

HQE PERFORMANCE

REGLES D'APPLICATION POUR L'ÉVALUATION DE LA QUALITÉ DE L'AIR INTÉRIEUR D'UN BATIMENT NEUF OU RENOVÉ A RECEPTION

Version du 2 septembre 2013

Rédaction : Groupe de travail « indicateurs confort-santé »
du projet HQE Performance,
animé par le Docteur Fabien SQUINAZI

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 (Anses²).

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

² Née le 1^{er} juillet 2010 de la fusion entre l'Afssa (Agence française de sécurité sanitaire des aliments) et de l'Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail (Afsset), l'Agence nationale de sécurité sanitaire (Anses) est un établissement public à caractère administratif placé sous la tutelle des ministères chargés de la santé, de l'agriculture, de l'environnement, du travail et de la consommation. Grâce à son expertise scientifique, l'Anses contribue à assurer la sécurité sanitaire humaine dans les domaines de l'environnement, du travail et de l'alimentation, ainsi que la protection de la santé et du bien-être des animaux, et la protection de la santé des végétaux.

Sommaire

Introduction.....	4
I.Préconisations	6
II.Polluants d'intérêt sanitaire à mesurer	7
III.Méthodes de prélèvement et d'analyse	8
A.Le dioxyde d'azote (NO ₂).....	8
B.Le monoxyde de carbone (CO).....	8
C.Le benzène	8
D.Composés organiques volatils totaux (TCOV).....	10
E.Le formaldéhyde	11
F.Les particules PM _{2,5} et PM ₁₀	14
G.Le radon.....	14
IV.Stratégie d'échantillonnage.....	15
A.Description qualitative du site investigué	15
B.Modalités des prélèvements.....	15
V.Comparaison aux valeurs de référence sanitaires.....	18

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 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 oeuvre, 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 oeuvre 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.).

Ce travail repose sur les éléments disponibles au moment de la rédaction du document et pourra faire l'objet de mise à jour si nécessaire selon les nouvelles connaissances sur la qualité de l'air à l'intérieur des bâtiments.

I. Préconisations

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 ».

II. Polluants d'intérêt sanitaire à 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 sur un pas de temps très court (mesure court terme). Cette mesure se fait à proximité de la source. Les autres 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>	x		
<i>Benzène</i>		5 jours	x
<i>Formaldéhyde</i>		5 jours	
<i>Particules (PM_{2,5} et PM₁₀)</i>		5 jours	x
<i>Radon³</i>		60 jours	x
<i>Composés organiques volatils totaux (COVT)</i>	x		

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

³ Il est préconisé d'effectuer ce prélèvement dans tout les cas.

III. Méthodes de prélèvement 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 document publié en 2002 par le Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air : Echantillonneurs passifs pour le dioxyde d'azote.

Le prélèvement est réalisé par diffusion passive axiale sur un support imprégné de triéthanolamine (Tube Passam®) durant cinq jours. Le dioxyde d'azote est chimioabsorbé par la triéthanolamine sous forme de nitrites qui sont ensuite analysés par spectrophotométrie visible.

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. Composés organiques volatils totaux (TCOV)

L'ensemble des composés organiques volatils ne peut être mesuré par un prélèvement passif en raison de leurs vitesses différentes de diffusion. Il est proposé de les mesurer par un prélèvement actif de 1heure, ce prélèvement pouvant être effectué à la fin des prélèvements passifs.

La norme NF ISO 16000-6 (2012) précise les modalités de prélèvement et d'analyse des COV totaux par pompage. Les COV sont piégés, au moyen d'une pompe à un débit de l'ordre de 50 mL/mn, sur un tube rempli d'un adsorbant (Tenax TA). Les composés sont ensuite désorbés thermiquement, séparés par chromatographie en phase gazeuse et détectés par spectrométrie de masse, en mode impact électronique.

La charge organique globale peut être évaluée par le calcul de l'indice COV totaux. Cet indice est calculé en sommant les réponses des composés ayant 6 à 16 atomes de carbone dont l'élution est comprise entre le n-hexane et le n-hexadécane sur la colonne chromatographique. Les teneurs des composés identifiés sont calculées par rapport à la réponse obtenue pour le toluène. Le résultat est exprimé en µg.m⁻³ équivalent 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 (tubes à diffusion). Le prélèvement du formaldéhyde s'effectue par diffusion à travers une membrane poreuse (corps diffusif) jusqu'à une surface de piégeage (cartouche d'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 du tube 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 (cartouche) 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 ultraviolet (UV) ou détecteur à barrettes de diode.

MATÉRIEL DE PRÉLÈVEMENT

Le prélèvement est effectué grâce à un tube à diffusion à symétrie radiale. Il est constitué d'un corps diffusif (membrane poreuse) opaque et d'une cartouche cylindrique contenant l'adsorbant. La membrane munie de sa cartouche d'adsorbant est ensuite vissée sur une plaque 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 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 débuter le prélèvement, on retire le tube de protection contenant la cartouche d'adsorbant du conteneur de transport. On laisse se réchauffer la cartouche (dans son tube de protection hermétiquement fermé) à température ambiante avant de l'introduire dans le corps diffusif. Lors du prélèvement, ni la membrane poreuse du corps diffusif, ni la cartouche ne doivent être touchées 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 par diffusion. 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 la cartouche d'adsorbant du corps diffusif, et on la place dans son tube de protection, hermétiquement fermé. On place ensuite le tube de protection dans le conteneur de transport. Parallèlement, on place le corps diffusif 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 cartouches, placées séparément dans des tubes de protection adaptés, hermétiquement fermés, sont conservées au réfrigérateur à environ 4 °C, à l'abri de la lumière. Pendant le transport, les cartouches, toujours conservées dans leur tube de protection, sont placées dans un conteneur adapté opaque, hermétiquement fermé et réfrigéré à une température de 4 °C.

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

Entre le prélèvement et l'analyse de la cartouche, 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 la cartouche, dans son tube hermétique, à température ambiante.

On réalise ensuite la désorption selon les précisions du fabricant de la cartouche. La désorption est réalisée au moyen d'un volume défini d'acétonitrile introduit dans un tube en verre contenant la cartouche. On agite à plusieurs reprises. Une fois le

temps d'extraction recommandé passé, ôter la cartouche 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'éluion 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 cartouche et l'analyse doit être inférieure à $2 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

F. Les particules PM_{2,5} et PM₁₀

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 à deux têtes (PM_{2,5} et PM₁₀). Les appareils sont calibrés auparavant mais une vérification du débit est faite pour chaque tête de prélèvement 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 prélèvements) pour déterminer la concentration massique des particules de diamètres inférieur à 2,5 μm (PM_{2,5}) et 10 μm (PM₁₀).

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 saisonnières de la concentration de Radon.

IV. Stratégie d'échantillonnage

Les spécificités et/ou contraintes des bâtiments (de par leur bâti, leur organisation des 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 seront 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.

A. 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 du maître d'ouvrage. Le second porte sur une description succincte des locaux étudiés et des activités récentes, sous la responsabilité du maître d'ouvrage.

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 et la date de la fin des travaux. 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 fixe, etc.) ainsi que sur les activités qui peuvent avoir eu lieu juste avant le prélèvement, susceptibles d'avoir un impact sur les concentrations des polluants dans les locaux étudiés (nettoyage, ouverture des portes et fenêtres, etc.).

B. Modalités des prélèvements

DURÉE DE PRÉLÈVEMENT

Les prélèvements sont effectués sur site sur une durée de 5 jours, sans activités humaines. Pour le radon, le prélèvement s'effectue durant 2 mois et pour le monoxyde de carbone (CO) par mesure de courte durée.

CONDITION DE PRÉLÈVEMENT

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

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 du maître d'ouvrage.

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 du maître d'ouvrage.

Pour chaque local investigué, le point de prélèvement doit être représentatif de l'exposition moyenne aux polluants 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 sanitaires.

BLANCS ET RÉPLICATS

Chaque campagne de mesures sur site de polluants chimiques doit comprendre :

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

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

Les résultats sont à invalider si :

- la concentration en polluant mesurée dans le blanc de site dépasse la limite de quantification.
- la concentration moyenne en polluant mesurée dans les blancs de lot dépasse le seuil acceptable.

La masse moyenne mesurée dans les blancs de lot est soustraite de la masse mesurée dans la cartouche 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 répliques 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 de polluants.

V. Comparaison aux valeurs de référence sanitaires

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
Dioxyde d'azote (NO ₂)	40 µg.m ⁻³ Référence : OMS
Monoxyde de carbone (CO) si source	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
Benzène	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
Formaldéhyde	10 µg.m ⁻³ : valeur cible à atteindre en 10 ans, soit la valeur guide de qualité d'air intérieur (VGAI) de l'ANSES. <i>"Toute teneur inférieure ou égale témoigne d'une très bonne qualité d'air vis-à-vis de ce polluant et n'implique aucune action si ce n'est de veiller à ce que cette situation ne se dégrade pas"</i> . 30 µg.m ⁻³ est la valeur repère de qualité de l'air <i>"en dessous de laquelle, en 2009, un bâtiment peut être considéré comme de bonne qualité"</i> . Il devra évoluer progressivement vers l'objectif de 10 µg.m ⁻³ . 50 µg.m ⁻³ est <i>"la valeur maximale admissible pour une exposition de longue durée"</i> . Au-delà de 50 microgrammes, <i>"il est nécessaire d'informer les occupants et, dans un délai de quelques mois, d'identifier la ou les source(s) principale(s) et de la (les) réduire en engageant les actions appropriées"</i> . Une teneur supérieure à 100 µg.m ⁻³ doit conduire <i>"à une action corrective rapide, au cours du mois suivant le résultat"</i> . 10 µg.m ⁻³ d'ici la fin 2019 dans les bâtiments existants et d'ici 2012 dans le neuf.

	Référence : Haut Conseil de la Santé Publique
<i>Particules (PM_{2,5} et PM₁₀)</i>	<p>24 heures : PM 10 : < 50 µg.m⁻³ et PM 2,5 : < 25 µg.m⁻³</p> <p>long terme : PM 10 : < 20 µg.m⁻³ et PM 2,5 : < 10 µg.m⁻³</p> <p>(Références : ANSES – OMS)</p>
<i>Radon</i>	<p>100 Bq.m⁻³</p> <p>Référence : OMS, 2009</p>
<i>Composés organiques volatils totaux (COVT)</i>	<p>niveau 1 : < 300 µg.m⁻³ : valeur cible, pas d'impact sur l'hygiène.</p> <p>niveau 2 : > 300 – 1000 µg.m⁻³ : pas d'impact spécifique, mais augmentation de la ventilation recommandée.</p> <p>niveau 3 : > 1000 – 3000 µg.m⁻³ : quelques impacts sur l'hygiène. Niveau toléré pendant un maximum de 12 mois. Recherche des sources, augmentation de la ventilation recommandée.</p> <p>niveau 4 : > 3000 – 10000 µg.m⁻³ : impacts majeurs. Ne peut être toléré plus d'un mois. Utilisation restreinte. Recherche des sources, intensification de la ventilation nécessaire.</p> <p>niveau 5 : > 10000 – 25000 µg.m⁻³ : situation inacceptable. Utilisation seulement si inévitable pour de courtes périodes (heures) uniquement avec une ventilation intensive.</p> <p>Référence : Commission - Hygiène de l'air intérieur – de l'Agence fédérale allemande pour l'environnement</p>

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

Rédaction :

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.

Ont contribué à la rédaction de ce document :

André Baptiste, SGS,
Aguile Frédéric, GDF Suez,
Barreau Nathalie, GDF Suez,
Bauduin Philippe, TCEP Ingénierie,
Beaubestre Claude, LHVP,
Beaugé Camille, CERTIVEA,
Blanchard Pauline, CERQUAL,
Bonin Denis, ASTRANCE,
Brière Emmanuelle, UNICLIMA,
Bussolino Eric, AIA,
Cantau Christophe, NOBATEK,
Capitan Manon, ASTRANCE,
Carpier Stéphane, GECINA,
De Chaurand Solène, BOUYGUES,
Deberle Thierry, EGIS,
Dubreux Violaine, EGIS,
Dubroca Maria, NOBATEK,
Fouquet Corinne, REGION CENTRE,
Guisnel Alain, ICADE,
Kervinio Evan, ASSOCIATION HQE,
Kirchner Séverine, CSTB,
Laffitte Elliot, ATELIER BLM,
Lecadre Sophie, AIA,
Lestournelle Caroline, AIMCC,
Massot Odile, DOCTEUR,
Mercier Nicolas, SGS,
Moch Yves, ADEME,
Ohl-Gasteau Violaine, UNICLIMA,
Parent Maxime, CEQUAMI,
Perrissin-Fabert Anne-Sophie, ASSOCIATION HQE,
Ravelomanantsoa Hanitriniala, LHVP,
Rebelo Joanna, GECINA,
Wojewodka Christèle, AIMCC.

Questionnaire « Renseignements préliminaires aux mesures »

DATE	CODE DU SITE
Un questionnaire pour l'ensemble du site étudié A remplir par l'opérateur du test sous la responsabilité du maître d'ouvrage	
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 homogènes ⁴	
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 ?	

⁴ 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 du maître d'ouvrage...

ANNEXE II

Questionnaire « Accompagnement de la mesure »

DATE début mesure	CODE DU SITE		
DATE fin mesure :			
<p>Un questionnaire par pièce investiguée (sans activités humaines) A remplir conjointement par l'opérateur du test sous la responsabilité du maître d'ouvrage</p>			
1. Description succincte du local investigué			
1.1. Date de fin de travaux dans le local			
1.1.1. 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	
1.1.2. Type de revêtement des parois			
Papier-peint			
Toile de verre + peinture			
Peinture seule			
Bois (lambris)			
Plafonds suspendus			
Autre			
1.2. Mobilier fixe			
	OUI	NON	
1.2.1. Type et nature du mobilier			
Aggloméré/contreplaqué			
Massif			
Plastique			
Métal			
1.3. Les entrées d'air sont-elles dégagées ?			
	OUI	NON	Pas d'entrées d'air
1.4. Nature des éléments de distribution de chaleur			
Radiateurs/convecteurs			
Sol et plafond			
Climatiseur			

1.5. 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?

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

4. Température et hygrométrie au cours des mesures :

Egalement disponible :

« HQE PERFORMANCE : REGLES D'APPLICATION POUR L'ÉVALUATION ENVIRONNEMENTALE DES BATIMENTS » Version du 14/06/2012 pour le test HQE Performance 2012.

« HQE PERFORMANCE : REGLES D'APPLICATION POUR L'ÉVALUATION DE LA QUALITE SANITAIRE DE L'EAU D'UN BATIMENT NEUF A RECEPTION A RECEPTION » Version pour phase test 2013.



Association HQE
4, avenue du Recteur Poincaré - 75016 Paris
Tél. 01 40 47 02 82 - Fax 01 40 47 04 88
www.assohqe.org

Association Loi 1901 reconnue d'utilité publique par décret du 5 janvier 2004 - SIRET 414 472 167 00025 - APE 9499 Z