

## BÂTIMENT ET SANTÉ

Bien-être et bien vivre :  
les solutions bétons





## **BÂTIMENT ET SANTÉ**

Bien-être et bien vivre :  
les solutions bétons

*Cet ouvrage a été rédigé par :*

*Gaëtan Alomar, journaliste*

*en coopération avec les experts  
des organismes suivants :*

*CIMbéton*

*CÉRIB*

*SNBPE*

*SYNAD*

*UNPG*

# Avant-propos

● La santé est depuis toujours un enjeu majeur. Cet ouvrage a pour objectif de présenter sa prise en compte dès l'acte de construire.

Ce livre aborde trois thématiques essentielles au bien-être dans les logements et les bureaux : la qualité de l'air, l'acoustique et l'hygrothermie. Le lecteur y trouvera les clés de compréhension des enjeux, les différents cadres réglementaires existants et à venir, et les avantages qu'apportent les solutions constructives en béton pour notre santé et notre bien-être.

Les résultats des récentes études réalisées démontrent la neutralité du béton et de ses composants vis-à-vis de la qualité de l'air. Par ailleurs la conclusion d'un avis publié au Journal Officiel du 24 février 2012<sup>1</sup> atteste que les matériaux et objets constitués à base de ciment sont conformes aux prescriptions en vigueur pour un usage en contact avec l'eau destinée à la consommation humaine.

Industriels, promoteurs, bureaux d'études, architectes et constructeurs ont, ces dernières années, beaucoup travaillé à l'amélioration de la performance énergétique de l'enveloppe du bâti. Aujourd'hui, l'objectif est d'améliorer encore le confort des habitants afin d'obtenir un environnement intérieur sain et confortable. Nous passons en effet la plus grande partie de notre vie dans les bâtiments, où l'air est souvent plus pollué qu'à l'extérieur, comme le constate l'Observatoire de la qualité de l'air intérieur.

Les réflexions engagées au sein du Plan Bâtiment Durable, de manière à imaginer le cadre réglementaire de la construction en 2020, élargissent le champ d'investigation au-delà de la thermique et introduisent des notions qui, selon les auteurs d'un rapport d'étape rendu au printemps 2013, « *prennent une importance croissante* » : la qualité de l'air intérieur, le confort d'été, l'acoustique.

Autre signe de la montée en puissance des problématiques sanitaires dans le bâtiment : le Premier ministre, dans sa « **Lettre de cadrage pour la transition écologique** » de janvier 2013, demande à la ministre du Logement d'« *accompagner la rénovation énergétique d'une vigilance particulière sur la qualité de l'air intérieur pour laquelle l'amélioration et la valorisation des connaissances comme la sensibilisation des différents acteurs doivent être amplifiées* ». La santé dans le bâtiment, constitue donc un réel enjeu qui commence dès la conception des bâtiments. De nombreuses solutions constructives en béton permettent d'y contribuer très favorablement.

Enfin, en avril 2014 une étude exploratoire conjointe ANSES/ABM/CSTB a fourni des premiers ordres de grandeur du coût socio-économique afférent à la pollution de l'air intérieur en France, soit environ 19 milliards € annuellement.

---

1. Avis relatif aux conditions de première mise sur le marché des matériaux et objets constitués à base de ciment entrant au contact de l'eau destinée la consommation humaine dans les installations de production, de traitement et de distribution d'eau. J.O. du 24 février 2012.

# Sommaire

---

<b>● I Qualité de l'air intérieur</b>	<b>7</b>
<b>1.1 Les COV: origines et pathologies liées</b>	<b>8</b>
1.1.1 - Le benzène	10
1.1.2 - Le formaldéhyde	10
1.1.3 - Le styrène	12
1.1.4 - L'acétaldéhyde	13
1.1.5 - L'alpha-pinène	13
<b>1.2 Un air plus sain à l'extérieur qu'à l'intérieur</b>	<b>14</b>
1.2.1 - Benzène et formaldéhyde, des concentrations croissantes dans nos logements	14
1.2.2 - Styrène et acétaldéhyde, des molécules moins préoccupantes	15
1.2.3 - Des ventilations en mal d'entretien	15
1.2.4 - Enseignements sur la qualité de l'air des maisons basse consommation	16
<b>1.3 Le cadre réglementaire sur la qualité de l'air se développe</b>	<b>17</b>
1.3.1 - Mesurer les polluants dans les écoles	17
1.3.2 - Étiquetage sanitaire des produits	21
1.3.3 - Une réglementation sur l'aération à mettre à jour	22
1.3.4 - Vers un label bâtiment responsable	24
<b>1.4 Pourquoi choisir le béton ?</b>	<b>26</b>
1.4.1 - Le béton et ses composants sont « neutres »	26
1.4.1.1 - Le ciment	26
1.4.1.2 - Les adjuvants	27
1.4.1.3 - Agents de démoulage	27
1.4.1.4 - Le béton prêt à l'emploi	27
1.4.1.5 - Les produits préfabriqués en béton	28
1.4.2 - Le béton: des bons résultats confirmés sur les chantiers	29
1.4.2.1 - Le béton seul n'a aucun impact sur la qualité de l'air	30
1.4.2.2 - Ajouter une couche de lasure peut stimuler les émissions en alpha-pinène du bois	31
<b>1.5 Les autres facteurs de la qualité de l'air intérieur</b>	<b>31</b>
<b>1.6 Pour en savoir plus</b>	<b>32</b>

---

---

● <b>2 Acoustique</b>	<b>33</b>
<b>2.1 Le bruit: une incidence sur le confort et la santé</b>	<b>36</b>
<b>2.2 Quelle est la situation en France?</b>	<b>37</b>
2.2.1 - Plus gênés par les sources extérieures qu'intérieures	38
<b>2.3 Quel est le cadre réglementaire?</b>	<b>39</b>
2.3.1 - Mesures obligatoires pour les opérations de plus de dix logements	39
2.3.2 - Accompagner la réhabilitation énergétique d'un diagnostic acoustique	42
<b>2.4 Pourquoi choisir le béton?</b>	<b>43</b>
2.4.1 - Plancher béton et chape flottante: rempart contre la propagation du bruit solidien	43
2.4.2 - Le béton affaiblit le bruit aérien avec une épaisseur moindre	47
<b>2.5 Les autres facteurs du confort acoustique</b>	<b>48</b>
<b>2.6 Pour en savoir plus</b>	<b>49</b>

---

● <b>3 Hygrothermie</b>	<b>51</b>
<b>3.1 Confort thermique et taux d'hygrométrie sont fondamentaux</b>	<b>52</b>
<b>3.2 Prévenir et réduire la contamination fongique?</b>	<b>55</b>
<b>3.3 Quel confort hygrothermique offre un logement basse consommation?</b>	<b>56</b>
<b>3.4 Renforcer l'encadrement réglementaire des ambiances thermiques</b>	<b>57</b>
<b>3.5 Pourquoi choisir le béton?</b>	<b>58</b>
3.5.1 - L'inertie, condition indispensable au confort d'été	58
3.5.2 - Le béton permet l'installation d'un plancher chauffant	61
3.5.3 - Le béton inhibe la croissance des moisissures	62
<b>3.6 Les autres facteurs du confort hygrothermique</b>	<b>63</b>
<b>3.7 Pour en savoir plus</b>	<b>64</b>

---

● <b>Conclusion</b>	<b>65</b>
---------------------	-----------

---



# Qualité de l'air intérieur

- 1.1 Les COV: origines et pathologies liées**
- 1.2 Un air plus sain à l'extérieur qu'à l'intérieur**
- 1.3 Le cadre réglementaire sur la qualité de l'air se développe**
- 1.4 Pourquoi choisir le béton ?**
- 1.5 Les autres facteurs de la qualité de l'air intérieur**
- 1.6 Pour en savoir plus**

**Bien au-delà du bâti, cigarettes, produits d'entretien, meubles, insuffisance de ventilation, c'est-à-dire le mode de vie de chacun d'entre nous génère des sources multiples de composés organiques volatils (COV), molécules capables d'impacter la santé humaine. Les niveaux de concentrations rencontrés dans les bâtiments dépendent également d'interactions chimiques complexes et fluctuent en fonction des volumes de débits d'air ventilés. C'est pourquoi la recherche d'un air intérieur de qualité ne peut se limiter à l'observation des émissions en COV des éléments du bâti. Néanmoins, le choix des matériaux de construction faiblement émetteurs est une condition *sine qua non* d'un environnement intérieur sain. Les acteurs de la construction se sont saisis du sujet. La filière béton a réalisé une étude approfondie sur cette thématique.**

## 1.1 Les COV : origines et pathologies liées

Formaldéhyde, benzène, toluène, éthylbenzène, 1,2,4-triméthylbenzène, m-xylène, p-xylène, p-dichlorobenzène, trichloroéthylène, tétrachloroéthylène, n-undécane... la liste des composés organiques volatils est longue. Plutôt que de chercher à être exhaustif en relevant les concentrations de toutes ces molécules aux noms complexes, nous nous focaliserons sur celles qui, de par leurs différents degrés de dangerosité, recouvrent l'ensemble des pathologies pouvant découler d'une exposition prolongée aux COV.

Nous nous intéresserons donc à cinq d'entre elles :

- le benzène et le formaldéhyde, classés cancérigènes certains par le Centre international de recherche contre le cancer<sup>2</sup> ;
- le styrène et l'acétaldéhyde, cancérigènes possibles ;
- l'alpha-pinène, potentialisateur de réactions allergiques.

2. Le Centre international de Recherche contre le Cancer (CIRC), organisme émanant de l'organisation mondiale de la santé (OMS), utilise la classification suivante : Group 1 carcinogenic to humans/ Group 2A probably carcinogenic to humans/ Group 2B possibly carcinogenic to humans. En France, cette terminologie est traduite de la manière suivante : certain/ probable/ possible chez l'homme.

## LA QUALITÉ DE L'AIR INTÉRIEUR, UNE PROBLÉMATIQUE SANITAIRE ÉMERGENTE

---

« Dès la moitié du XIX<sup>e</sup> siècle, les travaux de l'hygiéniste allemand Max von Pettenkofer mettent en relation les niveaux de CO<sub>2</sub> et la qualité de l'air intérieur, définissant un seuil limite de CO<sub>2</sub> égal à 1 000 ppm pour garantir des conditions satisfaisantes de qualité d'air. Pourtant jusqu'à la moitié du XX<sup>e</sup> siècle, les travaux scientifiques s'intéressent davantage à la pollution atmosphérique.

En 1973, avec le premier choc pétrolier et la nécessité d'économies d'énergie, se développent de nouveaux matériaux de construction qui offrent des avantages techniques et économiques. Il s'avère que ces matériaux sont source d'émission de nombreux polluants chimiques et des effets sanitaires en relation avec le bâti apparaissent.

En parallèle, les méthodes d'analyse pour doser les composés se développent. Ainsi, la chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectroscopie de masse voit le jour et la recherche d'un ensemble de composés appartenant à une même famille, tels que les composés organiques volatils (COV), est initiée dans les années 1980. Au fil du temps, les performances analytiques s'améliorent avec l'abaissement des limites de détection permettant de détecter un plus grand nombre de composés. »

Extrait de la thèse de Céline Roda, « Exposition domestique à des polluants chimiques de l'air intérieur: modélisation et évaluation de l'impact sur la santé respiratoire chez le jeune enfant », soutenue en 2012 et cofinancée par l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (ADEME) et le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB).

### 1.1.1 - Le benzène

---

**Origines:** carburants, fumée de tabac, ameublement.

**Classement du Centre international de Recherche contre le Cancer:** cancérogène certain pour l'homme (Groupe 1).



D'après l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses), « *les effets critiques observés liés aux expositions les plus faibles sont des effets hématologiques : toxicité sur les lymphocytes lors d'expositions aiguës ou intermédiaires (jusqu'à une année), diminution du nombre de cellules sanguines, anémie aplasique et leucémie dans le cas d'expositions chroniques* ». L'agence précise que les données disponibles, issues notamment des expositions professionnelles, sont en faveur d'une relation causale entre exposition au benzène et apparition de leucémies.

Le décret n° 2011-1727 du 2 décembre 2011 fixe, pour les gestionnaires des établissements recevant du public, la valeur guide pour le benzène, pour une exposition de longue durée, à 2 µg/m<sup>3</sup> depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2016.

### 1.1.2 - Le formaldéhyde

---

**Origines:** photochimie atmosphérique, panneaux de particules, de fibres, colle des panneaux en bois agglomérés, émissions des livres et magazines neufs, peintures en phase « solvant », fumée de tabac...

**Classement du Centre international de Recherche contre le Cancer:** cancérogène certain pour l'homme (Groupe 1).

Ce COTV (Composé Organique Très Volatil) est pris en compte dans le cadre de l'obligation d'étiquetage des produits de construction ou de revêtement de parois amenés à être utilisés à l'intérieur des locaux.



« Santé Canada », ministère fédéral de la Santé du gouvernement canadien, recommande que la valeur guide pour les expositions à long terme au formaldéhyde soit fondée sur la « dose sans effet nocif observé », dérivée de l'étude cas-témoins menée en 2002 par le docteur Krassi Rumchev sur l'asthme infantile.

Les concentrations de formaldéhyde ont été mesurées au moyen d'échantillonneurs passifs sur une période de huit heures (de 9 heures à 17 heures), au cours de l'hiver et de l'été, dans la salle de séjour et la chambre à coucher des enfants. Les chercheurs ont découvert une association significative entre les niveaux de concentrations de formaldéhyde rencontrés à l'intérieur et l'« hospitalisation pour l'asthme ». Selon « Santé Canada », cette étude est « solide » pour plusieurs raisons, dont la durée relativement longue de l'échantillonnage de l'air, l'utilisation de mesures prises au cours de deux saisons différentes ou encore les ajustements pour tenir compte d'éventuels facteurs de confusion, y compris d'autres contaminants de l'air intérieur. Selon les conclusions de cette étude, la valeur guide devrait être fixée à 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Dans son rapport d'expertise collective publié en mai 2018 sur la mise à jour de la valeur de qualité de l'air intérieur pour le formaldéhyde, l'ANSES, propose, au regard de l'actualisation des connaissances sur les effets sur la santé du formaldéhyde, une VGAI court terme de 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pour la protection de la population générale vis-à-vis des effets aigus et chroniques. Cette valeur est à respecter pour une exposition à court terme et ce de manière répétée et continue pour toute la journée.

La valeur guide du décret n° 2011-1727 du 2 décembre 2011 relative à la surveillance obligatoire de la qualité de l'air dans les établissements recevant du public reste actuellement inchangée. Pour le formaldéhyde, pour une exposition longue durée, elle est fixée à 30  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2015, et à 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , au 1<sup>er</sup> janvier 2023.

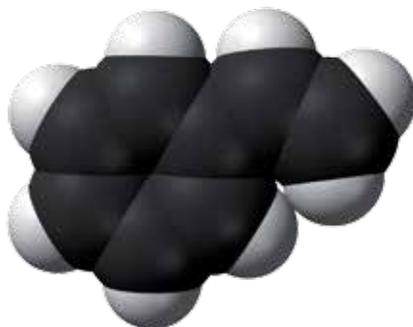
### 1.1.3 - Le styrène

---

**Origines:** matières plastiques, certains matériaux utilisés pour l'isolation, fumée de tabac.

**Classement du Centre international de Recherche contre le Cancer:** catégorie 2B, cancérogène possible pour l'homme.

Ce COV est pris en compte dans le cadre de l'obligation d'étiquetage des produits de construction ou de revêtement de parois amenés à être utilisés à l'intérieur des locaux.



Les études scientifiques cherchant à établir les effets néfastes que peut engendrer l'inhalation de styrène ont été réalisées en milieux professionnels. Les conclusions qu'elles livrent nous éclairent sur les risques que nous pouvons encourir, à partir d'un certain niveau de concentration, au sein de nos logements.

En 2010, en se basant sur une méta-analyse compilant les données épidémiologiques de plusieurs études réalisées pour des expositions professionnelles d'une durée moyenne de 8 ans (Benignus et al., 2005), l'Agency for Toxic Substances and Disease Registry, agence américaine fédérale de santé, a établi un niveau de risque minimum à  $860 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , niveau en dessous duquel les risques sur la santé (diminution du temps de réaction et altération de la perception des couleurs) restent faibles pour une exposition chronique.

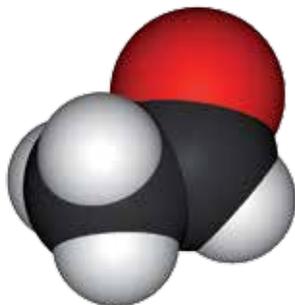
En France, la concentration limite d'intérêt (CLI), c'est à dire la concentration limite pour prévenir la survenue d'effets sanitaires lors d'une exposition à long terme à des émissions de matériaux de construction et décoration, a été définie par l'ANSES à  $250 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pour le styrène.

## 1.1.4 - L'acétaldéhyde

---

**Origines:** fumée de tabac, panneaux de bois brut et de particules, matériaux utilisés pour l'isolation, photochimie atmosphérique, métabolite de l'alcool éthylique...

**Classement du Centre international de Recherche contre le Cancer:** catégorie 2B, cancérogène possible pour l'homme (cancer nasal et cancer du larynx).



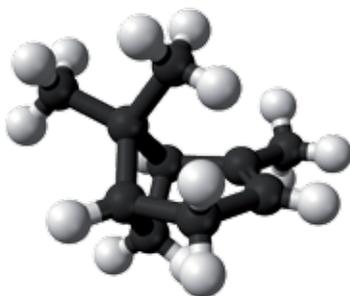
Ce COV est pris en compte dans le cadre de l'obligation d'étiquetage des produits de construction ou de revêtements de parois amenés à être utilisés à l'intérieur des locaux. L'acétaldéhyde peut provoquer des irritations oculaires et respiratoires. Dans son rapport d'expertise d'avril 2014, l'ANSES a proposé une valeur guide pour l'air intérieur (VGAi) de 160  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pour une exposition supérieure ou égale à 1 an.

## 1.1.5 - L'alpha-pinène

---

**Origines:** produits dérivés du bois, produits parfumés d'entretien et d'ambiance.

Ce COV n'est pas considéré comme cancérogène mais il peut être à l'origine du formaldéhyde et potentialisateur de réactions allergiques.



En se référant aux travaux de l'Agence fédérale allemande de l'Environnement et du National Institute of Environmental Health Sciences américain, la commission européenne a fixé la limite d'exposition à long terme à l'alpha-pinène, à 450  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

## 1.2 Un air plus sain à l'extérieur qu'à l'intérieur

Organisme chargé par les pouvoirs publics de mieux connaître la pollution intérieure, ses origines et ses dangers, travaillant en liaison étroite avec l'Agence nationale de sécurité sanitaire (Anses), l'Observatoire de la Qualité de l'air intérieur (OQAI) a mené entre 2003 et 2005 des mesures de qualité de l'air dans près de 600 résidences principales réparties sur 50 départements différents. Le constat est sans appel : « *la pollution de l'air est plus élevée à l'intérieur qu'à l'extérieur des logements* ». Sachant que nous passons environ 16 heures par jour en moyenne dans nos logements (ce temps est estimé, en moyenne, à plus de 17 heures par jour pour un enfant de moins de 4 ans), les résultats de cette étude nationale sont précieux.

Cette campagne, de par son ampleur, a permis de livrer une radiographie de la qualité de l'air intérieur en France. Elle montre des niveaux similaires à ceux déjà mis en évidence par des enquêtes internationales de grande envergure. Presque la moitié des logements présentent des niveaux de concentration très faibles pour l'ensemble des polluants mesurés, mais dans près d'un logement sur dix les concentrations de plusieurs COV se révèlent très élevées. Aussi, selon le polluant, de 5 à 30 % de logements présentent des valeurs nettement plus élevées que les concentrations - moyennes relevées dans l'ensemble du parc.

### 1.2.1 - Benzène et formaldéhyde, des concentrations croissantes dans nos logements

---

La médiane des concentrations mesurées en benzène, est de 2,1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ; 5 % des logements mesurés présentent une concentration supérieure à 7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , valeur préoccupante si on la compare aux valeurs-guides de 2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  actuellement applicables depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2016, établies par le décret pour les établissements recevant du public, pour une exposition de longue durée. Le rapport de l'OQAI précise que, dans une maison individuelle, la présence d'un garage communicant avec le logement augmente le niveau de benzène, du fait des émissions provenant des gaz d'échappements et des produits de bricolage pouvant y être stockés.

Le formaldéhyde est le composé dont la médiane des concentrations mesurées est la plus élevée. L'OQAI observe que les niveaux les plus hauts se situent dans les logements construits après les années quatre-vingt-dix, ainsi que dans ceux présentant des panneaux de particules utilisés pour la décoration. 5 % de ces logements présentent une concentration supérieure à  $46,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Cette valeur est supérieure à la valeur guide de  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$  définie par le décret n° 2011-1727 du 2 décembre 2011.

### **1.2.2 - Styène et acétaldéhyde, des molécules moins préoccupantes**

---

La médiane des concentrations mesurées en styène est de  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . 5 % des logements présentent une concentration supérieure à  $2,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

La médiane des concentrations mesurées en acétaldéhyde est de  $11,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . 5 % des logements présentent une concentration supérieure à  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Ces valeurs sont nettement inférieures à la concentration limite d'intérêt du styène de  $250 \mu\text{g}/\text{m}^3$  et à la VGAI définie par l'ANSES pour l'acétaldéhyde de  $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Toutefois, l'absence d'études toxicologiques récentes sur ce dernier composé nous oblige à rester vigilants quant à sa présence dans nos logements.

### **1.2.3 - Des ventilations en mal d'entretien**

---

L'enquête nationale de l'OQAI pointe également le manque de fiabilité de nos systèmes de ventilation en exploitation. Plus de la moitié des logements équipés de VMC visités par l'OQAI présentaient des débits totaux minimaux inférieurs aux valeurs de référence fixées dans les arrêtés du 24 mars 1982 et du 28 octobre 1983, relatifs à l'aération des logements.

#### ***EXIGER UN CONTRÔLE DES DÉBITS***

---

*« Seulement 1 % des systèmes de ventilation est contrôlé à la réception. C'est pourquoi, tout comme il est désormais obligatoire d'attester du respect de la réglementation acoustique, il faut contraindre les installateurs à un contrôle des débits. »*

Emmanuelle Brière, responsable ventilation et traitement d'air au sein du syndicat d'entreprises thermiques et aérauliques Uniclîma.

### CONCILIER PERFORMANCE ÉNERGÉTIQUE ET QUALITÉ DE L'AIR

« La qualité de l'air des logements neufs RT 2012 est facilement maîtrisable. Néanmoins, si les résultats sont souvent bons à la réception du bâtiment, c'est une fois qu'il est meublé et occupé que les choses se gâtent... Dans le cadre du Plan national santé-environnement II, nous participons actuellement à un appel à projets lancé par l'ADEME, en lien et visant à tester une démarche qualité de l'air sur 20 maisons individuelles BBC de Rhône-Alpes. La livraison des résultats est prévue fin 2016.

[...] Les 500 000 logements que le gouvernement souhaite voir réhabilités énergétiquement chaque année ne devront pas simplement être couverts d'isolant et rendus étanches. Dans la feuille de route pour la transition écologique, il est d'ailleurs précisé que "le plan de rénovation thermique des logements s'accompagnera d'une vigilance particulière sur la qualité de l'air intérieur". »

Claire-Sophie Coeudevez, ingénieur au sein du bureau d'études Medieco, spécialisé dans les problématiques de santé appliquées au bâtiment.

#### 1.2.4 - Enseignements sur la qualité de l'air des maisons basse consommation

Dans une étude CRC (Contrôle du respect des Règles de la Construction) de 2008 à 2011, Romuald Jobert a analysé les données issues des contrôles de 1 287 logements neufs. Sur l'ensemble des contrôles, 1 246 dysfonctionnements ont été relevés, dont 338 concernant les débits d'air extraits non conformes à la réglementation. Trois cent dysfonctionnements sont observés sur les entrées d'air, dont la moitié sont absentes dans une ou plusieurs pièces.

En 2018, un livre blanc de la ventilation a été publié pour répondre à une préoccupation commune des signataires sur la nécessité d'améliorer la qualité des installations de ventilation des bâtiments, afin de contribuer à offrir à nos concitoyens un environnement intérieur sain et confortable. Des réflexions communes ont été menées pour répondre à cette problématique. Le constat a été fait que l'existence de nombreux guides de bonnes pratiques n'a pas suffi à améliorer significativement la situation.

Aussi, les professionnels signataires du Livre Blanc ont proposé qu'une attestation de prise en compte de la réglementation sur l'aération soit mise en place pour les opérations de construction neuve et celles de rénovation lourde avec des installations de ventilation neuves.

Cette attestation de prise en compte de la réglementation sur l'aération, basée sur des vérifications visuelles et des mesures de débit sur les installations par échantillonnage suivant un référentiel qui reste à définir, pourrait être annexée à la Déclaration Attestant l'Achèvement et la Conformité des Travaux (DAACT).

## 1.3 Le cadre réglementaire sur la qualité de l'air se développe

L'obligation pour les collectivités, établie par un décret du 2 décembre 2011, de mesurer progressivement la qualité de l'air de l'ensemble des bâtiments scolaires et l'exigence imposée aux sociétés industrielles, définies dans les arrêtés du 30 avril et du 28 mai 2009, de faire figurer les émissions de COV de leurs produits de construction ou de revêtements de parois amenés à être utilisés à l'intérieur des locaux, ainsi que les produits utilisés pour leur incorporation ou leur application, sont les premières pierres du cadre réglementaire sur la qualité de l'air.

### **1.3.1 - Mesurer les polluants dans les écoles**

---

La loi Grenelle 2 de juillet 2010 a rendu obligatoire la surveillance de la qualité de l'air intérieur (QAI) de certains établissements recevant du public. Les décrets des 2 décembre 2011, 17 août 2015 et 30 décembre 2015 en ont fixé les modalités.

Les établissements concernés sont notamment ceux accueillant des enfants :

- les établissements d'accueil collectif d'enfants de moins de 6 ans (crèches, haltes garderies...);
- les centres de loisirs;
- les établissements d'enseignement ou de formation professionnelle du premier et du second degrés (écoles maternelles, élémentaires, collèges, lycées...).

Les enfants peuvent en effet être exposés dans les écoles et les lieux d'accueil à plusieurs polluants émis par le bâtiment, le mobilier, les produits d'entretien, les fournitures scolaires, etc. Les concentrations en polluants mesurées dans l'air des écoles peuvent être parfois plus élevées que dans d'autres lieux de vie, du fait aussi de la densité d'occupation des locaux et d'un renouvellement de l'air souvent insuffisant.

Le décret n° 2015-1000 du 17 août 2015 a fixé les échéances suivantes, le 1<sup>er</sup> janvier 2018 pour les écoles maternelles, élémentaires et les crèches, le 1<sup>er</sup> janvier 2020 pour les accueils de loisirs et les établissements d'enseignement du second degré, et le 1<sup>er</sup> janvier 2023 pour les autres établissements.

Le dispositif réglementaire encadrant la surveillance de la qualité de l'air intérieur dans ces établissements, comporte une évaluation des moyens d'aération qui peut être effectuée par les services techniques de l'établissement, ainsi que la mise en œuvre, au choix :

- d'une campagne de mesures de polluants (formaldéhyde, benzène, CO<sub>2</sub> pour évaluer le confinement et éventuellement de perchloréthylène pour les établissements contigus à un pressing) par un organisme accrédité.  
En cas de dépassement des valeurs limites, il est demandé à l'établissement de réaliser des investigations afin de déterminer les causes de ces dépassements.
- d'une autoévaluation de la qualité de l'air au moyen du « Guide pratique pour une meilleure qualité de l'air dans les lieux accueillant des enfants », permettant d'établir un plan d'action pour l'établissement.

Ce guide pratique a pour but de fournir une aide opérationnelle aux différentes catégories d'intervenants (équipe de gestion, responsable des activités dans la pièce occupée, services techniques et personnel d'entretien) dans les établissements qui accueillent des enfants, afin d'engager une démarche proactive et coordonnée d'amélioration de la qualité de l'air intérieur.

Son utilisation vise à identifier rapidement des actions favorables à la qualité de l'air intérieur via des grilles d'autodiagnostic des pratiques observées et d'identification préliminaire des sources potentielles présentes dans ou autour de l'établissement.

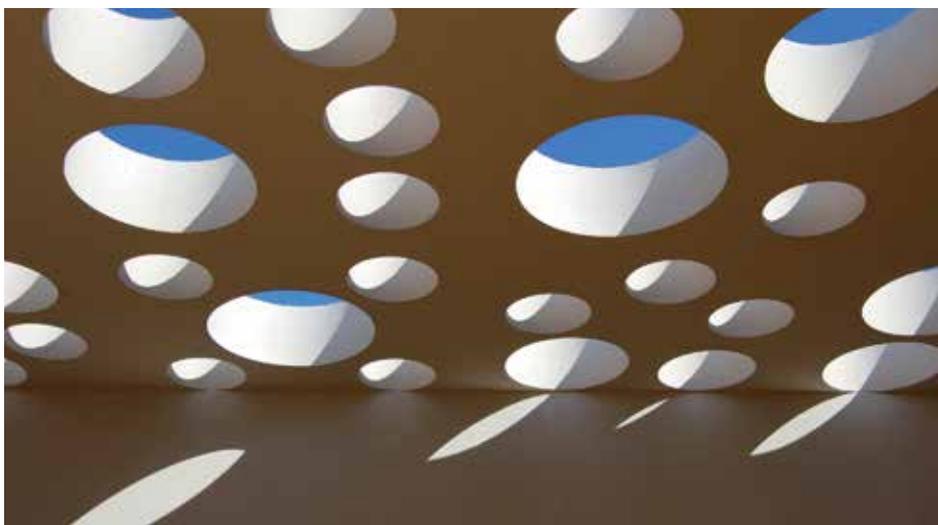
Les établissements concernés sont alors invités à apposer une affiche informant les usagers de la démarche engagée par l'établissement. Dans le cadre de la mise en œuvre de ce guide et selon certaines situations, les établissements recevant des enfants peuvent avoir recours à la réalisation de mesures indicatives de la qualité de l'air permettant de mesurer les polluants ciblés par le dispositif réglementaire.

## ÉTUDE DE CAS : UNE CRÈCHE POUR GRANDIR À L'ABRI DES COV

La crèche Virginia Woolf à Toulouse, qui accueille depuis le printemps 2012 les enfants du quartier Borderouge, a été distinguée en 2013 par l'association Architecture et Maîtres d'Ouvrage (AMO) qui lui a remis un prix récompensant à parts égales le maître d'ouvrage et l'architecte pour une réalisation remarquable.

« Dans l'appel d'offres, la ville imposait des exigences sur la consommation énergétique de la crèche. Nous avons été retenus, car nous y avons ajouté un travail sur la qualité des ambiances à travers un jeu sur la lumière et les couleurs et une vigilance particulière sur la qualité de l'air », explique l'architecte de l'agence Projet 310, Christophe Balas, concepteur du bâtiment.

« Construire avec des blocs en béton cellulaire de 42 cm nous a permis d'éviter de recourir à un isolant et ainsi d'éviter une source d'émission de composés organiques volatils (COV) », note Christophe Balas qui, avec l'équipe de maîtrise d'œuvre, avait établi un référentiel fixant des seuils en termes d'émissions de polluants auquel les entreprises devaient se conformer dans le choix de leurs produits de second œuvre. Ainsi, les peintures sont minérales, le sol en caoutchouc recyclé et le mobilier en chêne massif.



### VENTILER AU-DELÀ DES DÉBITS RÉGLEMENTAIRES

Le maître d'œuvre ne s'est pas contenté de réduire les sources de polluants, il a veillé à ce que la ventilation mécanique contrôlée double flux (avec échangeur permettant de transmettre les calories de l'air vicié évacué à celui entrant) permette d'assurer un renouvellement d'air suffisant pour prévenir l'accumulation de COV dans le temps. Car le bâtiment, performance

*énergétique oblige, se doit d'être très étanche. En l'absence de fuites d'air (défauts permettant d'assurer dans les constructions médiocres sur le plan énergétique un renouvellement d'air) la ventilation est ici le seul garant de la qualité de l'air.*

*« Pour les pièces humides où l'on rencontre le plus de microbes nous avons mis en place un système de ventilation distinct qui tourne en continu. Dans les autres pièces, elle s'adapte à l'occupation, explique l'architecte du projet. La réglementation encadrant la ventilation imposant des débits plus faibles dans les crèches que dans les bâtiments occupés par des adultes, nous avons choisi d'établir des niveaux de débit situés au-dessus de ce qui nous est imposé dans les textes de loi. »*

#### *SANS PÉNALISER LA PERFORMANCE ÉNERGÉTIQUE*

*Néanmoins, la volonté d'offrir un environnement sain se heurte à la recherche d'une consommation énergétique basse et à l'intention architecturale. « Augmenter encore les débits de ventilation aurait nécessité des tuyaux au diamètre plus important, difficiles à intégrer architecturalement, et des ventilateurs plus puissants, donc plus énergivores », remarque Christophe Balas. Or, dans ce bâtiment où les besoins de chauffage sont assurés par le couplage de la VMC double flux à une pompe à chaleur géothermique, et l'éclairage optimisé, le poste ventilation représente déjà un quart des consommations énergétiques du bâtiment.*

*L'architecte a également intégré dans son travail de conception la future exploitation de la crèche. « La VMC double flux nécessite d'installer des longueurs conséquentes de gaines qui peuvent avec le temps devenir des nids à champignons. Le travail de l'architecte doit donc également consister à faciliter les interventions de maintenance et d'entretien de ces réseaux. »*

*Mais le rôle du maître d'œuvre s'arrête à la livraison et ce dernier n'est pas à même de garantir que la qualité de l'air obtenue ne s'estompe pas durant la vie du bâtiment. « Nous avons mesuré les concentrations en COV à l'inauguration du bâtiment et elles étaient très faibles. Une nouvelle campagne menée après plusieurs mois d'occupation a donné pour un de ses composés une valeur nettement plus importante. Cela montre l'influence du mobilier et des produits utilisés au quotidien », constate Christophe Balas. Alors à quand des contrats de performance sur la qualité de l'air, à l'image des contrats de performance énergétique, qui garantiraient des concentrations faibles de COV en exploitation ?*

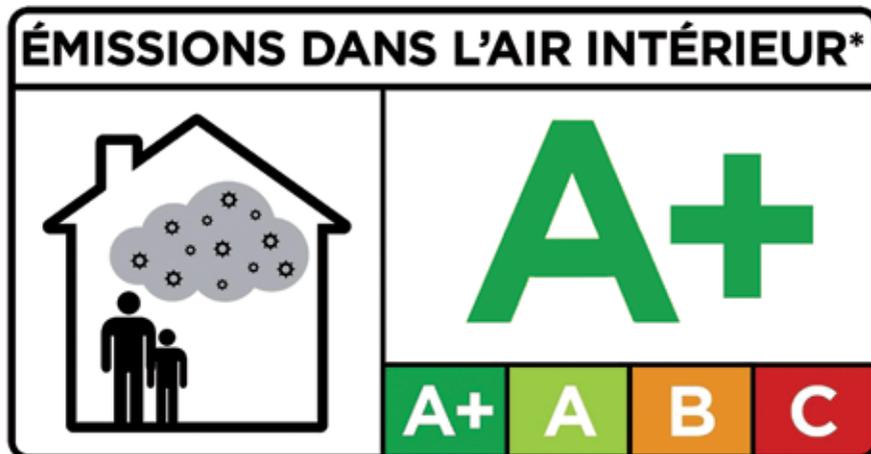
### 1.3.2 - Étiquetage sanitaire des produits

---

Depuis septembre 2013, tous les produits de construction ou de revêtement de parois amenés à être utilisés à l'intérieur des locaux, ainsi que les produits utilisés pour leur incorporation ou leur application, doivent disposer d'une étiquette indiquant leur niveau d'émission de COV. Sont ainsi concernés : cloisons, revêtements de sols, isolants, peintures, vernis, colles, adhésifs, etc., dans la mesure où ceux-ci sont destinés à un usage intérieur.

Cet étiquetage obligatoire complète l'interdiction, suite aux arrêtés du 30 avril et du 28 mai 2009, de mettre sur le marché des produits de construction et décoration contenant des substances dites CMR, Cancérogènes, Mutagènes ou Reprotoxiques (perturbant la reproduction), de catégories 1 et 2, soit le trichloréthylène, le benzène, le phtalate de bis (2-éthylhexyle) et le phtalate de dibutyle.

Conformément aux orientations du deuxième Plan national santé-environnement, l'étiquetage intègre l'émission de formaldéhyde et l'émission totale de COV. Mais d'autres polluants sont également pris en compte, car les enquêtes de l'OQAI - ont montré leur forte présence dans les logements : l'acétaldéhyde, le toluène, le tétrachloroéthylène, le xylène, le triméthylbenzène, le dichlorobenzène, l'éthylbenzène, le butoxyéthanol, et le styrène.



Le niveau d'émission du produit est indiqué par une classe allant d'A+ (très faibles émissions) à C (fortes émissions), selon le principe déjà utilisé pour les étiquettes énergie.

Le recours à des produits étiquetés A+ réduit les risques de pollution de l'environnement intérieur mais ne suffit pas à garantir un bâtiment sain ; la prise en compte de l'influence du climat sur les matériaux et le respect des règles de l'art pour la mise en œuvre sont également déterminants.

### LES ÉTIQUETTES A+ NE FONT PAS UN BÂTIMENT SAIN

« Un revêtement de sol et des colles A+ installés quand la chape n'est pas encore sèche peuvent émettre des composés organiques volatils durant des mois. »

Suzanne Deoux, spécialiste en oto-rhino-laryngologie et fondatrice du bureau d'études Medieco, spécialisé dans les problématiques de santé appliquées au bâtiment.

De plus, les polluants d'une pièce ne sont pas la somme des émissions de chacun des matériaux. Les interactions entre les différentes émissions des matériaux et leur environnement sont complexes et difficiles à prendre en compte. C'est pourquoi le CSTB travaille à une nouvelle version de son logiciel d'évaluation environnementale « Élodie », de manière à ce qu'il puisse, demain, permettre de calculer, de manière simplifiée, les concentrations théoriques en COV des pièces d'un projet. L'ambition est d'en faire un outil d'aide à la conception, dont le fonctionnement se basera sur les informations contenues dans la base de données nationale Inies, renseignée par les syndicats professionnels et les entreprises elles-mêmes.

### SIMULER LA QUALITÉ DE L'AIR INTÉRIEUR

Octopus Lab a créé un logiciel de prévision de la qualité de l'air intérieur d'un bâtiment avant sa construction. Il exploite le moteur de calcul de chimie de l'air intérieur INCA-Indoor® développé lors du projet national MERMAIS financé par l'ADEME. Le logiciel INDALO simule la qualité de l'air intérieur en tenant compte des matériaux mis en œuvre dans le bâtiment, du système de ventilation, de l'occupation des locaux, de la pollution extérieure, du mobilier, ainsi que des interactions photochimiques et surfaces/polluants.

### 1.3.3 - Une réglementation sur l'aération à mettre à jour

La réglementation française relative à l'aération n'a pas été mise à jour ces trente dernières années. Les arrêtés du 24 mars 1982 et du 28 octobre 1983, relatifs à l'aération des logements neufs, sont basés sur le principe de ventilation générale

et permanente de l'arrêté du 22 octobre 1969. Ils fixent des exigences de débits d'air extraits minimum en pièces de service, et autorisent la modulation des débits.

En ce qui concerne les bâtiments tertiaires, c'est le Code du travail qui définit les débits de ventilation à respecter.

### UN CADRE RÉGLEMENTAIRE À FAIRE ÉVOLUER

---

*« La réglementation encadrant la ventilation comporte un certain nombre d'incohérences. Par exemple, alors que dans un collège le débit minimum est de 15 m<sup>3</sup> par heure, le code du travail impose pour un professeur 18 m<sup>3</sup>/h. Si ces débits sont de toute façon largement trop faibles pour assurer une bonne qualité d'air, du côté de la rénovation, on ne trouve tout simplement pas d'obligation réglementaire de débit. »*

Emmanuelle Brière, responsable ventilation et traitement d'air au sein du syndicat d'entreprises thermiques et aérauliques Uniclimate.

### VERS UNE NOUVELLE PROFESSION DE VENTILISTE

---

*« Il faut que la montée en puissance de la VMC double flux soit accompagnée de l'émergence d'une nouvelle profession : "ventiliste". Ce néologisme pourrait regrouper tous les professionnels capables de concevoir un système de ventilation dans son intégralité (entrée, sortie, conduits, ventilateurs...). Des professionnels qui devraient toujours avoir en tête des règles de base comme l'idée que l'on ne peut pas rentrer plus d'air qu'il n'en sort, notion triviale trop souvent ignorée aujourd'hui sur les chantiers. »*

Suzanne Deoux, spécialiste en oto-rhino-laryngologie et fondatrice du bureau d'études Medieco, spécialisé dans les problématiques de santé appliquées au bâtiment.

Actuellement, le cadre réglementaire n'exige aucune mesure sur site et ne permet donc pas de garantir des débits de ventilation « réels » satisfaisants. Pour cela, il faut se tourner vers des démarches de labellisation comme le label « Effinergie + » qui impose de mesurer, à la livraison du bâtiment, les débits effectifs du système d'aération.

### ESSOC : VERS UN « DROIT A EXPERIMENTER »

*L'article 49 de la loi pour un Etat au service d'une société de confiance (ESSOC) a pour objectif de faciliter la réalisation de projets de construction et de favoriser l'innovation, définissant « les modalités selon lesquelles les maîtres d'ouvrage des opérations de construction de bâtiments peuvent être autorisés à déroger à certaines règles de construction », afin de recourir à des solutions à « caractère innovant, d'un point de vue technique ou architectural ».*

*L'aération fait partie des 9 domaines concernés par la dérogation, qui s'appliquera aux travaux de construction neuve et également à ceux « qui, par leur nature et leur ampleur, sont équivalents à une telle opération ». Suite aux textes officiels, la DHUP a publié en mars 2019 un Guide de leur application, à consulter !*

### 1.3.4 - Vers un label bâtiment responsable

Dans sa « **Lettre de cadrage pour la transition écologique** » de janvier 2013, le Premier ministre demande au Ministère de l'Égalité des territoires et du Logement d'« accompagner la rénovation énergétique d'une vigilance particulière sur la qualité de l'air intérieur pour laquelle l'amélioration et la valorisation des connaissances comme la sensibilisation des différents acteurs doivent être amplifiées » et demande de « définir pour fin 2013 début 2014, un label de performance énergétique et environnementale ».

Le Plan Bâtiment Durable, structure ayant vocation à organiser la concertation nécessaire dans l'élaboration des textes législatifs et réglementaires, a chargé Christian Cléret, Directeur Général de Poste Immo, et Bernard Boyer, Président de SUN BBF, de piloter un groupe de travail sur « le bâtiment responsable ».

Dans son rapport d'étape rendu public en juillet 2013, le groupe de travail « Réflexion Bâtiment Responsable 2020-2050 » propose d'expérimenter, à partir de 2014, un label « bâtiment responsable ». Sous forme d'étiquette, il permettrait d'identifier les maisons, les logements collectifs et les immeubles tertiaires « responsables » via des indicateurs de performances spécifiques portant sur l'ensemble du cycle de vie des bâtiments, les effets induits sur les ressources et sur les rejets à l'échelle de la planète (énergie, émissions de CO<sub>2</sub>, consommation d'eau, production de déchets) ainsi que la qualité des ambiances intérieures (confort

d'été, acoustique, qualité de l'air). Le rapport indique que ce label devrait être opérationnel en 2018 de manière à ce que l'État puisse s'en servir pour y adosser ses politiques fiscales.

Ainsi, d'ici quelques années, les concentrations en COV d'un bâtiment pourraient conditionner l'obtention d'aides fiscales.

### RÉORIENTER LES LABELS VERS UNE OBLIGATION DE RÉSULTATS

*« Sur cinquante démarches internationales de certification répertoriées, seules douze exigent, à la livraison, une mesure de la qualité de l'air intérieur. Et lorsque les labels demandent des obligations de résultat, ils semblent le faire de manière excessive et peu pragmatique. Le Sentinel-Haus (label allemand, un peu diffusé dans l'Est de la France), par exemple, demande de mesurer plus d'une centaine de COV. »*

Claire-Sophie Coeudevez, ingénieur au sein du bureau d'études Medieco, spécialisé dans les problématiques de santé appliquées au bâtiment.

Trois parties prenantes de la qualité dans la construction font notamment exception à ce constat.

ECRAINS® est un engagement à construire responsable pour un air intérieur sain, une démarche de qualité développée par l'ADEME. Destinée à satisfaire une approche préventive de la santé dans le bâtiment, elle vise à limiter durablement les émissions de polluants à la source et à pérenniser la qualité des ambiances intérieures. ECRAINS® concerne les projets neufs et en réhabilitation et vise tout type de bâtiments résidentiel et tertiaire (bureau, santé, enseignement, petite enfance, sport, culture...).

La démarche couvre l'ensemble des étapes d'un projet, depuis le diagnostic qui précède la phase programmation, jusqu'à la réception de l'ouvrage. Le déploiement de la démarche est construit sur un partage des objectifs du projet et intègre toutes les dispositions facilitant une collaboration entre les corps de métier. Pour ce faire, la méthode traite des étapes clés liées à l'établissement des contrats de travaux ou de prestations.

Les résultats sont validés au moyen de mesures effectuées à réception et lors du premier hiver.

INTAIRIEUR® est le label développé par IMMOLAB, pour répondre aux enjeux de la qualité de l'air intérieur dans la construction de logements neufs. Il valorise

les opérations pour lesquelles le Maître d'Ouvrage a suivi une démarche visant à améliorer la qualité de l'air des espaces de vie. Cette démarche volontaire s'applique durant toutes les phases du projet, de l'avant, au pendant, puis à l'après construction.

Elle se traduit notamment par la sensibilisation des intervenants et des usagers, par des préconisations de techniques et de matériaux performants, par l'accompagnement et les suivis chantier, mais également par des mesures obligatoires de QAI réalisées par des structures indépendantes sur la base d'un protocole spécifique au Label INTAIRIEUR®.

**Qualitel Certification**, enfin, a développé un référentiel pour accompagner les maîtres d'ouvrage dans la prise en compte la qualité de l'air intérieur des logements. Le Système de Management de la QAI (SMQAI), service associé à la certification NF Habitat – NF Habitat HQE, est une méthode globale qui tient compte des enjeux QAI à chaque phase d'un projet. Elle a été construite à partir du guide pratique « Mesurer la Qualité de l'air Intérieure des bâtiments neufs et rénovés » de l'Alliance HQE-GBC dont Cerqual est membre. Cette démarche présente des règles de bonnes pratiques à appliquer de la conception jusqu'à la livraison du bâtiment par différents intervenants du projet. L'ensemble du processus est validé par des mesures de qualité de l'air à la réception des logements.

## 1.4 Pourquoi choisir le béton ?

### 1.4.1 - Le béton et ses composants sont « neutres »

---

#### 1.4.1.1 - Le ciment

Afin d'éclaircir la situation du ciment vis-à-vis de l'obligation d'étiquetage sanitaire des produits de construction, l'Association Technique de l'Industrie des Liants Hydrauliques (ATILH) a pris les devants et a proposé au ministère de l'Écologie de réaliser des tests d'émissions.

Les résultats des tests montrent que les concentrations en COV sont plus de dix fois inférieures aux seuils permettant d'obtenir l'A+ de l'étiquette « Émissions dans l'air intérieur ». Ainsi, le ciment sera inscrit sur la liste des produits ne devant pas présenter d'étiquetage.

### 1.4.1.2 - Les adjuvants

Afin de confirmer la neutralité des adjuvants, bien qu'ils ne soient pas soumis au décret n° 2011-321 du 23 mars 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, le Syndicat National des Adjuvants pour Bétons et Mortiers (SYNAD) a confié au CSTB la mesure des dégagements de COV de sept familles d'adjuvants (plastifiant, superplastifiant, accélérateur de prise, hydrofuge de masse, retardateur de prise, accélérateur de durcissement, entraîneur d'air).

Tous les COV mesurés dans les mortiers/bétons adjuvantés comparés à des mortiers/bétons témoins se situent à des niveaux de concentration non détectables ou proches de zéro. La présence de l'adjuvant ne modifie pas le classement du béton considéré.

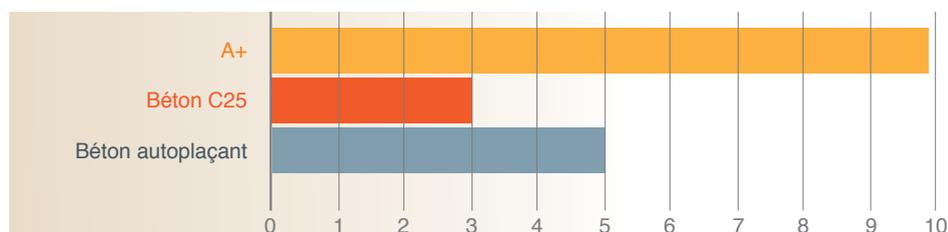
### 1.4.1.3 - Agents de démoulage

Le SYNAD a également fait tester des agents de démoulage représentatif des technologies du marché, si ces produits étaient soumis à cette réglementation, ils seraient classés A+.

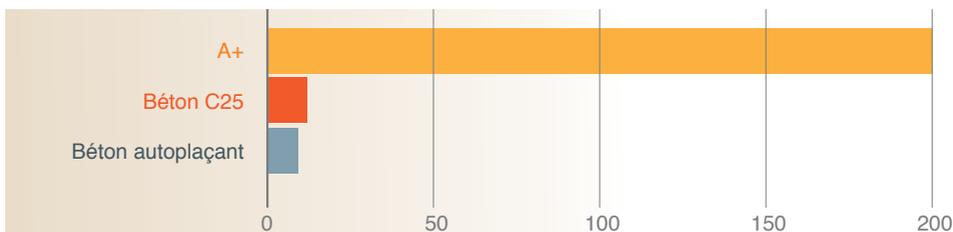
### 1.4.1.4 - Le béton prêt à l'emploi

Le CSTB a également été chargé de réaliser, pour le compte du Syndicat National du Béton Prêt à l'Emploi (SNBPE), des essais sur deux échantillons de béton.

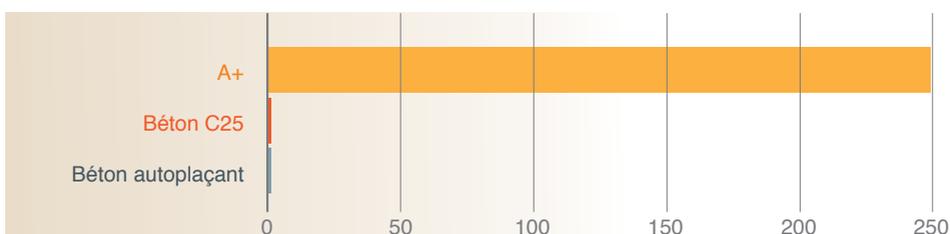
Dans les deux cas, les rapports concluent que les émissions du produit en béton sont bien en deçà exigences des arrêtés du 30 avril 2009 et du 28 mai 2009 relatifs aux conditions de mise sur le marché des produits de construction et de décoration. Les essais montrent également que les deux bétons prêts à l'emploi peuvent bénéficier du A+ de l'étiquette « Émissions dans l'air intérieur ».



Comparaison des **concentrations de formaldéhyde** émises par deux bétons prêts à l'emploi avec le seuil à ne pas dépasser pour prétendre au A+ sur l'étiquette émissions dans l'air intérieur (à 28 jours, en microgrammes par m<sup>3</sup>).



Comparaison des **concentrations d'acétaldéhyde** émises par deux bétons prêts à l'emploi avec le seuil à ne pas dépasser pour prétendre au A+ sur l'étiquette émissions dans l'air intérieur (à 28 jours, en microgrammes par m<sup>3</sup>).

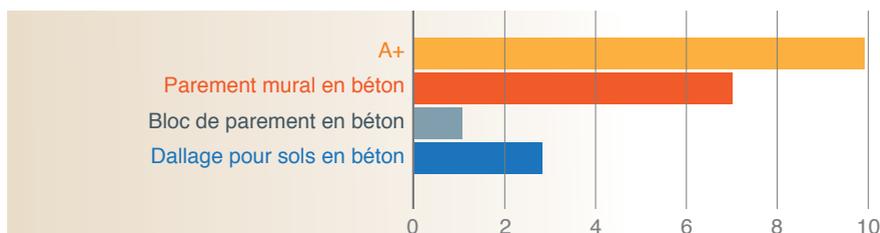


Comparaison des **concentrations de styrène** émises par deux bétons prêts à l'emploi avec le seuil à ne pas dépasser pour prétendre au A+ sur l'étiquette émissions dans l'air intérieur (à 28 jours, en microgrammes par m<sup>3</sup>).

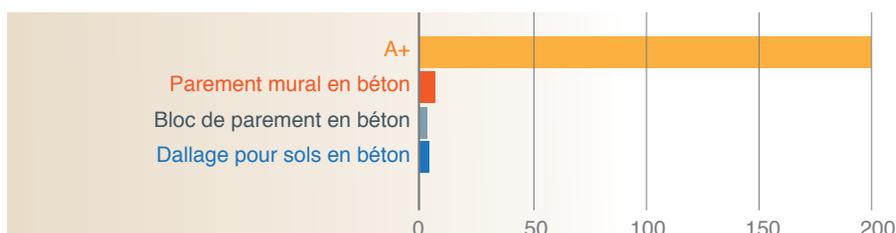
### 1.4.1.5 - Les produits préfabriqués en béton

Le Centre d'Études et de Recherches de l'Industrie du Béton (CERIB) a mené des essais pour connaître les émissions de blocs de parement en béton (représentatifs de la production française), de dallages en béton pour sols et de parement mural en béton.

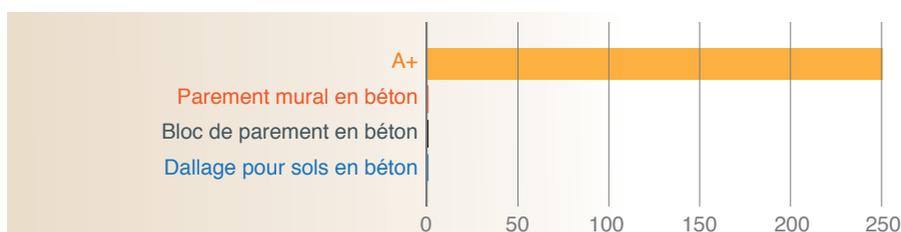
La somme des concentrations de COV émises par ces éléments préfabriqués en béton, à 28 jours, ne dépasse jamais les 100 µg/m<sup>3</sup>, soit 10 fois moins que le seuil des 1 000 µg/m<sup>3</sup> qu'il ne faut pas franchir pour pouvoir prétendre à l'A+ de l'étiquette « Émissions dans l'air intérieur ».



Comparaison des **concentrations de formaldéhyde** émises par trois parements en béton avec le seuil à ne pas dépasser pour prétendre au A+ sur l'étiquette émissions dans l'air intérieur (à 28 jours, en microgrammes par m<sup>3</sup>).



Comparaison des **concentrations d'acétaldéhyde** émises par trois parements en béton avec le seuil à ne pas dépasser pour prétendre au A+ sur l'étiquette émissions dans l'air intérieur (à 28 jours, en microgrammes par m<sup>3</sup>).



Comparaison des **concentrations de styrène** émises par trois parements en béton avec le seuil à ne pas dépasser pour prétendre au A+ sur l'étiquette émissions dans l'air intérieur (à 28 jours, en microgrammes par m<sup>3</sup>).

## 1.4.2 - Le béton : des bons résultats confirmés sur les chantiers

Afin de confirmer les résultats de ces tests menés en laboratoires, CIMBéton, Centre d'information sur le ciment et ses applications, a confié à la société Medieco Conseil & Formation une étude sur site.

Trois campagnes de mesures ont été réalisées dans deux locaux à vélo en béton vibré de l'ensemble de logements collectifs Hermione II à Angers, au fil de l'avancement du chantier, de fin 2012 à mi-2013, grâce à la technique dite d'échantillonnage

passif, visant à piéger les composants dans des tubes qui sont ensuite analysés en laboratoire (les tubes utilisés sont les mêmes que ceux utilisés par l'OQAI lors de sa campagne nationale de mesure).

Lors de la première campagne de mesure, les deux locaux instrumentés présentaient des murs et un sol en béton brut et un plafond en laine de roche. Les résultats des mesures montrent que le formaldéhyde (avec un peu plus de  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  dans les deux locaux) et l'acétaldéhyde (avec un peu moins de  $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  dans les deux locaux) y sont présents, en concentration « *largement en dessous des différentes valeurs-guides établies, des recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) et également des teneurs mesurés par l'OQAI dans les logements* » dit le rapport de Medieco. Il indique également que les concentrations en styrène (avec moins de  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  dans les deux locaux) sont « négligeables » et que celles en alpha-pinène (moins de  $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  dans un des locaux et moins de  $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$  dans l'autre) sont « très faibles ».

Pour les auteurs de l'étude, ces premières mesures « *mettent en évidence les très basses émissions des surfaces en béton vibré* ».

### **1.4.2.1 - Le béton seul n'a aucun impact sur la qualité de l'air**

Suite à la pose, dans le premier local, de panneaux dérivés de bois de type OSB 3 sur les murs et d'un parquet contrecollé avec sous-couche sur le sol et, dans le second, d'un complexe de doublage PSE + BA13 sur les murs (le sol restant en béton brut), une seconde campagne a été menée.

Dans le local recouvert de produits dérivés du bois, Medieco constate une multiplication par plus de 100 de la concentration en alpha-pinène. Avec un niveau situé autour de  $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , le rapport précise que les concentrations restent inférieures à la limite d'exposition à long terme, de  $450 \mu\text{g}/\text{m}^3$  proposée dans le rapport européen de l'Index project.

Dans le local enveloppé de PSE et d'un BA13, c'est la concentration en styrène qui progresse considérablement et passe de moins de  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  à près de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  qui reste néanmoins bien en deçà de la valeur limite proposée à  $250 \mu\text{g}/\text{m}^3$  par l'Index project pour une exposition à long terme.

### **1.4.2.2 - Ajouter une couche de lasure peut stimuler les émissions en alpha-pinène du bois**

La dernière campagne de mesure a eu lieu après la pose d'une lasure en phase aqueuse dans le premier local et, dans le second, d'une peinture blanche satinée en phase aqueuse. « *L'application d'une lasure (dans le premier local recouvert de produits dérivés du bois), pourtant classée faiblement émissive (A+ sur l'étiquette), ajoute ses propres émissions d'alpha-pinène et potentialise celle du support bois* » notent les auteurs de l'étude.

Dans le second local, enveloppé de PSE et d'un BA13, « *la peinture n'a ni augmenté, ni diminué les émissions de styrène* ».

## **1.5 Les autres facteurs de la qualité de l'air intérieur**

En mars 2019, l'ANSES a publié une étude sur la caractérisation des transferts de pollution de l'air extérieur vers l'intérieur des bâtiments. Cette étude montre que l'environnement extérieur peut avoir un impact certain sur la qualité de l'air intérieur, notamment la présence de certaines activités professionnelles, la circulation avoisinante ou encore le potentiel allergisant de la végétation.

### **Le mobilier et l'activité domestique peuvent émettre plus de polluants que le bâtiment**

L'école des Mines d'Alès a réalisé des mesures dans ses salles de classe. L'étude a fait ressortir que le mobilier est le principal responsable des émissions de COV.

La Direction des Risques Chroniques de l'Ineris a évalué l'impact des activités domestiques. Elle a trouvé du formaldéhyde dans neuf produits ménagers testés sur dix. Une nouvelle étude faite à la demande de l'INERIS, publiée en 2019, et portant sur 33 références de produits d'entretien, industriels ou faits-maison, réitère la nécessité de pratiques d'aération systématiques et du respect des précautions d'usage.

### **Les gestes quotidiens ont également une forte incidence**

« *Il faut limiter l'utilisation de parfums d'intérieurs comme les bâtons d'encens et les bougies parfumées qui peuvent émettre du benzène et du formaldéhyde. Aussi, le nettoyage humide de l'intérieur permet de limiter l'empoussièrément et donc notre exposition aux particules fines.* » Docteur Fabien Squinazi, ex-directeur du Laboratoire d'Hygiène de la ville de Paris. Ceci est confirmé par l'étude INERIS/

CSTB de 2017, qui évalue l'exposition aux polluants émis par les bougies et les encens dans les environnements intérieur.

### **L'utilisation et l'exploitation du bâtiment sont fondamentales**

La société Bouygues Immobilier a mesuré dans les bureaux de ses collaborateurs les concentrations de COV en temps réel. Le promoteur constate qu'à son siège d'Issy-les-Moulineaux (92), quand il y a du monde en salles de réunions, les COV augmentent. En revanche, dans son immeuble du 32, avenue Hoche à Paris, la concentration est divisée par trois entre le jour et la nuit. Ceci s'explique par l'effet de la ventilation qui démarre à 5 heures du matin et s'arrête à 22 heures.

## 1.6 Pour en savoir plus

### *Textes réglementaires*

Loi n° 2010-788 du 12 juillet 2010 engagement national pour l'environnement.

Décret n° 2011-1727 du 2 décembre 2011 relatif aux valeurs-guides pour l'air intérieur pour le formaldéhyde et le benzène.

Décret n° 2011-1728 du 2 décembre 2011 relatif à la surveillance de la qualité de l'air intérieur dans certains établissements recevant du public.

Décret n° 2012-14 du 5 janvier 2012 relatif à l'évacuation des moyens d'aération et à la mesure des polluants effectuées au titre de la surveillance de la qualité de l'air intérieur.

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.

Décret n° 2015-1926 du 30 décembre 2015 modifiant le décret n° 2012-14 du 5 janvier 2012 relatif à l'évaluation des moyens d'aération et à la mesure des polluants effectuées au titre de la surveillance de la qualité de l'air intérieur.

Arrêté du 1<sup>er</sup> juin 2016 relatif aux modalités de surveillance de la qualité de l'air intérieur dans certains établissements recevant du public.

Arrêté du 1<sup>er</sup> juin 2016 relatif aux modalités de présentation du rapport d'évaluation des moyens d'aération.

### *Ouvrage*

Organisme de la Qualité de l'Air Intérieur (OQAI), *Qualité d'air intérieur, qualité de vie : 10 ans de recherche pour mieux respirer*, Éd. CSTB, 2011.

### *Études*

CSTB, ANSES, OQAI, Etude exploratoire du coût socio-économique des polluants de l'air intérieur, CRD N° 2011-CRD-11, avril 2014.

European Commission, *The INDEX project (Critical Appraisal of the Setting and Implementation of Indoor Exposure Limits in the EU)*, 2004.

Rumchev, K.B., Spickett, J.T., Bulsara, M.K., Phillips, M.R., et Stick S.M., *Domestic exposure to formaldehyde significantly increases the risk of asthma in young children*, The European respiratory journal, 2002.

Santé Canada, *Proposition de valeurs-guides pour le formaldéhyde dans l'air intérieur résidentiel*, 2005.

ANSES, Mise à jour de valeurs guides de qualité d'air intérieur. Le formaldéhyde. Avis de l'Anses et rapport d'expertise collective. Février 2018.

JOBERT R., Qualité des installations de ventilation, un enjeu pour la performance des bâtiments à basse consommation d'énergie, Colloque MEDDE, ADEME, CETE Lyon « Bâtiments BBC neuf ou rénovés », 13 février 2013.

MTES-DGPR, Guide pratique pour une meilleure qualité de l'air dans les lieux accueillant des enfants, 2017.

DHUP, ESSOC 1 Guide d'application de l'ordonnance n°2018-237 et des décrets qui lui sont liés, mars 2019.

M. NICOLAS, E. QUIVET, G. KARR, E. REAL, D. BUIRON, F. MAUPETIT, Exposition aux polluants émis par les bougies et les encens dans les environnements intérieurs : Émissions et risques sanitaires associés. ADEME, 2017.

NICOLAS M., KARR G., REAL E. MAUPETIT F, Impact des produits d'entretien sur la qualité de l'air intérieur, ADEME, 2018.



**Les décibels en provenance du voisinage peuvent être perçus comme une intrusion dans notre vie. Touchant à la sensibilité de chacun, le bruit est une gêne qui influe largement sur notre équilibre.**

**Chapitre**

# 2

# Acoustique

- 2.1 Le bruit : une incidence sur le confort et la santé**
- 2.2 Quelle est la situation en France ?**
- 2.3 Quel est le cadre réglementaire ?**
- 2.4 Pourquoi choisir le béton ?**
- 2.5 Les autres facteurs du confort acoustique**
- 2.6 Pour en savoir plus**

## 2.1 Le bruit : une incidence sur le confort et la santé

Le bruit correspond parfaitement à la définition de la gêne de l'OMS : « *sensation de désagrément, de déplaisir, provoquée par un facteur de l'environnement dont l'individu ou le groupe reconnaît ou imagine le pouvoir d'affecter la santé* ».

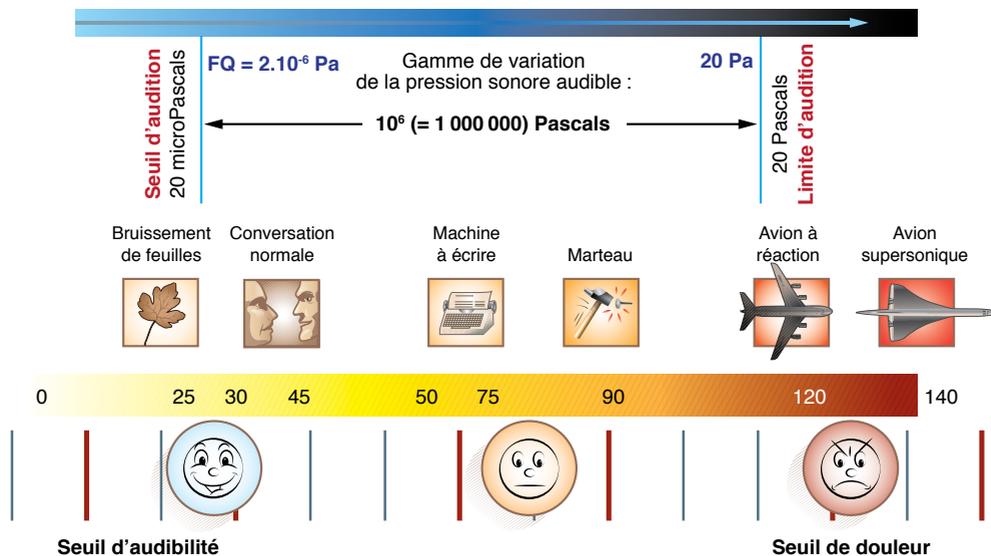
Si le degré de gêne a tendance à être caractérisé en fonction du niveau de décibels, qui présente l'avantage de se mesurer physiquement, d'autres éléments jouent tout autant.

Une fois chez soi, la perception du bruit n'est pas la même. Les décibels pénétrant dans le logement sont perçus comme intrusifs et semblent jugés comme une effraction. Dans son étude « *Les nuisances sonores de voisinage dans l'habitat* », l'Académie de Médecine s'est penchée sur l'amplification de la gêne sonore au sein de l'habitat.

Par ailleurs, des études montrent que certaines nuisances sonores peuvent affecter la santé.

Une étude menée pendant dix ans au Danemark, auprès d'une cohorte de 50 000 personnes (Jarensen et al., 2011) montre que l'exposition au bruit du trafic routier accentue les risques d'accidents vasculaires cérébraux (AVC), particulièrement chez les personnes âgées de 65 ans et plus.

D'après l'OMS, entre 40 et 55 dB (A), les personnes les plus vulnérables (enfants, malades, seniors) sont affectées par le bruit. Au-delà de 55 dB (A), une proportion notable de la population est fortement gênée dans son sommeil et le risque de contracter une maladie cardiovasculaire est avéré. Or, 40 % environ de la population de l'Union Européenne est exposée au bruit du trafic routier à des niveaux dépassant 55 dB (A) le jour et plus de 30 % à des niveaux dépassant 55 dB (A) la nuit. L'OMS estime qu'un Européen sur cinq est régulièrement exposé la nuit à des niveaux sonores pouvant être nocifs pour la santé.



**Exemple de niveau de pression acoustique en dB**

Le Centre d'information et de documentation sur le bruit (CIDB) indique que « *le caractère répétitif ou continu, la nature impulsionnelle, la période de la journée, la présence ou l'absence d'un autre bruit, ou encore le fait de pouvoir ou non l'interrompre, sont aussi des facteurs importants dans la sensation de gêne sonore* ». Nous sommes en général plus sensibles aux bruits intenses répétés qu'au bruit de fond permanent, auquel on peut considérer qu'il est plus facile de s'habituer. Le bruit des avions occasionne par exemple une gêne déclarée plus importante que la route et le train.

## 2.2 Quelle est la situation en France ?

Une étude publiée en 2016, réalisée pour le compte du Conseil National du Bruit (CNB) et de l'ADEME, concernant le coût social de la pollution sonore concluait sur une première évaluation de 57 milliards d'euros par an en France, « *avec des inconnues qui justifient d'approfondir les connaissances sur le sujet et qui laissent supposer que ce chiffre est susceptible d'évoluer à la hausse* ».

En 2017, Qualitel publiait un baromètre « Les Français face au bruit » dont les résultats mettaient en avant que :

- le bruit est la première source de tension entre voisins ;
- la mauvaise isolation acoustique est considérée comme une « plaie » qui affecte un tiers des personnes interrogées ;

– l’ancienneté du logement était un facteur presque parfaitement corrélé aux défaut d’isolation acoustique.

Fort des enseignements provenant de ce premier panel, Qualitel publiait un guide « Rénovation : améliorer l’acoustique des logements collectifs » en 2018.

### **2.2.1 - Plus gênés par les sources extérieures qu’intérieures**

54 % des Français estiment que les principales sources de nuisances sonores sont liées aux transports – 200 000 logements sont fortement exposés au bruit routier (+ 70 dB(A) en façade le jour), 21 % aux comportements et 9 % aux activités (chantiers en tête). Lorsqu’on demande aux Français quels sont les bruits liés aux comportements qui les dérangent le plus, ce sont les deux-roues qui arrivent largement en tête avec 39 % de citations, devant le volume des conversations ou les cris dans le voisinage (9 %), les animaux domestiques (9 %), le bricolage ou le jardinage (6 %), le volume des appareils TV ou Hifi des logements voisins (5 %) et les déplacements dans l’immeuble (5 %). Néanmoins, les conversations des voisins sont plus fréquemment citées chez les locataires du secteur social et chez les personnes occupant des appartements construits entre 1950 et 1970.

#### **MOINS TOLÉRANT VIS-À-VIS DES VOISINS QUE DES VOITURES**

*« J’ai l’habitude de dire que l’on n’entend pas avec ses oreilles mais avec son cerveau. Le Centre d’Information et de Documentation sur le Bruit (CIDB) reçoit 7000 appels téléphoniques par an et traite 200 dossiers acoustiques par téléphone. On constate que les bruits de circulation sont relativement acceptés, mais pas ceux du voisin. L’occupant a payé très cher son espace. Il considère intrusif tout bruit venant de l’extérieur. »*

Maurice Auffret, conseiller technique au Centre d’Information et de Documentation sur le Bruit (CIDB).

## 2.3 Quel est le cadre réglementaire ?

La réglementation encadrant l'acoustique dans les logements a été mise en place en 1969. Un arrêté du 10 février 1972 définira un label « confort acoustique » visant à encourager les acteurs de la construction à intégrer les nouvelles exigences en découlant. Ce texte législatif sera traduit par l'association Qualitel, via son organisme Cerqual, en une certification opérationnelle baptisée « Label Qualitel-Confort Acoustique », à laquelle l'État adossera une aide financière à destination des bailleurs sociaux. Cette incitation fiscale permettra de faire émerger le respect des règles acoustiques dans les logements sociaux. Il en résultera d'ailleurs un niveau de performance acoustique globalement meilleur au sein des HLM qu'en celui des logements du parc privé.

*« Cette montée en puissance de la qualité acoustique des logements reposait principalement sur le fait que ce label exigeait des mesures du confort acoustique à la livraison du bâtiment », se souvient René Gamba, président fondateur du bureau d'études Gamba Acoustique et Associés. La décision de ne plus conditionner l'obtention du label, et de l'enveloppe financière l'accompagnant, à la réalisation d'un contrôle acoustique a été le point de départ d'une régression du niveau général. Pour René Gamba, un « déni délibéré du cadre réglementaire » s'est petit à petit installé et il estime « qu'aujourd'hui, un logement neuf sur deux présente une non-conformité à la réglementation acoustique ».*

Dans le cadre du Plan national santé-environnement, l'État a introduit auprès des acteurs de la construction, l'obligation de délivrer une attestation de prise en compte de la réglementation acoustique.

### **2.3.1 - Mesures obligatoires pour les opérations de plus de dix logements**

---

Inscrite dans le texte de loi dit « Grenelle 2 », l'attestation de prise en compte de la réglementation acoustique doit être établie pour les permis groupés de maisons individuelles et les bâtiments d'habitation collectifs demandés après le 1<sup>er</sup> janvier 2013.

### DES BUREAUX D'ÉTUDES ACOUSTIQUES PLUS PRÉSENTS

« L'attestation devrait permettre de rétablir le respect de la réglementation acoustique. Les maîtres d'ouvrage devront choisir un prestataire ou demander au bureau d'études acoustiques qui s'est chargé du projet d'attester le respect de la réglementation acoustique. C'est le deuxième cas de figure qui devrait être largement majoritaire. L'arrivée de cette attestation fait également apparaître des bureaux d'études acoustiques dans les équipes des projets les plus récents. Dans un futur proche, l'absence de bureau d'études dans une équipe de maîtrise d'œuvre devrait se faire rare. »

René GAMBA, Président fondateur du bureau d'études Gamba Acoustique et Associés.

Ce document (prévu dans le décret n° 2011-604 du 30 mai 2011) doit obligatoirement être joint à la déclaration d'achèvement des travaux de bâtiments d'habitation neufs (bâtiments collectifs soumis à permis de construire, maisons individuelles accolées ou contiguës à un local d'activité ou superposées à celui-ci).

Un arrêté daté du 27 novembre précise que l'attestation doit s'appuyer sur des constats effectués en phase conception, pendant la phase chantier, ainsi que pour les opérations d'au moins dix logements, sur des mesures acoustiques réalisées à l'achèvement des travaux. L'arrêté définit, pour chaque type de mesure (isolement acoustique entre locaux, niveau de bruit de choc, niveau de bruit de l'installation de ventilation mécanique...), le nombre de mesures à réaliser a minima, en fonction de la nature (individuelle ou collective) et de la taille de l'opération.

L'auteur de l'attestation peut être le maître d'œuvre, l'architecte, le contrôleur technique, le bureau d'études acoustiques ou le maître d'ouvrage en cas d'absence de maître d'œuvre. L'administration vérifiera peu d'opérations. Ce sont plus les acquéreurs de biens immobiliers qui feront valoir la validité de l'attestation de respect de la réglementation acoustique s'ils constatent des problèmes de bruit. L'Agence Qualité Construction précise qu'alors même que le niveau de bruit est conforme à la réglementation, les occupants peuvent se plaindre. Elle enregistre notamment de nombreuses réclamations dans les logements à isolation au bruit extérieur renforcé car on y entend beaucoup plus les bruits intérieurs.

<b>Type de mesure</b>	<b>Taille de l'opération</b>	<b>Nombre minimum de mesures suivant la nature de l'opération</b>	
		<b>Individuel</b>	<b>Collectif</b>
Isolement acoustique contre les bruits de l'espace extérieur	de 10 à 30 logements	0 ou 1 <sup>(1)</sup>	0 ou 1 <sup>(1)</sup>
	plus de 30 logements	1 à 2 <sup>(2)</sup>	1 à 2 <sup>(2)</sup>
Isolement acoustique entre locaux	de 10 à 30 logements	2	4
	plus de 30 logements	4	6
Aire d'absorption équivalente des revêtements absorbants disposés dans les circulations communes	de 10 à 30 logements		1
	plus de 30 logements		2
Niveau du bruit de choc	de 10 à 30 logements	2	3
	plus de 30 logements	3	5
Niveau de bruit des appareils individuels de chauffage, de climatisation ou de production d'eau chaude	de 10 à 30 logements	0 ou 1 <sup>(3)</sup>	0 ou 1 <sup>(3)</sup>
	plus de 30 logements	0 ou 2 <sup>(3)</sup>	0 ou 2 <sup>(3)</sup>
Niveau de bruit de l'installation de ventilation mécanique	de 10 à 30 logements	1 à 2 <sup>(4)</sup>	1 à 3 <sup>(4)</sup>
	plus de 30 logements	3	5
Niveau de bruit des équipements individuels entre logements	de 10 à 30 logements	1	1
	plus de 30 logements	2	2
Niveau de bruit des équipements collectifs du bâtiment (hors ventilation mécanique)	de 10 à 30 logements		0 à 3 <sup>(5)</sup>
	plus de 30 logements		0 à 3 <sup>(5)</sup>

1. Pour les opérations de 10 à 30 logements, si l'exigence est inférieure à 35 dB, aucune mesure d'isolement de façade n'est imposée. Dans le cas contraire, une mesure doit être réalisée.

2. Pour les opérations de plus de 30 logements, lorsque l'exigence d'isolement de façade est inférieure à 35 dB, 1 mesure doit être réalisée, si l'exigence est égale ou supérieure à 35 dB, alors 2 mesures sont à réaliser.

3. Lorsqu'aucun des appareils individuels de chauffage, de climatisation ou de production d'eau chaude indiqués dans les tableaux de l'annexe II n'est présent sur l'opération, aucune mesure concernant ce type d'équipement n'est imposée. La présence d'un seul de ces équipements impose de réaliser le nombre de mesures prescrites (1 ou 2 mesures selon la taille de l'opération).

4. Pour les opérations de 10 à 30 logements, le nombre de mesures peut varier de 1 à 3 en fonction du type de l'opération (individuel ou collectif), de l'emplacement du groupe moto-ventilateur, de l'ouverture ou non de la cuisine sur séjour et du principe de ventilation (simple ou double flux).

5. Une mesure est obligatoire pour chacun des trois équipements collectifs suivants : l'ascenseur, la porte automatique de garage et la chaufferie ou sous-station de chauffage. Si l'opération ne comprend aucun de ces équipements, aucune mesure concernant ce type d'équipement n'est imposée.

### FAIRE ÉVOLUER LES MENTALITÉS...

*« L'attestation ne peut pas se substituer à l'intelligence des acteurs et à leur rôle dans l'acte de construire et son rôle est bien d'alerter les acteurs de la construction sur l'importance de ce sujet. Nous aurons encore collectivement beaucoup de travail de sensibilisation et de conseil pour que l'attestation de prise en compte de la réglementation acoustique devienne inutile, je l'espère, dans quelques années. »*

Katy Narcy, sous directrice de la qualité et du développement durable dans la construction à la Direction de l'Habitat, de l'Urbanisme et des Paysages.

### 2.3.2 - Accompagner la réhabilitation énergétique d'un diagnostic acoustique

L'amélioration des qualités de l'enveloppe génère, dans de nombreux cas, une émergence des bruits intérieurs. L'Association Qualitel, avec l'aide de la Direction de l'habitat, de l'urbanisme et des paysages DHUP, a fait développer une méthode de diagnostic qui permet d'évaluer simplement et à coût modéré la qualité acoustique dans l'existant à l'aide d'un sonomètre de classe 2.

Pour les bruits aériens extérieurs, une mesure du niveau de bruit dans une pièce de vie est effectuée pendant trois minutes minimum, de préférence à une période où le niveau d'activité dans l'environnement est élevé. Pour les bruits d'équipements, les mesures de niveau de bruit sont faites avec les équipements techniques arrêtés (si possible) puis avec les équipements en fonctionnement, chacun leur tour ; le bruit de l'équipement est estimé par soustraction logarithmique.

L'estimation des bruits aériens intérieurs nécessite l'installation d'une enceinte dans un angle, posée par terre et dirigée vers le centre de la pièce (la présence d'une porte à proximité n'ayant aucune incidence). La mesure du niveau de bruit par le sonomètre positionné au milieu du local de réception permet de caractériser l'isolation aux bruits aériens entre les deux pièces.

Pour les bruits d'impact, Qualitel conseille d'évaluer sur la base du constat de la nature et de l'état du plancher et des revêtements de sol, de l'âge de la construction, complétée par le témoignage d'occupants. Et, pour estimer la réverbération des parties communes de claquer dans ses mains.

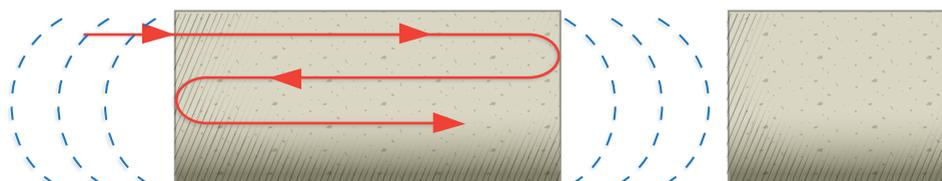
## 2.4 Pourquoi choisir le béton ?

### 2.4.1 - Plancher béton et chape flottante : rempart contre la propagation du bruit solidien

---

Marche appuyée, chute d'objets, claquement de porte ou encore vibrations d'équipements, les bruits de choc, dits « solidiens », peuvent se propager dans plusieurs appartements d'un même immeuble, voire dans tous, si l'ensemble de la structure est mis en vibration, contrairement au bruit aérien qui ne se propage que dans les logements voisins de celui où le son est émis. En effet, lors de la chute d'un objet, l'énergie acoustique se propage sous forme d'ondes dans le plancher et dans les parois solidaires du plancher.

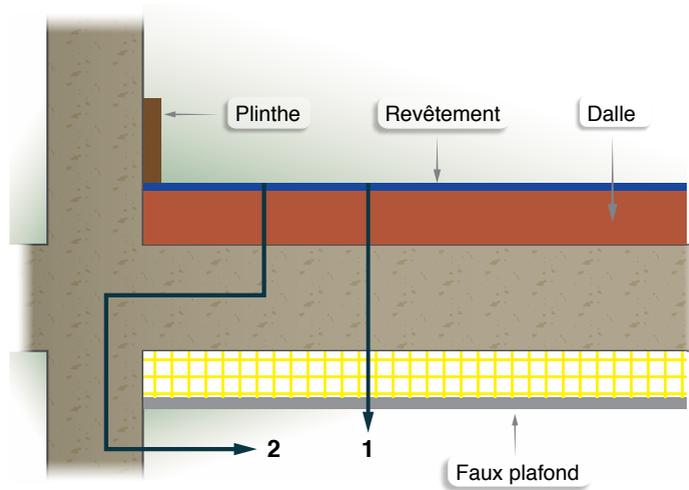
La première barrière à mettre en œuvre contre la propagation des ondes des bruits de chocs consiste donc en l'introduction de ruptures dans les matériaux de structure grâce à la mise en place de joints de dilatation.



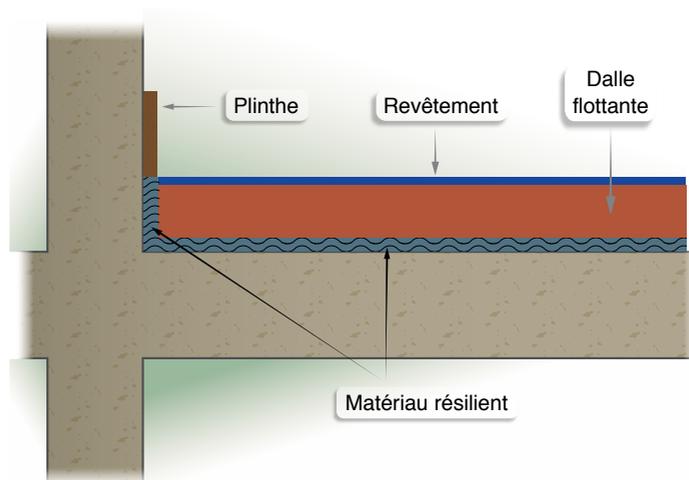
Coupure

***Mise en place d'un joint de dilatation.***

Si la pose d'un faux plafond permet de réduire la transmission directe (indiquée par « 1 » dans le schéma ci-dessous), elle n'empêche pas les transmissions latérales (indiquées par « 2 »). La solution la plus efficace consiste donc à intercaler entre la dalle et le plancher un matériau à forte résilience, autrement dit capable d'absorber l'énergie du choc. On parle alors de chape flottante.



**Mise en place d'un faux plafond.**



**Mise en place d'une chape flottante.**

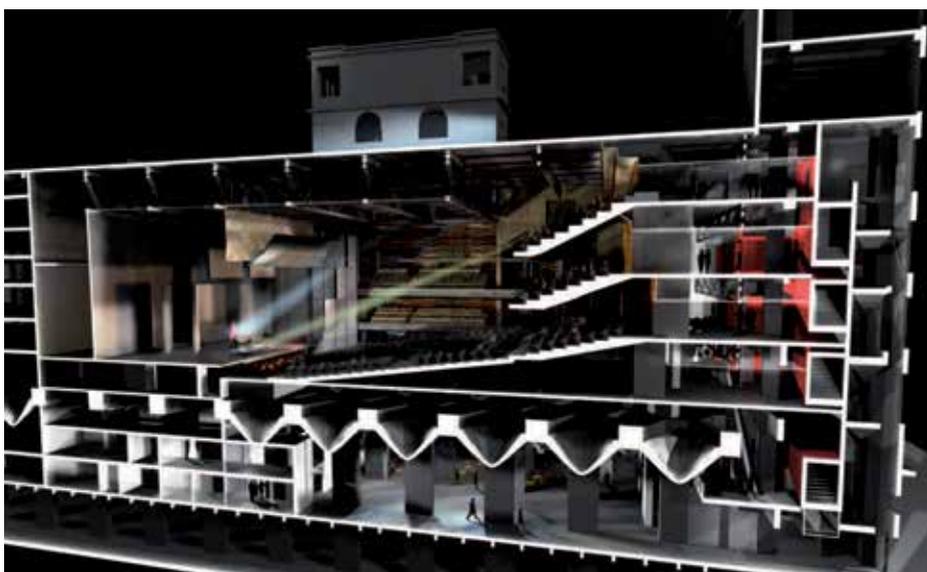
## ÉTUDE DE CAS: SILO D'ARENC, UNE BOÎTE À MUSIQUE EN PLEIN VACARME

*Coincé entre l'autoroute et le port de la Joliette, le silo à blé d'Arenc est devenu le nouvel Olympia phocéén. L'agence d'architecture C+T (aujourd'hui Carta Associés) a métamorphosé ce bâtiment inscrit au patrimoine industriel du xx<sup>e</sup> siècle pour en faire un lieu phare de Marseille, capitale culturelle 2013.*

*Implanté pendant l'entre-deux-guerres dans le quartier d'Arenc, dans le 2<sup>e</sup> arrondissement de Marseille, l'édifice a été construit en bordure de quai afin de permettre l'élévation directe des céréales, depuis les bateaux jusqu'au sommet de la tour, haute de 50 m. Si cette proximité avec le port de la Joliette fut un avantage jusqu'aux années soixante-dix, dernière décennie de fonctionnement du site, elle s'est révélée être une contrainte lors de la transformation de l'édifice en salle de spectacle en 2011.*

### RÉPONDRE AU DÉFI ACOUSTIQUE

*« Faire d'un bâtiment coincé entre les cornes de brume du port et les voitures de l'A55 (niveau de bruit équivalent à 75 dB) une salle de spectacle, lieu où le bruit de fond ne doit pas dépasser les 35 dB, oblige à porter une attention particulière sur l'acoustique », indique Nicolas Albaric, gérant de l'Atelier Rouch, bureau d'études chargé de l'acoustique du projet. Le premier traitement acoustique a donc consisté à projeter 15 cm de béton sur les parois intérieures des demi-cylindres formant les façades et dont l'épaisseur n'était que de 12 cm.*



*Au-delà de l'implantation, c'est l'architecture industrielle du bâtiment qui a constitué un défi pour les acousticiens. Constitué de 57 fûts cylindriques verticaux, hauts de 18,50 m entre lesquels s'intercalent 42 petites cuves (et dont le bas des cellules, sculpté par les cônes des mamelles en béton armé, forme l'étonnant plafond du premier étage réservé à l'ensachage), l'édifice présente un volume « atypique » pour Nicolas Albaric.*

### *PRÉSERVER SA GÉOMÉTRIE ATYPIQUE*

*D'autant plus qu'il n'était pas question de toucher aux demi-silos formant les façades du bâtiment, classé patrimoine industriel du xx<sup>e</sup> siècle.*

*« Si on avait dû dessiner la salle de spectacle, on ne l'aurait pas dessinée comme ça, précise Nicolas Albaric. Mais, finalement, la géométrie alvéolaire en béton, une fois habillée de matériaux absorbants en fibres de bois et laines minérales, a permis d'homogénéiser l'acoustique. »*

*Les percements réalisés dans la façade de l'édifice, initialement entièrement aveugle, ont bénéficié d'une grande attention. « Afin de protéger le bâtiment de son environnement sonore, les menuiseries installées sont des doubles châssis vitrés, espacés l'un de l'autre de 20 cm. Aussi, les issues de secours, qui nécessitaient ici des caractéristiques acoustiques particulières, ont été conçues spécialement pour le site », explique encore Nicolas Albaric.*

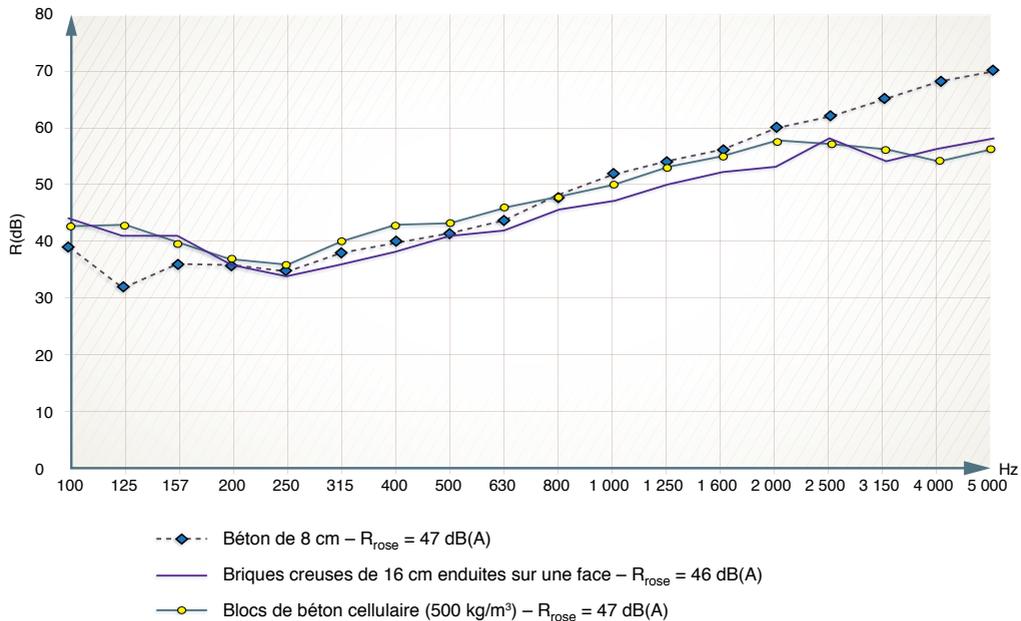
### *ADAPTABILITÉ*

*Au lancement de la réhabilitation, la ville de Marseille envisageait que le bâtiment accueille temporairement les représentations de l'opéra, durant le temps des travaux à réaliser sur ce dernier.*

*Bien que cette option ne se soit finalement pas présentée, la mise à disposition du bâtiment pour de l'art lyrique a été prise en compte dans l'étude acoustique du bâtiment. Ainsi, pour que le silo accueille ténors et sopranos, il suffit de retourner les panneaux mobiles, recouvrant le quart de la surface du toit du bâtiment et installés au niveau des passerelles techniques, de manière à ce qu'ils présentent leur face réfléchissante. Conçu à l'origine pour entreposer du blé, l'édifice est aujourd'hui capable de restituer l'émotion d'une partition de Verdi.*

## 2.4.2 - Le béton affaiblit le bruit aérien avec une épaisseur moindre

L'indice d'affaiblissement acoustique des parois dépend de la masse surfacique et non de la nature des matériaux. Or, le béton permet d'avoir une masse surfacique élevée avec une épaisseur plus faible que les autres matériaux.



**À masse surfacique égale (200 kg/m<sup>2</sup>), influence de la nature des murs sur l'indice d'affaiblissement acoustique, en fonction de la fréquence du son (source CSTB).<sup>3</sup>**

C'est pourquoi, un mur en béton de 8 cm atténue tout autant la pénétration du bruit extérieur dans les logements qu'une façade de brique creuse de 16 cm.

3. Bruit rose : bruit de référence, présentant un niveau identique pour chaque bande d'octave. Ce bruit est utilisé pour les mesures d'isolement acoustique aux bruits aériens intérieurs, ainsi que pour les isollements vis-à-vis des bruits de trafic aérien.

## 2.5 Les autres facteurs du confort acoustique

### L'agencement

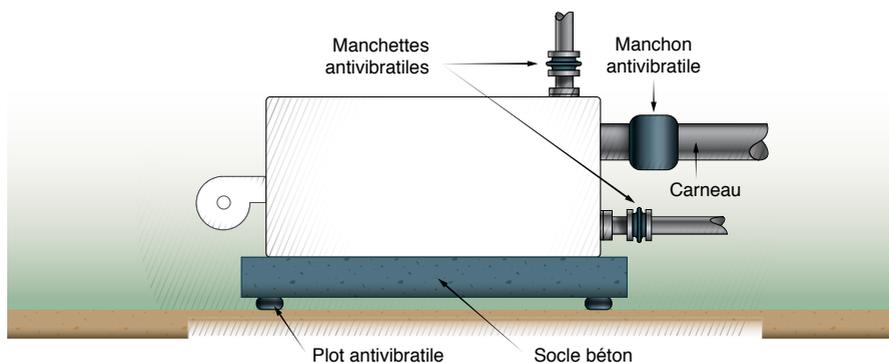
C'est au moment du dessin des plans du bâtiment que l'on peut agir de la manière la plus efficace sur l'acoustique. Il faut veiller à disposer les chambres le long des façades les moins exposées aux bruits et les installations de chauffage ne doivent pas être en contact direct avec un plancher de logement mais être insérées au milieu d'espaces tampons.

### Un soin particulier apporté à l'étanchéité à l'air des parois séparatives et de l'enveloppe

Acoustique et thermique sont concernées par des problématiques communes dont les solutions se recoupent. Quand un électricien fait attention à ne pas percer une paroi pour préserver l'étanchéité à l'air, il veille également au confort acoustique entre les pièces. À titre d'exemple, les coffres de volets roulants peuvent poser des soucis sur les deux plans. Le contrôle de l'étanchéité à l'air imposé par la RT 2012 pour des raisons énergétiques, peut donc également concourir au confort acoustique.

### Des équipements désolidarisés

Tous les éléments vibrants (chaudières, pompes...) doivent reposer sur un socle de béton désolidarisé du sol à l'aide de plots antivibratiles. De même, afin d'éviter qu'ils ne rentrent en vibration, les conduits et tuyaux doivent être reliés à ces derniers à l'aide de manchons souples.



*Exemple de désolidarisation d'une chaudière.*

## PLUS D'ÉCHANGES POUR PLUS DE PERFORMANCES

« Il faut désormais construire des bâtiments énergétiquement performants, acoustiquement bons, respectant les contraintes sur la sismicité, et tout cela pour un coût moins élevé qu'auparavant. Ce qui nécessite, durant le processus de conception-construction, d'être nettement plus interactif que les aller et retour se fassent rapidement. Par exemple, la volonté portée par l'acousticien de poser une chape flottante peut être l'occasion pour le thermicien de réfléchir à la mise en place d'un plancher chauffant. »

René Gamba, président fondateur du bureau d'études Gamba Acoustique et Associés.

## 2.6 Pour en savoir plus

### *Textes réglementaires*

Décret n° 2011-604 du 30 mai 2011 relatif à l'attestation de prise en compte de la réglementation acoustique à établir à l'achèvement des travaux de bâtiments d'habitation neufs.

Arrêté du 27 novembre 2012 relatif à l'attestation de prise en compte de la réglementation acoustique applicable en France métropolitaine aux bâtiments d'habitation neufs.

### *Études*

Académie de médecine, *Les nuisances sonores de voisinage dans l'habitat - analyse et maîtrise*, juin 2012.

European Environment Agency, *Good practice guide on noise exposure and potential health effects*, Technical report n° 11, 2010.

Organisation Mondiale de la Santé (OMS), *Valeurs guides concernant le bruit nocturne en Europe*, 2009.

Organisation Mondiale de la Santé (OMS), *Surdité et d ficiency auditive*. Aide-mémoire n° 300, avril 2010.

Organisation Mondiale de la Santé (OMS), *La charge de morbidité imputable au bruit ambiant. Quantification du nombre d'années de vie en bonne santé perdues en Europe*. OMS, 2011.

Observatoire régional de la santé en Ile-de-France, *Les perceptions du bruit en Ile-de-France*. ORS, mars 2009.

EY, ADEME, CSTB, *Le coût social des pollutions sonores, analyse bibliographique des travaux français et européens*, mai 2016.

QUALITEL, *Rénovation : améliorer l'acoustique des logements collectifs*, Guide Acoustique, juillet 2018.

### *Ouvrages*

Gualezzi (J.-P.), *Le bruit dans la ville*, Conseil Économique et Social, Éditions des Journaux Officiels, 1998.

Mouret (J.) et Vallet (M.), *Les effets du bruit sur la santé*, Ministère de la Santé, 1995.

Le Grenelle Environnement, *Pour une approche globale - Rapport du comité opérationnel "Bruit"*, n° 18, mars 2008.

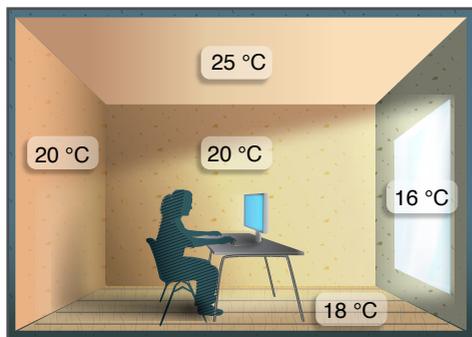
# Hygrothermie

- 3.1 Confort thermique et taux d'hygrométrie sont fondamentaux**
- 3.2 Quel est le niveau de contamination fongique de nos bâtiments ?**
- 3.3 Quel confort hygrothermique offre un logement basse consommation ?**
- 3.4 Renforcer l'encadrement réglementaire des ambiances thermiques**
- 3.5 Pourquoi choisir le béton ?**
- 3.6 Les autres facteurs du confort hygrothermique**
- 3.7 Pour en savoir plus**

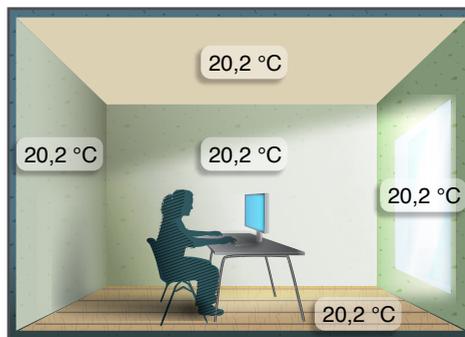
Alors que, vêtus d'un tee-shirt et en train de faire le ménage chez soi, nous apprécions une température de 19 °C, habillés d'un costume et installés devant notre poste de travail, nous nous sentons mieux dans une atmosphère à 21 °C. Et si notre bureau se situe à proximité d'une paroi froide nous n'hésiterons pas à monter le thermostat plus haut. Le bien-être n'est pas qu'une affaire de thermomètre.

## 3.1 Confort thermique et taux d'hygrométrie sont fondamentaux

Pour appréhender le confort thermique, on ne peut pas se contenter d'observer la température des pièces. Il est indispensable de s'intéresser également à celle de leurs parois et de faire appel à la notion de température dite ressentie ou opérative. À vitesse d'air nulle ou très basse, comme on l'observe le plus souvent dans les bâtiments, la température ressentie est la moyenne arithmétique de la température de l'air et de la température moyenne des surfaces. Ainsi, une pièce sans courant d'air, affichant 26 °C au thermomètre et dont les parois sont à 20 °C, offrira aux occupants une température ressentie de 23 °C. Le confort perçu par l'occupant sera pratiquement le même que dans une chambre où l'air et les surfaces sont à 23 °C.



Températures réelles, air à 20 °C

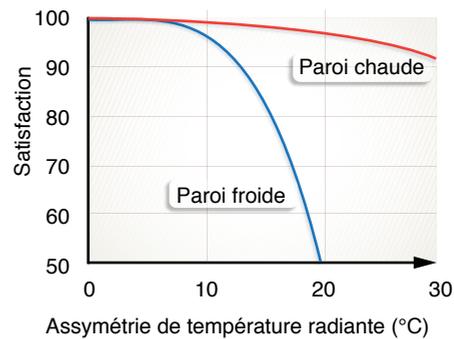
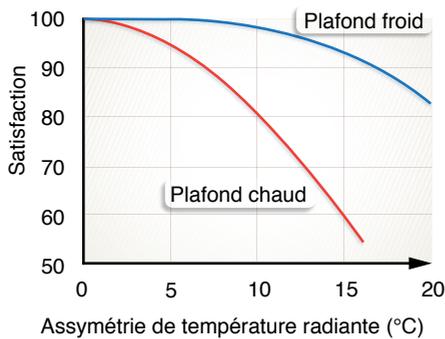


Température opérative correspondante

**La température opérative, ou température ressentie, dans une pièce de 4 m sur 5 m et 3 m de haut.**

Lorsque la vitesse de l'air devient importante (plus de 0,2 m/s), la température de l'air prend le pas sur celle des surfaces, et devient la seule à influencer sur le ressenti.

Professeur honoraire à l'école polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL), Claude-Alain Roulet a concentré ses travaux de recherches sur le confort hygrothermique au sein des bâtiments. Il précise que « *même si la température opérative est idéale, des inconforts peuvent résulter de gradients de température exagérés (paroi froide, plafond chaud), de courants d'air ou de contact avec des matériaux froids* ». Il prend l'exemple, en hiver, d'un salon à une température opérative idéale de 22 °C, mais dans lequel on trouve un radiateur à 34 °C et une paroi à 10 °C.



*Même dans le cas d'une température moyenne confortable, la satisfaction diminue lorsque la différence entre la température d'une paroi et la température ambiante augmente.*

**Effet de l'asymétrie de températures radiantes des plafonds et des parois verticales (d'après NF EN ISO 7730<sup>4</sup>).**

Plus l'écart entre la température ambiante et celle d'une paroi est important, plus la sensation d'inconfort grandit. D'autre part, selon la paroi concernée, notre sensibilité n'est pas la même. Alors qu'un plafond chaud est nettement moins bien supporté qu'un plafond froid, un mur - chaud sera nettement mieux toléré qu'un mur froid.

**Humidité : trouver le bon dosage**

Pour aborder le confort hygrométrique, on ne peut se limiter à l'observation de l'humidité (quantité d'eau présente dans un certain volume d'air). C'est la notion d'humidité relative (grammes d'eau présents par m<sup>3</sup> d'air à une température donnée par rapport à la quantité maximum d'eau que peut contenir un m<sup>3</sup> d'air à cette température) qui permet le mieux d'appréhender les risques découlant d'un manque et surtout d'un surplus de vapeur d'eau à l'intérieur d'un bâtiment.

4. NF EN ISO 7730 (2006) : Ergonomie des ambiances thermiques – détermination analytique et interprétation du confort thermique par le calcul des indices PMV et PPD et par des critères de confort thermique local.

L'humidité relative ne doit être ni trop faible, ni trop élevée. Si l'humidité relative passe en dessous de 30 %, des irritations risquent d'être ressenties au niveau du nez et de la gorge. Au-dessus de 80 %, des problèmes de condensation et de moisissure peuvent apparaître et alors faire naître des réactions allergiques chez les occupants.

### HYGROMÉTRIE, PARENT PAUVRE DES LABELS

« L'hygrométrie est le parent pauvre de la santé dans le bâtiment. À part quelques labels comme le Belge Valideo qui exige une humidité relative comprise entre 30 et 50 %, ce critère pourtant essentiel est quasi ignoré des labels. »

Claire-Sophie Coeudevez, ingénieur au sein du bureau d'études Medieco, spécialisée dans les problématiques de santé appliquées au bâtiment.

Or, comme l'explique Claude-Alain Roulet, les sources d'humidité sont nombreuses. « Un bâtiment neuf perd son eau de chantier durant les deux premières années. Un adulte au repos produit environ 50 grammes d'eau par heure et la cuisson des aliments et le séchage du linge à l'intérieur produisent chaque jour 3,5 kg d'eau. » Souvent mal entretenues, les ventilations mécaniques contrôlées (VMC) ne permettent pas d'évacuer l'accumulation de toute cette humidité et d'empêcher ainsi la formation de champignons, principalement dans les salles de bains et les cuisines, pièces particulièrement humides.

Mais même lorsque le système de ventilation fonctionne correctement, et que l'air de la pièce n'est pas trop humide, des moisissures peuvent apparaître sur les surfaces les plus froides. « En hiver, il faut veiller à ce que l'humidité relative de l'air de la pièce ne dépasse pas les 50 % car, le long d'une paroi froide, du fait notamment des ponts thermiques (points de la construction où la barrière isolante est rompue), on peut trouver des humidités relatives locales beaucoup plus élevées », explique Claude-Alain Roulet. Il suffit de trouver, sur une petite surface, durant seulement quelques semaines, une humidité relative localement supérieure à 80 % pour que des champignons se développent. C'est pourquoi l'absence de ponts thermiques qui génèrent des surfaces froides à l'intérieur des bâtiments permet non seulement d'offrir un meilleur confort thermique mais également de se prémunir contre le développement de moisissures et des désagréments qui en découlent.

## 3.2 Prévenir et réduire la contamination fongique ?

Un rapport d'expertise collective publié en octobre 2016 par l'ANSES sur les moisissures dans le bâti, met clairement en évidence le fait que l'exposition aux moisissures dans les environnements intérieurs constitue un enjeu majeur de santé publique.

La part importante des logements concernés, les effets avérés sur la santé respiratoire et l'identification de groupes de population à risque (notamment patients immunodéprimés ou atteints de pathologies respiratoires chroniques) a conduit à des recommandations très spécifiques.

Il s'agit d'identifier les efforts à déployer pour réduire les expositions aux moisissures dans le bâti, prioritairement par la prévention de leur développement, en renforçant la coordination entre les acteurs des secteurs d'activité (construction, énergie, etc.) et les autorités et acteurs publics, afin améliorer la mise en cohérence de la gestion des risques.

Il faut à la fois, former les professionnels sur l'interrelation des enjeux techniques (isolation, ventilation et chauffage) du bâti et informer le public occupant sur les mesures efficaces de prévention.

La prévention des conséquences sanitaires, elle, devra prendre en compte spécifiquement le risque fongique dans les logements, par le biais de l'évolution de la réglementation. Notamment, en facilitant les conditions de recueil et de traitement des signalements effectués par les occupants, et encadrant les conditions d'investigations par l'instauration de seuils d'action ou d'orientation de prévention ou de remédiation.

## 3.3 Quel confort hygrothermique offre un logement basse consommation ?

Spécialisé depuis 30 ans dans l'énergétique appliquée aux bâtiments, le bureau d'études Enertech a été missionné par l'Ademe pour évaluer les performances énergétiques et le confort hygrothermique qu'offre réellement la résidence « Ambroise Croizat » labélisée bâtiment basse consommation (BBC). Livré en mai 2010 à Vénissieux, dans la région Rhône-Alpes, l'immeuble de 30 logements sociaux présente une enveloppe constituée d'un mur en béton avec isolation rapportée.

Le bureau d'étude a implémenté plus de deux cents instruments de mesures dans le bâtiment, dont des thermomètres et des hygromètres. Les principaux résultats issus de la première année de mesure sont riches d'enseignements sur le confort d'hiver et d'été dans les bâtiments BBC.

Les mesures d'hygrométrie montrent que l'humidité relative est stable et reste comprise entre 30 et 60 % pendant 95 % du temps. Les températures relevées en hiver mettent surtout en avant le non-respect de la limite supérieure de température de chauffage fixée réglementairement, en moyenne, à 19 °C. (Durant les mois de décembre 2010, janvier et février 2011, la température des logements étudiés s'établit en moyenne à 22,7 °C, elle dépasse les 22 °C pendant 75 % du temps et descend au plus bas à 19,9 °C).

Concernant le confort d'été, les résultats de l'étude d'Enertech semblent être à même de dissiper les craintes que suscitent les logements basse consommation. Sur les semaines estivales de 2010 et 2011, la température moyenne observée dans les logements ne dépasse jamais 28 °C et la moyenne se situe à 24,3 °C.

*« Le bâtiment ne comprenant ni système de rafraîchissement ni surventilation nocturne, la gestion des apports est cruciale pour le confort d'été et apparaît gérée de manière particulièrement satisfaisante. L'analyse de l'évolution moyenne journalière montre que la température intérieure est peu dépendante des variations extérieures et évolue peu au cours de la journée. L'inertie du bâtiment semble jouer son rôle de stabilisateur. Il capte les apports internes diurnes en limitant les surchauffes. Il les relâche la nuit pour maintenir une température constante »,* indique le rapport d'Enertech. L'étude conclut que *« les résultats obtenus sur ce bâtiment montrent qu'il est parfaitement possible dans des logements très performants (donc très isolés et très étanches) de gérer de manière tout à fait satisfaisante le confort d'été. »*

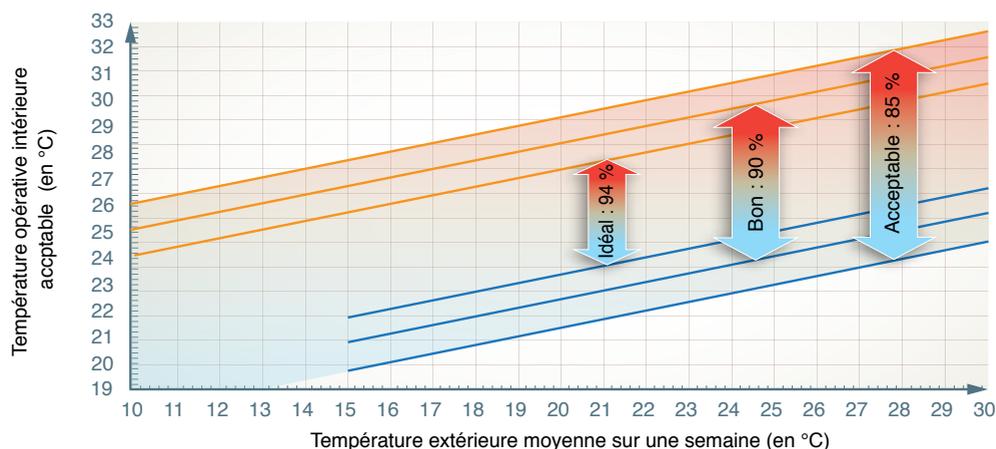
## 3.4 Renforcer l'encadrement réglementaire des ambiances thermiques

L'article R.131-20 du code de la construction et de l'habitation spécifie que « *les limites supérieures de température de chauffage sont, en dehors des périodes d'inoccupation, fixées en moyenne à 19 °C pour l'ensemble des pièces d'un logement* ». Et, depuis le 1<sup>er</sup> juillet 2007, l'article R.131-29 du code de la construction et de l'habitation limite l'utilisation des systèmes de climatisation en précisant que « *dans les locaux dans lesquels est installé un système de refroidissement, celui-ci ne doit être mis ou maintenu en fonctionnement que lorsque la température intérieure des locaux dépasse 26 °C* ».

Ces deux règles du code de la construction, ne suffisent pas à encadrer le bien-être thermique dans les logements. La DHUP en a conscience et travaille à faire évoluer les exigences sur le confort d'été de la RT 2012.

### Tolérance plus élevée dans les bâtiments non chauffés et non refroidis

En été, dans une chambre où la fenêtre est ouverte, on est beaucoup plus tolérant que dans une chambre où l'air est conditionné. C'est pourquoi d'autres travaux ont été menés afin de situer ces plages de tolérance et ont abouti au modèle de confort adaptatif, pour les bâtiments non chauffés en hiver et non refroidis en été, normalisé dans une annexe de la norme européenne EN 15251.



Les chiffres dans les flèches indiquent le pourcentage de personnes satisfaites tant que la température reste à l'intérieur des limites correspondantes.

**Gamme de températures acceptables dans un bâtiment ni chauffé, ni refroidi (d'après la norme NF EN 15251<sup>5</sup>).**

5. NF EN 15251 (août 2007) : Critères d'ambiance intérieure pour la conception et évaluation de la performance énergétique des bâtiments couvrant la qualité de l'air intérieur, la thermique, l'éclairage et l'acoustique.

## 3.5 Pourquoi choisir le béton ?

### 3.5.1 - L'inertie, condition indispensable au confort d'été

---

Le béton est un matériau présentant une effusivité thermique élevée. Autrement dit, il emmagasine l'énergie thermique de son environnement (provenant des apports solaires, des occupants ou des équipements) sans monter en température rapidement. Cette faculté se traduit, en été, par la sensation de fraîcheur qu'il confère au toucher. Cette notion d'effusivité est un des paramètres clés de l'inertie d'un matériau. Or, en climat continental, où les variations de température entre le jour et la nuit sont importantes, la recherche d'inertie est indispensable pour offrir un confort thermique durant les périodes chaudes.

Le bureau d'étude Enertech a croisé les résultats de plusieurs de ses campagnes de mesures effectuées ces dernières années dans des bâtiments tertiaires implantés en bordure de Méditerranée et en Provence. Il a notamment représenté les fréquences cumulées des températures intérieures dans ces immeubles tertiaires, pendant le mois de septembre, en l'absence de climatisation.

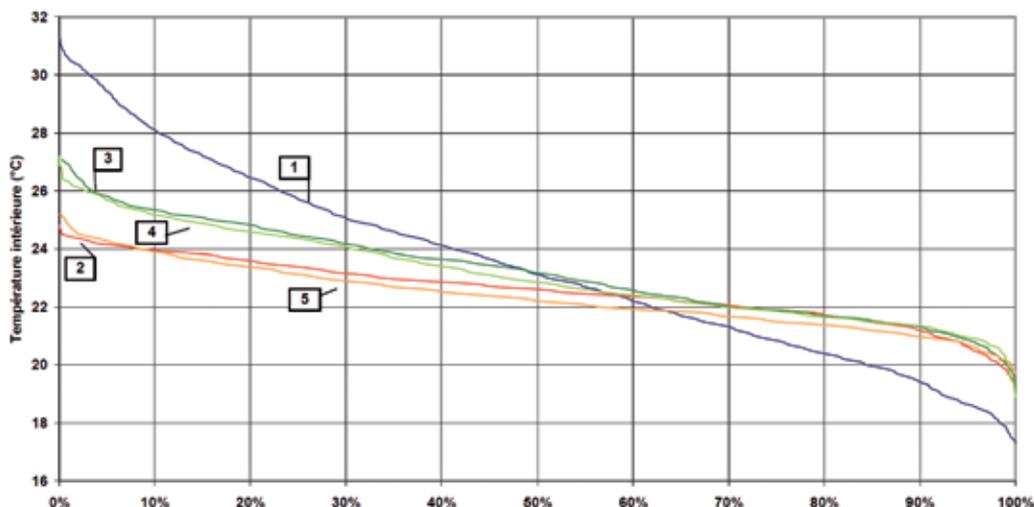
Ainsi pour le bâtiment en Avignon à très faible inertie (ossature bois), les températures varient de 17 à 31 °C, alors que pour les bâtiments à forte inertie (maçonnerie lourde et poteaux poutres dalles en béton) la variation s'étend de 19 à 25 °C seulement.

#### LES BÂTIMENTS BASSE CONSOMMATION NE PEUVENT SE PASSER D'INERTIE

---

*« La forte inertie apparaît comme une condition nécessaire du confort en été. Dans les bâtiments à très basse consommation, les solutions à très faible inertie conduiront presque toujours (sauf en altitude) à de mauvaises conditions de confort en été. »*

Olivier Sidler, directeur du bureau d'étude Enertech.



1. Immeuble de bureaux R+1 en ossature bois sur terre-plein, à Avignon, livré au début des années quatre-vingt-dix.
2. Immeuble de bureaux R+2 en maçonnerie lourde (e = 50 cm) non isolée avec planchers en béton, à Marseille, livré dans les années cinquante.
3. Immeuble de bureaux R+1 en maçonnerie lourde (e = 20 cm) non isolée et planchers béton avec toiture-terrasse légère et isolée par 40 mm, à Marseille, livré dans les années soixante-dix.
4. Immeuble de bureaux R+1 avec dalle béton sur terre-plein, poteaux poutres béton, façades légères isolées pour moitié par 40 mm et toiture-terrasse isolée par 100 mm en sous-face, à Toulon, livré dans les années soixante.
5. Immeuble de bureaux R+4 avec poteaux poutres dalles béton, façades en panneaux de béton préfabriqués non isolés et toiture-terrasse, à Toulon, livré dans les années soixante-dix.

**Fréquences cumulées des températures intérieures en fonction de l'inertie thermique (source Enertech).**

Les courbes obtenues montrent que plus l'inertie des bâtiments est faible, plus la plage de variation des températures observées est grande. Ainsi dans le bâtiment avignonnais à très faible inertie (ossature bois), livré au début des années quatre-vingt-dix, les températures varient de 17 °C à 31 °C, alors que pour les bâtiments à forte inertie (maçonnerie lourde et poteaux poutres dalles en béton), construit durant les Trente Glorieuses, la variation s'étend de 19 °C à 25 °C seulement.

Pour Olivier Sidler, directeur du bureau d'étude Enertech, l'inertie d'un bâtiment s'entretient. « Si ce réservoir d'énergie n'est pas vidé pendant la nuit, il s'ensuit une accumulation qui va rapidement se traduire par une incapacité de l'inertie à jouer son rôle de régulateur : et donc, la température va s'élever. » Il pointe donc l'importance de refroidir les structures lourdes (dalles, refends...) entre le coucher et le lever du soleil.

« La façon la plus simple de procéder consiste à ouvrir les fenêtres pendant la nuit. La modélisation dynamique montre qu'avec un débit de 3 vol/h (facilement obtenu par l'ouverture d'un seul vantail à chaque fenêtre) le confort d'été est parfaitement

*gérable et permet d'éviter toutes les périodes de surchauffe trop longues. C'est donc la solution qu'il faut systématiquement prévoir dans tous les projets, chaque fois que c'est possible », indiquent les spécialistes de la thermique des bâtiments. Et, lorsque la situation de l'immeuble empêche de ventiler « naturellement » (logements en rez-de-chaussée ou situés sur une voie de circulation bruyante), une augmentation du débit de la ventilation mécanique permet d'amener la fraîcheur nocturne à l'intérieur du bâtiment.*

### ÉTUDE DE CAS: VENTILATION NATURELLE ET BÉTON POUR DES BUREAUX SANS CLIMATISATION



*La consommation du poste rafraîchissement peut, dans les bureaux, dépasser les besoins de chauffage. Pour son nouveau siège, le groupe Adeo mise sur la fraîcheur de la nuit pour apporter le confort d'été à ses employés.*

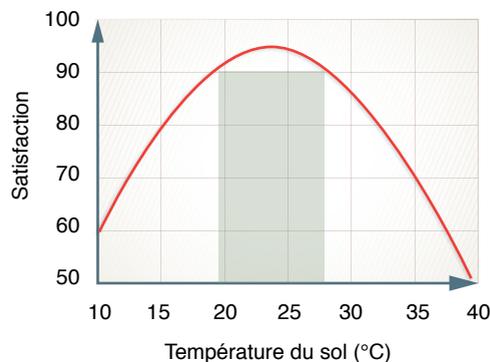
*Conçu par les architectes de Blaq, agence lilloise, le nouveau siège international du groupe Adeo, dont l'enseigne Leroy Merlin fait notamment partie, a été livré en octobre 2012. Construits sur l'ancien site de la CAMIF*

à Ronchin, dans le Nord, les 7000 m<sup>2</sup> des nouveaux bureaux, labélisés passifs, présentent l'originalité de ne disposer d'aucun système de rafraîchissement actif. Pour se passer de climatisation, un système ingénieux d'ouvertures génère automatiquement des courants d'air durant les nuits de la période chaude. La fraîcheur apportée par cette ventilation naturelle, combinée à l'inertie du béton de la structure, doit assurer le confort d'été.

Le delta de température qu'offrent les nuits d'été du nord de la France et la hauteur des cheminées permettent d'obtenir un excellent débit de tirage d'air, sans l'intervention de ventilation mécanique. Les études ont montré qu'il pouvait potentiellement monter jusqu'à 8 vollh. À titre de comparaison, on considère qu'une ventilation mécanique peut au mieux offrir un débit de 3 vollh. Les simulations thermodynamiques prévoient moins de 30 heures de température intérieure au-dessus de 28 °C, ce qui permet, dans le cadre du référentiel HQE®, d'obtenir le niveau « très performant » sur la cible « Confort hygrothermique ».

### 3.5.2 - Le béton permet l'installation d'un plancher chauffant

L'installation d'un plancher chauffant permet d'éviter la sensation d'inconfort liée au sol froid et contribue à la recherche du confort optimal en maintenant la température du sol entre 20 et 26 °C, fourchette de températures où la satisfaction de l'occupant est maximum.



**La satisfaction d'occupants avec chaussures légères est optimale pour une température du sol comprise entre 20 et 26 °C (d'après NF EN ISO 7730).**

### CHAUFFAGE AU SOL ET BÂTIMENT BASSE CONSOMMATION

« Le chauffage par le sol convient bien aux constructions modernes, bien isolées, où une température de sol à peine supérieure à l'ambiante suffit pour maintenir une température confortable, alors qu'il ne convient pas aux bâtiments mal isolés, dans lesquels la température du sol doit être supérieure à 28 °C pour compenser les déperditions thermiques. »

Claude-Alain Roulet, Professeur honoraire à l'École polytechnique fédérale de Lausanne qui a concentré ses travaux de recherches sur le confort hygrothermique au sein des bâtiments.

### 3.5.3 - Le béton inhibe la croissance des moisissures

L'Association technique de l'industrie des liants hydrauliques (ATILH) a demandé au CSTB de caractériser le comportement du béton face à une contamination fongique par *cladosporium sphaerospermum*. Les échantillons ont été placés, dans l'obscurité, à une température de 25 °C et une humidité relative de 98 %. Au terme d'une observation microscopique de 28 jours, le CSTB conclut qu'aucune croissance fongique n'a été observée par microscope sur les produits testés, ce qui traduit « une propriété fongistatique » du béton, autrement dit, une capacité à inhiber la croissance des moisissures. D'autre part, les mesures de biomasse fongique réalisées au terme de l'essai sur les éprouvettes propres et encrassés (avec une solution nutritive directement assimilable par le micro-organisme) sont venues confirmer cette propriété fongistatique.

### PAS DE MENTION DE LA POLLUTION MICROBIOLOGIQUE SUR L'ÉTIQUETTE SANITAIRE

« On peut regretter que l'étiquetage sanitaire des matériaux du bâtiment ne concerne que les COV et ne s'intéresse pas à la résistance aux moisissures de ces derniers. »

Suzanne Deoux, spécialiste en oto-rhino-laryngologie et fondatrice du bureau d'études Medieco, spécialisé dans les problématiques de santé appliquées au bâtiment.

## 3.6 Les autres facteurs du confort hygrothermique

### **Limiter la pénétration des rayonnements solaires directs**

Le meilleur moyen de se protéger du risque de surchauffe estivale est d'empêcher les rayonnements solaires directs de pénétrer dans le bâtiment durant les périodes les plus chaudes. Les seules protections solaires efficaces sont celles installées à l'extérieur. Si, pour les façades orientées sud, le brise-soleil placé à l'horizontal au-dessus d'une ouverture convient bien, il est déconseillé pour les orientations sud-ouest et sud-est car les rayons y arrivent inclinés. Il faut alors recourir à des protections solaires verticales comme des stores à lamelles.

#### *LIMITER LES APPORTS EXTERNE ET INTERNE DE CALORIES*

*« Il faut partir en guerre contre les bâtiments sur-vitrés ou mal protégés du soleil et réduire massivement les consommations internes d'électricité, source principale des surchauffes. »*

Olivier Sidler, directeur du bureau d'étude Eneritech.

### **Surventiler après un dégât des eaux**

Après tout dégât des eaux, il est nécessaire de sur-ventiler le bâtiment, naturellement ou mécaniquement, afin d'évacuer l'humidité. L'Observatoire de la qualité de l'air intérieur a constaté, suite à ses campagnes d'observation, que les 5 % des habitations visitées présentant un taux d'humidité supérieur à 63 % avaient, pour beaucoup d'entre elles, connu un dégât des eaux.

De la même manière, il convient également de sur-ventiler un bâtiment durant ses deux premières années de vie de manière à évacuer l'eau accumulée durant le chantier.

### **Prévenir les remontées d'eau par le sol**

Lorsque le terrain est faiblement perméable (argile, limon...) ou qu'il est en pente vers le bâtiment, l'Agence Qualité Construction recommande d'installer, sous le niveau de dallage, un tuyau de drainage tout le long des façades. Ce tuyau devra

être logé dans des graviers de manière à ce que l'eau s'y écoule facilement. Séparer l'espace habité du terrain par un vide sanitaire ou une cave offrant des aérations peut également limiter la remontée d'eau par le sol.

#### PROSCRIRE LES DÉSHUMIDIFICATEURS

« Nous déconseillons le recours aux déshumidificateurs car ce sont des équipements qui mal entretenus se transforment en source de polluants. »

Claude-Alain Roulet, Professeur honoraire à l'École polytechnique fédérale de Lausanne qui a concentré ses travaux de recherches sur le confort hygrothermique au sein des bâtiments.

## 3.7 Pour en savoir plus

### Étude

ANSES, *Moisissures dans le bâti, avis et rapport d'expertise collective*, révision d'octobre 2016, 365 p.

### Note technique

*Le confort d'été*, fiche élaborée par Olivier Sidler, directeur du bureau d'études Eneritech pour la Mutuelle des Architectes Français assurances, 2013.

### Ouvrage

Roulet (C.-A.) *Eco-confort - Pour une maison saine et à basse consommation d'énergie*, Presses polytechniques et universitaires romandes, collection science et ingénierie de l'environnement, janvier 2012.

# Conclusion

Après la prise en compte de la performance énergétique et la mise en œuvre de solutions constructives adaptées la santé est un enjeu majeur de l'acte de construire.

Hier, les entreprises de mesure de l'étanchéité à l'air de l'enveloppe des bâtiments étaient exceptionnelles, elles sont désormais indispensables sur tous les chantiers. Il en sera de même demain pour les entreprises spécialisées dans l'évaluation de la qualité de l'air. Le développement d'appareils de mesures actifs, en évitant l'envoi d'échantillons vers un laboratoire d'analyse en simplifiera la détermination.

Récemment encore, le chauffage apparaissait comme le poste le plus énergivore. Aujourd'hui, avec la généralisation des bâtiments basse consommation, les usages électrodomestiques deviennent le premier poste énergétique. Notre perception du bien-être dans les bâtiments et la hiérarchisation des risques sanitaires liés à la construction évolue également.

Une chose est sûre : si la performance énergétique des bâtiments a progressé si vite ces dernières années, c'est avant tout grâce à l'établissement d'un cadre réglementaire et à la volonté des acteurs de la construction de se mobiliser pour trouver des solutions aussi efficaces qu'économiquement réalistes

La filière béton s'est considérablement investie dans la mise au point de systèmes constructifs efficaces et compétitifs pour toujours plus de performances thermiques et acoustiques. Les qualités intrinsèques du béton (inertie thermique, chimique et biologique) doivent également être prises en compte par les concepteurs afin d'en tirer le meilleur parti au regard de la qualité de l'air.

À l'instar des exigences de performance énergétique devenues familières à tous les acteurs de la construction, les paramètres du bien-être dans les bâtiments font désormais partie de la culture commune des architectes, compagnons, constructeurs et industriels du monde du bâtiment. Une fois encore le béton répond présent avec des solutions à la fois simples, économiques et innovantes.

---

Crédits photographiques : Christophe Balas, Projet 310 [P19],  
C+T architectures [P43], Blaq architecture [P58]. Tous droits réservés.

Illustrations et graphiques : David Lozach  
Molécules du chapitre 1 : Wikimedia Commons

---

Édition mise à jour septembre 2019





**CENTRE D'INFORMATION SUR LE CIMENT ET SES APPLICATIONS**

7, place de la Défense • 92974 Paris-la-Défense Cedex • Tél. : 01 55 23 01 00 • Fax : 01 55 23 01 10  
E-mail : [centrinfo@cimbeton.net](mailto:centrinfo@cimbeton.net) • internet : [www.infociments.fr](http://www.infociments.fr)