

157<sup>ème</sup> TABLE RONDE NATIONALE TECHNIQUE ET JURIDIQUE

## LA QUALITE DE L'AIR INTERIEUR

ETAT DE LA CONTAMINATION DES LOGEMENTS FRANÇAIS EN COMPOSES ORGANIQUES ET CHIMIQUES

ANCIEN COUVENT DES RECOLLETS - 148 rue du Faubourg Saint Martin 75010 PARIS  
30 MARS 2017



### Intervenantes :

- Madame **Andrée BUCHMANN**, Présidente de l'Observatoire de la qualité de l'air intérieur (OQAI) ;
- Madame **Séverine KIRCHNER**, Directrice scientifique à la recherche, et coordinatrice scientifique de l'OQAI ;
- Madame **Sonia GULDENER**, Ingénieure énergie à la direction des affaires techniques de la Fédération française du bâtiment (FFB).

# Sommaire

<b>Introduction .....</b>	<b>4</b>
Michel JEMMING .....	4
Chahrazad TOMA-VAISTRA .....	4
<b>Une institution indépendante au service d'un enjeu majeur .....</b>	<b>4</b>
Andrée BUCHMANN .....	4
<b>Un statut léger, mais un programme de recherche pérenne.....</b>	<b>4</b>
• Un financement public.....	4
• Une équipe compacte mais en réseau .....	5
• Une gouvernance tripartite.....	5
<b>Les missions et actions de l'OQAI : observer, mais aussi proposer.....</b>	<b>5</b>
• Les missions : décrire, mesurer, sensibiliser .....	5
• Un programme d'actions variées.....	5
<b>Etat des lieux de la qualité de l'air dans les bâtiments .....</b>	<b>6</b>
<b>Des enjeux forts, des impacts préoccupants .....</b>	<b>6</b>
Séverine KIRCHNER.....	6
• L'environnement, facteur déterminant de la santé.....	6
• Un impact sur la population non négligeable.....	7
• L'air intérieur, toute une Histoire.....	7
• L'importance de l'air intérieur .....	8
<b>Quelle pollution, quelles victimes ? .....</b>	<b>9</b>
• Hiérarchiser les substances.....	9
• Tous pareils, mais tous différents : le lien de causalité .....	10
<b>Tous exposés, partout ! .....</b>	<b>11</b>
• Les logements plus pollués que l'extérieur .....	11
• Quelques exemples de polluants dans les logements.....	12
• L'école : l'importance d'une bonne ventilation.....	12
• Les bureaux : santé et performance .....	13
• L'enjeu des bâtiments performants en énergie.....	13
<b>Les sources de pollution de l'air intérieur .....</b>	<b>14</b>
• L'environnement extérieur à l'assaut des bâtiments.....	14
• L'ennemi intérieur.....	14
• L'importance de la durée de vie des polluants.....	14
• La surprise des systèmes de renouvellement d'air .....	14
<b>Quelles stratégies pour une bonne qualité d'air intérieur ?.....</b>	<b>15</b>
• Combiner les actions à tous les niveaux.....	15
• L'action réglementaire : vers une simplification ?.....	15
• L'influence du facteur humain, et l'importance de la traçabilité.....	16
• La performance face à la complexité .....	16
• Communiquer vers les acteurs, prendre en compte les responsabilités juridiques.....	16
• Surveiller .....	17
• Mobiliser toute la chaîne d'acteurs .....	17
<b>Les défis à venir de la qualité de l'air intérieur .....</b>	<b>18</b>
• Un équilibre précaire, mais un axe de progrès pour la santé.....	18
• Un enjeu politique majeur, et une source de croissance .....	18
<b>Les actions de la Fédération française du bâtiment (FFB) sur la qualité de l'air.....</b>	<b>19</b>
Sonia GULDENER.....	19
<b>Le diagnostic de qualité de l'air intérieur en rénovation .....</b>	<b>20</b>
• Les quatre chapitres du diagnostic de rénovation.....	20
• La question des normes de mesure .....	20
• A qui l'expert peut-il faire appel ?.....	21
<b>La phase des travaux .....</b>	<b>22</b>
• Les métiers concernés.....	22
• Les bonnes pratiques .....	23
• Les interfaces entre les métiers.....	23
• Focus sur le lot « ventilation » .....	24

- Choisir des matériaux et appareils peu émissifs .....24
- Les recommandations à suivre dans la phase de chantier .....25
- Les fiches travaux : l'exemple de la fiche « revêtements muraux » .....27
- Après les travaux .....27

**Questions de la salle .....28**

**Sigles .....30**

# Introduction

## Michel JEMMING

*Architecte expert judiciaire, président du Collège national des experts architectes français (CNEAF)*

Avant de commencer, je rappelle le petit livre de Jacques POMPEY, édité à compte d'auteur, qui rassemble 120 anecdotes de sa vie d'architecte-expert.

## Chahrazad TOMA-VASTRA

*Architecte DPLG, expert*

Nous allons maintenant découvrir les enjeux et les problématiques liées à la qualité de l'air intérieur de nos appartements ou maisons et à leur pollution par les composants organiques et chimiques.

# Une institution indépendante au service d'un enjeu majeur

## Andrée BUCHMANN

*Présidente de l'OQAI*



La qualité de l'air est une question importante, insuffisamment connue, mais qui préoccupe les personnes, notamment en raison des risques de sinistre.

L'OQAI a été créé en 2001 à l'initiative du secrétaire d'Etat au logement Louis Besson, alors que des scandales sur les polluants tels que l'amiante ou Tchernobyl émergeaient régulièrement dans les médias. Il a souhaité une structure indépendante destinée à créer une référence scientifique sur la problématique de l'air intérieur.

## Un statut léger, mais un programme de recherche pérenne

### ● Un financement public

L'OQAI est une convention entre les ministres de la Santé, du Logement, de l'Environnement, l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME), l'ANSES (Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail) et le CSTB (Centre scientifique et technique du bâtiment), ce dernier étant également opérateur. Elle est donc un statut, ce qui permet d'avancer plus rapidement, et un programme de recherche pérenne sur les expositions et la santé dans le bâtiment. Le financement de l'OQAI est exclusivement public.

### ● Une équipe compacte mais en réseau

Animée par Mmes Séverine KIRCHNER et Corinne MANDIN, l'équipe du CSTB est constituée d'une quinzaine de personnes, et travaille en partenariat avec de nombreuses structures françaises et internationales

Issue du monde de l'écologie et déjà très présente sur les questions de qualité de l'air – notamment à travers une formation continue intitulée « Développement durable et qualité environnementale » délivrée aux acteurs du bâtiment –, j'en assure la présidence.

### ● Une gouvernance tripartite

L'Observatoire est dirigé par son Conseil de surveillance, qui définit les orientations stratégiques et établit le budget. Les protocoles de recherche sont établis par des scientifiques bénévoles, et les résultats validés par un Conseil scientifique présidé par le Professeur Isabelle MOMAS. Un comité consultatif<sup>1</sup>, composé d'acteurs du bâtiment, de la santé et de l'environnement, assure le dialogue avec la société.

## Les missions et actions de l'OQAI : observer, mais aussi proposer

### ● Les missions : décrire, mesurer, sensibiliser

L'OQAI a pour missions de décrire la qualité des environnements intérieurs en tenant compte de la diversité des situations et des usages : pratiques constructives, climat, modes de vie, *etc.*

Il identifie les situations à risque en mesurant l'exposition des populations à la pollution de l'air dans les lieux de vie.

L'OQAI recherche également les paramètres qui influencent la présence de la pollution au regard de la localisation des bâtiments, de la présence des occupants et de leurs activités, des produits de construction et de décoration, de l'ameublement, des systèmes de ventilation et de chauffage, *etc.*

Enfin, sa mission est aussi d'améliorer la qualité des lieux de vie et de favoriser la prévention en proposant des outils d'aide à la décision, en sensibilisant les professionnels et en formulant des conseils et des recommandations pour les usagers. A titre d'exemple, l'OQAI a mis en évidence la présence dans les logements de la pollution issue des véhicules dans les garages attenants, et invite à réfléchir à des aménagements constructifs alternatifs.

### ● Un programme d'actions variées

Parmi ses divers programmes d'action, l'OQAI a effectué une observation de l'ensemble des logements français afin d'établir une référence scientifique. Ce monitoring des logements constitue notamment une base pour l'évaluation de la performance énergétique des bâtiments. L'OQAI prépare une deuxième campagne sur le logement, qui vient d'être avalisée par la ministre Emmanuelle COSSE.

Ces campagnes apportent une connaissance de l'état du parc de bâtiments, de la pollution chimique, physique et microbiologique, des occupants et de leurs activités, et permettent de rechercher les facteurs influençant la qualité de l'air intérieur et le confort.

---

<sup>1</sup> Le CNEAF en est officiellement membre depuis le 5 décembre 2016, date de l'installation de l'OQAI à Paris par Mme la ministre de l'Environnement Emmanuelle COSSE

# Etat des lieux de la qualité de l'air dans les bâtiments

## Des enjeux forts, des impacts préoccupants

**Séverine KIRCHNER**

*Directrice scientifique à la recherche et coordinatrice scientifique de l'OQAI*

Nous étudions les enjeux de l'air intérieur en nous appuyant sur les résultats de l'Observatoire et la littérature scientifique.

Parmi les polluants courants de l'air intérieur, on trouve notamment le formaldéhyde, le plomb dans les poussières, les composés organiques volatiles, le dioxyde de carbone – polluant à très forte dose, mais indicateur de la qualité de l'air –, le radon, les allergènes, les aldéhydes... Ces polluants proviennent tant du mobilier que de l'air extérieur, des murs humides, mais aussi des occupants et du bâtiment lui-même.

### ● L'environnement, facteur déterminant de la santé

D'un point de vue de l'effet sanitaire lié aux polluants, on constate que l'espérance de vie à la naissance a augmenté de cinq ans grâce aux progrès de la médecine, mais de 25 ans grâce à la santé publique et l'hygiène, ainsi que grâce à la construction de bâtiments plus sains (*fig.1*). Outre les facteurs génétiques, sociaux, alimentaires et comportementaux, l'environnement intérieur constitue l'un des principaux facteurs de la santé des personnes.

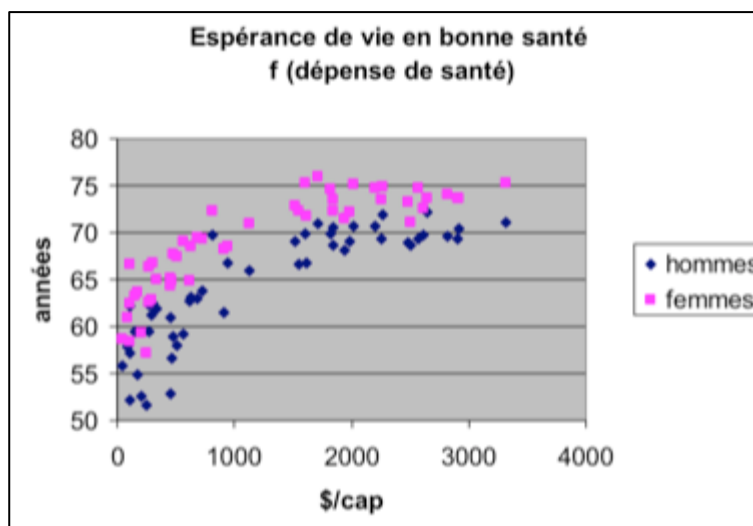


Figure 1 – Augmentation de l'espérance de vie (données de l'Organisation mondiale de la santé – OMS)

La littérature sur la relation entre la qualité de l'air intérieur et les effets sanitaires montre tant des effets d'inconforts (air sec, odeurs) que des symptômes d'ordre neurologique (irritations, maux de tête,

baisse de performance), regroupés sous l'appellation « Sick Building Syndrome<sup>2</sup> ». Elle fait enfin mention de maladies de type légionellose, maladies cardio-vasculaires, cancer du poumon, maladies de la reproduction, ainsi que d'un risque d'intoxication.

● Un impact sur la population non négligeable

Selon une étude menée conjointement avec l'ANSES, six substances sont à l'origine de 28 000 nouveaux cas pathologiques et 20 000 décès chaque année en France, et 2 millions d'années de vies en bonne santé sont perdues en Europe du fait de la pollution dans les bâtiments industriels. Outre l'impact sanitaire, la QAI influe sur la productivité et surtout l'apprentissage, ainsi qu'il résulte de nombreuses études, dont certaines mettent en évidence une amélioration des tests logiques lorsque l'air des salles de classe est renouvelé (fig.2).

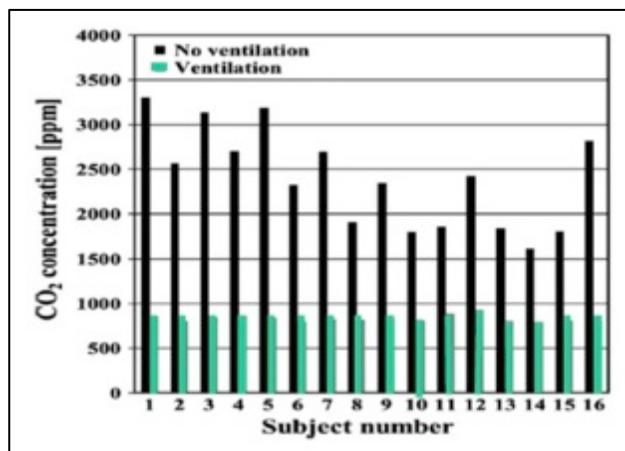


Figure 2 - Etude de Strøm-Tejsen et al., « Air Indoor », 2016

● L'air intérieur, toute une Histoire

Dès le dix-neuvième siècle, les hygiénistes découvrent que la qualité de l'air, de l'eau, des évacuations est directement liée aux maladies des habitants, et que l'action sur ces notions avait grandement amélioré l'environnement. L'affiche ci-dessous présente diverses recommandations pour maintenir la qualité de l'air intérieur, qui restent d'actualité (fig.3).



Figure 3 – Les recommandations des hygiénistes du 19<sup>ème</sup> siècle toujours d'actualité

<sup>2</sup> Le « syndrome du bâtiment malsain » se manifeste lorsque plusieurs personnes font état au même moment de difficulté à supporter leur environnement



C'est cependant dans les années 1970, à l'occasion des chocs pétroliers, que les scientifiques se sont positionnés sur la qualité de l'air intérieur. L'accent mis sur la consommation d'énergie entraîne la nécessité d'étanchéifier les bâtiments, mais sans prise en compte de l'importance du renouvellement d'air.

Outre les matériaux de synthèse mis en œuvre à cette époque, on constate que biocides ou produits de masquage d'odeurs s'intègrent dans l'environnement intérieur. A cette période apparaît la question du formaldéhyde<sup>3</sup> découvert dans l'isolation des *mobile home*. Pour la première fois, un lien est établi entre la santé de l'occupant et le matériau employé. De ce constat naissent les premières conférences internationales sur la qualité de l'air intérieur. En 1990, apparaissent les dangers des « *killer carpets* », puis de l'amiante

La couverture médiatique montre que les préoccupations liées à la santé environnementale se manifestent à partir des années 1990 (fig.4).



Figure 4 - L'évolution de la couverture médiatique de la santé environnementale

Avec la création en 2001 de l'OQAI, la presse reprend régulièrement les constats étayés publiés par l'organisme. Le Grenelle de l'environnement en 2007 puis le plan national Santé-Environnement signent la prise en compte du sujet par les pouvoirs publics.

### ● L'importance de l'air intérieur

90 % de l'air dans les poumons est composé d'air intérieur, qui est un déterminant de la santé. En moyenne, les français passent 67 % de leur temps dans leur logement, et 39 % dans leur chambre, ce qui en fait un lieu très important, que les architectes doivent particulièrement soigner. Plus que les pics de pollution, c'est en effet l'exposition chronique qui reste problématique

Une étude effectuée par l'ANSES et le CSTB révèle que le coût social de six substances<sup>4</sup> s'élève à 20 milliards d'euros, soit 1% du Produit intérieur brut. Extrêmement complexe, l'environnement intérieur impose le défi d'une meilleure connaissance pour déterminer les actions à mener et les coûts à engager.

<sup>3</sup> Mieux connu sous le nom de formol lorsqu'il est dissout dans l'eau, le formaldéhyde est un composé organique très volatil (COV) appartenant à la famille des aldéhydes. Devenant gazeux à température ambiante, il est fréquemment retrouvé dans les environnements intérieurs.

<sup>4</sup> Le benzène, le trichloréthylène, le radon, le monoxyde de carbone, les particules et la fumée de tabac environnementale



## Quelle pollution, quelles victimes ?

Le fait de n'être jamais exposé à une seule substance polluante à forte concentration, mais au contraire à une multiplicité de composés divers en faible quantité, et le nombre de facteurs de risque imposent d'avoir une approche intégrée, notamment à la notion d'« *exposome* », qui évoque l'ensemble des produits auxquels l'être humain est exposé tout au long de sa vie.

### ● Hiérarchiser les substances

La question se pose dès lors de la hiérarchisation des études à mener. L'OQAI a établi le classement ci-après (fig. 5). Les substances inclassables restent néanmoins objets d'études, notamment au Canada.

Plus de 1000 substances chimiques et particulaires classées sur des critères sanitaires (Almeras et al, 2010)	
<p><b>Pour les logements</b> (15 substances prioritaires)</p> <p>formaldéhyde, benzène monoxyde de carbone, di-2-éthylhexylphtalate (DEHP), acroléine, plomb, acétaldéhyde, particules inertes (PM10 et PM2.5), cadmium, arsenic, benzo[a]pyrène, benzo[a]anthracène, 1,4-dichlorobenzène chloroforme.</p>	<p><b>Pour les écoles</b> (6 substances prioritaires)</p> <p>formaldéhyde, benzène, acétaldéhyde, PM<sub>10</sub> et PM<sub>2.5</sub> chrome.</p> <p><b>Pour les bureaux</b> (5 substances prioritaires)</p> <p>benzène, PM2.5, mélange de PCB, éthylbenzène, formaldéhyde.</p>

Figure 5 – L'indispensable hiérarchisation des substances polluantes

Parmi ces substances, on relève également :

- le radon, gaz radioactif d'origine naturelle présent dans le sous-sol
- l'ozone, produit par réaction photochimique de l'air extérieur, mais qui provient également de certains appareils bureautiques ou de traitement d'air
- l'oxyde d'azote, issu de la pollution automobile, des appareils de chauffage, du tabagisme
- le monoxyde de carbone, gaz toxique produit par le dysfonctionnement d'appareils à combustion, ainsi que par le tabagisme
- les Composés organiques volatils (COV), parmi lesquels le formaldéhyde, proviennent de sources multiples allant de la construction aux produits d'entretien, en passant par les vêtements
- les semi-volatils se retrouvent dans l'air et sur les poussières : les phtalates ou les pesticides proviennent des retardateurs flamme ou des produits d'entretien
- les polluants biologiques tels que les moisissures, les virus, les bactéries, les allergènes
- les particules, qui peuvent être des pollens, des spores de champignon, mais aussi des fibres.



Cette énumération révèle que la recherche révèle sans cesse de nouvelles connaissances sur cet environnement. Ainsi, l'on constate que les composés semi-volatils génèrent de plus en plus de publications (fig.6), avec une vision différente entre celle des années 1990 et celle de 2017.

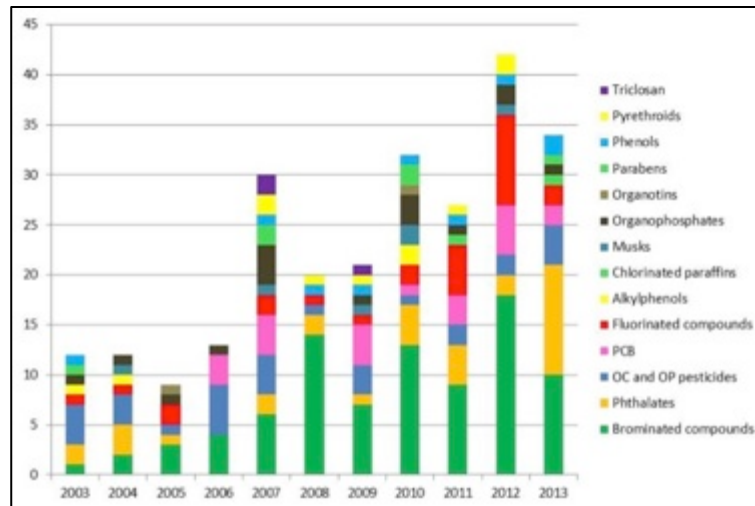


Figure 6 – L'augmentation de l'intérêt des scientifiques pour les composés semi-volatils

**De la salle** (Renaud BELLIERE, architecte expert)

Les polluants contenus dans les meubles disparaissent-ils au fil du temps ?

**Séverine KIRCHNER**

Tout ce qui est neuf émet beaucoup de polluants au début, puis cela diminue. Par ailleurs, les meubles en panneau de particules sont protégés par un revêtement qui, lorsqu'il est détérioré, recommence à libérer du formaldéhyde.

**De la salle** (Daniel GERMOND, architecte expert)

Existe-t-il des taux à partir desquels on considère qu'un logement est insalubre ?

**Séverine KIRCHNER**

La notion d'insalubrité est très codifiée, et nous évoquerons plus tard le lien entre exposition et santé.

**Chahrazad TOMA-VASTRA**

Le compte rendu d'une table ronde sur ce sujet est disponible sur le site du CNEAF<sup>5</sup>.

☛ Tous pareils, mais tous différents : le lien de causalité

**Séverine KIRCHNER**

Puisque les êtres humains sont tous différents, ils ne déclarent pas les mêmes maladies ou symptômes suivant les expositions. La construction de logements adaptés aux populations les plus fragiles protégera l'ensemble des populations.

La question se pose dès lors du lien entre une substance et son effet sur la santé. Le risque déterministe est celui dont l'effet est connu. Ainsi, le lien entre le taux de pollution au monoxyde de carbone et l'intoxication est connu. Il en va de même entre l'amiante et le mésothéliome<sup>6</sup>. L'arrêt de

<sup>5</sup> L'habitat indigne – les immeubles menaçant ruine. Le rôle de l'expert architecte (CNEAF, 151ème TRNTJ, 25 septembre 2015)

<sup>6</sup> Le mésothéliome est une forme rare et virulente de cancer des surfaces mésothéliales qui affecte le revêtement des poumons (la plèvre), de la cavité abdominale (le péritoine) ou l'enveloppe du cœur (le péricarde).

l'exposition entraîne *de facto* la suppression du risque. Il suffirait donc de jouer sur la source pour gérer le risque, mais ce lien de causalité n'est cependant pas toujours évident, car l'étiologie d'une maladie peut être liée à plusieurs substances. Une maladie du système immunitaire peut ainsi être due notamment aux pesticides ou aux polychlorobiphényles (PCB). Inversement, on sait que les pesticides agissent sur différents marqueurs du corps humain (fig.7).

Systèmes cibles	Familles de substances / substance
Système nerveux central Cerveau	BPA, Pesticides, PCB
Système immunitaire	Pesticides, PCB
Système cardiovasculaire	HAP, Pesticides
Système de reproduction et/ou endocrinien	Alkylphénols, BPA, Phtalates, Pesticides, PCB, RDF
Cancérogénicité*	PCB Pesticides (polychlorophénol) HAP (benzo(a)pyrène)
Génotoxicité	HAP, Pesticides

\* IARC (2015) Agents Classified by the IARC Monographs, Volumes 1–112. 10 pages

Figure 7 – Effets des composés organiques semi volatils sur la santé

Par ailleurs, s'il a longtemps été admis qu'il existait, pour chaque substance, un seuil au-dessous duquel les maladies ne se développaient pas, il s'avère qu'en fait le lien de causalité existe pour certaines substances en l'absence de tout seuil. Ainsi, c'est plutôt l'exposition pendant une période de vie particulière (la procréation) qui compte dans le cas des perturbateurs endocriniens.

## Tous exposés, partout !

### Les logements plus pollués que l'extérieur

L'OQAI a constitué un échantillon du parc de logements par tirage au sort, pondéré par des données INSEE afin que l'échantillon soit représentatif.

Il résulte de cette campagne que tous les ménages français sont exposés à une trentaine de polluants. Elle a également révélé que l'on était plus exposé à l'intérieur qu'à l'extérieur (fig.8).

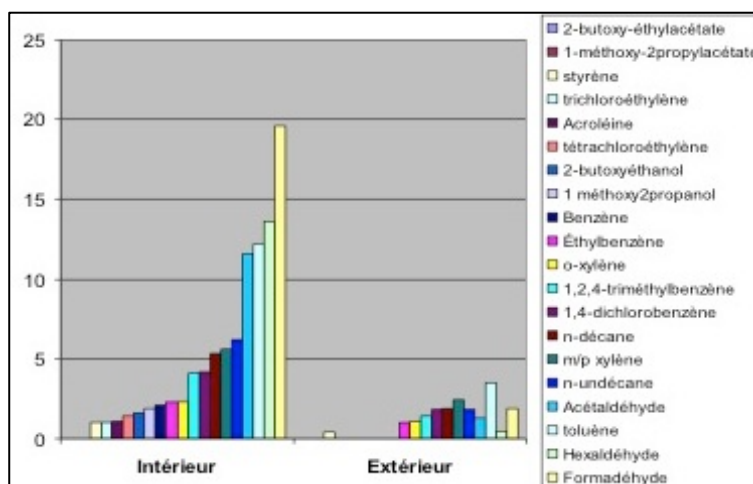


Figure 8 – La qualité de l'air dans les logements : médiane des concentrations en COV

Par ailleurs, 10 % des logements étudiés sont plus pollués que les autres par plus de substances que dans les autres logements.

## Quelques exemples de polluants dans les logements

### Le formaldéhyde

Ainsi, le graphique suivant (fig.9) révèle la distribution du formaldéhyde dans tout le parc de logements français examiné entre 2003 et 2005. Cela permet d'évaluer les risques sur la population.

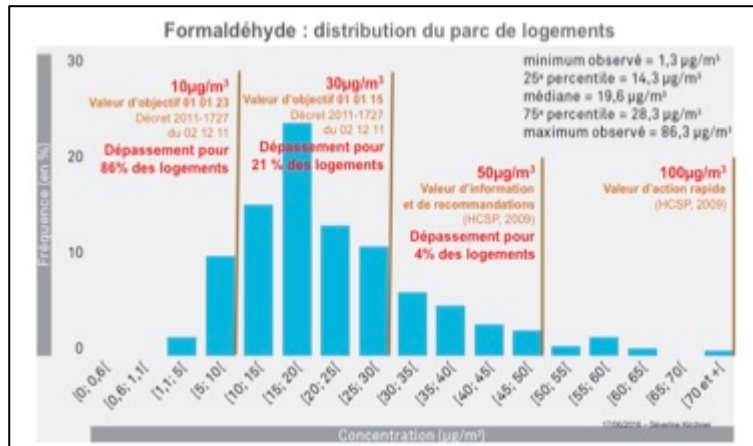


Figure 9 – Photographie du parc de logement relatif au formaldéhyde

Ces données sont également utilisées pour compléter les valeurs-guide de l'air intérieur établies par l'ANSES dans les années 2000. Ainsi, la valeur-guide la plus protectrice s'établit à 10 microgrammes de formaldéhyde par mètre cube, mais 86 % des logements la dépassaient en 2005. C'est donc devenu, par décret, une valeur d'objectif à atteindre en 2023.

### Les moisissures

Plus d'un tiers du parc de logements français présente des développements de moisissures, et 14 à 20 % de ces contaminations sont visibles. L'ANSES a révélé que ces moisissures présentaient des effets avérés sur la santé (asthme, rhinite allergique).

### Les semi-volatils

L'OQAI a analysé des échantillons afin de disposer de l'état de l'exposition des ménages à ces substances : entre 50 et 100 % des logements sont concernés par la présence d'une ou plusieurs des 66 substances recensées : phtalates, perméthrine, pesticides, etc.

## L'école : l'importance d'une bonne ventilation

Alors que l'on constate d'ores et déjà un effet des polluants sur l'apprentissage (cf. fig. 2 – p. 7), seulement 15 % des écoles sont équipées d'une Ventilation mécanique contrôlée (VMC). Le renouvellement d'air ne s'y fait donc que par les fuites ou l'ouvertures de fenêtres, voire pas du tout, pour des raisons de confort, d'économie ou de sécurité.

Une étude menée par le ministère de l'Ecologie sur le confinement des écoles, à travers l'Indice de confinement de l'air dans les écoles (ICONE)<sup>7</sup>, révèle que 33 % des écoles élémentaires se voyaient attribuer un indice maximum (fig. 10).

<sup>7</sup> Cet indice de confinement est établi à partir d'une mesure en continu de la concentration de CO<sub>2</sub> dans l'air, et caractérise le renouvellement d'air

Bâtiments	Confinement nul à moyen (ICONE égal 0, 1 ou 2)	Confinement élevé (ICONE=3)	Confinement très élevé à extrême (ICONE égal 4 ou 5)
crèches	75 %	20 %	5 %
maternelles	70 %	20 %	10 %
élémentaires	33 %	33 %	33 %

(Ribéron et Derbez, 2011), n=310 écoles et crèches

ICONE	Fréquence des niveaux de CO <sub>2</sub>	Etat du confinement de l'air
0	100% CO <sub>2</sub> < 1000 ppm	Confinement nul
1	~1/3 des valeurs > 1000 mais < 1700 ppm	Confinement faible
2	~2/3 des valeurs > 1000 mais < 1700 ppm	Confinement moyen
3	~2/3 des valeurs > 1000 et 1/3 > 1700 ppm	Confinement élevé
4	~2/3 des valeurs > 1700 ppm	Confinement très élevé
5	~100% CO <sub>2</sub> des valeurs > 1700 ppm	Confinement extrême

Figure 10 – L'indice ICONE

### Les bureaux : santé et performance

L'essentiel du coût d'un bâtiment de bureaux est lié à la masse salariale. Il s'agit donc d'un enjeu important, qui impose d'offrir les meilleures conditions de travail pour une performance optimale. La campagne de l'OQAI dans les bâtiments de bureau, qui a porté sur un échantillon large bien que non représentatif, a montré l'importance des enjeux sanitaires et économiques liés à la qualité de l'air intérieur dans les bureaux.

### L'enjeu des bâtiments performants en énergie

Parmi les actions menées pour protéger les ressources de la planète, de nombreuses concernent le bâtiment : conception architecturale, isolation, étanchéité à l'air de l'enveloppe du bâtiment, les systèmes de construction ou d'énergie. Afin de concilier ces actions et la préservation de la santé, il convient d'adopter dès le départ une approche intégrée. L'OQAI a élaboré des protocoles de mesure de la qualité de l'air, de l'aération, de la consommation.

A ce jour, les données collectées sur 72 logements dans 43 bâtiments ont révélé que ces bâtiments sont chimiquement plus « propres » que les autres, sauf pour l'hexaldéhyde, l'alpha-pinène ou le limonène, tous trois liés aux matériaux à base de bois. Cependant, un développement fongique invisible plus élevé a été constaté, dont l'origine provient probablement de la phase chantier (mise en œuvre de matériaux humides alors que l'étanchéité du bâtiment est déjà assurée).

Une température intérieure plus élevée a également été constatée, mais le confinement et la ventilation sont équivalents à ceux des bâtiments traditionnels. Cependant, lorsque le système de ventilation ne fonctionne plus, on constate un taux de pollution en forte augmentation. Un tel système constitue donc un élément de sécurité essentiel dans les bâtiments performants, en dépit de leur manque de robustesse déjà relevé.

Par ailleurs, des données statistiques relevées en Bretagne révèlent que les bâtiments ayant subi une rénovation thermique sont plus affectés par la présence de radon que ceux n'ayant pas fait l'objet d'une telle rénovation, probablement parce que l'étanchéité du sol n'est que peu prise en compte dans ces rénovations (fig. 11).

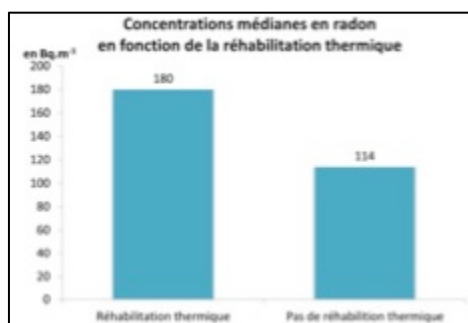


Figure 11 – Les concentrations en radon plus élevées dans les bâtiments performants.

## Les sources de pollution de l'air intérieur

### ● L'environnement extérieur à l'assaut des bâtiments

Une étude du CSTB, menée conjointement avec le laboratoire de la Ville de Paris, a révélé que les polluants extérieurs pénètrent dans les logements, mais pas dans les mêmes proportions suivant les substances. Ainsi, le monoxyde de carbone pénètre plus que l'ozone.

La construction d'un bâtiment devrait dès lors toujours prendre en compte son environnement. Ainsi, on construit de plus en plus sur des sols pollués.

### ● L'ennemi intérieur

Outre leurs propres effets, les substances présentes à l'intérieur des logements interagissent entre elles pour composer de nouvelles substances. Ainsi, le formaldéhyde peut être issu de l'ameublement, mais également de réactions entre l'ozone extérieur, les produits d'entretien émetteurs de limonène, etc.

Les polluants liés au bâtiment proviennent également des garages communicants, des éléments de construction ou d'ameublement neufs, des dégâts des eaux, mais aussi de la présence humaine, du tabagisme, des désodorisants.

Une étude a révélé par ailleurs que, si les niveaux socio-économiques les moins élevés subissaient de plus forts taux de pollution, il existait également des « polluants de riches », comme le tétrachloroéthylène mis en œuvre dans les pressings.

### ● L'importance de la durée de vie des polluants

Si les polluants présents dans les matériaux voient leur impact diminuer dans le temps, on constate que les fabricants peuvent eux-mêmes proposer des substances alternatives moins toxiques, notamment en ce qui concerne les solvants de peinture, les revêtements de sol, les colles. Il reste cependant difficile d'agir sur la totalité des substances (*fig.12*).

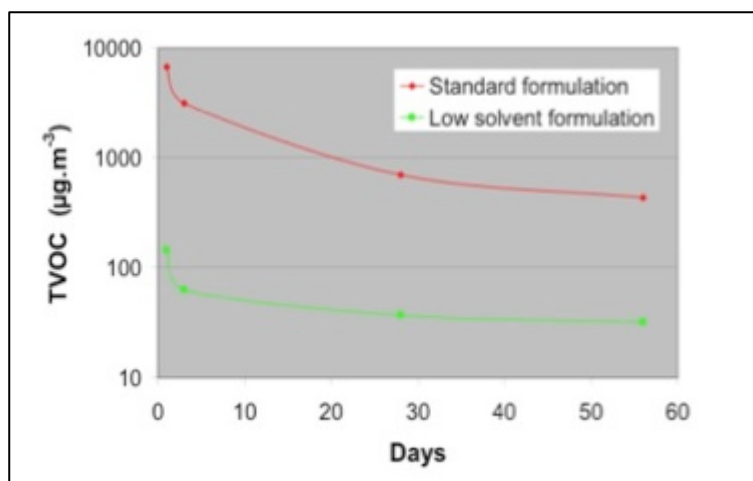


Figure 12 – Diminution de la toxicité d'un revêtement de sol en fonction de sa formulation

### ● La surprise des systèmes de renouvellement d'air

Il a été constaté, de façon très surprenante, que le débit de renouvellement d'air ne variait pas en fonction de la présence ou non d'un système de ventilation. L'explication tient à l'ancienneté du parc étudié, composé de bâtiments peu étanches pour lesquels le système de renouvellement d'air n'a que peu d'impact. Si l'action de l'occupant sur ce renouvellement d'air s'avère efficace, on note qu'à partir de 1982 la maîtrise des systèmes de ventilation mécanique s'affirme nettement, en dépit de



dysfonctionnements notables. La campagne sur les bâtiments performants démontre que ces systèmes ne sont pas suffisamment pris en compte dans les constructions récentes, alors qu'il s'agit d'un véritable organe de sécurité.



## Quelles stratégies pour une bonne qualité d'air intérieur ?

### ☛ Combiner les actions à tous les niveaux

La première action consiste à opter pour des produits moins émissifs à tous les niveaux : produits de construction, d'ameublement, d'entretien, désodorisants, etc. Il convient également de pratiquer le renouvellement de l'air, en prenant en compte les coûts de mise en œuvre, de fonctionnement et de maintenance des systèmes de ventilation.

Lorsque ces deux actions s'avèrent inefficaces, la solution réside dans l'épuration de l'air. Le marché proposant quantité d'appareils dont certains sont inefficaces, voire polluants, une évaluation préalable est indispensable.

### ☛ L'action réglementaire : vers une simplification ?

L'ANSES élabore, depuis 2007, des valeurs guides fondées sur des critères sanitaires destinés à assurer la protection de toute la population. Des valeurs repères d'aide à la gestion de l'air ont également été établies par le Haut conseil de santé publique (HCSP), et certains produits ont fait l'objet de valeurs réglementaires fixées par la loi (fig. 13).

	VGAJ sur critères sanitaires (ANSES)	Valeurs repères d'aide à la gestion dans l'air (HCSP)	VGAJ réglementaires
Formaldéhyde	2007	2009	2011
Monoxyde de carbone	2007		2009
Benzène	2008	2010	2011
Naphtalène	2008		
Trichloroéthylène	2009		
Tétrachloroéthylène	2010	2010	2012
Particules	2010	2013	
Acide cyanhydrique	2011		
Dioxyde d'azote	2013		
Acroléine	2013		
Acétoaldéhyde	2014		

Figure 13 – Les valeurs guides de la qualité de l'air intérieur



Outre l'interdiction des composés cancérigènes, mutagènes et reprotoxiques de catégories 1 et 2, prévue par les arrêtés des 30 avril et 28 mai 2009, la loi dite « Grenelle 1 »<sup>8</sup> prévoit l'étiquetage obligatoire des produits de construction mis en place dans le cadre de la loi. Un étiquetage simplifié des produits d'ameublement est en préparation, mais restera limité à quelques substances comme le formaldéhyde. Un étiquetage des bougies est également à l'étude pour la protection des enfants. Les produits obligatoirement étiquetés sont listés dans le décret n° 2011-321 du 23 mars 2011 relatif à l'étiquetage des produits de construction et de décoration sur leurs émissions en polluants volatils. L'étiquetage a pour objet d'informer sur le niveau d'émission de substances volatiles dans l'air intérieur, présentant un risque de toxicité par inhalation, sur une échelle de classe allant de A+ (très faibles émissions) à C (fortes émissions) (fig. 14).

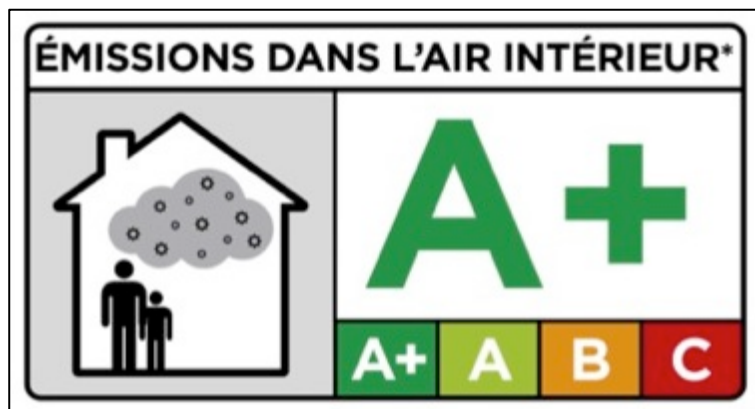


Figure 14 – L'étiquette obligatoire est basée sur des tests d'émissions de COV, par comparaison avec des valeurs d'intérêt.

- L'influence du facteur humain, et l'importance de la traçabilité

Source de pollution, l'humain est l'objet d'études sur ses émissions chimiques et bactériologiques. A cet égard, l'interaction occupant/bâtiment doit impérativement être prise en compte, notamment dans les bâtiments performants en énergie où les systèmes de renouvellement d'air peuvent être débrayés à volonté.

- La performance face à la complexité

Le Code de la construction disposant que les logements doivent bénéficier d'un renouvellement de l'air pour la sécurité des occupants, un arrêté du 24 mars 1982 prévoit les débits d'air à mettre en œuvre. Cependant, cet objectif de performance fait encore l'objet de questionnements, aucun critère ne paraissant évident.

- Communiquer vers les acteurs, prendre en compte les responsabilités juridiques

La communication vise à faire comprendre qu'il sera toujours mieux d'assurer le renouvellement de l'air intérieur, en aérant 10 minutes par jour ainsi que le recommande le ministère de la Santé, y compris lors des pics de pollution extérieure, le confinement aggravant l'exposition des personnes aux polluants intérieurs.

Par ailleurs, la responsabilité administrative et pénale de tous les acteurs sont à prendre en compte : Etat, maîtres d'ouvrage, prescripteurs, industriels, exploitants, employeurs, utilisateurs.

<sup>8</sup> Article 40 de la loi n° 2009-967 du 3 août 2009 de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement

## Surveiller

Par décret<sup>9</sup>, la surveillance de la qualité de l'air dans les établissements recevant des populations sensibles (écoles maternelles et élémentaires, centres de loisirs et établissements d'enseignement du second degré, établissements médico-sociaux, etc.), revient à leurs exploitants, à leurs frais. Cette surveillance doit être renouvelée tous les sept ans.

## Mobiliser toute la chaîne d'acteurs

La qualité de l'air intérieur n'est pas réellement conscientisée. Qui plus est, les bâtiments sont perçus comme des abris vis à vis des pollutions extérieures. Or, l'air intérieur n'est pas naturellement purifié. Il convient donc de proposer un compromis global entre confort intérieur, protection, et qualité de l'air. De nombreuses solutions sont disponibles pour améliorer cette dernière, et notamment les capteurs : de nombreux modèles sont disponibles, bien qu'ils n'offrent pas tous la même précision. Ce sont pourtant probablement des outils d'avenir. Le capteur développé par l'OQAI et le CSTB mesure l'indice ICONE, et indique en trois couleurs l'état de confinement du logement (fig.15). Une étude a montré les résultats positifs dans les écoles, en poussant les enseignants à procéder à l'aération des salles de classes.



Figure 15 – Le capteur Lum'Air développé par le CSTB et l'OQAI

En tout état de cause, il est probable qu'à terme le bâtiment intelligent intégrera ce type d'appareil connecté afin d'assurer une surveillance efficace de la qualité de l'air intérieur, en dépit des questions liées à la confidentialité des données privées et à l'interopérabilité entre les systèmes.

Par ailleurs, les outils de communication, utiles pour les relais d'information, n'atteignent pas encore l'utilisateur final. Pour y remédier, l'OQAI travaille actuellement sur des systèmes d'ingénierie sociale tels que les « nudges »<sup>10</sup> (fig. 16).

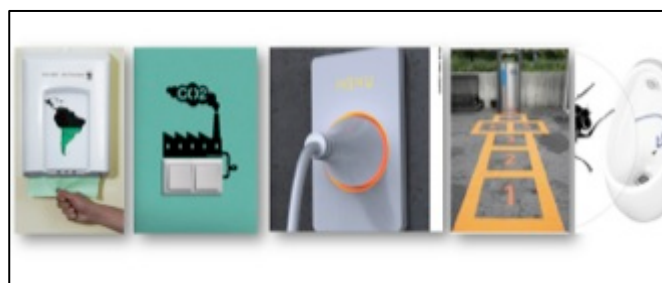


Figure 16 – Exemples de nudges

<sup>9</sup> Décret n° 2015-1000 du 17 août 2015 relatif aux modalités de surveillance de la qualité de l'air intérieur dans certains établissements recevant du public

<sup>10</sup> Fondés sur les enseignements de la psychologie et de l'économie comportementale, les « nudges » permettent d'influencer en douceur les comportements

## Les défis à venir de la qualité de l'air intérieur

### ● Un équilibre précaire, mais un axe de progrès pour la santé

Si la qualité de l'air intérieur résulte d'un équilibre souvent précaire entre l'air extérieur, les sources de pollutions intérieures, les conditions d'aération et de ventilation, et le rôle des usagers et des occupants des bâtiments, elle est également un axe de progrès pour la santé : une bonne qualité de l'air à l'intérieur d'un bâtiment a un effet positif démontré sur le bien-être des occupants, l'apprentissage des enfants, la diminution du taux d'absentéisme.

### ● Un enjeu politique majeur, et une source de croissance

La possibilité de disposer d'un dispositif permanent tel que l'OQAI, dont l'objectif est de mieux connaître l'exposition des populations et les déterminants de la qualité de l'air intérieur est chance.

La recherche et le développement autour des épurateurs et des capteurs constituent, pour leur part, une opportunité économique émergente et susceptible de répondre à une réelle demande de marché.

La qualité de l'air intérieur constitue enfin un enjeu majeur pour le bâtiment, en pleine mutation énergétique. Ce dernier devra en effet tenir compte de la biodiversité, du changement climatique, de la numérisation, de la sobriété énergétique, mais surtout de l'humain.



# Les actions de la Fédération française du bâtiment (FFB) sur la qualité de l'air

**Sonia GULDENER**

*Ingénieur énergie à la Direction des affaires techniques, FFB.*

La FFB représente 50 000 adhérents, dont 35 000 de dimension artisanale. Ses missions principales portent sur la défense des intérêts de la filière bâtiment. Elle propose un service d'assistance juridique, sociale et technique à ses adhérents. Dans le cadre de sa mission d'information et de sensibilisation, elle mène depuis une période récente des actions sur la qualité de l'air intérieur. Elle dispense également de la formation dans les régions à travers le réseau des Instituts de formation et recherche des bâtisseurs (IFRB).

Si, depuis longtemps, la FFB mène des actions sur l'environnement (gestion des déchets de chantier et performance énergétique), elle souhaite aujourd'hui sensibiliser ses adhérents sur les questions de qualité de l'air intérieur, enjeu de santé publique.



Une vidéo de présentation par la FFB des enjeux de la qualité de l'air intérieur est disponible à l'adresse suivante : <https://www.youtube.com/watch?v=x384rOAgK7k>

La FFB a par ailleurs réalisé un guide de sensibilisation aux bonnes pratiques en matière de qualité de l'air intérieur, destiné à ses adhérents. Il aborde d'une part les enjeux, puis propose des fiches pratiques présentant les principaux métiers concernés par la qualité de l'air intérieur sur les chantiers (fig. 17).

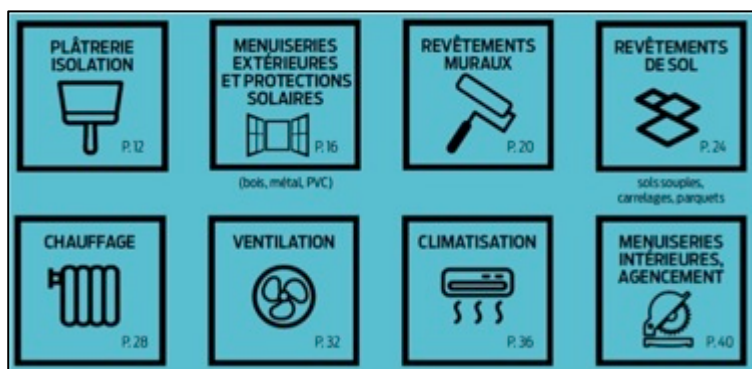


Figure 17 – les métiers du bâtiment concernés par la qualité de l'air

Une troisième partie aborde le diagnostic avant travaux : enveloppe du bâtiment, équipements de chauffage et de ventilation. Une fiche de diagnostic de l'air intérieur permet d'adapter les préconisations de travaux à la préservation de la qualité de l'air intérieur, voire à son amélioration, dans le cas d'éventuels marchés prenant en compte les compétences des entreprises dans ce domaine.

En annexe, le guide propose un recensement des nombreux labels, auxquels il convient d'être attentif pour éviter de tomber dans le piège du *greenwashing*, ainsi que sur la question du lien entre humidité et moisissures.

## Le diagnostic de qualité de l'air intérieur en rénovation

### Les quatre chapitres du diagnostic de rénovation

La réalisation d'un diagnostic simplifié de la qualité de l'air intérieur dans l'existant suppose l'analyse de quatre grands postes : la qualité de l'environnement extérieur (proximité d'activités industrielles ou agricoles, de transports, sol), le bâtiment proprement dit (matériaux de construction, date de pose, mais aussi ameublement, moisissures apparentes et cachées), les équipements techniques (ventilation, chauffage, climatisation), et enfin les occupants eux-mêmes et leurs activités (tabagisme, bricolage, animaux domestiques, etc.).

Une grille d'analyse personnalisable reprend, à travers ces quatre catégories, l'ensemble des points ayant un impact sur la qualité de l'air intérieur, comme le radon, les activités polluantes telles que les pressings. L'analyse prend en compte les travaux réalisés dans les six mois précédents le diagnostic (peinture, vernis, vitrification, pose de revêtement de sol, tapisserie, isolation). Les moisissures apparentes et décollages de papiers peints sont étudiés. Globalement, tous les postes sont recensés afin de découvrir toutes les sources de dégradation de l'air intérieur.

### La question des normes de mesure

#### De la salle (Martial LE BOUEDEC, architecte expert)

Existe-t-il un moyen de mesure de l'air en fonction d'une norme *International Organization for Standardization* (ISO)<sup>11</sup>, dans le but d'effectuer des mesures précises. Il est arrivé qu'en expertise j'ai été amené à effectuer un tel captage.

#### Séverine KIRCHNER

Les normes ISO 16 000 existent pour la mesure des COV, mais cela nécessite des capteurs, équipements ou techniques de laboratoire, qui dépendent de la substance à analyser. Pour un diagnostic de COV, on concentre les substances sur un absorbant envoyé à un laboratoire agréé qui pratiquera une chromatographie en phase gazeuse<sup>12</sup>. En raison des niveaux de sensibilité élevés, seul ce type de laboratoire est en mesure d'effectuer une telle analyse. Les éléments importants à prendre en compte sont les niveaux d'exposition et la sensibilité des appareils. Beaucoup de laboratoires répondent à ces exigences.

#### Chahrazad TOMA-VASTRA

Dans le cadre d'une expertise judiciaire, il convient de faire appel à un technicien, car il reste préférable que l'expert, qui n'est pas maître d'œuvre, ne s'engage pas sur un tel diagnostic. Sa mission est d'effectuer un constat.

#### De la salle (Martial LE BOUEDEC)

Est-il possible de savoir sur quelles normes l'expert peut s'appuyer ?

---

<sup>11</sup> L'Organisation internationale de normalisation OIN (*ISO* en anglais) est organisme de normalisation international composé de représentants d'organisations nationales de normalisation de 165 pays<sup>1</sup>, créée en 1947 et qui a pour but de produire des normes internationales dans les domaines industriels et commerciaux appelées « normes ISO »

<sup>12</sup> Technique permettant de séparer des molécules d'un mélange éventuellement très complexe de nature très diverses

**Séverine KIRCHNER**

Il existe de nombreux protocoles

**De la salle (Martial LE BOUEDEC)**

Dans mon cas il s'agissait de la technique du prélèvement passif avec tube à diffusion.

**Séverine KIRCHNER**

C'est une bonne technique pour effectuer un diagnostic d'exposition chronique, mais ce n'est pas efficace à partir d'une source ponctuelle. Mis en place durant une semaine, c'est un système parfait pour mesurer les produits de construction, par exemple.

**Martial LE BOUEDEC**

Il existe donc bien des normes précises, auxquelles l'expert peut se référer dans certains cas.

**Séverine KIRCHNER**

Les sources d'un symptôme lié à une pollution sont très nombreuses. A cet égard, l'enjeu du diagnostic de qualité de l'air est de connaître l'exposition de toutes les populations dans tous les bâtiments de France.

Par contre, en cas de symptôme particulier, la première étape est d'établir un diagnostic à vue, qui permettra de savoir ce qu'il conviendra de mesurer : pollution biologique, chimique, particulaire ou fibreuse. Une norme Association française de normalisation (AFNOR) a été établie, qui prévoit de partir du symptôme pour connaître la cause, afin d'exclure les très nombreuses mesures potentielles mais qui ne sont pas pertinentes.

Il importe donc de faire appel à des spécialistes capables de mener une telle enquête, y compris en procédant à des diagnostics psychotechniques, notamment dans les cas où des symptômes collectifs apparaissent. Il arrive en effet souvent que ces symptômes soient liés à des difficultés de communication plus qu'à la qualité de l'air. La question complexe de l'hypersensibilité de certaines personnes réagissant à des concentrations infimes se pose également, comme dans le cas de cette personne qui venait de faire construire sa maison, qui avait été surexposé au formaldéhyde en raison de défaillance de ventilation et qui, par la suite, ressentait des symptômes à des expositions infimes. Cela montre l'étendue du champ d'analyse à effectuer.

En tout état de cause, l'ANSES délivre, dans ses avis et valeurs guides disponibles sur son site, la métrologie de chaque substance.

**Andrée BUCHMANN**

Nous pouvons envisager de proposer, par la suite, des formations plus précises sur les problématiques que vous relevez.

● A qui l'expert peut-il faire appel ?

**Michel JEMMING**

Est-il possible de faire appel à l'OQAI pour intervenir dans une expertise qui dépasse les compétences de l'architecte expert ?

**Chahrazad TOMA-VASTRA**

L'OQAI, institution gouvernementale, n'est pas bureau d'étude.

**Séverine KIRCHNER**

Le diagnostic n'entre pas dans les missions de l'Observatoire. Son rôle est d'acquérir de la connaissance pour mettre en place des politiques publiques d'évaluation de risque. Il existe cependant, à l'initiative des pneumologues, des conseillers médicaux en environnement intérieur, bénéficiant d'une formation



universitaire et répartis dans toute la France, dont le rôle est de se rendre au domicile des patients pour évaluer l'exposition et effectuer un diagnostic lié à la pathologie.

Par ailleurs, il existe également des laboratoires aptes à mesurer la qualité de l'air intérieur ou des associations de surveillance de l'air extérieur, dont certaines sont compétentes en matière d'air intérieur. Il convient de se rapprocher de ces structures, y compris des laboratoires d'hygiène des villes. Le CSTB, pour sa part, dispose de laboratoires, et a pu se déplacer occasionnellement pour traiter des affaires particulièrement complexes. Une filiale est notamment dédiée au suivi de la moisissure en temps réel, mais elle reste dédiée au patrimoine. Elle peut toutefois être utilisée pour les logements.

#### **Michel JEMMING**

Est-il possible de diffuser une liste d'adresse ?

#### **Andrée BUCHMANN**

Il est préférable de se tourner vers les laboratoires présents dans tous les départements. C'est un monde professionnel qui a besoin de travailler.

#### **Séverine KIRCHNER**

Les conseillers en environnement intérieur, qui disposent d'un site internet<sup>13</sup>, constituent une bonne entrée en raison de leur approche globale.

#### **Chahrazad TOMA-VASTRA**

Le ministère de l'Environnement propose une liste.

#### **Martial LE BOUEDEC**

Ils ont été listés dans la présentation.

#### **Séverine KIRCHNER**

Il s'agissait des personnes ayant participé à l'Observatoire. Ce n'est cependant pas une liste exhaustive.

#### **Chahrazad TOMA-VASTRA**

Ces documents seront accessibles sur le site du CNEAF.

#### **Sonia GULDENER**

Cette grille de diagnostic ne va effectivement pas jusqu'à la mesure car nos adhérents ne disposent pas du matériel nécessaire, sauf dans quelques métiers particuliers comme les chauffagistes ou les spécialistes de la ventilation.

## **La phase des travaux**

### **Les métiers concernés**

Les lots de travaux concernés par la qualité de l'air sont (cf. fig 17 ci-dessus, p. 19) : la plâtrerie et l'isolation, la menuiserie extérieure, les revêtements muraux et de sol, ainsi que tous les lots « Chauffage-ventilation-climatisation (CVC) » – la ventilation étant le métier au cœur de la qualité de l'air dans les bâtiments performants en énergie –, et enfin le lot « menuiserie intérieure-agencement », l'ameublement étant concerné par un étiquetage prochainement obligatoire.

---

<sup>13</sup> Ce site est disponible à l'adresse <http://www.cmei-france.fr/>



## Les bonnes pratiques

Il convient, dès la conception, de mettre en œuvre les meilleures pratiques destinées à assurer la qualité de l'air intérieur :

- limiter les sources de polluants intérieurs, en choisissant des produits peu émissifs en fonction de leur étiquetage, qui les classe de A+ pour les moins émissifs à D pour les plus émissifs (cf fig. 14 ci-dessus, p. 16). Ces derniers sont en général les moins onéreux, mais l'objectif est de les faire progressivement disparaître du marché.
- éviter le transfert de la pollution extérieure vers l'intérieur, grâce à un choix pertinent de ventilation. Ainsi, à proximité d'un trafic routier important, il peut s'avérer opportun d'installer une ventilation double flux filtrant l'air entrant.
- assurer un renouvellement d'air suffisant ; à cet égard tous les systèmes existant s'avèrent valables : aération par ouverture des fenêtres, VMC, etc. Il convient toutefois de se méfier du système « Hygro-B », dont le débit variable en fonction du taux d'humidité intérieure pose questions sur la qualité de l'air intérieur.
- maîtriser l'humidité en limitant les ponts thermiques, ce qui rejoint la nécessité de performance énergétique. Cela participe à la limitation de la condensation dans les murs et du développement des moisissures.

## Les interfaces entre les métiers

Les interventions sur la menuiserie ou l'isolation entraînent une interaction importante avec la ventilation. Ainsi, un remplacement de fenêtre ou l'isolation d'une paroi renforce l'étanchéité à l'air d'un bâtiment ancien, ce qui peut rapidement entraîner l'apparition de moisissures, ainsi que le révèlent les fiches « pathologies du bâtiment » disponibles sur le site de l'Agence qualité construction (ACQ)<sup>14</sup>.

Il convient dès lors d'intégrer une entrée d'air dans la menuiserie, ainsi qu'une bouche d'extraction mécanique dans les pièces humides.

Il en va de même pour l'isolation, pour laquelle le nouveau texte « RT élément par élément<sup>15</sup> » prévoit qu'en cas de pose d'une isolation, il est obligatoire d'en vérifier l'impact sur le bâtiment, et si nécessaire créer une ventilation. Cependant encore peu d'entreprises mettent en œuvre ce texte récent.

### **Chahrazad TOMA-VASTRA**

Il s'agit là d'un cas d'expertise.

### **De la salle (X)**

L'essentiel de notre activité porte sur les cas de mise en œuvre sans architecte.

### **Sonia GULDENER**

Si la présence d'un architecte peut permettre d'éviter ce type de problème, il revient à l'entreprise de s'assurer du respect de la réglementation.

---

<sup>14</sup> Ces fiches sont consultables à cette adresse : <http://www.qualiteconstruction.com/outils/fiches-pathologie.html>

<sup>15</sup> Arrêté du 22 mars 2017 modifiant l'arrêté du 3 mai 2007 relatif aux caractéristiques thermiques et à la performance énergétique des bâtiments existants

### **Chahrazad TOMA-VASTRA**

Nous parlons d'expertise par rapport à la qualité de l'air.

### **Sonia GULDENER**

Au chapitre des interactions entre le chauffage et la ventilation, la VMC s'avère incompatible avec certains systèmes de chauffage par combustion à tirage naturel, tels que les poêles à bois utilisant l'air de la pièce, en raison d'un fort risque d'émanation de monoxyde de carbone.

Le système HYGRO-B, pour sa part, est incompatible avec les appareils de chauffage asséchant l'air ou fonctionnant par soufflage d'air.

L'association VMC/appareil à tirage naturel est interdite par le Document technique unifié (DTU), mais ce n'est pas le cas pour l'association HYGRO-B/chauffage asséchant.

Enfin, l'interaction entre l'isolation et le chauffage impose une éventuelle réadaptation de la puissance de chauffage.

#### ● Focus sur le lot « ventilation »

Il convient, dès la conception, de prévoir des entrées d'air adaptées, éloignées des sources de pollution. Il importe également de prévoir le détalonnage des portes intérieures<sup>16</sup>.

### **De la salle (X)**

Les menuiseries classiques ne sont de toute façon pas suffisamment étanches pour empêcher le fonctionnement de la VMC.

### **Sonia GULDENER**

Un bon détalonnage doit faire 1 cm, notamment en cas de pose de moquette.

Il convient également de prévoir l'accès aux gaines et caissons de ventilation pour leur maintenance, ainsi qu'une accessibilité aux bouches pour leur nettoyage. Concernant les gaines, il est préconisé de mettre en œuvre des conduits semi-rigides, avec une surface intérieure lisse pour faciliter leur nettoyage.

En fin de chantier, les contrôles prévoient la vérification de l'étanchéité des réseaux et du calfeutrement des gaines, et surtout le contrôle des débits aux bouches.

A cet égard, l'OQAI a constaté que la moitié des logements présentaient des débits de ventilation non conformes, en raison de la pression sur la performance énergétique qui favorise les systèmes à faible débit.

### **Chahrazad TOMA-VASTRA**

En Allemagne, les nombreuses constructions passives imposent de nombreuses installations de VMC à double flux. Les deux réglementations ont en conséquence été séparées.

### **Sonia GULDENER**

En France, le système double flux double les consommations du poste ventilation prévu dans la RT.

De plus en plus de systèmes de régulation de ventilation sont prévus pour limiter les consommations énergétiques : programmation horaire ou détecteurs de présence, mais aussi capteurs de CO<sup>2</sup> ou de COV. Ces derniers sont cependant parfois installés sans vérification du réglage.

#### ● Choisir des matériaux et appareils peu émissifs

La FFB préconise, à ce niveau, un choix d'étiquette A+, que l'on peut éventuellement associer à un label (fig. 18).

---

<sup>16</sup> opération consistant à recouper la partie inférieure de l'ouvrant sur toute sa largeur afin de ménager un libre passage de l'air



Figure 18 – Les principaux labels

Certains sont plus spécifiques à certaines parties d'ouvrage.

#### **Chahrazad TOMA-VASTRA**

Il semble que le label « GUT » ne concerne pas les revêtements de sol PVC.

#### **Sonia GULDENER**

Pour sa part, l'écolabel européen, figuré par un logo comportant un cercle d'étoile, donne des indications sur le contenu en COV, mais pas sur les émissions. Or, sur les peintures par exemple, il importe surtout de tenir compte des émissions pour la qualité de l'air.

#### **Séverine KIRCHNER**

Nos études et tests de recherche de COV dans les peintures ont en effet montré l'absence de lien évident entre émission et composition.

#### **Sonia GULDENER**

En ce qui concerne les appareils de chauffage au bois, pointés du doigt par l'ADEME, il convient de privilégier les systèmes avec prise d'air extérieur, de bien gérer l'évacuation des fumées, et de privilégier les appareils disposant du label « Flamme verte » qui garantit une faible émission de polluants dans l'air.

#### 📍 Les recommandations à suivre dans la phase de chantier

Ces recommandations sont des principes de bases qui concernent tous les métiers.

La principale problématique qui se pose pour les bâtiments étanches porte sur les temps de séchage. Murs et dalles doivent être secs avant toute pose de revêtement. Un planning des tâches doit donc intégrer ces temps de séchage, et une ventilation ou une aération provisoires doivent être prévues. Ces recommandations sont trop peu communiquées à la filière bâtiment.

#### **De la salle (X)**

Quelle incidence peut avoir le temps de séchage des chapes sur un bâtiment étanche ? On parlait d'une semaine par cm d'épaisseur.

#### **Sonia GULDENER**

Je ne dispose pas de cette information. Toutefois, L'Observatoire des bâtiments performants de l'Agence qualité construction (AQC) constate que cette pathologie apparaît de plus en plus corrélée avec les temps de séchage. Des recommandations devraient être diffusées bientôt.

**De la salle** (Lin TANKE, architecte expert)

J'ai été confronté à l'exemple d'une chape devant sécher avant pose d'un parquet collé. L'eau non libérée par un séchage insuffisant aurait pu causer des désordres ultérieurs sur ce parquet.

**De la salle** (Mariangel SANCHEZ, ingénieure « suivi des innovations », AQC)

Nous remarquons en effet de plus en plus ce phénomène de séchage insuffisant. Les chantiers sont de plus en plus fermés, ce qui ne permet pas à l'humidité de s'échapper, et entraîne un développement fongique récurrent.

Avec l'ADEME nous sommes partenaires d'un appel à projet dont l'objectif est de déterminer l'impact de la phase chantier sur la qualité de l'air, et travaillons sur des outils permettant d'intégrer la question du séchage sur les chantiers. Ce projet sera disponible en 2018.

**De la salle** (Claude LE BIGOT, architecte expert)

Il s'agit d'un problème général de chantier, lié aux plannings très serrés. Chapes et murs sont parfois réalisés dans des conditions météorologiques déplorables, avec pose d'isolation extérieure sur des murs détremés. Les traces de moisissures apparaissent en quelques semaines et mettent très longtemps à disparaître.

**Sonia GULDENER**

Cela joue également sur la conception, en amont du démarrage du chantier.

**De la salle** (Claude LE BIGOT)

Il est en effet essentiel de surveiller le planning. Les expertises ultérieures nécessiteront d'éplucher le planning du chantier et les dates de réalisation pour comprendre l'origine des problèmes.

**Chahrazad TOMA-VASTRA**

Existe-t-il un exemple de temps de séchage ?

**De la salle** (Claude LE BIGOT)

Il arrive de devoir faire arrêter le chantier pour éviter des catastrophes. Le planning constitue un élément très important du chantier, à surveiller de près.

**Sonia GULDENER**

On pourrait également raisonner par performance : par exemple, la pose de plaques de plâtre ne peut s'effectuer que si le taux d'humidité du mur est inférieur à une valeur définie.

**De la salle** (Claude LE BIGOT)

Lorsqu'un chantier s'est déroulé sous la pluie, il conviendrait en effet de procéder à des mesures d'hygrométrie avant la pose des matériaux de finition.

**Sonia GULDENER**

Le stockage des produits à l'abri des intempéries fait également partie des recommandations : isolants, gaines de ventilation... Les travaux de découpe et de ponçage générateurs de poussières doivent être effectués à l'extérieur du bâtiment, ou dans une pièce dédiée. Enfin, il convient d'encapuchonner les gaines de ventilation pendant le chantier, et d'en contrôler le débit à réception du chantier.

## ● Les fiches travaux : l'exemple de la fiche « revêtements muraux »

Destinées aux adhérents de la FFB, cette fiche rappelle le lien entre la qualité de l'air intérieur et les métiers de la peinture, générateurs d'émissions de COV et de poussières. Il est également rappelé de consulter les diagnostics amiante et plomb, de vérifier l'humidité du support, et de traiter avant application du produit.

Pour le choix des produits, il est rappelé qu'il convient de privilégier l'étiquette A+, ainsi que les peintures mates, moins émissives.

Pour chaque lot, l'ensemble des labels pertinents est recensé. Ainsi, on en compte cinq sur le lot peintures, vernis et papier peints, utilisables en plus de l'étiquetage obligatoire. Ces labels n'informent que sur le niveau de performance ; il convient ensuite de s'enquérir du référentiel de chaque label pour connaître le niveau d'émissions dans l'air qu'il autorise.

Pour les peintres, les autres recommandations privilégient l'emploi de produits en phase aqueuse, et suggèrent de consulter les Fiches de données de sécurité (FDS) et les Fiches de déclaration environnementale et sanitaire (FTES).

Enfin, elles indiquent que les peintures « bio » ou « vertes » ne sont pas forcément moins polluantes.

### **Séverine KIRCHNER**

Les peintures dépolluantes, tout comme les plantes dépolluantes, sont considérées par l'OQAI comme inefficaces en raison d'un rendement très faible. Il en va de même pour la photocatalyse. Si ces systèmes sont démontrés en théorie, il n'est pas tenu compte de la cinétique et du génie des procédés, qui ne sont pas optimisés pour ce principe.

En tout état de cause, il convient d'évaluer ces procédés avant de les mettre en œuvre.

### **Sonia GULDENER**

La fiche recense ensuite les bonnes pratiques de mise en œuvre des peintures. L'objectif est de sensibiliser le professionnel à des impératifs tels que le séchage du support. Il est également rappelé la nécessité de préserver la propreté des réseaux aérauliques.

### **Séverine KIRCHNER**

En ce qui concerne les moisissures, c'est l'humidité des supports et des matériaux qui est importante, plus que l'humidité relative de l'air. Cette humidité constitue un nutriment pour la moisissure.

### **Sonia GULDENER**

Toutes nos fiches sont présentées sur le même modèle, présentent les choses de façon pratique et font appel au bon sens.

## ● Après les travaux

Les fiches intègrent les conseils à donner à l'occupant après les travaux : aérer plus que d'habitude dans les jours qui suivent la fin du chantier, utiliser des produits d'entretien et de nettoyage peu polluants, assurer un entretien régulier des draps et rideaux contre les acariens, procéder au nettoyage des bouches de ventilation. Le séchage du linge doit être privilégié à l'extérieur.

On rappelle également aux professionnels quelques obligations d'entretien des bouches d'entrée et de sortie d'air, de vérification du fonctionnement et de la propreté des ventilateurs, de remplacement des filtres, et de vérification tous les trois ans du fonctionnement et la propreté des conduits de ventilation. Les chaudières individuelles de 4 à 400 Kw doivent faire l'objet d'un entretien annuel obligatoire, qui comprend une évaluation des polluants dans les fumées, ainsi qu'une mesure du monoxyde de carbone dans l'air ambiant. Pour les appareils dont la puissance dépasse 400 kw, la mesure des polluants atmosphérique est obligatoire.

Enfin, les conduits de fumées doivent être ramonés une fois par an, et leur étanchéité contrôlée tous les trois ans.



## Questions de la salle

**De la salle** (Céline PETREAU, architecte)

Quelles sont les précautions, telles que des traitements massifs contre les parasites, prises par les fabricants lors du stockage des matériaux ?

**Sonia GULDENER**

Il existe en effet, pour les matériaux biosourcés, un risque d'attaque par les parasites ou les rongeurs. De fait, certains isolants naturels par exemple peuvent avoir été traités avec des produits antiparasites chimiques, ou contenir des composés chimiques contre l'incendie tels que le sel de bore dans la ouate de cellulose. Il n'existe malheureusement pas de solutions alternatives.

**De la salle** (Céline PETREAU)

Qu'en est-il de la protection du bois lors de son stockage, contre les champignons par exemple. Sur un chantier, le traitement d'un panneau de bois a entraîné l'apparition d'un champignon de couleur bleue, très connue des professionnels du stockage de bois. Quelles mesures sont-elles prises contre ce type de phénomène ?

**Séverine KIRCHNER**

On trouve beaucoup de formaldéhyde car c'est un biocide employé pour éviter le développement de biocontaminations. Dans le cadre de la qualité de l'air, toute la chaîne, de la fabrication, à l'utilisation par les occupants, devrait être prise en compte.

**De la salle (X)**

Qu'est ce que l'air propre diffusé par LVMH dans ses locaux à Shanghai ? Comment est-il fabriqué ?

**Séverine KIRCHNER**

Il s'agit tout simplement d'une filtration des particules. Peut-être n'est ce qu'un simple système à double-flux.

**De la salle (Catherine X, architecte)**

Ne manque-t-il pas une échelle de mesure du risque sur le fascicule de diagnostic ?

**Sonia GULDENER**

Il est effectivement difficile d'effectuer un diagnostic en l'absence de valeurs. En tout état de cause, il est impossible d'effectuer des mesures dans tous les logements français ?

**De la salle (Catherine X)**

C'est la raison pour laquelle une échelle figurant dans le diagnostic simplifié pourrait être parlante.

**Sonia GULDENER**

C'est une bonne idée.

**De la salle (Gilles ROBIN, architecte expert)**

En ce qui concerne les questions d'étanchéité des bâtiments à haute qualité énergétique, je n'ai rencontré que des problèmes de séchage propre des matériaux mis en œuvre à l'intérieur, mais existe-t-il des pathologies spécifiques à ce type de bâtiment ?

**Séverine KIRCHNER**

Seule l'enveloppe du bâtiment est étanche, ce qui est différent d'un bâtiment étanche.

**De la salle (Mariangel SANCHEZ)**

Le dispositif de retour d'expérience sur les bâtiments performants de l'ACQ révèle que, s'il n'existe pas de pathologies nouvelles, les équilibres s'avèrent cependant plus fragiles. Par exemple, les problèmes d'humidité sont accrus du fait qu'il y a moins de fuites parasites. De plus, on constate généralement une augmentation de la sinistralité dans les bâtiments dans les périodes de crise. Il reste difficile d'établir si leur sinistralité est plus importante.

**De la salle (X)**

Comment gérer la question des membranes d'étanchéité et de la transmission de vapeur à travers ces membranes ? Est-il possible de gérer l'humidité avec des isolants absorbants, régulateurs d'humidité comme le bois autrefois ? Ou bien avec des films d'étanchéité perméables à la vapeur d'eau dans les deux sens, mais avec une régulation en fonction des éléments permettant d'améliorer la qualité de l'air, en plus d'une ventilation correcte ?

**Sonia GULDENER**

La logique aujourd'hui est complètement différente.

**Séverine KIRCHNER**

Si nous manquons de retour d'expérience pour apporter une réponse, il s'agit cependant d'une vraie question.



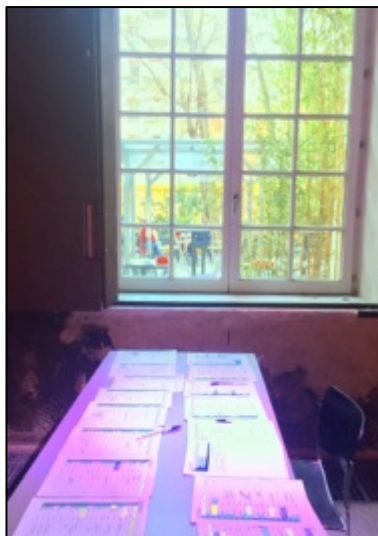
### De la salle (X)

Un pare-vapeur doit être posé de façon très scrupuleuse, car il existe un fort risque de condensation et de passage de vapeur d'eau. Il vaut parfois mieux poser un frein-vapeur, voire rien, plutôt que de prendre le risque d'une condensation.

### Chahrazad TOMA-VASTRA

Il convient surtout de ne pas le poser à l'envers. Je suggère de se référer à la synthèse de notre table ronde sur le bâtiment performant, qui a abordé ce type de pathologie.

Je remercie toutes les intervenantes.



## PROCHAINE TRNTJ

le vendredi 29 septembre 2017

“Avant, pendant, après la réception”

**Renseignements complémentaires :**  
Mireille MOUSSY - Coordinatrice Nationale  
Ancien Couvent des Récollets  
148, rue du Fg Saint Martin - 75010 Paris  
Tél. 01 40 59 41 96 / 09 66 90 41 96 / 07 86 91 02 20  
Courriel : [cneaf.experts@gmail.com](mailto:cneaf.experts@gmail.com)  
Site : [www.cneaf.fr](http://www.cneaf.fr)

## Sigles

ADEME : Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie

AFNOR : Association française de normalisation

ANSES : Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail

AQC : Agence qualité construction

COV : Composés organiques volatils

30CSTB : Centre scientifique et technique du bâtiment

CVC : Chauffage-ventilation-climatisation

DTU : Document technique unifié

FDS : Fiche de données de sécurité

FFB : Fédération française du bâtiment

FTES : Fiche de déclaration environnementale et sanitaire

HCSP : Haut conseil de santé publique

ICONE : Indice de confinement de l'air dans les écoles

IFRB : Instituts de formation et recherche des bâtisseurs

ISO (OIN) : Organisation internationale de normalisation

OMS : Organisation mondiale de la santé

OQAI : Observatoire de la qualité de l'air intérieur

30RT : Réglementation thermique

30VMC : Ventilation mécanique contrôlée



Synthèse – 157<sup>e</sup> TRNJ du CNEAF  
30 mars 2017

© CNEAF 2017