun doute sur la masse de substance calculée dans l'échantillon : niveau de concentration en dehors de la gamme d'étalonnage de la substance impliquant une incertitude plus importante sur le résultat, 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 GC-FID (chromatographie en phase gazeuse couplée à une détection par ionisation de flamme)) ;
- les valeurs des blancs (analytique, de lot, de site ou de terrain), permettant ainsi de confirmer que le dépassement observé n'est pas lié à une contamination initiale des supports ;
- la conformité de l'écart relatif obtenu pour le(s) réplicat(s), permettant également de pointer une potentielle dérive métrologique.

Si ces vérifications devaient conduire à identifier une source d'erreur possible dans le résultat rendu :

- **option A** : soit cette erreur est mathématique et la nouvelle concentration calculée infirme le dépassement et **l'expertise s'arrête à ce stade** ;

⁷ Des informations sur les exigences métrologiques pour la mesure du formaldéhyde et du benzène peuvent être trouvées dans les documents réalisés par le LCSQA en 2008 et en 2012⁵, en lien avec la surveillance de la QAI dans certains ERP ainsi que dans le LAB REF 30. Un rappel de quelques exigences métrologiques est donné en Annexe 3 pour le formaldéhyde, et en Annexe 4 pour le benzène.

- **option B** : soit il n'est pas possible de remonter à une concentration corrigée et dans ce cas, il conviendra de pallier les manquements métrologiques lors des mesures de confirmation (chapitre suivant, Partie ❶ / 3.2).

Dans le cas de l'option **B** ou si aucune source d'erreur n'a été identifiée, il convient ensuite de mettre **en perspective ce(s) résultat(s) avec les données déjà disponibles** afin d'identifier une ou des hypothèses pouvant expliquer le dépassement observé.

Option de gestion : A ce stade, en concertation avec la cellule de gestion locale, une éventuelle fermeture de classe dans laquelle le dépassement a été observé (déplacement des élèves) peut être envisagée, en fonction de la situation. Cette option n'est pas à appliquer en toute circonstance et n'est justifiée que si le degré de dépassement implique de stopper immédiatement l'exposition des élèves à un tel niveau de concentration. Ce choix peut par ailleurs permettre de poursuivre l'expertise nécessaire dans un climat plus propice, l'exposition problématique ayant été résolue temporairement. Une stratégie peut également être de placer la classe ou le bâtiment en hyper aération/ventilation si les conditions météorologiques et/ou les systèmes d'aération/ ventilation le permettent ; tout en respectant les consignes de sécurité et toujours dans une optique temporaire.

Ainsi, il convient :

- de consulter le rapport sur l'évaluation des moyens d'aération, s'il est disponible, pouvant permettre d'identifier 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 ;
- d'exploiter les informations disponibles dans les questionnaires remplis en accompagnement de la campagne de mesures et fournis dans le guide LCSQA-INERIS (2012)⁵. 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 externes (météo, infrastructures voisines, ...), caractéristiques du bâtiment (système de ventilation, caractéristiques de construction, ...) et activités des occupants (aération, ménage, activités manuelles, travaux, ...). Une présentation des sources et des facteurs contribuant à la qualité de l'air intérieur des locaux, notamment pour le formaldéhyde et le benzène, est faite en Annexe 5. Selon le nombre de pièces concernées par le(s) dépassement(s), cela peut représenter une information sur le « périmètre d'action » de la source et par conséquent sa nature ;
- 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 concentration (incertitude fixée pour une mesure indicative)⁵. S'il s'avère que les concentrations intérieures ne sont pas significativement supérieures aux concentrations extérieures, cela indique que l'environnement extérieur de l'établissement représente la source majoritaire de benzène ;

- une exploitation des chromatogrammes peut également donner des pistes sur la localisation de la source en utilisant le(s) ratio(s) de concentration toluène/benzène⁸ si le toluène a également été quantifié sur le support de prélèvement.

Cette étape de consolidation et mise en perspective des données peut déjà permettre d'identifier une source potentielle des dépassements observés. Si tel est le cas, il est toutefois conseillé, avant d'engager les mesures de confirmation décrites en Partie ❶ / 3.2, de s'assurer que toutes les données qualitatives utiles et disponibles ont bien été obtenues en suivant les indications reportées dans le chapitre suivant, un dépassement pouvant avoir une origine multi-sources.

Dans le cas où l'établissement serait équipé d'un système de ventilation spécifique, si un défaut de fonctionnement de ce dernier a été identifié au cours des mesures, il convient de rétablir la situation sans délai. 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 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.

3.1.2 Informations complémentaires à obtenir

Afin d'approfondir la compréhension des causes du ou des dépassement(s) des valeurs-limites, il convient de se renseigner à nouveau auprès des occupants de l'établissement sur les événements, activités ayant pu avoir lieu au cours de la semaine de mesures et/ou quelques temps auparavant. L'analyse de ces événements doit permettre d'**identifier les sources, les facteurs et les cheminements** contribuant à l'accumulation de polluants dans la ou les pièces concernées par le dépassement, **afin d'optimiser le dimensionnement des mesures de confirmation**.

Dans un premier temps, si les questionnaires remplis en accompagnement de la campagne de mesures [LCSQA-INERIS (2012)]⁵ sont incomplets, il convient d'obtenir les éléments de réponse manquants.

Il convient également d'élargir le déploiement de ces questionnaires aux autres pièces de l'établissement, seules les pièces investiguées ayant normalement été concernées. En complément, le [Guide Pratique pour une meilleure qualité de l'air dans les lieux accueillant des enfants](#)², disponible sur le site du Ministère de l'Ecologie, peut permettre de compléter le recensement des sources possibles.

⁸ 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.

Le retour d'expérience de la gestion des cas de dépassement de la campagne pilote de surveillance de la qualité de l'air dans les écoles et crèches (2009-2011), détaillé en Annexe 1, est également à avoir en mémoire au moment de ce recensement. Le bilan des premières opérations réglementaires de surveillance de la QAI a mis en évidence des situations similaires à celles observées lors de la campagne pilote, comme :

- l'impact, sur les concentrations en benzène, d'un local de stockage d'hydrocarbures et d'engins à moteur, attendant aux salles de classes ;
- des concentrations élevées en formaldéhyde, en lien avec des panneaux isolants perforés.

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. Si l'établissement ne souhaite pas la faire par ses propres moyens, elle devra être réalisée lors des mesures de confirmation. Dans l'éventualité où un système de ventilation serait présent, il est primordial de vérifier que son fonctionnement actuel est conforme à ce qu'il doit être. Lors de cette opération, il conviendra de vérifier la configuration du système d'aération et/ou de ventilation (positionnement des prises d'air neuf notamment, pour ne pas polluer les prises d'air neuf avec de l'air vicié).

3.2 ETAPE 2 - MESURES DE CONFIRMATION

La campagne de mesures de confirmation a pour objectif, d'une part, d'évaluer si le dépassement observé est lié à un phénomène ponctuel ou s'il s'inscrit dans le temps, et, d'autre part, d'élargir le champ des mesures afin d'obtenir des renseignements complémentaires sur la ou les source(s) possible(s).

Ces mesures ne correspondent pas une recherche de sources exhaustive (chapitre suivant, Partie ❶ / 3.3). Elles doivent être **dimensionnées pour apporter rapidement des réponses** à la cellule de gestion sur les causes du dépassement. Il faut donc éviter qu'elles n'aboutissent à une expertise de long terme s'étalant sur plusieurs semaines ou mois. Pour ce faire, des **actions** ont été définies, **pouvant être optimisées en fonction** de ce qu'il est ressorti **de l'analyse documentaire** faite en Partie ❶ / 3.1.

L'ensemble des mesures de confirmation doit être réalisé sur une durée de 4,5 jours (prélèvement sur tube passif pour le formaldéhyde et le benzène), conformément aux bonnes pratiques en vigueur (cf. page 18). La stratégie d'échantillonnage spatiale 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. Dans le cas d'un dépassement de 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 (problème de co-élution). Par ailleurs, il est préconisé d'allonger la durée d'analyse afin de pouvoir éluer et quantifier les TEX (toluène, éthylbenzène et xylènes), pouvant apporter des informations utiles quand à l'origine de la source (cf. page 20). En complément des mesures, un nouveau recensement précis des activités effectuées au cours de la semaine 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).

En fonction des résultats obtenus dans l'étape de consolidation des données et de recherche d'informations complémentaires, il convient de réaliser une **inspection qualitative de tous les locaux** en s'appuyant sur les documents utiles mentionnés en Partie ❶ / 3.1.2. Si l'**évaluation des moyens d'aération** n'a pas pu être réalisée, elle doit être faite à cette occasion. 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 répliqués, ...), 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.

Enfin, si les moyens métrologiques nécessaires sont disponibles, une **pré-recherche de sources** doit être conduite, à l'aide de **systèmes de détection** type PID (détecteurs de COV totaux par photo-ionisation), capteur ou détecteur de formaldéhyde à lecture directe, ... **Ce type de mesure est indicatif** en termes de niveaux de concentration mais peut permettre, d'une part, de **pré-cartographier le site** et de définir des points de mesure supplémentaires pertinents, et d'autre part, d'**évaluer rapidement les niveaux de concentrations** en attendant les résultats d'analyse. Il est important de noter que ce type de mesure ne constitue pas en soi une mesure de caractérisation de l'exposition des occupants.

L'ensemble de ces mesures doit être réalisé en conditions représentatives de l'occupation habituelle des locaux.

La figure ci-après récapitule l'organisation des mesures de confirmation.

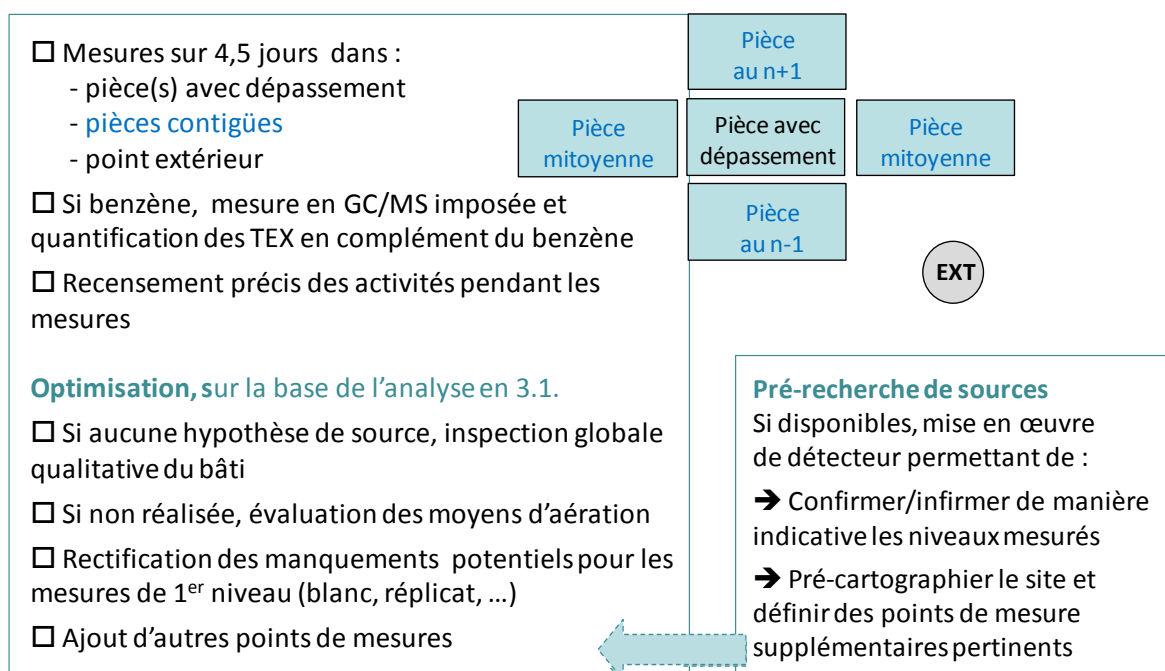


Figure 3 : Composantes des mesures de confirmation

Selon les résultats obtenus lors de la campagne de mesures de confirmation, différentes stratégies sont à adopter pour la suite de l'expertise (cf. Figure ci-après).

Dans le cas où le dépassement est confirmé par ces nouvelles mesures, une recherche des sources doit être faite (méthodologie décrite dans en Partie ❶ / 3.3).

Dans le cas où le dépassement n'est pas confirmé, cela montre qu'il est lié à un phénomène ponctuel. Dans ce cas, il est conseillé de procéder à une nouvelle vérification, en réalisant des mesures complémentaires quelques mois après les mesures de confirmation⁹, afin de vérifier que le dépassement était bien épisodique. Si au cours de ces mesures, les résultats ne confirment toujours pas le dépassement, la prochaine surveillance sera menée **dans les 2 ans**. Si les résultats devaient identifier une nouvelle situation de dépassement, une recherche de sources devra être engagée (Partie ❶ / 3.3).

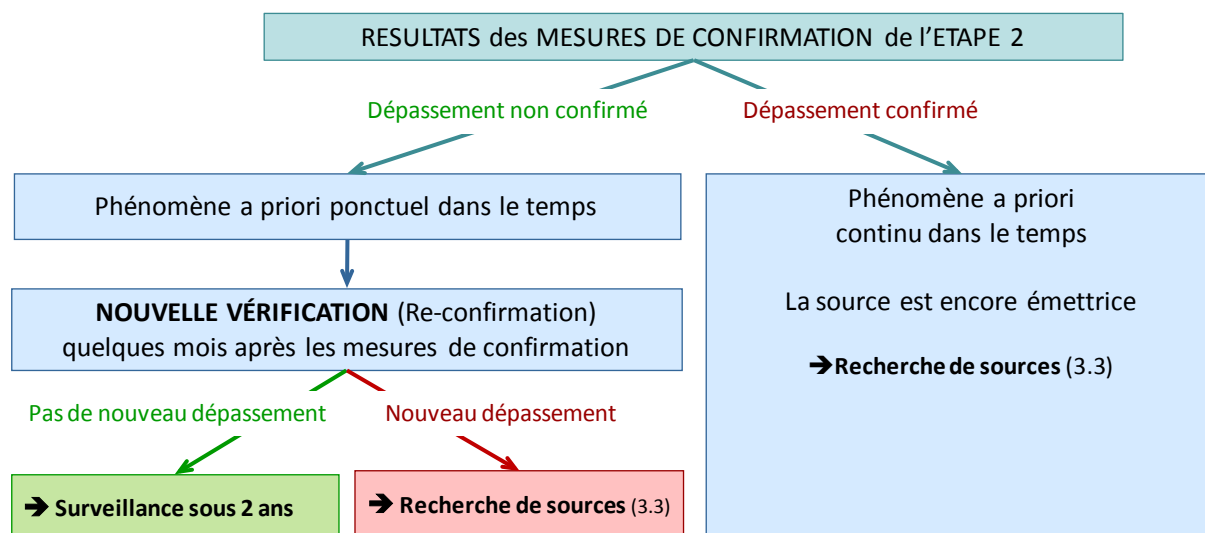


Figure 4 : Stratégies à adopter selon les résultats des mesures de confirmation

3.3 ETAPE 3 - RECHERCHE DE SOURCES

Dans le cas où les mesures de confirmation ont montré que le dépassement observé perdurait dans le temps, il convient d'engager une **recherche de sources** en mettant en œuvre d'autres systèmes de mesure que ceux déjà employés.

L'ensemble des mesures conduites dans ce cadre n'est pas réalisé afin de caractériser une exposition représentative des occupants mais bien pour identifier la ou les sources à l'origine du dépassement observé. **Les résultats obtenus, même exprimés sous forme de concentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), ne correspondront donc pas à l'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 cette source est continue ou intermittente. Dans le cas d'une source continue, le bâti et ses matériaux devraient logiquement être en cause alors que dans le cas d'une source intermittente, les activités intérieures et/ou extérieures devraient vraisemblablement à l'origine des concentrations observées. Toutefois, le retour d'expérience de la campagne pilote nationale de surveillance de la QAI (cf. Annexe 1) montre que ce n'est pas systématique.

⁹ Si le dépassement a été identifié lors de la première série de prélèvements de la campagne de surveillance, cette nouvelle vérification peut être mutualisée avec la deuxième série de prélèvement à venir.

Afin de réaliser cette recherche de sources, l'utilisation de **systèmes de mesure en temps réel** du formaldéhyde et/ou du benzène doit être privilégiée, permettant un suivi continu des concentrations renseignant à la fois sur les concentrations présentes en moyenne sur plusieurs jours mais également sur des variations potentielles de concentrations. 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) mais sont plus précis et robustes en termes de concentration mesurée ;
- les détecteurs qui sont plus maniables mais dont les résultats sont plus approximatifs, ce qui n'empêche pas qu'ils puissent être pertinents pour ce type d'investigation. **Il convient juste d'avoir connaissance de leurs limites au moment de l'interprétation des résultats.**

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/capteurs 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 d'avoir une meilleure cartographie spatiale de l'établissement.

L'Annexe 7 recense des dispositifs existants pour conduire cette recherche de source. Elle ne prétend pas à l'exhaustivité et 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 du ou des dispositif(s) de mesures doit être faite de manière à obtenir une **cartographie spatiale** du site ainsi qu'un **suivi temporel** des concentrations couplé à un recensement précis des activités (pour identifier les pics de concentrations).

Lorsqu'une ou plusieurs **sources continues** ont été identifiées ou sont suspectées, des mesures d'émissions des matériaux *in situ* sont à réaliser. Ces mesures permettent de cartographier l'ensemble des surfaces d'une pièce afin d'évaluer la contribution, en termes d'émission, de chacune d'elle. Pour ce faire, l'utilisation d'une **cellule d'essai d'émission de type FLEC¹⁰** (Field and Laboratory Emission Cell) peut être faite. L'Annexe 8 présente différentes méthodes de mesure d'émission des matériaux (FLEC et alternatives) pouvant être mises en place sur site, en utilisant un échantillonnage passif.

¹⁰ La cellule d'essai FLEC permet la mesure de débit d'émission spécifique par unité de surface (facteur d'émission). La norme NF EN ISO 16000-10 décrit le principe de fonctionnement de ce type de cellule pour les COV.

Il est important de noter que si une surface est fortement contributrice, ce n'est pas forcément le matériau en surface qui est responsable des émissions observées. Dans le cas où une surface aurait été identifiée comme fortement contributrice, des prélèvements des différents matériaux présents en surface et en sous-face peuvent être réalisés et transmis à des laboratoires afin d'évaluer leurs émissions respectives¹¹.

Dans le cas d'un dépassement en benzène, si un contexte de sol pollué est suspecté, (construction sur un site pollué réhabilité – questionnaires du guide LCSQA-INERIS (2012)⁵), il convient également de faire réaliser des **mesures de gaz du sol**. Pour ce faire, il est recommandé de consulter le guide du BRGM et de l'INERIS (en cours de parution)¹².

Un screening des COV peut/doit être réalisé afin de déterminer la ou les sources. Ce screening a pour but d'identifier la présence d'une relation entre la concentration en benzène et celles des autres COV.

¹¹ Une liste de laboratoires pouvant être contactés est disponible sur le site du COFRAC avec les critères de recherche suivants : essais / environnement / bâtiment et matériaux / analyses physico-chimiques / émissions chimiques de produits de construction et objets d'équipements.

¹² *BRGM-INERIS : Gestion des sites et sols pollués : Guide pratique pour la caractérisation des gaz du sol et de l'air intérieur en lien avec une pollution des sols et/ou des eaux souterraines. 2015, en cours de parution.*

4. **CHOIX DES MESURES CORRECTIVES PÉRENNES**

En cas de dépassement des valeurs-limites l'expertise menée doit permettre d'identifier les causes de présence de pollution dans l'établissement mais également de fournir les éléments nécessaires au choix de mesures correctives pérennes et adaptées à la pollution. La nature des mesures correctives étant dépendant de chaque situation, il n'est pas possible ici de les lister de façon exhaustive. Toutefois, des exemples de mesures correctives sont présentés en Annexe 9, issus du guide sur la gestion de la qualité de l'air intérieur dans les établissements recevant du public (DGS-InVS, 2010)³. Ces mesures peuvent porter sur différentes composantes de la qualité de l'air intérieur¹³ :

- Le contrôle de la source :

Cela inclut l'élimination ou le retrait de la source, ou son isolement. Si la source ne peut être contrôlée, une solution peut être l'évacuation des polluants émis par la source. Cela consiste à capter l'air contaminé de l'intérieur dès qu'il est produit pour le rejeter à l'extérieur. C'est le principe des ventilateurs et hottes d'extraction en pièces à pollution spécifique (cuisine, salle de bain, laboratoire, ...). Les règles de distance entre le point de rejet de l'air vicié et les arrivées d'air neuf doivent être respectées ;

- La ventilation :

Une bonne ventilation assure en conditions normales un air plus sain (dilution de l'air intérieur par une entrée d'air extérieur). Elle ne peut cependant pallier des émissions importantes d'un polluant ;

- Le contrôle de l'exposition :

Cela consiste à un ajustement du temps, de la quantité et du lieu d'utilisation de la source pour réduire l'exposition des occupants.

En complément de l'ensemble de ces actions, **une démarche incontournable**, si elle n'a pas été déjà mise en place en amont des mesures de la QAI, **reste la sensibilisation et la formation des occupants de l'établissement à la problématique de la QAI**, via la mise en place d'un programme spécifique de gestion de la QAI. En ce sens, le [Guide Pratique pour une meilleure qualité de l'air dans les lieux accueillant des enfants](#)², disponible sur le site du Ministère de l'Ecologie, propose une liste de bonnes pratiques à respecter et par conséquent de point de vigilance à avoir pour les différentes catégories d'intervenants dans l'établissement afin d'instaurer une démarche pro-active et coordonnée de gestion la QAI.

Quelle que soit la source identifiée et les actions correctives qui auront été choisies, une **nouvelle opération de surveillance** (moyens d'aération et mesure des polluants) devra être reconduite dans **les 2 ans**.

¹³ Ces éléments peuvent être retrouvés dans le guide sur la gestion de la qualité de l'air intérieur dans les établissements recevant du public (DGS-InVS, 2010) (<http://www.sante.gouv.fr/IMG/pdf/guid0910.pdf>), dans la Trousse d'action pour la qualité de l'air intérieur dans les écoles canadiennes publiée par Santé Canada (http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/air/tools_school-outils_ecoles/index-fra.php), et dans le Kit d'action IAQ Tools for Schools publiée par l'EPA (http://www.epa.gov/iaq/schools/actionkit_text.html)

PARTIE 2 Mesures de second niveau dans le contexte de l'approche #2 - mise en œuvre du Guide Pratique pour une meilleure QAI dans les lieux accueillant des enfants

Cette seconde partie du guide est consacrée aux dépassements des valeurs-limites lorsque des mesures ont été effectuées suite à la mise en œuvre du [Guide Pratique pour une meilleure qualité de l'air dans les lieux accueillant des enfants](#)². En effet, l'autodiagnostic conduit à l'aide de ce document, et plus spécifiquement avec la grille destinée à l'équipe de gestion, peut permettre d'identifier des situations pouvant conduire à une éventuelle dégradation de la QAI et pouvant être évaluées par des mesures. Quatre situations ont été fléchées :

- **S1** : Cas d'une source extérieure, contigüe au bâtiment : par exemple, cas de stockages d'hydrocarbures ou de machine à moteurs thermique en sous-sol, présence d'un pressing fonctionnant au perchloroéthylène ;
- **S2** : Rénovation (peinture, revêtements, ...) dans une pièce de vie / d'activités ;
- **S3** : Renouvellement complet du mobilier dans une pièce de vie / d'activités (à venir ou ≤ 6 mois) ;
- **S4** : Cas d'une source extérieure, non contigüe au bâtiment.

La fiche « outils métrologiques » du guide propose différentes méthodologies pour réaliser ces mesures :

- soit le recours à un organisme externe pour les prélèvements et l'analyse, en privilégiant une entité accréditée selon le référentiel COFRAC pour la mesure de la substance visée (prélèvement et analyse)¹⁴ ;
- soit l'utilisation directe par l'établissement de kits disponibles sur le marché.

Suite à ces mesures (dites initiales dans la suite du document), si un dépassement des valeurs-limites est observé, **le processus d'actions de second niveau à mettre en œuvre va dépendre de la situation identifiée qui a déclenché les mesures (**S1** à **S4**)**.

Par ailleurs, ce processus n'est pas identique à celui présenté dans la Partie 1 de ce guide puisque dans cette seconde partie, la mesure initiale a été réalisée par rapport à une source déjà suspectée. En revanche, certaines étapes restent communes ou partiellement communes et un renvoi au chapitre adéquat de la Partie 1 est fait dans la suite du document.

¹⁴ Ceci n'implique pas de réaliser les mesures conformément à la stratégie d'échantillonnage définie pour les mesures de surveillance de la QAI selon le LAB-REF 30.

1. TETRACHLOROETHYLENE (PCE)

Concernant ce polluant, les deux approches possibles (#1 ou #2) pour souscrire au dispositif réglementaire sont similaires. En effet, ce composé n'est mesuré dans l'établissement qu'en cas de présence d'une installation de nettoyage à sec fonctionnant au PCE dans un local contigu à l'établissement, par un organisme externe accrédité par le COFRAC.

Par ailleurs, comme indiqué en Partie ① / 2, l'arrêté du 5 décembre 2012¹⁵ stipule que si le niveau de concentration en PCE dans l'air intérieur des locaux voisins occupés par des tiers dépasse 1250 µg/m³, une action rapide devra être menée par l'exploitant pour ramener cette concentration à un niveau aussi faible que possible, avec comme objectif la valeur guide de 250 µg/m³.

De ce fait, en cas de dépassement de la valeur de 1250 µg/m³, il convient d'en informer immédiatement la DREAL¹⁶ ou la DRIEE¹⁷ qui prendra les dispositions nécessaires pour faire appliquer les obligations citées ci-dessus.

2. FORMALHYDE ET BENZENE

Quelle que soit la méthodologie de mesure et la situation ayant déclenché les mesures initiales, une étape de consolidation des données reste nécessaire.

2.1 CONSOLIDATION DES DONNÉES

Dans le cas où les prélèvements ont été réalisés par un organisme externe, comme en Partie ① / 3.1.1, il convient que ce dernier vérifie (ou ait vérifié) :

- la conformité des paramètres utiles au calcul de la concentration : durée de prélèvement, débit utilisé pour le calcul, ... ;
- qu'aucun problème n'est survenu dans la chaîne de conservation des supports de prélèvement avant et après prélèvement (au(x) laboratoire(s) et pendant le(s) transports(s)) ;
- qu'au niveau de l'analyse, il n'existe aucun doute sur la masse de substance calculée dans l'échantillon : niveau de concentration en dehors de la gamme d'étalonnage de la substance impliquant une incertitude plus importante sur le résultat, 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 GC-FID (chromatographie en phase gazeuse couplée à une détection par ionisation de flamme)) ;
- les valeurs des blancs (analytique, de lot, de site ou de terrain), permettant ainsi de confirmer que le dépassement observé n'est pas lié à une contamination initiale des supports ;
- si des réplicats ont été réalisés, la conformité de leur l'écart relatif.

¹⁵ Modifiant l'arrêté du 31 août 2009 relatif aux prescriptions générales applicables aux installations classées pour la protection de l'environnement soumises à déclaration sous la rubrique n° 2345 relative à l'utilisation de solvants pour le nettoyage à sec et le traitement des textiles ou des vêtements.

¹⁶ DREAL : direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement

¹⁷ DRIEE : direction régionale et interdépartementale de l'environnement et de l'énergie

Dans le cas où les mesures ont été menées directement par l'établissement à l'aide de kits disponibles sur le marché, il convient de s'assurer, si cela n'a pas été fait en amont de la mesure, que le dispositif utilisé était bien adapté au contexte dans lequel il a été déployé (spécificité de la mesure, gamme de concentration, influence des conditions de température, d'humidité relative et de vitesse de vent, stabilité du débit de prélèvement sur la durée d'échantillonnage utilisée, ...). Par ailleurs, si le kit utilisé repose sur un prélèvement puis une analyse en différé, il convient de vérifier avec le laboratoire d'analyse l'ensemble des points listés ci-dessus.

Dans tous les cas, il convient également de vérifier que les recommandations de stratégie d'échantillonnage fournies dans la fiche « outils métrologiques » du [Guide Pratique](#) ont bien été respectées.

Si ces vérifications devaient conduire à identifier une source d'erreur possible dans le résultat rendu :

- **option A** : soit cette erreur est mathématique et la nouvelle concentration calculée infirme le dépassement observé et le processus d'investigations de 2nd niveau s'arrête à ce stade ;
- **option B** : soit il n'est pas possible de remonter à une concentration corrigée et dans ce cas, il conviendra de pallier les manquements métrologiques lors des mesures ultérieures préconisées ci-après.

Dans le cas de l'option **B** ou si aucune source d'erreur n'a été identifiée, **il convient de poursuivre le processus d'actions proposé ci-après**, selon la situation ayant déclenché les mesures ([S1](#) à [S4](#)).

Si des mesures de QAI sont à nouveau effectuées (dans le cadre des situations [S1](#) à [S4](#) décrites ci-après), pour évaluer l'efficacité des actions mises en œuvre, **il est recommandé de faire appel à un organisme externe**, accrédité selon le **référentiel COFRAC** pour la mesure de la substance visée (prélèvement et analyse). Sauf précisions particulières dans la suite du document, les recommandations relatives aux **stratégies d'échantillonnage spatiales et temporelles** à appliquer sont celles indiquées dans la **fiche « outils métrologiques »**. Si après la mise en œuvre des différentes actions proposées, les niveaux de concentration devaient rester supérieurs aux valeurs-limites, il conviendra de s'interroger sur le fait que la source suspectée soit la seule en cause dans le dépassement observé. Dans ce cas, une recherche de sources, comme décrit en Partie ① / 3.3 pourra être déployée.

2.2 [S1](#) SOURCE EXTÉRIEURE, CONTIGÜE AU BÂTIMENT

Les sources identifiées dans le [Guide Pratique](#), pour ce cas de figure, sont le stockage d'hydrocarbures (bidons d'essence, cuve à fioul) et/ou de machines à moteur thermique, en sous-sol par exemple.

Dans le cas de sources déplaçables dans un autre local, non attenant à l'établissement, il convient de les enlever du local actuel, de le nettoyer et de le ventiler correctement avant de procéder à de nouvelles mesures.

Dans le cas d'une source non déplaçable, il convient d'étanchéifier au maximum le contenant de la source et de mettre en place des événements vers l'extérieur du local, en s'assurant que le point de rejet se situe à au moins 8 m des ouvrants et/ou entrées d'air.

Une fois les mesures de gestion adaptées mises en œuvre, il convient de vérifier que les niveaux de concentration ont effectivement été abaissés.

2.3 RÉNOVATION (PEINTURE, REVETEMENTS, ...) DANS UNE PIÈCE

2.3.1 Mesures initiales réalisées avant réintégration des locaux

Si les conditions d'occupation des locaux le permettent, il convient, *a minima* pour quelques jours, de reporter la réintégration des occupants dans la pièce et de la ventiler au maximum, tout en favorisant les émissions des matériaux pour épuiser leur potentiel émissif.

Il convient par la suite de vérifier que les niveaux de concentration ont effectivement été abaissés. Il est important de ne pas réaliser ces mesures en conditions d'hyper aération/ventilation qui ne seraient pas représentatives des conditions usuelles d'occupation des locaux.

Si les conditions d'occupation des locaux ne permettent pas de reporter l'intégration des occupants dans la pièce, une solution peut être, si les conditions météorologiques et/ou les systèmes d'aération/ventilation le permettent, de placer la pièce en hyper aération/ventilation, tout en respectant les consignes de sécurité et de vérifier par une mesure que cette solution temporaire permet d'occuper les locaux avec des niveaux de concentrations acceptables. En revanche, ces niveaux de concentration devront à nouveau être évalués en configuration usuelle d'occupation de la pièce.

2.3.2 Mesures initiales réalisées après réintégration des locaux

Dans le cas où ces travaux ont eu lieu juste avant la mise œuvre du [Guide Pratique](#), les mesures initiales ont pu avoir lieu alors que les occupants ont déjà réintégré les locaux. Sur le principe de ce qui a été proposé ci-dessus, soient les occupants peuvent être déplacés dans une autre pièce afin de mettre en place les mesures de gestions décrites ci-dessus, soit la pièce reste occupée en conditions d'hyper aération/ventilation, comme mentionné ci-dessus.

Les mêmes consignes s'appliquent pour la vérification des niveaux de concentration.

2.4 RENOUVELLEMENT COMPLET DU MOBILIER DANS UNE PIÈCE

Pour cette situation, les mesures initiales ont eu lieu alors que les occupants ont déjà réintégré les locaux. De ce fait, les actions à mettre en œuvre sont similaires à celles décrites ci-dessus en Partie ② / 2.3.2.

2.5 **S4** SOURCE EXTÉRIEURE, NON CONTIGÜE AU BÂTIMENT

Dans ce cas de figure, les mesures initiales ont dû être réalisées à l'intérieur mais aussi à l'extérieur de l'établissement. Des sources de formaldéhyde et de benzène étant également présentes en air intérieur, il convient d'évaluer la contribution de l'air extérieur dans la concentration mesurée. Pour cela, il est recommandé d'appliquer une incertitude de $\pm 30\%$ à chaque concentration (incertitude fixée pour une mesure indicative)⁵.

S'il s'avère que les **concentrations intérieures** ne sont **pas significativement supérieures aux concentrations extérieures**, cela indique que **l'environnement extérieur de l'établissement représente une source majoritaire**. Dans ce cas :

- une inspection précise de l'emplacement des entrées d'air est à effectuer en premier lieu afin de vérifier qu'elles ne sont pas situées à côté d'une source potentielle de benzène et/ou de formaldéhyde ;
- si plusieurs sources extérieures de benzène ont été identifiées dans la grille du [Guide Pratique](#) destinée à l'équipe de gestion (trafic mais aussi installation industrielle), une exploitation des chromatogrammes par le laboratoire peut donner des pistes sur la localisation de la source en utilisant le(s) ratio(s) de concentration toluène/benzène cf. page 20) si le toluène a également été quantifié sur le support de prélèvement ;
- il peut être intéressant de consulter un historique de données de concentrations extérieures à proximité de l'établissement concerné (données AASQA¹⁸ par exemple) pouvant permettre d'appréhender une variabilité temporelle (teneur moyenne continue ou pics de concentration épisodiques), afin de relativiser le dépassement observé.

Dans le cas où les **concentrations intérieures** sont **significativement supérieures aux concentrations extérieures**, la **démarche technique proposée en partie ①** (obtention d'informations complémentaires → mesures de confirmation → recherche de sources) peut être appliquée.

2.6 DEPLOIEMENT D'UN KIT EN DEHORS DES SITUATIONS FLECHÉES DANS LE GUIDE PRATIQUE

Si un kit devait avoir été déployé en dehors des situations visées par le [Guide Pratique](#), il est possible, une fois la consolidation des données décrites en Partie ② / 2.1, de s'appuyer sur la démarche technique proposée en partie ① (obtention d'informations complémentaires → mesures de confirmation → recherche de sources).

¹⁸ Association Agréée de Surveillance de la Qualité de l'Air.

REFERENCES

- 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**.
- BRGM-INERIS. Gestion des sites et sols pollués : Guide pratique pour la caractérisation des gaz du sol et de l'air intérieur en lien avec une pollution des sols et/ou des eaux souterraines. **2015**, en cours de parution.
- COFRAC. Exigences spécifiques pour l'accréditation des organismes procédant aux mesures de surveillance de la qualité de l'air intérieur dans les établissements recevant du public. LAB REF 30 – Révision 00. **2012**.
- CSTB-DESE/Santé n°2012-086R. Guide d'application pour la surveillance du confinement de l'air dans les établissements d'enseignement, d'accueil de la petite enfance et d'accueil de loisirs. **2012**.
- ECB. European Union Risk assessment Report. Toluene, volume 30. **2003**.
- Guibet J.C. Les carburants et la combustion. Technique de l'ingénieur, Doc. BM 2 520. **2005**.
- INERIS-DRC-04-56770-AIRE-n°1056-IZd. Exposition par inhalation au benzène, toluène, éthylène et xylène (BTEX) dans l'air - Sources, mesures et concentrations. **2004**.
- LCSQA/CSTB-EMD-INERIS/DRC-08-94298-15176A. Elaboration de protocoles de surveillance du formaldéhyde, du benzène et du monoxyde de carbone dans l'air des lieux clos ouverts au public. **2008**.
- LCSQA-EMD. 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. **2011**.
- LCSQA-INERIS-DRC-08-94304-15167A. Mesure du formaldéhyde. **2008**.
- LCSQA-INERIS-DRC-11-118241-04733A. Note relative à la mesure du formaldéhyde, synthèse des travaux **2010**.
- LCSQA-INERIS-DRC-12-126743-09487A. Guide d'application pour la surveillance du formaldéhyde et du benzène dans les établissements d'enseignement, d'accueil de la petite enfance et d'accueil de loisirs : *Stratégie d'échantillonnage et positionnement des résultats*. **2012**.
- LCSQA-INERIS-DRC-10-111595-01710A. Bilan/veille sur la qualité de l'air intérieur à un niveau national et international : travaux récents et nouveaux instruments disponibles. **2013**.
- LCSQA-MD. Guide Méthodologique pour la surveillance du benzène dans l'air ambiant. **2014**.
- Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie (MEDDE). Décret n°2011-1727 du 2 décembre 2011 relatif aux valeurs-guides pour l'air intérieur pour le formaldéhyde et le benzène. **2011**.
- Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie (MEDDE). Décret n°2015-1000 du 17 août 2015 relatif aux modalités de surveillance de la qualité de l'air intérieur dans certains établissements recevant du public. **2015**.

- Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie (MEDDE). Décret n°2015-1926 du 30 décembre 2015 modifiant le décret no 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. **2015**.
- Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie (MEDDE). Guide Pratique pour une meilleure qualité de l'air dans les lieux accueillant des enfants. **2015**.
- Ministère de la Santé et des Sports (MSS) et Institut National de Veille Sanitaire (InVS). Guide pratique : *Gestion de la qualité de l'air intérieur - Établissements recevant du public*. **2010**.
- 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**.
- Norme 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**.
- 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**.
- 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**.
- 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**.

LISTE DES ANNEXES

Repère	Désignation	Nombre de pages
Annexe 1	Synthèse des niveaux de concentration mesurés lors de la campagne pilote écoles & crèches (2009-2011) et des actions mises en œuvre en cas de dépassement des valeurs-limites	4
Annexe 2	Rappel du positionnement des résultats en fonction des valeurs de référence et implications associées en cas de dépassement	2
Annexe 3	Rappel de quelques exigences métrologiques et des normes disponibles pour la mesure du formaldéhyde	3
Annexe 4	Rappel de quelques exigences métrologiques et des normes disponibles pour la mesure du benzène	3
Annexe 5	Sources et facteurs contribuant à la qualité de l'air intérieur des locaux, notamment pour le formaldéhyde et le benzène	2
Annexe 6	Exemple de fiche de suivi des activités	2
Annexe 7	Dispositifs de mesures disponibles pour conduire une recherche de source (liste non exhaustive)	1
Annexe 8	Méthodes alternatives de mesure des émissions de matériaux <i>in situ</i> utilisant un échantillonnage passif	1
Annexe 9	Exemples de mesures correctives	2

Annexe 1

Synthèse des niveaux de concentration mesurés lors de la campagne pilote écoles & crèches (2009-2011) et des actions mises en œuvre en cas de dépassement des valeurs-limites

Annexe 1

Diligentée et financée par le ministère en charge d'écologie, en lien avec les ministères chargés de la santé et de l'éducation nationale, cette campagne a été menée avec l'appui technique et organisationnel, au niveau national, de l'INERIS¹⁹, dans le cadre de ses missions au sein du LCSQA²⁰, et du CSTB²¹. Les mesures ont été réalisées par les AASQA²². Des spécialistes en audit technique des bâtiments sont également intervenus pour le diagnostic des établissements.

Cette campagne pilote a été menée dans 310 écoles et crèches (901 pièces) réparties sur toute la France. Pour chaque établissement, une à huit pièces ont été investiguées, en présence des occupants et hors vacances scolaires, à deux saisons (une campagne de mesure en période « estivale » et l'autre en période « hivernale »). Chaque campagne de mesures a eu lieu du lundi matin au vendredi après-midi, soit 4,5 jours, à l'aide de prélèvements dits passifs.

Les statistiques présentées ci-après, relatives au **formaldéhyde** (FA) et au **benzène**, (BE) sont basées sur les concentrations maximales annuelles (moyenne de la mesure « été » et « hiver ») mesurées pour chaque établissement.

Répartition des MAXIMA annuels			Répartition des MAXIMA annuels		
FA (µg/m ³)	à l'échelle de l' ETABLISSEMENT		BE (µg/m ³)	à l'échelle de l' ETABLISSEMENT	
0 à ≤ 10	13,6%	80,7%	0 à ≤ 2	31,7%	31,7%
10 à ≤ 30	67,1%		2 à ≤ 5	65,2%	67,7%
30 à ≤ 50	15,8%	19,3%	5 à ≤ 10	2,5%	
50 à ≤ 100	3,5%		> 10	0,6%	0,6%
> 100	0,0%	0,0%			

Formaldéhyde

- 19,3 % des établissements avaient au moins une pièce investiguée dont la concentration moyenne annuelle dépassait la valeur-guide réglementaire de 30 µg/m³ et pour 3,5 % des établissements, cette teneur dépassait 50 µg/m³ ;
- Aucun des établissements n'avait une pièce dont la teneur moyenne annuelle dépassait la VL.

Benzène

- 3,1 % des établissements avaient au moins une pièce investiguée dont la concentration moyenne annuelle dépassait la valeur-guide réglementaire de 5 µg/m³ ;
- 0,6 % des établissements avaient au moins une pièce dont la concentration moyenne annuelle dépassait la valeur-limite réglementaire.

A noter que pour les établissements dont la concentration maximale annuelle en benzène est comprise entre 2 et 10 µg/m³, cette dernière est similaire à la concentration en extérieur dans 78 % des cas.

¹⁹ Institut national de l'environnement industriel et des risques

²⁰ Laboratoire central de surveillance de la qualité de l'air

²¹ Centre Scientifique et Technique du Bâtiment

²² Associations agréées de surveillance de la qualité de l'air

Annexe 1

Concernant le **confinement**, les résultats sont synthétisés dans le schéma ci-dessous.



Pour quelques établissements, les valeurs-limites réglementaires relatives au formaldéhyde et au benzène (soit $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour le formaldéhyde et $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour le benzène) ont pu être dépassées dans certaines pièces, soit pour la concentration annuelle, soit pour l'une des concentrations saisonnières.

Les cas enregistrés sur l'ensemble de la campagne pilote relatifs à ces deux paramètres ainsi que les actions de gestion mises en œuvre sont synthétisés ci-après. En revanche, aucune investigation complémentaire n'a été engagée sur la seule base d'un indice de confinement égal à 5.

En termes de gestion de ces dépassements, les résultats étaient discutés en comité de pilotage national²³ et un plan d'actions était proposé aux acteurs locaux²⁴ pour mise en œuvre par leurs soins. Selon les besoins des investigations à mener, l'INERIS a mis à disposition des instruments de mesure en continu et certaines analyses ont été réalisées au sein du CSTB.

Concernant le **formaldéhyde**, **deux établissements** ont été concernés par des **dépassements de la valeur-limite**, sur une seule saison.

Pour l'un deux, des concentrations en formaldéhyde jusqu'à $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ont été enregistrées, même après mesure de confirmation²⁵. Les actions suivantes ont alors été mises en place : dans un premier temps, des travaux simples ont été rapidement entrepris (création d'ouverture en partie basse et haute de la pièce) afin d'améliorer la ventilation des classes. Ensuite, une cartographie des concentrations à l'aide d'un appareil de mesure en continu a été réalisée. Bien que les résultats de cet instrument soient indicatifs, ils ont permis d'identifier une source potentielle de formaldéhyde en lien avec les matériaux de la toiture. Une analyse de la composition de la toiture (tests en chambre d'émission) qui datait des années 60 a confirmé la source, incriminant un matériau de sous-face. La mairie a alors envisagé de retirer complètement la source par la réfection totale de la couverture.

Pour l'autre établissement, des teneurs comprises entre 140 et $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ont été mesurées pendant la campagne de mesure « hivernale ». Après réception des résultats, les échanges avec l'établissement afin de retracer les événements ayant pu avoir lieu la semaine de la mesure ou la semaine précédente ont rapidement permis d'identifier qu'une opération de désinfection de la crèche avait été réalisée le vendredi

²³ Ministères, Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME), Fédération Atmo, CSTB, INERIS.

²⁴ Gestionnaire d'établissement, DREAL (Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement), ARS (Agence régionale de santé), AASQA, CETE (Centre d'études techniques de l'équipement devenu CEREMA).

²⁵ En termes de gestion, après chaque constatation de dépassement, les mesures ont été rapidement renouvelées dans l'ensemble des pièces de l'établissement, selon le même protocole que la mesure initiale, afin de confirmer ou d'infirmer les résultats obtenus afin d'écarter « faux-positif » et vérifier que le dépassement s'inscrivait effectivement dans la durée et n'était pas lié à un phénomène ponctuel.

Annexe 1

avant les mesures. Cette piste étant identifiée, les investigations complémentaires menées ont montré que le produit utilisé, qui n'était pas celui habituellement mis en œuvre, contenait 3 % (poids/volume) de formaldéhyde. De plus, un suivi continu des concentrations a également permis d'identifier un défaut de fonctionnement de la ventilation mécanique (VMC) double-flux. Une aération intensive des locaux et une remise en fonctionnement de la VMC ont permis d'atteindre des niveaux de concentration satisfaisants ($< 20 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Enfin, pour plusieurs établissements, des concentrations comprises entre 50 et $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ont été enregistrées. Lorsque ces teneurs étaient retrouvées pour les deux campagnes de mesure, une recherche de sources a pu être conduite à l'aide de tests d'émission *in-situ* des surfaces de la pièce (programme de travail de l'Ecole des Mines de Douai dans le cadre du LCSQA).

Concernant le **benzène**, **quatre établissements** ont été concernés par des **dépassements de la valeur-limite**.

Pour le premier, une concentration de l'ordre de $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ avait été mesurée en période « hivernale » dans l'une des salles de classe alors que pour les quatre autres classes étudiées les concentrations étaient inférieures à $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Les mesures de confirmation n'avaient en revanche pas confirmé ce dépassement. En période « estivale », l'ensemble des concentrations était inférieur à $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Cet établissement ayant été investigué lors de la première phase de la campagne pilote (2009-2010), il a de nouveau été surveillé lors de la seconde phase (2010-2011) et aucun dépassement n'a été constaté.

Pour le deuxième établissement, le schéma était similaire avec une concentration mesurée dans l'une des salles de classe en période « hivernale » de l'ordre de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ alors que pour les trois autres classes, les concentrations étaient inférieures à $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Les mesures de confirmation n'avaient pas confirmé ce dépassement et l'ensemble des concentrations en période « estivale » était inférieur à $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. L'audit technique des bâtiments avait identifié deux sources potentielles de benzène (bombe à neige artificielle utilisée en période « hivernale » et produits de nettoyage) qui ont été infirmées après consultation du centre anti-poison.

Tout comme pour le premier établissement, cet établissement a également été surveillé lors de la seconde phase et alors que les concentrations mesurées en période « hivernale » étaient cette fois tout à fait satisfaisantes pour les quatre salles de classe investiguées ($< 2 \mu\text{g}/\text{m}^3$), un nouveau dépassement a eu lieu lors des mesures « estivales » ($\sim 11 \mu\text{g}/\text{m}^3$) dans la salle de classe où un dépassement avait été enregistré lors de la première phase.

Une cartographie des concentrations retrouvées dans les différentes pièces de l'établissement en benzène, mais aussi toluène, éthylbenzène et xylènes a été réalisée à l'aide d'un analyseur en continu. Ces investigations ont mis en évidence le stockage d'engins à moteurs (tondeuses) et de carburants dans un local technique au rez-de-chaussée du bâtiment où la concentration en benzène, sur une heure, était de plus de $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Après déplacement des sources identifiées en dehors du bâtiment et nettoyage du local, des nouvelles mesures ont été réalisées, et les concentrations enregistrées étaient inférieures à $2,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dans les salles de classe et de l'ordre de $4,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dans le local technique.

Annexe 1

Pour un troisième établissement, un dépassement ponctuel a également été enregistré dans l'une des salles de classe lors des mesures « hivernales » ($\sim 18 \mu\text{g}/\text{m}^3$) alors que les résultats de la campagne de mesure « estivale » ayant eu lieu en amont étaient inférieurs à $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Les mesures de confirmation ont par ailleurs indiqué des niveaux de concentration inférieurs à $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Cet établissement ayant été investigué lors de la deuxième phase, des mesures ultérieures n'ont pas été conduites.

Enfin, concernant le quatrième établissement, les concentrations mesurées en période « estivale » étaient toutes inférieures à $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$. En revanche, lors de la seconde série de mesures en période « hivernale » une concentration de $12,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a été mesurée dans l'une des salles de classe ($< 5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les autres salles). Les mesures de confirmation ont mis en évidence une concentration encore plus élevée en benzène dans cette salle de classe. Dès lors, différentes investigations ont été menées. Des mesures à l'aide d'autres dispositifs (actif, suivi continu) ont notamment été mises en œuvre, les occupants de la salle faisant l'objet d'un dépassement déplacés dans d'autres pièces. *In fine*, la teneur élevée en benzène n'a pas été explicitée (source non identifiée ou confirmée par observations des acteurs sur place, questionnaires d'activités, etc.). Des mesures d'air du sol ont par ailleurs été réalisées afin de permettre une caractérisation des sols qui ont permis d'indiquer que ces sols ne présentaient pas de danger pour la santé humaine vis à vis de la volatilité du benzène pour l'usage du site. La gestion finale de ce dépassement s'est limitée au cercle des acteurs locaux.

Enfin, à l'instar du formaldéhyde, des concentrations comprises entre 5 et $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de benzène ont été mesurées pour plusieurs établissements. Dans certains cas, selon l'historique du site, des mesures d'air du sol ont été réalisées afin d'identifier un potentiel problème de pollution de ce dernier. Pour l'un des établissements, les teneurs supérieures à $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ quantifiées dans certaines salles de classe semblaient liées aux grilles d'aération d'un parking souterrain situées juste en dessous des ouvrants.

Annexe 2

Surveillance de la QAI conformément au LAB-REF 30 :
Rappel du positionnement des résultats en fonction des
valeurs réglementaires et des implications associées en cas
de dépassement

Annexe 2

Les éléments présentés dans cette annexe sont extraits du guide d'application pour la surveillance du formaldéhyde et du benzène dans les établissements d'enseignement, d'accueil de la petite enfance et d'accueil de loisirs, disponible dans le site du LCSQA en ligne : <http://www.lcsqa.org/rapport/2012/ineris/guide-surveillance-formaldehyde-benzene-etablissements-enseignement-enfance>

Pour rappel, une opération de surveillance relative à un établissement correspond à une campagne de mesures qui est constituée de deux séries (périodes) de prélèvements (dénommées ci-après série n°1 et série n°2).

Le tableau ci-après illustre les données à déterminer pour le positionnement des résultats.

	SUBSTANCE (hors benzène)			BENZENE		
Pièce instrumentée	Série n°1	Série n°2	Moyenne annuelle	Série n°1	Série n°2	Moyenne annuelle
Pièce 01	« X »	« X »	« X »	« X »	« X »	« X »
...	« X »	« X »	« X »	« X »	« X »	« X »
Pièce n	« X »	« X »	« X »	« X »	« X »	« X »
Moyenne	« X »	« X »	« X »	« X »	« X »	« X »
Maximum	« X »	« X »	« X »	« X »	« X »	« X »
Extérieur				« X »	« X »	« X »

Les textes réglementaires relatifs aux modalités de la surveillance mentionnent différents jeux de valeurs de référence :

- **Valeur-guide** (v-guide) : niveau de concentration de polluants dans l'air intérieur fixé, pour un espace clos donné, dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine, à atteindre, dans la mesure du possible, dans un délai donné. Ces valeurs ont été définies en regard d'une exposition long-terme ;
- **Valeur-limite** (v-limite) : valeur pour laquelle des investigations complémentaires doivent être menées et pour laquelle le préfet de département du lieu d'implantation de l'établissement doit être informé.

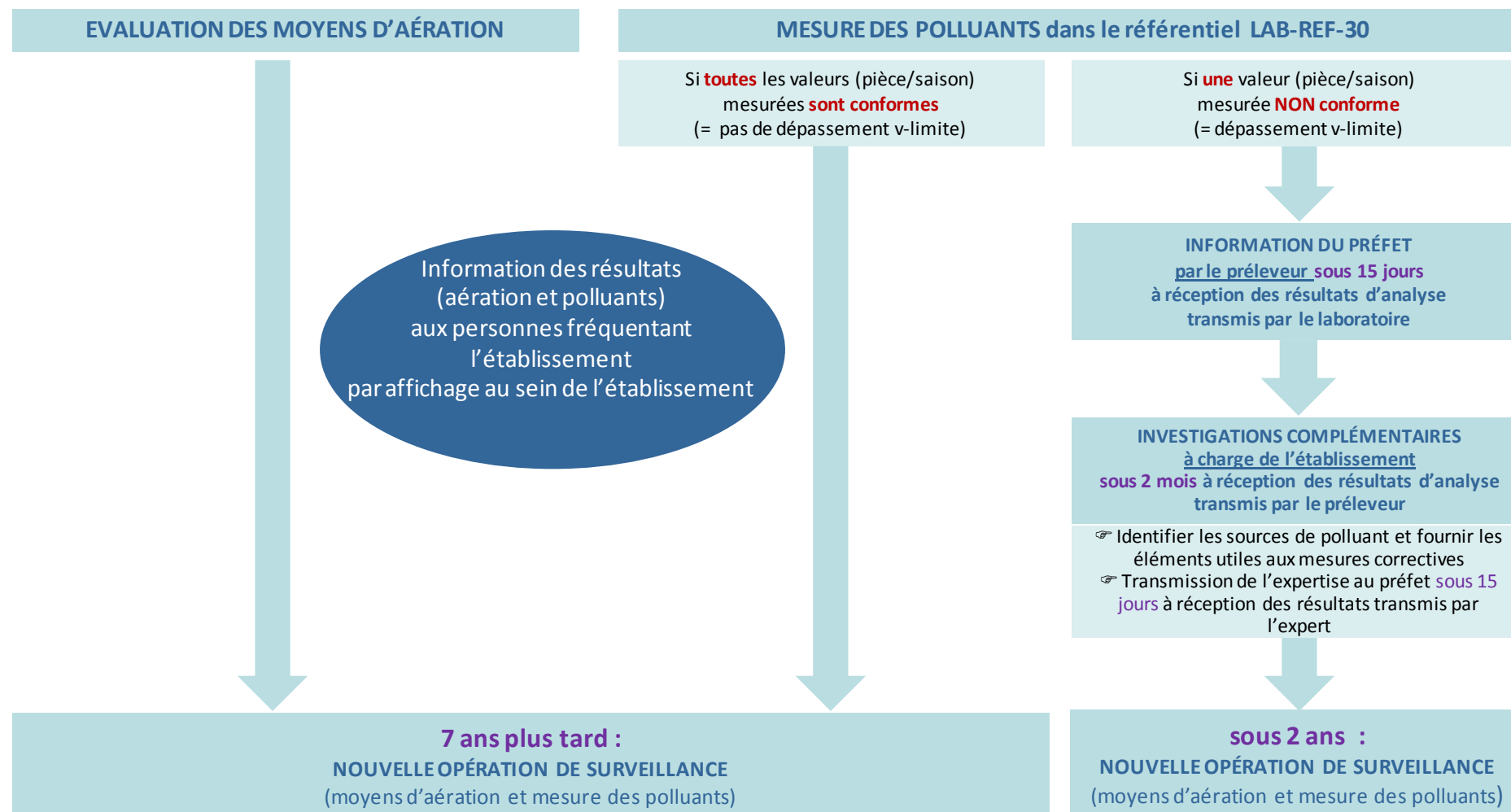
Ainsi, le positionnement des résultats doit porter sur deux types de comparaison :

- d'une part, les concentrations mesurées pour chaque pièce lors de **chaque série de prélèvement**, et pour chaque substance (cases  et  du tableau ci-dessus), devront être comparées aux **valeurs-limites ad hoc** ;
- d'autre part, les **moyennes annuelles** (moyennes des deux séries de prélèvement) de chaque pièce (cases  du tableau 3) devront être comparées aux **valeurs-guide ad hoc** ;

Par ailleurs, pour le **benzène**, les concentrations mesurées en intérieur sont également à **comparer à la concentration mesurée en extérieur**.

Seul le dépassement des valeurs-limites implique le déclenchement obligatoire d'investigations complémentaires. Le schéma ci-après synthétise l'enchaînement des actions associées à un dépassement et les modalités d'information des personnes concernées.

Schéma récapitulatif des actions à conduire en fonctions des résultats de la surveillance :



Annexe 3

Rappel de quelques exigences métrologiques et des normes
disponibles pour la mesure du formaldéhyde

Annexe 3

Les éléments présentés dans cette annexe sont extraits des protocoles de surveillance dans les lieux clos ouverts au public, réalisées par le LCSQA en 2008 et en 2012, ainsi que dans LAB REF 30. Ils sont disponibles en ligne :

<http://www.lcsqa.org/thematique/missions-diverses/air-interieur/elaboration-de-protocoles-de-surveillance-du-formaldehyde>

<http://www.lcsqa.org/rapport/2012/ineris/guide-surveillance-formaldehyde-benzene-etablissements-enseignement-enfance>

<http://www.cofrac.fr/documentation/LAB-REF-30>

Technique de prélèvement :

Le prélèvement du formaldéhyde doit se faire selon les préconisations de la norme NF EN ISO 16000-4 : le prélèvement se fait par diffusion à travers une membrane poreuse (corps diffusif) jusqu'à une surface de piégeage imprégnée de DNPH (cartouche d'adsorbant). La durée de prélèvement est de 4,5 jours (exposition long-terme).

Conservation et transport de l'échantillon :

Avant et après prélèvement, les cartouches, hermétiquement fermés, sont conservées au réfrigérateur à environ 4°C, à l'abri de la lumière. Pendant le transport, les cartouches sont placées dans un conteneur adapté opaque, hermétiquement fermé et réfrigéré à une température de 4°C.

Entre le prélèvement et l'analyse de la cartouche, la période de réfrigération (à 6°C) ne doit pas excéder 30 jours. Si les échantillons doivent être transportés vers un laboratoire central pour analyse, il convient de réduire la période de non-réfrigération au maximum, de préférence à moins de deux jours.

Il est conseillé de ne pas utiliser des cartouches de DNPH datant de plus de six mois.

Technique d'analyse :

Le protocole de préparation et d'analyse des échantillons, pour la mesure du formaldéhyde, doit suivre les recommandations de la norme NF EN ISO 16000-4. La méthode est fondée sur la réaction spécifique du formaldéhyde avec le 2,4-dinitrophénylhydrazine (DNPH) en présence d'acide pour former un dérivé stable. La quantité de dérivé DNPH est désorbée chimiquement, puis analysée par chromatographie en phase liquide à haute performance (HPLC) avec détection ultraviolet (UV)

Les limites de détection et de quantification doivent être suffisamment basses pour permettre de mesurer les concentrations du composé recherché.

Calcul de la concentration de formaldéhyde par échantillon²⁶ :

L'analyse des cartouches permet de déterminer la masse de composé prélevée au cours de la durée d'exposition du système de prélèvement. La concentration, dans les conditions d'exposition du tube, est déterminée à partir de l'équation générale, dérivée de la 1^{ère} loi de Fick, qui s'applique à tout type de préleveur passif.

La concentration en formaldéhyde, $C_{\text{formaldéhyde}}$ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) est calculée selon l'équation suivante (A). Il faut noter que le débit de prélèvement peut être dépendant de la température lors du prélèvement. Il conviendra donc de s'assurer que le débit de prélèvement considéré est valide pour la température moyenne enregistrée durant le

²⁶ En police turquoise, les éléments non documentés et/ou imposés par le LAB-REF 30.

Annexe 3

prélèvement. Dans le cas contraire, il faut appliquer la correction nécessaire, selon les recommandations du fournisseur.

$$C_{\text{formaldéhyde}} = \frac{[m_{\text{éch, dérivé}} - m_{\text{blanc(ana), dérivé}}] \times \frac{M_{\text{formaldéhyde}}}{M_{\text{dérivé}}} 10^3}{Q_T \times t} \quad (\text{A})$$

où $m_{\text{éch, dérivé}}$ est la masse (ng) de DNPH-formaldéhyde dans la cartouche échantillon ;
 $m_{\text{blanc(ana), dérivé}}$ est la masse moyenne (ng) de DNPH-formaldéhyde déterminée dans les blancs analytiques ;
 $M_{\text{formaldéhyde}}$ est la masse moléculaire du formaldéhyde 30,03 g/Mol ;
 $M_{\text{dérivé}}$ est la masse moléculaire du DNPH-formaldéhyde : 210,15 g/Mol ;
 Q_T est la valeur donnée du débit de prélèvement (cm^3/min) à la température T (K) ;
t est la durée du prélèvement (min).

Blancs de site :

Le blanc de site (ou blanc de terrain, ou témoin) est une cartouche placée sur site durant la période de prélèvement, et subissant le même traitement que les échantillons, excepté le fait que l'air ne pénètre pas dans la cartouche (non exposée). Chaque campagne de mesures sur site (ou série de prélèvement) doit comprendre au minimum 1 blanc de site. Les blancs de site sont ensuite analysés selon la même procédure que les cartouches exposées.

La concentration en formaldéhyde mesurée dans le blanc de site ne doit pas dépasser la limite de tolérance fixée par le laboratoire. Si cela n'est pas respecté, le résultat est à invalider. La concentration mesurée dans les blancs de site ne doit pas être soustraite de la masse de benzène mesurée dans la cartouche de prélèvement. [Il conviendra de préciser, pour chaque résultat, la concentration dans le blanc de site²⁷.](#)

Blancs de lot :

Le blanc de lot est une cartouche conservée au laboratoire, n'ayant subi aucun traitement (ni transport sur site, ni prélèvement), et qui appartient au même lot de cartouches que les échantillons. [Un minimum de 3 blancs de lot \(même lot de cartouches conditionnées\) est à réaliser, de manière à être en mesure d'en estimer une moyenne.](#)

[Une valeur seuil de 500 ng de formaldéhyde pour un prélèvement passif est définie comme seuil « acceptable » pour la masse moyenne présente dans les blancs de lot. Si cela n'est pas respecté, le résultat est à invalider.](#)

La concentration en formaldéhyde mesurée dans les blancs de lot doit être soustraite de la masse de formaldéhyde mesurée dans la cartouche de prélèvement pour déterminer la concentration finale exprimé. [Il conviendra de préciser, pour chaque résultat, la masse moyenne de formaldéhyde déterminée dans les blancs de lot \(avec son écart-type\).](#)

Réplicats :

Dans l'une des pièces échantillonnées, 2 tubes à diffusion sont placés en parallèle, à quelques centimètres de distance, en suivant la même procédure de prélèvement. L'écart entre ces réplicats sera comparé à un critère de conformité défini en fonction de l'incertitude de mesure estimée.

²⁷ En police turquoise, les éléments non documentés et/ou imposés par le LAB-REF 30.

Incertitudes associées aux résultats :

L'incertitude associée à la mesure obtenue est dépendante de trois composantes principales :

- L'incertitude liée au prélèvement et à l'analyse,
- L'incertitude liée à la stratégie d'échantillonnage d'un point de vue de la représentativité temporelle
- L'incertitude liée à la stratégie d'échantillonnage d'un point de vue de la représentativité spatiale.

A minima, l'estimation de l'incertitude liée au prélèvement et à l'analyse doit être réalisée. Cette estimation doit être conforme au guide pour l'expression de l'incertitude de mesure (norme NF ISO/CEI GUIDE 98-3), dont une mise en application à la mesure du benzène est donnée dans le guide FD X43-070-3 pouvant servir de documents supports pour le formaldéhyde.

L'incertitude sur le prélèvement va principalement dépendre de l'incertitude sur le débit de prélèvement. A titre d'informatif, l'incertitude données pour le débit de prélèvement du formaldéhyde dans le cas de l'utilisation d'un préleveur Radiello® est de 13,8% (k=2), pour une humidité relative comprise dans l'intervalle 15-90% et avec une vitesse d'air comprise entre 0,1 et 10 m/s.

Références normatives relatives à la mesure du formaldéhyde :

- **Norme expérimentale XP X43-402** : Qualité de l'air : Stratégie d'échantillonnage des polluants chimiques de l'atmosphère intérieure des locaux – Recommandations. 1995 ;
- **Norme expérimentale XP X43-407** : Qualité de l'air : Audit de la qualité de l'air dans les locaux non industriels – Bâtiments à usage d'enseignement. 2006 ;
- **Norme NF EN ISO 16000-1** : Air intérieur, Partie 1 : Aspects généraux de la stratégie d'échantillonnage. 2006 ;
- **Norme NF EN ISO 16000-2** : Air intérieur, Partie 2 : Stratégie d'échantillonnage du formaldéhyde. 2006 ;
- **Norme NF EN ISO 16000-4** : Air intérieur, Partie 4 : Dosage du formaldéhyde – Méthode par échantillonnage diffusif. 2006 ;
- **Norme NF EN 689** : Air des lieux de travail : Conseils pour l'évaluation aux agents chimiques aux fins de comparaison avec des valeurs limites et stratégie de mesurage. 1995 ;
- **Norme NF ISO/CEI GUIDE 98-3** : Incertitude de mesure – Partie 3 : Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure (GUM:1995). 2014 ;
- **Fascicule de documentation FD X43-070-3** : Qualité de l'air : Guide pratique pour l'estimation de l'incertitude de mesure des concentrations en polluants dans l'air ambiant, Partie 3 : Estimation des incertitudes sur les mesurages de benzène sur site par tube à diffusion suivis d'une désorption thermique et d'une analyse chromatographique en phase gazeuse. 2008 ;
- **Fascicule de documentation FD X43-070-5** : Qualité de l'air : Guide pratique pour l'estimation de l'incertitude de mesure des concentrations en polluants dans l'air ambiant, Partie 5 : Estimation des incertitudes sur les mesurages de benzène sur site par pompage suivis d'une désorption thermique et d'une analyse chromatographique en phase gazeuse. 2008

Annexe 4

Rappel de quelques exigences métrologiques et des normes
disponibles pour la mesure du benzène

Annexe 4

Les éléments présentés dans cette annexe sont extraits des protocoles de surveillance dans les lieux clos ouverts au public, réalisées par le LCSQA en 2008 et en 2012, ainsi que dans LAB REF 30. Ils sont disponibles en ligne :

<http://www.lcsqa.org/thematique/missions-diverses/air-interieur/elaboration-de-protocoles-de-surveillance-du-formaldehyde>

<http://www.lcsqa.org/rapport/2012/ineris/guide-surveillance-formaldehyde-benzene-etablisements-enseignement-enfance>

<http://www.cofrac.fr/documentation/LAB-REF-30>

Technique de prélèvement :

Le prélèvement du benzène doit se faire selon les préconisations de la norme NF EN ISO 16017-2 : le prélèvement se fait par diffusion à travers une membrane poreuse (corps diffusif) jusqu'à une surface de piégeage composée de carbograph 4 (cartouche d'adsorbant). La durée de prélèvement est de 4,5 jours (exposition long-terme).

Conservation et transport de l'échantillon :

Avant le prélèvement, les cartouches ou tubes d'adsorption, hermétiquement fermés, sont conservées à température ambiante. La durée maximale de conservation est de 3 mois avant prélèvement.

Après l'exposition, les échantillons, hermétiquement fermés, doivent être réfrigérés à une température de 6°C. La durée maximale entre le prélèvement et l'analyse ne doit pas dépasser 1 mois.

Technique d'analyse :

Le protocole de préparation et d'analyse des échantillons, pour la mesure du benzène, doit suivre les recommandations de norme NF EN ISO 16017-2. La quantité de benzène piégée sur tube à adsorption est thermodésorbée à l'aide d'une unité de thermodésorption, puis séparée en chromatographie en phase gazeuse et quantifiée par un détecteur à ionisation de flamme (GC-FID). La spectrométrie de masse (MS) ou la double détection MS/FID peuvent aussi être utilisées pour l'analyse des échantillons.

Les limites de détection et de quantification doivent être suffisamment basses pour mettre de mesurer les concentrations du composé recherché.

Calcul de la concentration du benzène par échantillon²⁸ :

L'analyse des cartouches permet de déterminer la masse de composé prélevée au cours de la durée d'exposition du système de prélèvement. La concentration, dans les conditions d'exposition du tube, est déterminée à partir de l'équation générale, dérivée de la 1ère loi de Fick, qui s'applique à tout type de préleveur passif.

La concentration en benzène, $C_{\text{benzène}}$ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) est calculée selon l'équation suivante (B). Il faut noter que le débit de prélèvement peut être dépendant de la température lors du prélèvement. Il conviendra donc de s'assurer que le débit de prélèvement considéré est valide pour la température moyenne enregistrée durant le prélèvement. Dans le cas contraire, il faut appliquer la correction nécessaire, selon les recommandations du fournisseur.

²⁸ En police turquoise, les éléments non documentés et/ou imposés par le LAB-REF 30.

Annexe 4

$$C_{\text{benzène}} = \frac{[m_{\text{éch, benzène}} - m_{\text{blanc(ana), benzène}}] \times 10^3}{Q_T \times t} \quad (\text{B})$$

où $m_{\text{benzène}}$ est la masse (ng) de benzène dans la cartouche échantillon ;
 $m_{\text{blanc(ana), benzène}}$ est la masse moyenne (ng) de benzène déterminée dans les blancs analytiques ;
 Q_T est la valeur donnée du débit de prélèvement (cm^3/min) à la température T (K) ;
 t est la durée du prélèvement (min).

Blancs de site :

Le blanc de site est une cartouche placée sur site durant la période de prélèvement, et subissant le même traitement que les échantillons, excepté le fait que l'air ne pénètre pas dans la cartouche (non exposée). Chaque campagne de mesures sur site (ou série de prélèvement) doit comprendre au minimum 1 blancs de site. Les blancs de site sont ensuite analysés selon la même procédure que les cartouches exposées.

La concentration en benzène mesurée dans les blancs de site ne doit pas dépasser la limite de tolérance fixée par le laboratoire. Si cela n'est pas respecté, le résultat est à invalider.

La concentration mesurée dans les blancs de site ne doit pas être soustraite de la masse de benzène mesurée dans la cartouche de prélèvement. [Il conviendra de préciser, pour chaque résultat, la concentration dans le blanc de site²⁹.](#)

Blancs de lot :

Le blanc de lot est une cartouche conservée au laboratoire, n'ayant subi aucun traitement (ni transport sur site, ni prélèvement), et qui appartient au même lot de cartouches que les échantillons

La concentration en formaldéhyde mesurée dans les blancs de lot doit être soustraite de la masse de formaldéhyde mesurée dans la cartouche de prélèvement pour déterminer la concentration finale exprimée. [Il conviendra de préciser, pour chaque résultat, la masse moyenne de formaldéhyde déterminée dans les blancs de lot \(avec son écart-type\).](#)

Réplicats :

Pour assurer un contrôle qualité de la mesure, 2 prélèvements en parallèle doivent être réalisés dans l'une des pièces échantillonnées, à quelques centimètres de distance, en suivant la même procédure de prélèvement. L'écart entre ces réplicats sera comparé à un critère de conformité défini en fonction de l'incertitude de mesure estimée.

Incertitudes associées aux résultats :

L'incertitude associée à la mesure obtenue est dépendante de trois composantes principales :

- L'incertitude liée au prélèvement et à l'analyse (ou incertitude de la mesure) ;
- L'incertitude liée à la stratégie d'échantillonnage d'un point de vue de la représentativité temporelle ;

²⁹ En police turquoise, les éléments non documentés et/ou imposés par le LAB-REF 30.

- L'incertitude liée à la stratégie d'échantillonnage d'un point de vue de la représentativité spatiale.

A minima, l'estimation de l'incertitude liée au prélèvement et à l'analyse doit être réalisée. Cette estimation doit être conforme au guide pour l'expression de l'incertitude de mesure (norme NF ISO/CEI GUIDE 98-3), dont une mise en application à la mesure du benzène est donnée dans le guide FD X43-070-3 (échantillonnage passif).

A titre informatif, Dans le cas d'un prélèvement passif, l'incertitude élargie ($k=2$) intégrant les étapes de prélèvement et d'analyse a été estimée à 10,7%.

Références normatives relatives à la mesure du benzène :

- **Norme expérimentale XP X43-402** : Qualité de l'air : Stratégie d'échantillonnage des polluants chimiques de l'atmosphère intérieure des locaux – Recommandations. 1995 ;
- **Norme expérimentale XP X43-407** : Qualité de l'air : Audit de la qualité de l'air dans les locaux non industriels – Bâtiments à usage d'enseignement. 2006 ;
- **Norme NF EN ISO 16000-1** : Air intérieur, Partie 1 : Aspects généraux de la stratégie d'échantillonnage. 2006 ;
- **Norme NF EN ISO 16000-5** : Air intérieur, Partie 5 : Stratégie d'échantillonnage pour les composés organiques volatils (COV). 2007 ;
- **Norme NF EN ISO 16000-6** : Air intérieur, Partie 6 : Dosage des composés organiques volatils dans l'air intérieur des locaux et chambres d'essai par échantillonnage actif sur le sorbant Tenax TA(R), désorption thermique et chromatographie en phase gazeuse utilisant MS ou MS/FID. 2012 ;
- **Norme NF EN ISO 16017-2** : Air intérieur, air ambiant et air des lieux de travail – Echantillonnage et analyse des composés organiques volatiles par tube à adsorption/désorption thermique/chromatographie en phase gazeuse sur capillaire, Partie 1 : Echantillonnage par diffusion. 2003 ;
- **Norme NF ISO/CEI GUIDE 98-3** : Incertitude de mesure – Partie 3 : Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure (GUM:1995). 2014 ;
- **Fascicule de documentation FD X43-070-3** : Qualité de l'air : Guide pratique pour l'estimation de l'incertitude de mesure des concentrations en polluants dans l'air ambiant, Partie 3 : Estimation des incertitudes sur les mesurages de benzène sur site par tube à diffusion suivis d'une désorption thermique et d'une analyse chromatographique en phase gazeuse. 2008 ;
- **Fascicule de documentation FD X43-070-5** : Qualité de l'air : Guide pratique pour l'estimation de l'incertitude de mesure des concentrations en polluants dans l'air ambiant, Partie 5 : Estimation des incertitudes sur les mesurages de benzène sur site par pompage suivis d'une désorption thermique et d'une analyse chromatographique en phase gazeuse. 2008.

Annexe 5

Sources et facteurs contribuant à la qualité de l'air intérieur
des locaux, notamment pour le formaldéhyde et le benzène

Annexe 5

Les éléments présentés dans cette annexe sont extraits du **guide pratique sur la gestion de la qualité de l'air intérieur dans les établissements recevant du public**, publié par la Direction générale de la santé et l'Institut de veille sanitaire.

Le document complet est disponible en ligne sous le lien suivant :

<http://www.sante.gouv.fr/IMG/pdf/guid0910.pdf>.

SOURCES ET FACTEURS CONTRIBUANT A LA QUALITE DE L'AIR A L'INTERIEUR DES LOCAUX



SOURCES POTENTIELLES DE FORMALDEHYDE EN AIR INTERIEUR

Exemples de sources	+/- *		Typologies de sources	
- Photochimie	-		Environnement extérieur	Air extérieur/Sources diffuses
- Panneaux de particules, panneaux de fibres, en bois agglomérés	+		Matériaux et ameublements	Matériaux neufs ou peu anciens
- Panneaux de bois brut, peintures à phase solvant, matériaux contenant des composés à base de formaldéhyde (liants ou colles urée-formol)	+		Matériaux et ameublements	Matériaux neufs ou peu anciens
- Livres et magazines neufs	+		Occupants/Activités	Vie quotidienne
- Produits d'usage courant (produits d'entretien et de traitement, produits d'hygiène corporelle et cosmétiques)	+		Occupants/Activités	Vie quotidienne
- Combustion, fumée de cigarettes	+		Occupants/Activités	Tabac
- Photocopieurs	+		Équipements et hygiène générale	Équipements de bureau

* : - : pollutions mineures ; + : pollutions potentiellement importantes.

SOURCES POTENTIELLES DE BENZENE EN AIR INTERIEUR

Exemples de sources	+/- *		Typologies de sources	
- Carburants	+		Environnement extérieur	Air extérieur/Sources diffuses
- Terrains contaminés par d'anciennes activités industrielles (gaz du sol)			Environnement extérieur	Sols pollués/sources enterrées
- Fumée de cigarette			Occupants/Activités	Loisirs et bricolage
- Produits de bricolage	+		Occupants/Activités	Loisirs et bricolage
- Ameublement, produits de construction et de décoration	-		Matériaux et ameublements	Matériaux neufs ou peu anciens

* : - : pollutions mineures ; + : pollutions potentiellement importantes.

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.

Annexe 6

Exemple de fiche de suivi d'activités

Annexe 6

	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
6:00						
6:30						
7:00						
7:30						
8:00						
8:30						
9:00						
9:30						
10:00						
10:30						
11:00						
11:30						
12:00						
12:30						
13:00						

Annexe 6

	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
13:30						
14:00						
14:30						
15:00						
15:30						
16:00						
16:30						
17:00						
17:30						
18:00						
18:30						
19:00						
19:30						
20:00						
20 :30						

Annexe 7

Dispositifs de mesures disponibles pour conduire une
recherche de sources (liste non exhaustive)

Appareils de mesure en temps réel

Substance	Nom commercial de l'appareil Marque	Portabilité	Type d'appareil
Formaldéhyde	Interscan	+	Détecteur Interférents possibles
Formaldéhyde	Formaldemeter htV-m de chez PPM Technology	+	Détecteur Interférents possibles
Formaldéhyde	FP-30 de chez RKI Instrument	+	Détecteur Interférents possibles
Formaldéhyde	AL 4021 de chez Aérolaser	-	Analyseur
Formaldéhyde	Airmo HCHO de chez Chromatotec	-	Analyseur
Formaldéhyde/ benzène	IN'AIR Solutions	+	Analyseur
Formaldéhyde/ benzène	Blue X-FLR8 IAQ monitoring de chez Blue Industry & Sciences	-	Analyseur
Benzène	AMA, Syntech, Environnement SA, Chromatotec → surveillance du benzène dans l'air ambiant	-	Analyseur

Les dispositifs permettant une réponse globale multi-gaz, 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 :

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

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) :

- Pour le formaldéhyde :
 - LCSQA-INERIS-DRC-08-94304-15167A. Mesure du formaldéhyde. **2008**.
 - LCSQA-INERIS-DRC-11-118241-04733A. Note relative à la mesure du formaldéhyde, synthèse des travaux **2010**.
 - LCSQA-INERIS-DRC-10-111595-01710A. Bilan/veille sur la qualité de l'air intérieur à un niveau national et international : travaux récents et nouveaux instruments disponibles. **2013**.
- Pour le benzène :
 - LCSQA-MD. Guide Méthodologique pour la surveillance du benzène dans l'air ambiant. **2014**.

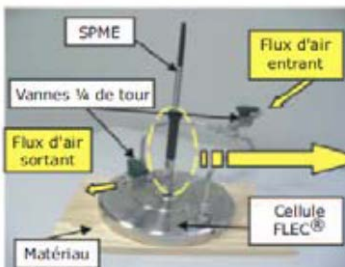
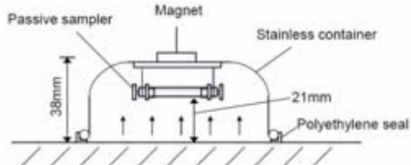
Annexe 8

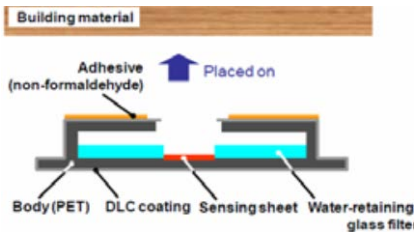
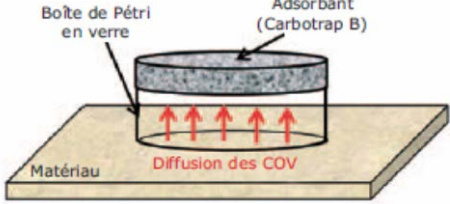
Méthodes alternatives de mesure des émissions de matériaux
in situ utilisant un échantillonnage passif

Annexe 8

Les éléments présentés dans cette annexe sont extraits du rapport 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 et disponible en ligne : <http://www.lcsqa.org/rapport/2011/emd/mesure-formaldehyde-volet-2b-test-echantillonneur-passif-mesure-in-situ-taux-emissi>.

Ce rapport se concentre sur le formaldéhyde, cependant les éléments présentés peuvent être adapté 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

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

Le département Chimie et Environnement de l'Ecole des Mines de Douai a réalisé un développement expérimental (Blondel, 2010) à partir de la technique de Shinohara *et al.* (2007). Cette technique a été déployée lors de la campagne pilote de surveillance de la QAI dans les écoles et les crèches pour les établissements dont les concentrations en formaldéhyde ne dépassaient pas la valeur-limite mais étaient supérieures ou de l'ordre de 50 µg/m³.

Annexe 9

Exemples de mesure corrective

Annexe 9

Les éléments présentés dans cette annexe sont extraits du **guide pratique sur la gestion de la qualité de l'air intérieur dans les établissements recevant du public**, publié par la Direction générale de la santé et l'Institut de veille sanitaire et disponible en ligne : <http://www.sante.gouv.fr/IMG/pdf/quid0910.pdf>.

Sources ou facteurs	Type de mesure	Descriptif de la mesure	Prestataire(s) possible(s)
 Environnement extérieur			
Air extérieur/ Sources diffuses	Solution de première intention	Installation système de filtration (éventuellement ventilation double-flux)	BET thermique
	Solution de seconde intention	Action sur l'environnement	
Air extérieur/ sources ponctuelles	Action 1 – Si l'action de l'occupant a un sens (exemple : ouvrir ou fermer les fenêtres)		
	Mesures informatives et organisationnelles	• Information adéquate de l'occupant	Responsable d'établissement
		• Réorganisation des tâches	Exploitant
	Action 2 – Action sur la source		
	Solution de première intention	• Suppression/Protection de la source	Propriétaire et/ou exploitant de la source
	Action 3 – Action sur le système de ventilation (si l'investigation a mis en évidence des entrées d'air)		
	Solution onéreuse et efficace	• Installation système de filtration (éventuellement ventilation double-flux)	BET thermique
	ou	Solution adaptée (exemple : bâtiment complexe, environnement complexe, ventilation complexe)	
	Si zone d'air non polluée facilement identifiable	• Déplacement des entrées d'air	BET thermique (conception et MOE)
	Sinon	• Système de ventilation "sur mesure"	BET spécialisé en traitement risques émergents (conception et MOE)

Sources ou facteurs	Type de mesure	Descriptif de la mesure	Prestataire(s) possible(s)
Sols pollués/ sources enterrées	Action 1 – Action sur la source (si possible)		Selon type prestation (s'adresser à la Dreal)
	Sinon ou en parallèle si insuffisant		
	Action 2 Investigations et prescriptions	• Identifier les voies d'entrée et préconiser des solutions pour : - étanchéifier le sol du bâtiment ; - améliorer la ventilation ; - traiter les soubassements ; - si nécessaire, techniques "lourdes" (système de dépressurisation des sols).	BET spécialisé en traitement risques émergents (conception et MOE)
	Travaux	• Mettre en œuvre les travaux préconisés	Entreprise(s) BTP et/ou CVC selon préconisations
 Équipements et hygiène générale			
Pathologie/ dysfonctionnement du système CVC (chauffage- ventilation- climatisation)	Action 1 – Solution de première intention	• Inspection/Nettoyage du système	BET thermique
	Action 2 – Solutions de seconde intention	• Nouvelle conception	BET thermique
		• Nouvelle installation CVC	Entreprises CVC, sous MOE BET thermique
Équipements de bureau (exemple : imprimantes, etc.)	Investigation approfondie	• Inventaire des sources et des habitudes d'occupation	Référent QAI ou équivalent
	Mesures informatives organisationnelles	• Éliminer les sources (renouvellement du matériel) et modification des habitudes d'occupation	Responsable d'établissement
 Pollutions spécifiques (laboratoires, art technique...)			
	Action 2 – Solution de seconde intention	• Installation d'un système d'extraction spécifique/Source	BET CVC