





Avant-Propos

La pollution atmosphérique est depuis déjà longtemps une préoccupation sanitaire et environnementale des pays industrialisés. Les principales sources en sont les véhicules, les usines et les appareils de chauffage qui brûlent des ressources fossiles telles que le charbon, le pétrole ou le gaz naturel, en émettant dans l'air des gaz et des particules potentiellement néfastes pour la santé et l'environnement.

Longtemps restée mal connue, la pollution des espaces clos est au contraire une préoccupation plus récente. Aujourd'hui la qualité de l'air intérieur est très sérieusement prise en considération par les pouvoirs publics de pays développés tels que la France, comme en témoigne plusieurs actions du Plan national santé environnement (PNSE) et de récentes dispositions législatives¹ qui rendent obligatoires la surveillance de la qualité de l'air intérieur de certains établissements recevant du public ainsi que l'étiquetage des matériaux de construction sur leurs émissions de substances volatiles.

En effet, la qualité de l'air intérieur représente un enjeu majeur de santé publique du fait de la conjugaison de nombreux facteurs : (i) de multiples substances peuvent se retrouver dans l'air intérieur, (ii) les sources à leur origine sont nombreuses, (iii) les effets associés à ces substances sont de plusieurs types et vont de la simple gêne olfactive à des pathologies chroniques beaucoup plus lourdes et/ou graves (asthme, maladies cardio-vasculaires, cancer du poumon...), (iv) nous passons quotidiennement 85% de notre temps en moyenne dans des environnements intérieurs (habitats, établissements scolaires, établissements de loisirs, bureaux, établissements commerciaux, de santé...) (v) et enfin, toute la population est concernée.

La connaissance de la qualité de l'air au sein d'un espace clos tel un bâtiment devient donc une clef essentielle, depuis sa mise en œuvre et tout au long de sa durée de vie. Dans ce cadre, l'évaluation de la qualité de l'air intérieur d'un bâtiment neuf ou rénové est particulièrement intéressante pour s'inscrire davantage dans le cadre d'une démarche HQE dont une des cibles concerne la qualité sanitaire de l'air, mais aussi pour capitaliser les données recueillies à partir de retours d'expérience de telles mesures afin d'améliorer les connaissances voir d'identifier des pistes d'amélioration pour la conception de futurs bâtiments.

Il convient aujourd'hui d'être collectivement acteurs d'une meilleure qualité de l'air de nos espaces intérieurs de vie et de poursuivre les actions de recherche, d'évaluation et de gestion en lien avec cette thématique d'intérêt majeur.

Valérie PERNELET-JOLY,
Chef d'unité, direction de l'évaluation des risques,
Agence nationale de sécurité sanitaire (Anses)

¹ Article 40 de la loi Grenelle 1 du 3 août 2009 et article 180 de la loi Grenelle 2 du 12 juillet 2010.



Sommaire

INTRODUCTION 4

1. PRÉCONISATIONS..... 5

2. POLLUANTS D'INTÉRÊT SANITAIRE A MESURER..... 6

3. METHODES DE PRELEVEMENT ETD'ANALYSE..... 7

A. Le dioxyde d'azote (NO₂) 7

B. Le monoxyde de carbone (CO) 7

C. Le benzène 8

E. Le formaldéhyde 10

F. Les particules PM_{2,5} 13

G. Le radon 13

4. STRATEGIE D'ECHANTILLONNAGE 15

5. COMPARAISON AUX VALEURS DE REFERENCE SANITAIRE..... 17

REMERCIEMENTS 22

Version	Date de publication
V0 – pour appel à commentaires	Février 2018
V1	Mars 2018
V2	Mai 2021

INTRODUCTION



Les règles d'application pour l'évaluation de la qualité de l'air intérieur d'un bâtiment neuf ou rénové définissent un protocole de mesure des polluants de l'air intérieur dans le contexte particulier de la réception du bâtiment. Ce document méthodologique s'inscrit dans le cadre de référence HQE Performance que l'Association HQE est en train de définir. Il vise à évaluer, dans une perspective de développement durable, la performance de bâtiments de toutes typologies.

Ces présentes règles ont été élaborées par le Groupe de travail « Indicateurs santé– confort », ouvert à tous les experts du secteur et animé par le Docteur Fabien Squinazi, membre d'honneur de l'Association HQE. Ce protocole concerne les bâtiments neufs ou rénovés et doit s'appliquer au moment de leur réception. On entend par réception, le transfert de propriété au maître d'ouvrage.

L'objectif de ce protocole est de déterminer une qualité de l'air intérieur en se fondant sur des valeurs de référence sanitaires, avant que les occupants n'intègrent le bâtiment. Les polluants choisis sont pour certains d'origine extérieure (dioxyde d'azote, benzène, particules fines, radon) et pour d'autres d'origine intérieure (formaldéhyde, composés organiques volatils totaux, monoxyde de carbone si source interne de combustion). Certains paramètres définis correspondent aux paramètres de références et la même méthodologie est préconisée pour leurs prélèvements.

Ce protocole se veut le plus simple possible pour être opérationnel, reproductible, admissible économiquement et être une aide cohérente minimale à la décision.

L'obtention à réception d'une bonne qualité de l'air à l'intérieur du bâtiment neuf ou rénové nécessite un travail amont sur deux sources principales de pollution :

- l'environnement extérieur. Il est marqué par les pollutions de proximité, d'origine automobile (densité du trafic et types de véhicules), des installations classées pour la protection de l'environnement (stations d'essence, pressings, industries, ...) et du sous-sol (radon, anciens sites industriels ou d'activités de service). L'environnement extérieur influe sur la qualité de l'air intérieur. Il est donc indispensable de le connaître en amont pour apporter des réponses adaptées dans le cadre du projet.
- les produits de construction, de décoration et d'ameublement (hors ameublement apporté par l'occupant) et leurs émissions de polluants volatils. Sont notamment concernés, les revêtements de sol, mur ou plafond, les cloisons et faux plafonds, les produits d'isolation, les portes et fenêtres, les produits destinés à la pose ou à la préparation de ces produits, les peintures et vernis, le mobilier. De fait, la connaissance des caractéristiques d'émission de ces produits, une fois mis en œuvre, en substances volatiles polluantes est fondamentale pour limiter cette source de pollution intérieure.

La mesure des polluants, telle que le préconisent les présentes règles d'applications, devrait garantir aux occupants du bâtiment une qualité sanitaire de l'air intérieur et montrer que les stratégies de moyens mises en œuvre lors de la conception du projet de construction ou de rénovation sont efficaces. Il reste à ces occupants de maintenir la pérennité de cette performance en maîtrisant au mieux les sources de pollution liées à leurs activités (exploitation du bâtiment).

Le travail réalisé par le Groupe de travail s'est attaché à définir les polluants pour lesquels étaient disponibles des valeurs de référence fondées sur des critères sanitaires et à développer un protocole de mesure correspondant (méthodes de prélèvement et d'analyse, stratégies d'échantillonnage) afin de renseigner les niveaux globaux de concentrations des polluants choisis dans le bâtiment neuf ou rénové à réception. Le protocole de base pourra être complété par d'autres paramètres, si l'enquête préalable aux prélèvements révèle d'autres sources potentielles de pollution (site potentiellement pollué, environnement industriel, problèmes d'humidité, etc.).



1.P RÉCONISATIONS

Précisions sur la notion de réception d'un bâtiment neuf :

Il est préconisé d'effectuer les mesures avant que l'occupant n'ait mis en place son propre ameublement. Ceci dans l'optique de la caractérisation du bâtiment en lui-même.

La circulation et le renouvellement d'air (par l'aération et le système de ventilation) sont essentiels pour assurer une bonne qualité de l'air intérieur car ils permettent d'évacuer les polluants résiduels de l'air intérieur du bâtiment.

Le premier Test HQE Performance, mené en 2011, sur les mesures de qualité de l'air intérieur de bâtiments neufs à réception, a montré que le bon fonctionnement des installations de ventilation avait une influence notable sur les valeurs obtenues lors des mesures. C'est pourquoi il est préconisé, dans le cas d'une utilisation de ce protocole, de procéder préalablement à une vérification des installations de ventilation des bâtiments investigués pour s'assurer de la représentativité des valeurs obtenues.

Les acteurs pourront se référer au protocole de vérification des installations de ventilation proposé par Effinergie : « protocole de contrôle des systèmes de ventilation demandant le label Effinergie plus ».

La perméabilité à l'air de l'enveloppe du bâtiment est un élément préalable à prendre également en compte vis-à-vis de la qualité de l'air intérieur.

2. POLLUANTS D'INTÉRÊT SANITAIRE A MESURER

Le tableau 1 présente les polluants retenus.

Les concentrations obtenues seront ensuite comparées aux valeurs de référence en air intérieur, c'est-à-dire les valeurs de gestion recommandées par le Haut Conseil de la Santé Publique ou d'autres instances sanitaires (OMS), ou par défaut, les valeurs guides sanitaires d'air intérieur (VGAI) proposées par l'Agence nationale de sécurité sanitaire (ANSES).

Les polluants à mesurer correspondent aux émissions potentielles des éléments du bâtiment, sans activités humaines qui sont aussi à l'origine d'émissions de certains des polluants retenus. Il faut noter que certains des polluants retenus ont également une origine extérieure. Les concentrations mesurées apportent ainsi des informations sur la situation du bâtiment par rapport à la pollution ambiante extérieure.

Dans le cas d'une source de combustion particulière, il est proposé de mesurer le monoxyde de carbone à proximité de la source. Tous les polluants sont mesurés sur un pas de temps plus long (mesure long terme) afin d'obtenir une concentration moyenne intégrée sur plusieurs jours.

Polluant retenu	Prélèvement de courte durée	Prélèvement de longue durée	Origine principalement extérieure
<i>Dioxyde d'azote (NO₂)</i>		5 jours	x
<i>Monoxyde de carbone (CO) si source</i>		5 jours	
<i>Benzène</i>		5 jours	x
<i>Formaldéhyde</i>		5 jours	
<i>Particules (PM_{2,5} et PM₁₀)</i>		5 jours	x
<i>Radon²</i>		60 jours	x
<i>Composés organiques volatils majoritaires</i>		5 jours	

Tableau 1 : Polluants d'intérêt sanitaire retenus par le Groupe de travail

² Il est préconisé d'effectuer ce prélèvement dans tous les cas.



3. METHODES DE PRELEVEMENT ET D'ANALYSE

Les éléments techniques décrits ci-dessous sont destinés aux opérateurs réalisant les prélèvements et analyses afin de cadrer leur prestation d'un point de vue méthodologique.

Chaque polluant est associé à un protocole de mesure qui lui est propre. L'air est prélevé à 1,50 m du sol (hauteur des voies respiratoires d'une personne debout).



A. Le dioxyde d'azote (NO₂)

Les principaux éléments du protocole sont extraits du rapport de l'Anses : Propositions de valeurs guides d'air intérieur – Le dioxyde d'azote.

La méthode de mesure par prélèvement par diffusion passive, mise en oeuvre sur une durée minimale de 7 jours, est préconisée pour la comparaison de mesures à la valeur guide long terme proposée de 20 µg/m³.

Le prélèvement est réalisé sur un support imprégné d'absorbant, la triéthanolamine. Le dioxyde d'azote est chimioabsorbé par la triéthanolamine sous forme de nitrites qui sont ensuite analysés par spectrophotométrie visible ou chromatographie ionique.



B. Le monoxyde de carbone (CO)

Les principaux éléments du protocole sont extraits du document publié en mai 2007 par l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur (OQAI) : « Campagne nationale Logements – Etat de la qualité de l'air dans les logements français »

Le monoxyde de carbone est mesuré en continu à l'aide d'enregistreurs Dräger PAC III munis de capteurs électrochimiques ou par une sonde Q-Track munie d'un détecteur infra-rouge non dispersif. La mesure se présente sous la forme d'un profil de concentration en CO sur les 5 jours d'étude avec une fréquence d'intégration des mesures de 5 minutes : les valeurs mémorisées toutes les 5 minutes sont des moyennes sur cette période de temps.



C. Le benzène

Les principaux éléments du protocole sont extraits du document publié en décembre 2008 par le Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air « Air intérieur : élaboration de protocoles de surveillance du formaldéhyde, du benzène et du dioxyde de carbone dans l'air des lieux clos ouverts au public ».

PRINCIPE

La mesure de longue durée est effectuée à l'aide d'une méthode par prélèvement passif. Le prélèvement des composés organiques volatils s'effectue par diffusion à travers une membrane poreuse (corps diffusif) jusqu'à une surface de piégeage (cartouche d'adsorbant). Ce prélèvement n'implique aucun mouvement actif de l'air. Quand le préleveur passif (tube à diffusion) est exposé, un gradient de concentration s'établit entre l'air à l'extérieur du tube (où $C = C_{\text{air}}$) et l'air en contact avec la surface de l'adsorbant (où C tend vers 0 sous l'effet de l'adsorption du composé sur le matériau adsorbant). Ce différentiel de concentration va entraîner une diffusion du composé à travers la membrane poreuse, de la zone la plus concentrée en COV (air ambiant) vers la surface de l'adsorbant (cartouche) où ils sont captés et accumulés. La symétrie radiale du préleveur lui confère des débits de prélèvement élevés de plusieurs dizaines de $\text{cm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$.

Les COV prélevés sont thermodésorbés de la cartouche et transférés par un gaz vecteur inerte via un piège froid/piège à sorbant dans un chromatographe en phase gazeuse équipé d'une colonne capillaire et muni d'un détecteur à ionisation de flamme. Ce principe est décrit dans la norme ISO 16017-2.

MATÉRIEL DE PRÉLÈVEMENT

Le matériel de prélèvement se compose :

- d'une cartouche contenant un adsorbant, le carbograph 4, adapté à la thermodésorption et conservée dans un tube à essai en verre hermétiquement fermé par un bouchon en plastique ;
- d'une membrane poreuse (corps diffusif) de forme cylindrique ;
- d'une plaque d'appui dotée d'un clip d'attache.

Avant son utilisation, la cartouche doit être conditionnée thermiquement pour éliminer l'essentiel des quantités résiduelles de COV présentes initialement sur le matériau adsorbant, le carbograph 4. Le tube à adsorption est balayé par de l'air zéro sec à un débit de 10 à 30 $\text{mL} \cdot \text{min}^{-1}$ et à une température de 300 °C. La durée du conditionnement est d'au moins 24 heures. La quantité résiduelle de benzène doit être aussi faible que possible et ne pas dépasser 15 ng.

Une sonde de température, munie d'un système d'enregistrement des données, est à prévoir *a minima* pour un suivi en continu durant le prélèvement.

PROCÉDURE DE PRÉLÈVEMENT

Au moment du prélèvement, la cartouche est insérée dans le corps diffusif, le tout est vissé sur la plaque d'appui. L'ensemble est maintenu en hauteur en l'attachant à un support à l'aide du clip. La date et l'heure du début du prélèvement doivent être relevées. Lors des manipulations, ni le corps diffusif, ni la cartouche ne doivent être touchés avec les doigts.

Le système de mesure en continu de la température ainsi que son module d'acquisition au cours de la période d'exposition sont mis en fonctionnement.

La pression pouvant avoir un impact sur le débit de prélèvement par diffusion, il peut s'avérer utile de la mesurer au début et à la fin de la période de prélèvement. Il peut également être intéressant



d'avoir une mesure de l'humidité relative.

Immédiatement après le prélèvement, on retire la cartouche d'adsorbant du corps diffusif, et on la place dans son tube en verre, hermétiquement fermé. On place ensuite le tube en verre dans le conteneur de transport. On prend note de la date et d'heure de fin d'exposition. On arrête l'acquisition des données de température.

CONSERVATION ET TRANSPORT

La cartouche d'adsorbant préalablement conditionnée est conservée avant le prélèvement à température ambiante dans son tube à essai en verre hermétiquement fermé par un bouchon en plastique. La durée de conservation de la cartouche sera au maximum de trois mois.

Après l'exposition, la cartouche d'adsorbant est replacée dans son tube à essai fermé hermétiquement. Il est recommandé, dans la mesure du possible, de conserver cette cartouche d'adsorbant à 4 °C. La durée de conservation sera au maximum de 4 semaines.

ANALYSE

La quantité de COV piégée sur la cartouche 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. La Spectrométrie de Masse (SM) ou la double détection SM/FID peuvent être utilisées pour l'analyse de ces échantillons.

L'analyse de la cartouche de Carbograph 4 permet de déterminer la masse en benzène. La limite de quantification de la méthode de prélèvement et d'analyse doit être inférieure à 0,4 µg. m⁻³.



D. Les composés organiques volatils majoritaires

La mesure des composés organiques volatils est réalisée selon la norme NF EN ISO 16017-2 (Octobre 2003) : *Air intérieur, air ambiant et air des lieux de travail – Echantillonnage et analyse des composés organiques volatils par tube à adsorption/désorption thermique /chromatographie en phase gazeuse surcapillaire. Partie 2 : Echantillonnage par diffusion.*

Deux options sont proposées pour la mesure de ce paramètre. Il est préconisé, si des mesures ont déjà été faites (y compris à réception) de conserver la même méthode pour permettre les comparaisons dans le temps.

C. 1/ La mesure est effectuée à l'aide d'une méthode par prélèvement passif sur un adsorbant, par exemple le carbograph 4. La quantité de COV piégée est thermodésorbée, puis séparée en chromatographie en phase gazeuse. La Spectrométrie de Masse (SM) peut être utilisée pour l'analyse de ces échantillons.

ou

E.2/ La mesure est effectuée à l'aide d'une méthode par prélèvement passif sur un adsorbant, par exemple le carbograph 4. La quantité de COV piégée est thermodésorbée, puis séparée en chromatographie en phase gazeuse et quantifiée par un détecteur à ionisation de flamme. La Spectrométrie de Masse (SM) ou la double détection SM/FID peuvent être utilisées pour l'analyse de ces échantillons.



Avertissement : Bien que la FID soit plus stable que la SM, les deux mesures ainsi obtenues ne sont toutefois pas inter-comparables.

Quelle que soit l'option choisie il est important de demander au laboratoire de préciser le matériel et la méthode utilisée.

La méthode de mesure des COV proposée dans ce protocole exploitation est identique à la méthode utilisée par l'Observatoire de la qualité de l'air intérieur (inventaire des données françaises sur la qualité de l'air à l'intérieur des bâtiments 2003 - 2005). Il faut insister sur le fait que les résultats obtenus dépendent des méthodes d'échantillonnage, d'analyse et de quantification utilisées et qu'il convient par conséquent de les interpréter en tenant compte de la description complète de ces méthodes.

Dans le présent document, les durées et types de supports étant imposés, la méthode de calcul doit permettre de comparer les bâtiments entre eux. Le facteur de réponse et débit de piégeage de référence seront ceux du toluène.

Cette technique d'analyse permet d'identifier les 5 composés majoritaires qui pourront être quantifiés par rapport au toluène.

Il est également proposé de demander au laboratoire le profil du chromatogramme obtenu.



E. Le formaldéhyde

Les principaux éléments du protocole sont extraits du document publié en décembre 2008 par le Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air « Air intérieur : élaboration de protocoles de surveillance du formaldéhyde, du benzène et du dioxyde de carbone dans l'air des lieux clos ouverts au public ».

PRINCIPE

La mesure de longue durée est effectuée avec des échantillonneurs passifs. Le prélèvement du formaldéhyde s'effectue par diffusion à travers une membrane poreuse jusqu'à une surface de piégeage (adsorbant). Ce type de prélèvement n'implique aucun mouvement actif de l'air. Quand l'échantillonneur est exposé, un gradient de concentration s'établit entre l'air à l'extérieur de l'échantillonneur et l'air en contact avec la surface de l'adsorbant. Ce différentiel de concentration va entraîner une diffusion du composé à travers la membrane poreuse, de la zone la plus concentrée en formaldéhyde (air ambiant) vers la surface de l'adsorbant où il est capté et accumulé. Le taux de prélèvement dépend du coefficient de diffusion gazeuse du formaldéhyde. Ce taux est appelé débit de prélèvement par diffusion et est déterminé par étalonnage préalable en atmosphère normalisée. Dans le cas de capteurs à symétrie radiale, le prélèvement se fait sur toute la circonférence du tube et sur toute sa longueur ; les débits de prélèvement sont ainsi plus élevés que ceux des capteurs à diffusion axiale.

Le principe de la méthode est fondé sur la réaction spécifique du formaldéhyde avec le DNPH en présence d'acide pour former des dérivés stables. Le formaldéhyde gazeux migre à l'intérieur du préleveur par diffusion moléculaire jusqu'à la surface de piégeage imprégnée de 2,4-dinitrophenylhydrazine (adsorbant) où il est retenu sous forme d'hydrazone stable. L'hydrazone formé est désorbé au moyen d'un volume défini d'acétonitrile ; la solution peut ensuite être analysée par chromatographie en phase liquide à haute performance (HPLC) avec détection ultraviolette (UV) ou détecteur à barrettes de diode.



MATÉRIEL DE PRÉLÈVEMENT

Le prélèvement est effectué grâce à un échantillonneur passif. Il est constitué d'une membrane poreuse opaque et d'un adsorbant. L'échantillonneur est raccordé un support d'appui.

Comme préconisé dans la norme NF ISO 16000-4, le débit de prélèvement par diffusion doit être indépendant de la concentration dans l'air. Par ailleurs, le débit de prélèvement doit être influencé le moins possible par un taux d'humidité supérieur ou égal à 80 % d'humidité relative (RH) ainsi que par des vitesses d'air ambiant de l'ordre de 0,02 m/s. Il doit, a minima, rester inchangé pour une humidité relative comprise entre 15 et 80 % et une vitesse d'air comprise entre 0,1 et 10 m/s.

Une sonde de température, munie d'un système d'enregistrement des données, est à prévoir a minima pour un suivi en continu durant le prélèvement.

PROCÉDURE DE PRÉLÈVEMENT

Pour débiter le prélèvement, on retire le tube de protection de l'adsorbant du conteneur de transport. On laisse se réchauffer l'adsorbant (dans son tube de protection hermétiquement fermé) à température ambiante avant de l'introduire dans l'échantillonneur. Lors du prélèvement, ni la membrane poreuse, ni l'adsorbant ne doivent être touchés avec les doigts. Toute utilisation par la personne en charge du prélèvement, de stylos feutres ou de marqueurs dont les vapeurs peuvent contaminer les échantillons est à proscrire.

On se conformera aux instructions du fabricant pour l'assemblage de l'échantillonneur. On prendra note de la date et de l'heure du début d'exposition. La sonde pour la mesure de la température qui doit se faire en continu pendant le prélèvement ainsi que son module d'acquisition sont mis en fonctionnement.

La pression pouvant avoir un impact sur le débit de prélèvement par diffusion, il peut s'avérer utile de la mesurer au début et à la fin de la période de prélèvement. Il peut également être intéressant d'avoir une mesure de l'humidité relative.

Immédiatement après le prélèvement, on retire l'adsorbant de l'échantillonneur, et on le place dans son tube de protection, hermétiquement fermé. On place ensuite le tube de protection dans le conteneur de transport. Parallèlement, on place l'échantillonneur dans son sac de transport hermétique. On prend note de la date et d'heure de fin d'exposition. On arrête l'acquisition des données de température.

CONSERVATION ET TRANSPORT

Avant et après prélèvement, les adsorbants, placés séparément dans des tubes de protection adaptés, hermétiquement fermés, sont conservés au réfrigérateur à environ 4 °C, à l'abri de la lumière. Pendant le transport, les adsorbants, toujours conservés dans leur tube de protection, sont placés dans un conteneur adapté opaque, hermétiquement fermé et réfrigéré à une température de 4 °C.

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

Entre le prélèvement et l'analyse de l'adsorbant, il convient que la période de réfrigération n'excède pas 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.

ANALYSE

On effectue la désorption du dérivé DNPH-formaldéhyde dans une atmosphère propre.

Avant de procéder à la désorption, on laisse se réchauffer l'adsorbant, dans son tube hermétique, à température ambiante.



On réalise ensuite la désorption selon les précisions du fabricant de l'adsorbant. La désorption est réalisée au moyen d'un volume défini d'acétonitrile introduit dans un tube en verre contenant l'adsorbant. On agite à plusieurs reprises. Une fois le temps d'extraction recommandé passé, ôter l'adsorbant du tube en verre à l'aide de pinces.

La norme NF ISO 16000-4 recommande de procéder à une démonstration d'efficacité de désorption du DNPH-formaldéhyde si le mode opératoire de désorption venait à être modifié par rapport aux préconisations du fabricant. En effet, si tel est le cas, une efficacité >95% devra être démontrée pour la désorption du DNPH-formaldéhyde.

On introduit au moyen d'une pipette une aliquote du tube dans un flacon à septum téflonisé pour l'analyse par HPLC. Une seconde aliquote peut être prélevée en réserve et conservée par réfrigération jusqu'à l'obtention et la validation des résultats de l'analyse de la première aliquote. Si nécessaire, la première aliquote pourra être utilisée pour confirmer l'analyse. Si l'analyse n'est pas effectuée directement après la désorption, on conservera les solutions au réfrigérateur, à environ 4°C et à l'abri de la lumière. Il convient d'effectuer l'analyse dans les trois jours consécutifs à la désorption.

Il peut être nécessaire de filtrer l'extrait avant de procéder à l'analyse. Dans ce cas, un extrait à blanc filtré doit être analysé avec chaque lot d'échantillons afin de confirmer qu'aucune contamination n'a été introduite par le filtre.

L'analyse doit être réalisée au moyen d'un chromatographe en phase liquide à haute performance (HPLC), comportant une ou deux pompes à haute pression, un régulateur de pompe, un ou plusieurs réservoir(s) à solvant, éventuellement un mélangeur de solvant, une soupape à injection (échantillonneur automatique), une colonne de phase inverse, et un système d'acquisition de données.

La colonne doit être reliée à un détecteur UV ou à un détecteur à barrettes de diodes pouvant mesurer une absorbance à une longueur d'onde de 360 nm.

Les paramètres de fonctionnement type pour l'analyse HPLC sont ceux de la norme NF ISO 16000-3 : colonne C18 à polarité de phase inversée, phase mobile:isocratique (60% acétonitrile/40% eau en fraction volumique, volume de la boucle d'injection égal à 25 µL.

Avant chaque analyse, on vérifiera la ligne de base du détecteur pour garantir des conditions stables.

Si l'analyse n'est pas effectuée directement après la désorption, on laissera les solutions sorties du réfrigérateur revenir à température ambiante avant de procéder à l'analyse.

Après l'élution du dérivé DNPH-formaldéhyde, le formaldéhyde de l'échantillon est identifié et quantifié par comparaison de son temps de rétention et de sa hauteur ou aire de pic avec les valeurs obtenues par les solutions étalons. Il est important de vérifier que la concentration de l'analyte est comprise dans la gamme d'étalonnage. Si ce n'est pas le cas, on diluera l'échantillon avec la phase mobile ou on réduira le volume injecté dans la colonne de chromatographie. De même, les étalons et les échantillons doivent être analysés selon le même mode opératoire.

La norme NF ISO 16000-3 recommande d'examiner le chromatogramme afin de mettre en évidence une interférence due à l'ozone. Il conviendra également de vérifier visuellement sur le chromatogramme qu'il reste de la DNPH non dérivée afin de s'assurer que la capacité d'adsorption de l'échantillonneur n'a pas été dépassée.



La limite de quantification de la méthode de mesure intégrant le prélèvement sur adsorbant et l'analyse doit être inférieure à 2 µg.m⁻³.



F. Les particules PM_{2,5}

Les principaux éléments du protocole sont extraits du document publié en mai 2007 par l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur (OQAI) : « Campagne nationale Logements – Etat de la qualité de l'air dans les logements français »

Les particules sont prélevées de manière active par aspiration d'air, filtration et impaction, pendant 5 jours à l'aide d'un appareil type Microvol équipé d'un échantillonneur prélevant les particules fines (PM_{2,5}), les plus impliquées dans les problèmes sanitaires. Les appareils sont calibrés auparavant mais une vérification du débit est faite sur place au moyen d'un débitmètre à piston (par exemple, DryCal DC-M, Bios).

Les filtres sont ensuite analysés en laboratoire (pesée des filtres avant et après prélèvement) pour déterminer la concentration massique des particules de diamètre inférieur à 2,5 µm (PM_{2,5})

NOTE : L'information sanitaire étant l'idée première du protocole, il semble opportune de ne mesurer que la concentration massique des PM_{2,5}. Toutefois, afin d'affiner l'analyse de la pollution particulaire, le comptage optique des particules de diamètres inférieurs à 0,5, 1 et 5 µm peut être préconisé, en comparaison avec l'air extérieur.



G. Le radon

Les principaux éléments du protocole sont extraits du document publié en mai 2007 par l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur (OQAI) : « Campagne nationale Logements – Etat de la qualité de l'air dans les logements français »

L'activité volumique du radon est mesurée à partir de l'accumulation de traces de rayonnement alpha issus du radon et de ses descendants sur un film en nitrate de cellulose de 12 µm d'épaisseur (dosimètres Kodalpha). Deux dosimètres ouverts sont exposés pendant deux mois.

Après traitement en laboratoire, chaque impact de particules alpha laisse un trou microscopique dans un film. Le nombre d'impacts et la durée de prélèvement permettent de déduire la concentration en radon dans l'air. Un facteur de correction est appliqué pour prendre en compte les variations



saisonnères de la concentration de Radon.



4. STRATEGIE D'ÉCHANTILLONNAGE

Les spécificités et/ou contraintes des bâtiments (de par leur bâti, de l'organisation de leurs locaux, leur localisation, etc.) sont diverses et sont à prendre en considération pour la stratégie d'échantillonnage.

Ce chapitre correspond à des recommandations *a minima*. En fonction du contexte, des attentes locales et des contraintes éventuelles, des prélèvements supplémentaires peuvent être réalisés.

La stratégie d'échantillonnage proposée concerne uniquement les locaux qui sont régulièrement occupés ou fréquentés (bureaux, chambres, salles d'enseignement, salles d'activité ou de vie...). Cependant, cette stratégie d'échantillonnage ne peut être utilisée *in extenso* pour évaluer la qualité de l'air dans des locaux à pollution spécifique, susceptibles de générer des émissions spécifiques.

Description qualitative du site investigué

Deux types de questionnaires sont à renseigner par l'opérateur chargé des prélèvements. Le premier porte sur le site faisant l'objet de l'investigation ; il est rempli lors d'un contact préliminaire aux mesures sous la responsabilité de l'exploitant du bâtiment. Le second porte sur une description succincte des locaux étudiés et des activités récentes, sous la responsabilité de l'exploitant.

Le premier questionnaire, intitulé « renseignements préliminaires aux mesures » est présenté en annexe I. Il porte sur l'environnement extérieur du bâti, le bâti de manière générale, les installations de chauffage/ventilation/climatisation et la date de la fin des travaux de construction ou de rénovation. Ce questionnaire permettra également de voir si les recommandations d'échantillonnage décrites dans ce document seront applicables au site étudié et comment les appliquer au mieux.

Le second questionnaire, intitulé « questionnaire d'accompagnement de la mesure » est présenté en annexe II. Il porte sur une description succincte des locaux choisis pour l'échantillonnage (revêtements, mobilier, équipements, etc.) ainsi que sur les activités des occupants, notamment celles qui ont eu lieu juste avant le prélèvement et qui sont susceptibles d'avoir un impact sur les concentrations des paramètres mesurés dans les locaux étudiés (nettoyage, ouverture des portes et fenêtres, travaux, etc.).

Modalités des prélèvements

◆ DURÉE DE PRÉLÈVEMENT

Les prélèvements sont effectués sur site sur une durée de 5 jours ouvrés et consécutifs, dans un bâtiment en occupation et activités habituelles.

◆ CONDITIONS DE PRÉLÈVEMENT

Les prélèvements sont réalisés dans les conditions définies au programme et telles que le bâtiment est exploité.

◆ REPRÉSENTATIVITÉ SPATIALE

La littérature scientifique ne donne pas de règles quant au nombre souhaitable de points de prélèvements à échantillonner.



Dans des locaux caractéristiques de la typologie de l'ouvrage (à occupation autre que passagère), on définira des blocs homogènes par type d'usage (chambre, salle de réunion, bureau, etc.). On entend par bloc homogène un bâtiment ou partie de bâtiment présentant des propriétés de construction similaires (revêtements, vitrages, circuit de ventilation ou de climatisation, perméabilité à l'air, exposition à la pollution extérieure etc.). L'identification des blocs homogènes est sous la responsabilité de l'exploitant du bâtiment.

Ensuite, on déterminera le nombre de locaux à prélever par bloc homogène ainsi défini, soit entre 1 et 3 locaux maximum, selon la superficie du bloc homogène. Les locaux à prélever seront choisis par tirage au sort, sous la responsabilité de l'exploitant du bâtiment.

Pour chaque local investigué, le point de prélèvement doit être représentatif de l'exposition moyenne aux polluants intérieurs et il convient d'éviter les zones du local largement exposées à des courants d'air, comme les zones proches de portes et fenêtres, ainsi que les zones proches des sources de chaleur ou de ventilation. De même, il convient d'éviter les zones proches de sources spécifiques de pollution. Pour cela, le dispositif de prélèvement est placé au centre du local, ou tout du moins, à une distance d'au moins 50 cm des parois du local.

Un point de prélèvement supplémentaire à l'extérieur du bâtiment doit être réalisé pour déterminer les contributions extérieures. Il est préconisé de le réaliser en parallèle avec ceux effectués en intérieur durant la même période et avec la même méthodologie. Le point de prélèvement en extérieur sera choisi à proximité du bâtiment où les prélèvements intérieurs sont réalisés.

◆ REPRÉSENTATIVITÉ TEMPORELLE

Plusieurs études ont montré des différences significatives des concentrations de polluants en air intérieur, en période dite « froide » durant la période de chauffe du bâtiment et en période dite « chaude », comprise entre mai et fin septembre. Cette variabilité saisonnière devra être prise en compte lors de l'évaluation des données obtenues par rapport aux valeurs de référence.

◆ BLANCS ET RÉPLICATS

Chaque campagne de mesures sur site doit comprendre :

- un blanc de site (un au minimum) : un dispositif placé sur site durant la période de prélèvement et subissant le même traitement que les échantillons, excepté que l'air ne pénètre pas dans le dispositif.
- un blanc de lot (trois au minimum) : un dispositif conservé au laboratoire n'ayant subi aucun traitement (transport sur site, prélèvement) et qui appartient au même lot que les échantillons.

Les blancs de site et les blancs de lot sont ensuite analysés selon la même procédure que les dispositifs exposés.

Les résultats sont à invalider si :

- la concentration du paramètre mesuré dans le blanc de site dépasse la limite de quantification.
- la concentration moyenne du paramètre mesuré dans les blancs de lot dépasse le seuil acceptable.

La quantité moyenne mesurée dans les blancs de lot est soustraite de la quantité mesurée dans le dispositif de prélèvement pour déterminer la concentration finale exprimée.

Dans l'un des locaux investigués, 2 prélèvements sont placés en parallèle, à quelques centimètres de distance, en suivant la procédure de prélèvement décrite. L'écart entre ces répliqués ne devra pas excéder l'incertitude sur la mesure.

◆ MESURE DE LA TEMPÉRATURE ET DE L'HYGROMÉTRIE

Elle sera réalisée en continu au cours des prélèvements afin de préciser leur impact sur les mesures des paramètres étudiés.

5. COMPARAISON AUX VALEURS DE REFERENCE SANITAIRE

Les concentrations en polluants mesurées dans le bâtiment sont comparées aux valeurs de référence sanitaires présentées dans le tableau 2.

Polluant retenu	Valeurs de référence sanitaires
<i>Dioxyde d'azote (NO₂)</i>	40 µg.m ⁻³ Référence : OMS
<i>Monoxyde de carbone (CO) si source</i>	10 mg.m ⁻³ pour une exposition de 8 heures 30 mg.m ⁻³ pour une exposition d'une heure 60 mg.m ⁻³ pour une exposition de 30 mn 100 mg.m ⁻³ pour une exposition de 15 mn Diagnostic de l'installation si concentration > 10 mg.m ⁻³ pendant plus d'une minute Référence : ANSES
<i>Benzène</i>	2 µg.m ⁻³ : valeur cible à atteindre en 5 ans 5 µg.m ⁻³ : valeur repère <ul style="list-style-type: none"> • Si ≤ 5 µg.m⁻³ : aucune action • Si > 5 µg.m⁻³ : identification des sources + réduction des émissions ou amélioration de la ventilation des locaux 10 µg.m ⁻³ : valeur d'action rapide pour abaisser les teneurs en dessous de 5 µg/m ³ Référence : Haut Conseil de la Santé Publique
<i>COV majoritaires</i>	Référence : VGAI (Anses) ou VG (OMS) ou valeurs de la campagne Logements OQAI

<p><i>Formaldéhyde</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • 100 µg/m³ : Valeur Repère pour l’Air Intérieur (VRAI), égale à la VGAI, estimée en mesure de 1 h à 4 h des concentrations intérieures pour prévenir des effets aigus et chroniques liés à une exposition au formaldéhyde dans les espaces clos d’habitation, locaux accueillant du public ou dans les espaces de travail sans pollution spécifique • 30 µg/m³ : Valeur de gestion provisoire, sur un pas de temps d’une semaine au regard des difficultés techniques et du coût de réalisation des mesures, afin de garantir le respect de la VRAI/VGAI de manière répétée et continue sur la journée. <p>Référence : Haut Conseil de la Santé Publique(2019)</p>
<p><i>Particules (PM_{2,5})</i></p>	<p>24 heures : PM 2,5 : < 25 µg.m⁻³</p> <p>long terme : PM 2,5 : < 10 µg.m⁻³</p> <p>Références : ANSES – OMS</p>
<p><i>Radon</i></p>	<p>100 Bq.m⁻³</p> <p>Référence : OMS, 2009</p>

Tableau 2 : Valeurs de référence sanitaires pour les polluants à mesurer dans un bâtiment



ANNEXE

Questionnaire « Renseignements préliminaires aux mesures »

DATE

CODE DU SITE

Un questionnaire pour l'ensemble du site étudié

A remplir par l'opérateur chargé des prélèvements sous la responsabilité de l'exploitant du bâtiment

1. Environnement extérieur à proximité (rayon de 500 m) ?

1.1. Présence d'une route BR3 ou BR4 à proximité (trafic régulier et permanent en journée) ?

OUI NON

1.2. Présence d'une zone industrielle (rayon de 1 km) ou d'une autre source de pollution extérieure ?

OUI NON

1.3. Construction sur un site pollué réhabilité ?

OUI NON

1.4 Construction sur une zone avec présence de radon ?

OUI NON

1.5 Commentaires

2. Description générale du site

2.1. Année de construction/rénovation

2.2. Nombre de blocs homogènes²

Pour chaque bloc homogène

a. Nombre d'étages

b. Nombre de locaux

c. Énergie de chauffage

Gaz

Fioul

Électrique

Bois

Autre

d. Type de ventilation

Simple flux, double flux, double flux récupération, double flux thermodynamique, ventilation naturelle,

e. Présence d'un système de climatisation, si oui lequel :

2.6. Type d'ouvrants de fenêtres ?

² On entend par bloc homogène un bâtiment ou partie de bâtiment présentant des propriétés de construction similaires (revêtements, vitrages, circuit de ventilation ou de climatisation, perméabilité à l'air, exposition à la pollution extérieure etc.). L'identification des blocs homogènes est sous la responsabilité de l'exploitant du bâtiment.



ANNEXE

Questionnaire « Accompagnement de la mesure »

DATE début mesure

CODE DU SITE

DATE fin mesure :

Un questionnaire par pièce investiguée (sans activités humaines)

A remplir conjointement par l'opérateur chargé des prélèvements sous la responsabilité de l'exploitant du bâtiment

1. Description succincte du local investigué

Date de travaux éventuels dans le local

Type de revêtement au sol

- Moquette
- Parquet
- Carrelage
- Sol plastique
- Autre

1.1.1.2. Mode de fixation du revêtement de sol

Collé : OUI NON

Type de revêtement des parois

- Papier-peint
- Toile de verre + peinture
- Peinture seule
- Bois (lambris)
- Plafonds suspendus
- Autre

Mobilier : ancienneté dans le local

Type et nature du mobilier

- Aggloméré/contreplaqué
- Massif
- Plastique
- Métal

Les entrées d'air sont-elles dégagées ?

OUI NON Pas d'entrées d'air

Nature des éléments de distribution de chaleur

- Radiateurs/convecteurs
- Sol et plafond
- Climatiseur

Un système de ventilation spécifique est-il présent dans le local et si oui, de quel type ?

Simple flux, double flux, double flux récupération, double flux thermodynamique, ventilation naturelle,

2. Vérification bâti

2.1. Évènement notable?



ANNEXE

OUI NON
Si oui, descriptif rapide

3. Activité précédant les prélèvements

3.1. La pièce a-t-elle été nettoyée ?
OUI NON

Si oui, avec quels produits et à quelle date ?

3.2. La pièce a-t-elle été
aérée ou ventilée ? OUI NON

Si oui, quelle durée et à quelles dates ?

3.3. Y a-t-il eu un évènement inhabituel durant le prélèvement (dans les locaux ou à l'extérieur à proximité (feu, groupe électrogène mis en marche, etc.) ?

OUI NON

Si oui, descriptif rapide

Température et hygrométrie au cours des



REMERCIEMENTS

Ce document a été rédigé par le groupe de travail « indicateurs santé – confort » du projet HQE Performance, Animé par le Docteur Fabien SQUINAZI, du Laboratoire d'Hygiène de la Ville de Paris.

Une première version a été rédigée en 2013 puis mis à jour en 2015 et en 2021.

Ont contribué à la rédaction de ce document :

Denis Bonin,
Manon Capitan,
Emilie Dalibert, Service Parisien de Santé Environnementale
Valérie Delbart,
Juliette Larbre, Service Parisien de Santé Environnementale
Violaine Ohi-Gasteau, UNICLIMA,
Jean-Charles Ponelle, OFIS - SEURECA,
Vincent Ricard, Tera Environnement,
Rémy Saudino,
Gérard Sellam
Nathalie Sément, Alliance HQE-GBC
Lucile Berliat Camara, Cerqual,
Souad Bouallala, Ademe,
Suzanne Déoux, Médiéco,
Christophe Gérard, Certivéa,
Frédéric Hammel, Ethera,
Natacha Kinadjian Caplat,
Ludovic Marchini, Vinci Construction France,
Olivier Pétrique,
Hanitrinala Ravelomanantsoa, Service Parisien de santé environnementale,
Christèle Wojewo

L'Alliance HQE-GBC est l'association des professionnels pour un cadre de vie durable. Par les démarches volontaires qu'elle suscite en France et à l'international, l'Alliance HQE-GBC agit dans l'intérêt général pour anticiper, innover, améliorer les connaissances, diffuser les bonnes pratiques et représenter le secteur des bâtiments, aménagements et infrastructures durables.

L'Alliance HQE-GBC est le membre français du World GBC. Reconnue d'utilité publique, elle est à l'écoute de toutes les parties prenantes. L'Alliance HQE-GBC privilégie le travail collaboratif en réseau pour démultiplier son action et favoriser les échanges de proximité avec les acteurs.

