

500 maisons rénovées basse consommation

*Enseignements opérationnels des programmes
« Je rénove BBC » en Alsace*



Fascicule E : la qualité de l'air intérieur



Fascicule E - juin 2017

L'air intérieur peut concentrer des polluants ayant un impact sur la santé humaine et provenant aussi bien de sources intérieures qu'extérieures. Or nous passons plus de 80 % de notre temps dans les bâtiments : il convient donc de garantir une qualité d'air suffisante dans les espaces de vie.

Dans le cadre d'une rénovation énergétique, les travaux peuvent avoir de multiples influences sur la qualité de l'air intérieur (QAI) et la santé des occupants. En effet, la rénovation implique l'introduction de nouveaux matériaux dans le bâtiment, des modifications éventuelles de comportement des habitants, voire l'utilisation de nouveaux systèmes de ventilation. De plus, un niveau d'étanchéité à l'air très élevé ayant été fixé dans le cadre des programmes « JRBBC », les conditions de renouvellement d'air intérieur des logements ont été fortement modifiées.

Pour autant, la caractérisation de la qualité de l'air intérieur est une problématique relativement récente et complexe. Afin de faire progresser l'état des connaissances sur le sujet, des campagnes de mesures ont donc été réalisées par trois organismes (ATMO Grand Est, In'Air Solutions et Devèze / laboratoire Kudzu) sur une trentaine de maisons représentatives des différents systèmes techniques et systèmes constructifs rencontrés dans les programmes « JRBBC ».

Ces mesures ont été réalisées après les travaux de rénovation énergétique. Les résultats ainsi obtenus donnent des valeurs indicatives de l'état sanitaire des logements après rénovation.

Les niveaux de polluants mesurés sont présentés dans une première partie de ce fascicule, avant d'identifier les causes possibles. À partir de cette analyse, des précautions à prendre pour préserver une bonne qualité de l'air intérieur sont rappelées.

SOMMAIRE

LES NIVEAUX DE POLLUANTS OBSERVÉS APRÈS RÉNOVATION ÉNERGÉTIQUE	3
Le dioxyde de carbone	3
Les particules fines PM 2,5	4
Le benzène	4
Le dioxyde d'azote	4
Le formaldéhyde	5
Conclusion globale sur les polluants mesurés	5
ANALYSE EXPLICATIVE DE LA QUALITÉ DE L'AIR INTÉRIEUR	6
Les principales sources émettrices	6
L'influence des systèmes de ventilation	7
LES PRÉCAUTIONS À PRENDRE POUR UNE BONNE QAI	8
ANNEXES TECHNIQUES	9



LES NIVEAUX DE POLLUANTS OBSERVÉS APRÈS RÉNOVATION ÉNERGÉTIQUE

Pour pouvoir comparer les niveaux de polluants, il a été nécessaire de choisir des polluants mesurés par les trois organismes (ATMO Grand Est, In'Air Solution et Devèze / Laboratoire Kudzu), lors de périodes de mesure représentatives. Nous en synthétisons ici les résultats.

L'annexe technique détaille les définitions des polluants, les seuils fixés et les modalités de réalisation des campagnes de mesures.

Pour l'ensemble de ces mesures, **les résultats de 27 logements ont pu être analysés, avec toutefois des variables selon les polluants.** Les polluants étudiés ici sont ceux pour lesquels il existe **des valeurs guides de l'air intérieur (VGAi)** ou des valeurs indicatives données par divers référentiels techniques :

- le dioxyde de carbone (CO₂), qui constitue un indicateur du renouvellement d'air ;
- les particules fines PM 2,5 (particules fines de diamètre inférieur à 2,5 µm, notées « PM » en anglais pour « Particulate Matter ») ;
- le dioxyde d'azote (NO₂) ;
- ainsi que le benzène et le formaldéhyde, tous deux classés cancérigènes certains par le CIRC (Centre international de recherche sur le cancer).

Le dioxyde de carbone

L'indicateur considéré ici est la concentration de CO₂ en ppm (partie par million). S'il n'existe pas de VGAi pour cet indicateur, en raison notamment de données épidémiologiques insuffisantes, la réglementation actuelle prévoit toutefois certains seuils critiques de concentration du CO₂, laquelle concentration est mesurée dans les locaux en tant qu'indicateur de confinement et de la qualité du renouvellement de l'air.

Ainsi, pour les bâtiments non résidentiels, la recommandation du règlement sanitaire départemental (RSD) indique de ne pas dépasser un seuil en CO₂ de **1 000 ppm** « dans des conditions normales d'occupation ».

Aucune préconisation concernant les concentrations en CO₂ n'existe pour les logements. Toutefois, dans le cadre de la campagne nationale « Logements » de l'Observatoire de la qualité de l'air intérieur (OQAI) réalisée entre 2003 et 2005 (7 jours en été et 7 jours en hiver), la valeur médiane sur une semaine de mesures (saisons été/hiver confondues) s'est placée à **756 ppm** dans les chambres (seul lieu de vie enquêté pour le CO₂).

Ces valeurs (1 000 ppm et 756 ppm) sont utilisées ci-dessous comme base de comparaison.

Pièces instrumentées	Concentration moyenne hebdomadaire en CO ₂ (ppm)
Chambre été	625
Chambre hiver	847
Moyenne été - hiver	736
Séjour été	519
Séjour hiver	659
Moyenne été - hiver	589

Figure 1 : Concentrations moyennes en CO₂ sur un panel de 24 logements des programmes JRBBC, dans des pièces et des périodes représentatives.

La figure ci-dessus montre une concentration moyenne en CO₂ relativement faible dans les logements instrumentés : elle est inférieure au seuil de 1 000 ppm et également inférieure à la valeur médiane (756 ppm) obtenue par l'OQAI dans le cadre de la campagne nationale « logements ».

Toutefois, ces valeurs constituent des moyennes hebdomadaires. Nous pouvons observer ponctuellement des pics de concentration en CO₂ bien plus importants (principalement dans les chambres, plus confinées que les séjours, surtout en fin de nuit) : des pointes aux alentours de 3 000 ppm ont ainsi été relevées.

Par ailleurs, les mesures estivales révèlent des teneurs moins élevées qu'en hiver. Ces résultats peuvent s'expliquer simplement : les occupants aèrent plus facilement en été qu'en hiver, d'où un confinement plus important en période froide.

Les particules fines PM 2,5

Les **PM 2,5** sont présentes dans le bâtiment soit par transfert depuis la pollution extérieure (trafic automobile en particulier), soit parce qu'elles sont émises par la combustion (tabac, chauffage, encens), par la cuisson des aliments ou les activités de ménage. Les valeurs indicatives pour les PM 2,5 émises par le Haut Conseil de la santé publique (HCSP) sont de 20 µg/m³ pour 2015 et seront de 10 µg/m³ en 2025 (valeurs moyennes).

S'agissant de la valeur médiane de la campagne de l'OQAI : elle se situait à 19,1 µg/m³ sur les deux saisons, soit quasiment celle de l'HCSP 2015.

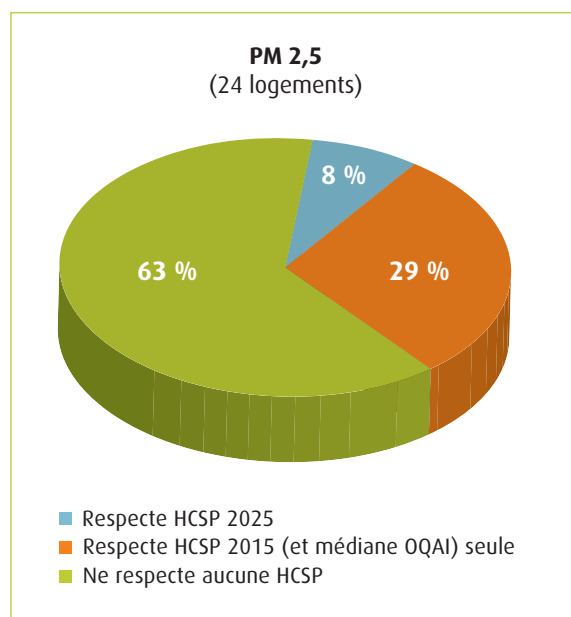


Figure 2 : Mesures des particules fines PM 2,5 sur un panel de 24 logements des programmes JRBBC.

Nous constatons sur ce graphique que 92 % des logements dépassent les valeurs de l'HCSP 2025 (Haut Conseil de la santé publique) pour les PM 2,5.

Par ailleurs, seuls 37 % des logements se situent au-dessous des valeurs de l'HCSP 2015 de 20 µg/m³.

Enfin, la médiane de notre échantillon se situe à 37 µg/m³, soit une valeur bien supérieure à celle obtenue lors de la campagne OQAI « logements ». Il est à noter que les concentrations sont généralement plus élevées en hiver qu'en été et que la présence d'appareils à combustion (cuisson, chauffage, poêles à bois...) dans les logements peut accentuer la pollution aux particules fines.

Le benzène

Le **benzène** est un hydrocarbure aromatique qui provient de la combustion (dont le tabagisme), le transport routier et les activités industrielles. Les valeurs guides à respecter à compter de 2013 étaient de 5 µg/m³ et de 2 µg/m³ à partir de 2016. S'agissant de la valeur médiane de la campagne de l'OQAI : elle se situe à 2,1 µg/m³, soit quasiment la valeur guide de 2016.

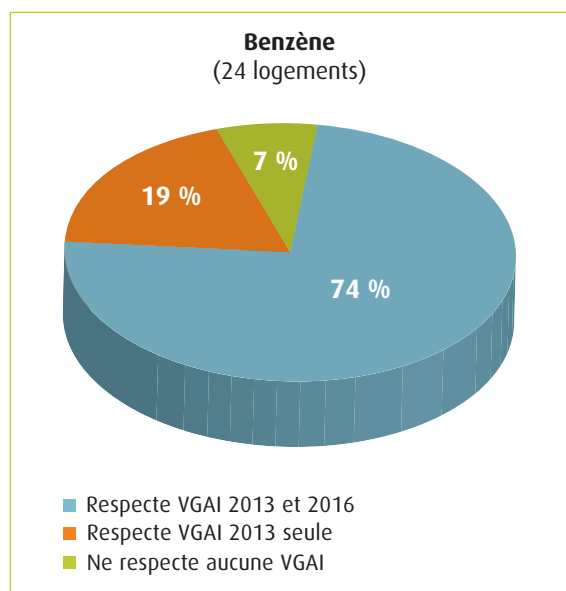


Figure 3 : Mesures de la concentration en benzène sur un panel de 24 logements des programmes JRBBC.

Nous constatons que 74 % des logements respectent la VGAI 2016 et que la quasi-totalité d'entre eux (93 %) respectent la VGAI 2013.

Par ailleurs, la médiane de notre échantillon se situe ici à 1,3 µg/m³, soit une valeur inférieure à la campagne nationale OQAI « logements ».

Le dioxyde d'azote

Le **dioxyde d'azote** (NO₂), produit par une combustion, est principalement dû à un transfert de pollution de l'extérieur du bâtiment vers l'intérieur. Il peut également provenir d'une installation défectueuse. La valeur indicative pour le NO₂ émise par l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES) est de 20 µg/m³ depuis 2013.

Pour information, les valeurs médianes mesurées lors d'une phase pilote de la campagne nationale « logements » de l'OQAI se situaient à 26 µg/m³ dans les chambres.

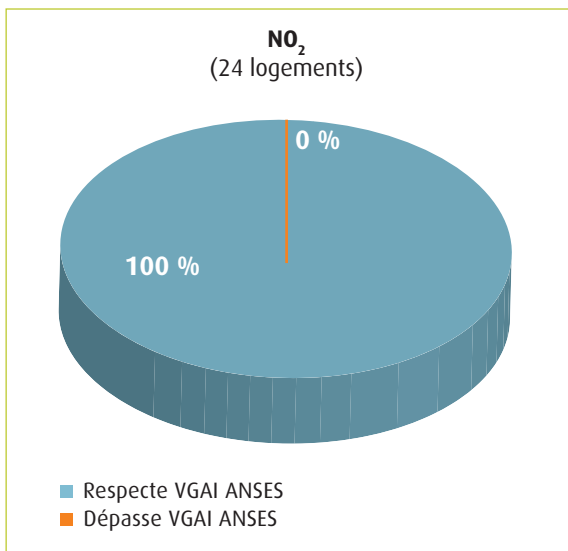


Figure 4 : Mesures de la concentration en NO₂ sur un panel de 24 logements des programmes JRBBC.

Les teneurs mesurées à l'intérieur des logements de notre panel sont toutes inférieures à la valeur guide de l'ANSES.

Par ailleurs, la médiane de notre échantillon se situe ici à 10,6 µg/m³, soit une valeur inférieure à la campagne nationale OQAI « logements ».

Le formaldéhyde

Le **formaldéhyde** est un aldéhyde présent dans le bois aggloméré, certaines moquettes et textiles, certaines colles, les cosmétiques, la fumée de cigarette, etc.

Les valeurs guides à respecter depuis 2015 sont de 30 µg/m³ et seront de 10 µg/m³ à compter de 2023.

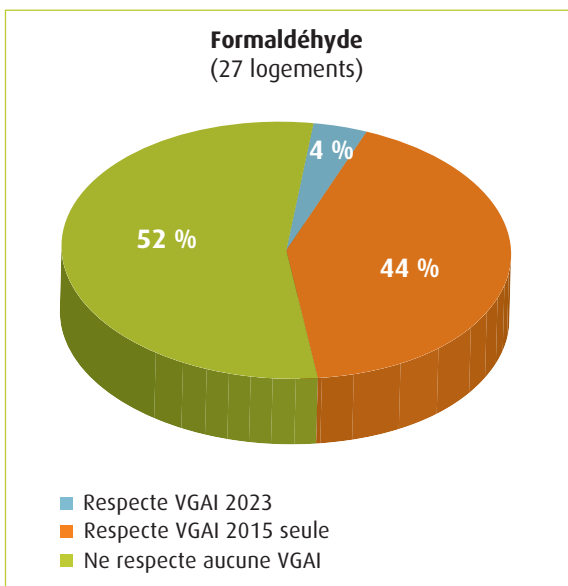


Figure 5 : Mesures de la concentration en formaldéhyde sur un panel de 27 logements des programmes JRBBC.

Nous constatons que quasiment tous les logements (96 %) se situent au-dessus des VGAI 2023. 52 % des logements dépassent même les VGAI 2015 pour le formaldéhyde.

À titre indicatif, la valeur médiane obtenue par la campagne OQAI est de 19,6 µg/m³.

70 % des logements de notre panel dépassent cette valeur, la médiane de notre échantillon se situant, elle, à 28 µg/m³.

Compte tenu du fait qu'il s'agit d'un composé organique très volatil (COTV), l'émission du formaldéhyde se trouve renforcée sous l'effet de la chaleur. Il est ainsi courant d'observer des concentrations estivales plus élevées que les concentrations hivernales.

Par ailleurs, dans certains logements, la présence de formaldéhyde provient d'une source intérieure qui émet ce polluant (peinture, ameublement en bois reconstitué...) Dans ces cas, une atténuation des émissions au cours du temps peut être relevée.

Conclusion globale sur les polluants mesurés

Pour 3 des 5 polluants considérés (benzène, dioxyde d'azote, dioxyde de carbone), les concentrations relevées sur notre panel d'étude JRBBC se situent globalement au-dessous des valeurs guides ou des médianes établies par ailleurs au sein de l'OQAI lors de la campagne « logements » réalisée entre 2003 et 2005, représentative du parc de logements français.

Toutefois, les mesures sur notre panel d'étude JRBBC révèlent des concentrations plus importantes en particules fines PM 2,5 et en formaldéhyde. Pour ces deux polluants, elles dépassent fréquemment les valeurs guides et la valeur médiane de la campagne OQAI.

D'une façon générale, on remarquera que les polluants ont tendance à se situer à des niveaux de concentration plus élevés en hiver, lorsque les sources de pollution sont plus nombreuses et l'aération des logements moins régulière en raison des températures extérieures.

L'origine des polluants est analysée dans le paragraphe suivant.



ANALYSE EXPLICATIVE DE LA QUALITÉ DE L'AIR INTÉRIEUR

Les campagnes de mesures présentées ci-dessus n'ont pas permis d'établir systématiquement un lien entre une concentration en polluants excessive et une source précise.

La qualité de l'air résulte en effet d'un ensemble complexe de sources émettrices, intérieures et extérieures, et des conditions de renouvellement d'air (ventilation, aération) du logement.

Nous présentons ci-dessous ces différents facteurs explicatifs.

Les principales sources émettrices

Dans le cadre des campagnes de mesures effectuées, les polluants relevés peuvent aussi bien provenir de sources intérieures qu'extérieures.

■ Les sources extérieures

Les sources extérieures de polluants peuvent être d'origine naturelle ou être liées aux activités humaines.

Parmi les polluants d'origine naturelle, on trouve notamment :

- l'humidité qui provient aussi bien du sol que de l'air ambiant ;
- les pollens et les moisissures ;
- l'ozone.

Les polluants liés aux activités humaines peuvent être :

- des polluants agricoles (insecticides, fongicides, engrais) ;
- des polluants liés aux activités industrielles et au trafic routier : le dioxyde d'azote, le CO₂ et les particules fines notamment.

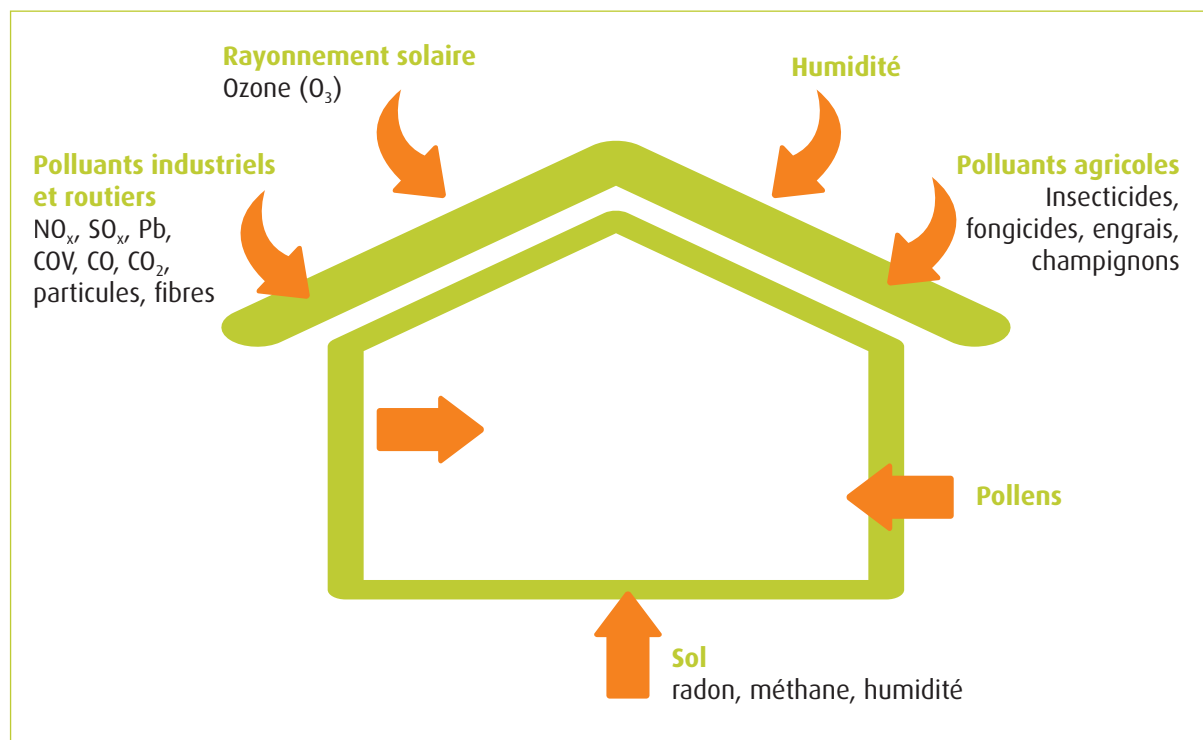


Figure 6 : Sources extérieures de polluants (source : Cerema).

■ Les sources intérieures

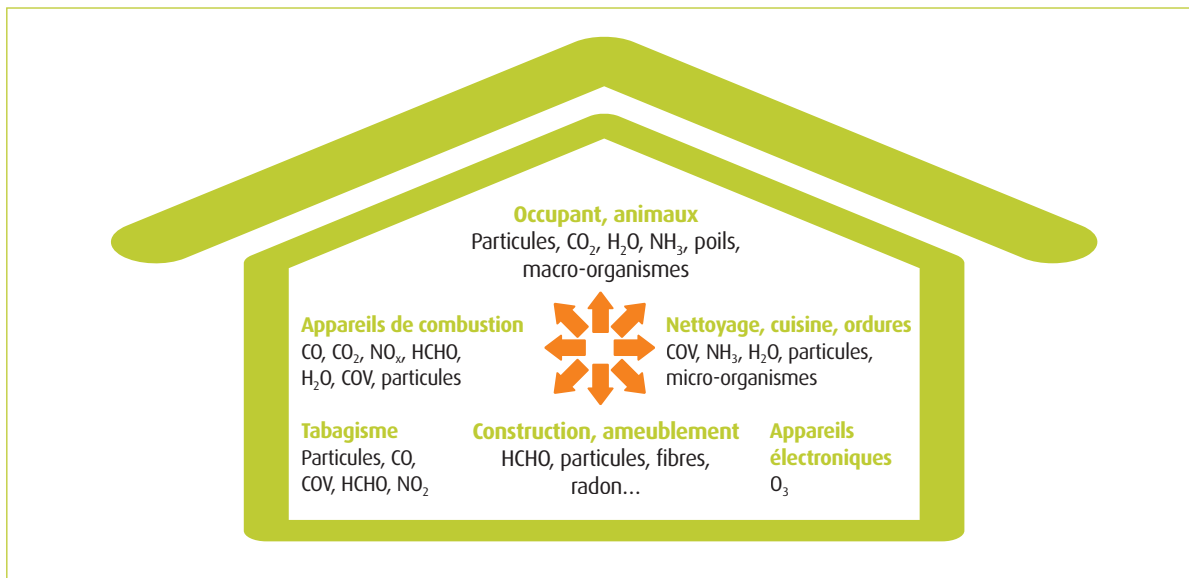


Figure 7 : Sources intérieures de polluants (source : Cerema).

Les sources intérieures de polluants proviennent tout d'abord des occupants et de leurs activités.

Les occupants (hommes et animaux domestiques) émettent du CO₂, dégagent de l'humidité par leur respiration et leurs activités (douches, lessive, cuisine, etc.) et libèrent des micro-organismes. Le nettoyage, la cuisson, les combustions en général ainsi que les appareils électroniques sont également source de pollution.

La présence de poêles à bois peut ainsi engendrer des concentrations en PM 2,5 et en NO₂ assez élevées.

D'autre part, les matériaux de construction, de décoration et les meubles sont également des sources importantes de pollution. Ils dégagent d'autant plus de polluants qu'ils sont récents.

Il faut enfin rappeler que la plus grande source de polluants multiples (particules, CO, COV, benzène...) reste le tabagisme.

S'agissant des polluants les plus fréquemment retrouvés à des niveaux élevés de concentration dans les logements étudiés (PM 2,5 ; formaldéhyde), nous pouvons constater qu'ils proviennent principalement de sources intérieures (revêtements et mobilier pour le formaldéhyde ; sources de combustion pour les PM 2,5).

L'influence des systèmes de ventilation

Il est délicat d'établir un lien d'équivalence entre qualité des systèmes de ventilation et qualité d'air intérieur.

En effet, d'autres études menées dans le cadre de l'OQAI ont pu mettre en évidence que **si la ventilation contribue à la qualité de l'air intérieur, elle ne constitue pas pour autant une condition suffisante** : d'autres phénomènes tels que l'influence de l'air extérieur, les matériaux utilisés dans les bâtiments et les usages des occupants peuvent engendrer de fortes concentrations en polluants malgré une ventilation satisfaisante. Ainsi, une ventilation peut s'avérer ponctuellement insuffisante pour évacuer polluants et humidité et peut être compensée, au moins partiellement, par une aération quotidienne. Cette donnée sur les habitudes d'aération n'a pas été relevée lors des campagnes de mesure.

Par ailleurs, le nombre insuffisant de données croisées entre conformité du système de ventilation et bonne qualité d'air intérieur ne permet pas d'en tirer des conclusions généralisables.



LES PRÉCAUTIONS À PRENDRE POUR UNE BONNE QAI

L'**annexe technique** de ce fascicule renvoie vers différents guides et plaquettes contenant diverses préconisations pour l'amélioration de la qualité de l'air intérieur, en particulier dans les bâtiments basse consommation.

Nous résumons simplement ci-dessous les principaux points clés à respecter.

Limiter les sources de pollution :

- vérifier l'état des systèmes de combustion (chauffage, cuisson) ;
- choisir des matériaux peu émissifs dans le logement ;
- adopter des habitudes moins émettrices (choix des solvants ménagers, tabac...).

Agir sur le renouvellement de l'air dans le bâtiment :

- installer et entretenir un système de ventilation efficace (cf. fascicule C) ;
- veiller à une aération quotidienne.



À retenir du fascicule

Les campagnes de mesures effectuées sur un panel de 27 maisons rénovées via les programmes « JRBBC » font état d'une qualité de l'air globalement équivalente aux niveaux constatés dans d'autres campagnes, notamment l'étude nationale « logements » [OQAI, 2003 – 2005] représentative du parc français.

Les mesures effectuées montrent une concentration respectant les valeurs guides pour la plupart des polluants, sauf pour les PM 2.5 et le formaldéhyde. Pour ces deux derniers polluants, le dépassement peut s'expliquer par un environnement intérieur plus émetteur, dû aux matériaux de construction utilisés dans les rénovations, à l'ameublement ou bien encore à l'utilisation de systèmes de chauffage à combustion.

Le bon fonctionnement des systèmes de ventilation constitue une condition nécessaire à une bonne qualité de l'air, mais non suffisante.

Plusieurs actions peuvent permettre d'améliorer la qualité de l'air intérieur :

- sélectionner des matériaux de construction, de décoration ou d'ameublement peu émissifs ;
- s'assurer d'une ventilation efficace et aérer régulièrement le logement ;
- s'assurer du bon fonctionnement et du bon entretien des systèmes de combustion, pour éviter notamment le rejet de polluants dans le bâtiment ;
- éviter l'utilisation de produits tels que les aérosols, les parfums d'intérieur ou encore le tabac.



ANNEXES TECHNIQUES

Présentation des polluants de l'air intérieur étudiés

Les polluants mesurés sont ici classés en deux groupes : ceux pour lesquels il existe des valeurs guides de l'air intérieur (VGAI) et ceux pour lesquels il existe des valeurs indicatives.

■ Substances avec VGAI

Les **VGAI** ont été définies comme des concentrations dans l'air d'une substance chimique au-dessous desquelles aucun effet sanitaire ayant un retentissement sur la santé n'est attendu pour la population générale en l'état des connaissances actuelles (définition de l'ANSES). Une VGAI vise à définir et proposer un cadre de référence destiné à protéger la population des effets sanitaires liés à une exposition à la pollution de l'air par inhalation. Il s'agit de contribuer à l'élaboration de recommandations visant in fine à éliminer, ou à réduire à un niveau acceptable du point de vue sanitaire, les contaminants ayant un effet néfaste sur la santé humaine, que cet effet soit connu ou supposé. Certaines VGAI sont réglementaires et publiées alors au Journal officiel, dans des arrêtés ou des décrets.

En ce qui concerne les polluants ayant une VGAI, une grande partie de ceux recherchés appartiennent à la famille des composés organiques volatils (COV). Ce terme générique regroupe cinq familles de molécules : alcanes ou hydrocarbures, aldéhydes, alcènes, hydrocarbures aromatiques et hydrocarbures halogénés. Ces substances ont la capacité de s'évaporer à la température ambiante et de se répandre dans l'air.

Les COV mesurés font partie de deux familles de molécules différentes :

- Le **formaldéhyde**, un aldéhyde présent dans le bois aggloméré, certaines moquettes et textiles, certaines colles, les cosmétiques, la fumée de cigarettes, etc. Les valeurs guides à respecter depuis

2015 sont de 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ et seront de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ à compter de 2023. Le suivi des concentrations dans l'air en phase gazeuse a été réalisé au moyen de tubes à diffusion passive pour l'ATMO Grand Est et par un système de pompe/régulateur de débit massique par In'Air Solutions.

- Le **benzène**, un hydrocarbure aromatique qui provient de la combustion (dont le tabagisme), le transport routier et les activités industrielles. Les valeurs guides à respecter à compter de 2013 étaient de 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ et de 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ à partir de 2016. Le suivi des concentrations dans l'air en phase gazeuse des aldéhydes, des COV et du NO_2 a été réalisé au moyen de tubes à diffusion passive pour l'ATMO Grand Est et par un système de prélèvement sur cartouches d'adsorbant, à l'aide d'un système de pompe / régulateur de débit massique, par In'Air Solutions.

■ Substances avec valeurs indicatives

Il s'agit ici de valeurs d'aide établies par des avis ou des rapports techniques (ANSES, HCSP...).

- Le **dioxyde de carbone** (CO_2) est un indicateur de confinement, donc de renouvellement d'air. Il est mesuré dans le cadre de cette étude par une concentration donnée en ppm.

- Les **PM 2,5** (particules fines de diamètre inférieur à 2,5 μm) sont présentes dans le bâtiment soit par transfert depuis la pollution extérieure (trafic automobile en particulier), soit parce qu'elles sont émises par la combustion (tabac, chauffage, encens), par la cuisson des aliments ou les activités de ménage.

Les valeurs indicatives pour les PM 2,5 que le Haut Conseil de la santé publique (HCSP) a émises sont de 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour 2015 et seront de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2025.

Les PM 2,5 sont prélevées automatiquement sur un filtre. Les filtres sont pesés en laboratoire pour la quantification massique des particules.

- Le **dioxyde d'azote** (NO₂), produit à la suite d'une combustion, est principalement dû à un transfert de pollution de l'extérieur du bâtiment vers l'intérieur. Il peut également provenir d'une installation de combustion défectueuse (chauffage, cuisson...)

La valeur indicative pour le NO₂ ayant été émise par l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES) est de 20 µg/m³ depuis 2013.

Le suivi des concentrations dans l'air en phase gazeuse des aldéhydes, des COV et du NO₂ a été réalisé au moyen de tubes à diffusion passive (même principe que le formaldéhyde et le benzène).

- Jusqu'à 56 COV ont été mesurés dont **l'hexanal**, les **n-décane** et **n-undécane**, le **limonène** et **l'alpha-pinène** ou encore le **toluène**.

Les campagnes de mesures réalisées

Trois organismes ont réalisé les prélèvements :

- l'association ATMO Grand Est ;
- le laboratoire Kudzu pour le cabinet d'architecture Deveze ;
- In'Air Solutions.

Les trois organismes ont réalisé leurs études sur des logements de différentes typologies, de différentes époques (1800, années 1930, 50, 70 et 2003) et présentant différents systèmes de chauffage (pompe à chaleur, poêle à bois, chaudière gaz). En ce qui concerne la ventilation, tous les logements étaient majoritairement pourvus soit de VMC simple flux hygro B, soit de VMC double flux.

Cependant, les polluants étudiés varient d'une campagne à l'autre et chaque organisme a adopté des protocoles différents pour réaliser les prélèvements. Si chacun d'eux mesure les concentrations des polluants en extérieur, dans une chambre et dans le salon, les périodes et durées de prélèvement diffèrent d'un organisme à l'autre. ATMO Grand Est et le laboratoire Kudzu mesurent également durant leurs campagnes les paramètres de confort que sont la température et l'humidité relative.

Campagnes de mesures	ATMO Grand Est	Deveze (KUDZU)	In'Air Solutions
Parcs de logements	7 logements	17 logements	16 logements (11 communs avec Deveze)
Polluants mesurés	Polluants avec VGAI 20 COV sans VGAI CO ₂	60 COV dont ceux avec VGAI CO ₂	COV avec VGAI et autres COV visés dans la réglementation sur l'étiquetage des matériaux
Protocoles	Protocoles OQAI-BPE : - mesures sur 7 jours - 2 périodes : estivale et hivernale - enregistrement des paramètres de confort - CO ₂ et NO ₂ prélevés par des tubes passifs - PM par un préleveur bas débit Microvol - CO et CO ₂ par un analyseur Q-Trak	- mesures sur 7 jours - 2 périodes : estivale et hivernale - enregistrement des paramètres de confort - COV prélevés par un badge de prélèvement GABIE - aldéhydes par un badge de prélèvement SKC type UME-100	- plusieurs prélèvements de 15 à 60 minutes sur une journée - 2 périodes : estivale et hivernale - COV par un préleveur 8 voies avec cartouches d'adsorbant Air Toxic - aldéhydes par un préleveur 2 voies avec cartouches DNPH.
Comparaison des concentrations mesurées	- valeurs guides (VGAI) - valeurs indicatives - valeurs relevées lors de la campagne nationale 2003-2005 de l'Observatoire de la qualité de l'air intérieur (OQAI) dans les logements	- valeurs guides (VGAI)	- valeurs guides (VGAI) - valeurs relevées lors de la campagne nationale 2003-2005 de l'Observatoire de la qualité de l'air intérieur (OQAI) dans les logements

Bibliographie, pour aller plus loin

- Guide *Un air sain chez soi* de l'Ademe :
<http://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/guide-pratique-un-air-sain-chez-soi.pdf>
- Guide *Construire sain* du MEEM :
http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/GUIDE_BATIR_SAIN.pdf
- Plaquette *Qualité de l'air intérieur et logement BBC* du programme Energivie :
<http://www.energivie.info/content/qualite-lair-interieur-logement-bbc>
- Campagne nationale « Logements » de l'Observatoire de la qualité de l'air intérieur (OQAI) entre 2003 et 2005 (567 logements enquêtés) :
<https://www.air-interieur.org>
- Valeurs Guides de l'ANSES :
<https://www.anses.fr/fr/lexique/vgai-valeurs-guides-de-lair-interieur>
- Arrêté du 19 avril 2011 relatif à l'étiquetage des produits de construction ou de revêtement de mur ou de sol et des peintures et vernis sur leurs émissions de polluants volatils.

A - La performance énergétique globale et le confort thermique

B - La performance de l'enveloppe

C - Les systèmes de chauffage, d'ECS et de ventilation

D - Le bilan carbone des rénovations énergétiques

E - La qualité de l'air intérieur

F - La mise en œuvre

G - Les enseignements économiques

H - Les enseignements sociologiques

Directeur de publication
Bernard Larrousurou

Directeur délégué de publication
Christian Curé

Maquettage
PAO Concept

Impression
JOUVE 53100 Mayenne

© 2017 - Cerema
La reproduction totale ou partielle du document doit être soumise à l'accord préalable du Cerema.

Collection
Connaissances
ISSN 2417-9701
Dépôt légal : juin 2017



Fascicule réalisé sous la coordination de
Sabine Mirtain-Roth (EDF) et Julien Burgholzer (Cerema)

Rédacteurs

Noëlie Daviau-Pellegrin, Céline Duhau (Cerema)

Contributeurs

Nathalie Leclerc et Christelle Schneider (ATMO Grand Est)

Jean-Luc Devèze et laboratoire Kudzu

Guillaume Herth et Stéphanette Englaro (In'Air Solutions)

Relecteurs

Matthieu Flahaut (Région Grand Est)

Éric Gaspard (Ademe)

Bertrand Chauvet (AQC)

Marina Gaspard (Energivie.pro)

Olivier Eber (ES)

Fabien Auriat (DGALN)

Philippe Jary, Cyril Pouvesle, Pascal Cheippe (Cerema)

Laurent Grignon-Massé, Nadège Chatagnon, Maxime Raynaud (EDF)

Nathalie Leclerc (ATMO Grand Est)

Contacts

sabine.mirtain@edf.fr

julien.burgholzer@cerema.fr

Photos

EDF

Boutique en ligne: catalogue.territoires-ville.cerema.fr

La collection « Connaissances » du Cerema

Cette collection présente l'état des connaissances à un moment donné et délivre de l'information sur un sujet, sans pour autant prétendre à l'exhaustivité. Elle offre une mise à jour des savoirs et pratiques professionnelles incluant de nouvelles approches techniques ou méthodologiques. Elle s'adresse à des professionnels souhaitant maintenir et approfondir leurs connaissances sur des domaines techniques en évolution constante. Les éléments présentés peuvent être considérés comme des préconisations, sans avoir le statut de références validées..

Aménagement et développement des territoires - Ville et stratégies urbaines - Transition énergétique et climat - Environnement et ressources naturelles - Prévention des risques - Bien-être et réduction des nuisances - Mobilité et transport - Infrastructures de transport - Habitat et bâtiment