

Solutions béton

Béton et qualité de l'air intérieur P. 16

Béton et confort hygrothermique P. 18

Béton et confort acoustique P. 20

Études de cas P. 21



Bâtiments en béton et bien-être

La santé et le bien-être des habitants sont des enjeux essentiels de l'acte de construire. La recherche d'un environnement intérieur sain et confortable fait désormais partie des objectifs de tous les acteurs de la construction. Grâce à son caractère inerte, le béton n'émet pas de composés organiques volatils (COV) et facilite la réalisation de bâtiments sains. Il présente également l'avantage d'offrir des solutions constructives économiques pour atteindre les exigences thermiques et acoustiques des réglementations. Texte : Gaëtan Alomar

Pour en savoir plus, consulter l'ouvrage : **BÂTIMENT ET SANTÉ**, bien-être et bien vivre : les solutions bétons – Référence B45. Téléchargeable sur : www.infociments.fr

Béton et qualité de l'air 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 ». Cette étude nationale a servi de point de départ à l'établissement d'un cadre réglementaire visant à limiter la présence de composés organiques volatils (COV) dans les bâtiments, dont plusieurs comme le formaldéhyde et le benzène sont classés « cancérigènes certains » par le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC).

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 de décoration conte-

nant des substances dites CMR, cancérigènes, mutagènes ou reprotoxiques (perturbant la reproduction), de catégories 1 et 2, soit le trichloréthylène, le benzène, le phtalate de bis 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'Observatoire de la qualité de l'air intérieur (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 de 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 permet pas de garantir l'obtention d'un bâtiment sain. En effet, les matériaux peuvent parfois, sous l'effet d'un changement d'humidité ou des rayonnements solaires, se mettre à émettre des polluants en quantité plus importante que celle correspondant à la lettre de son étiquette.

UN NOUVEAU CADRE RÉGLEMENTAIRE SANITAIRE

Une série de textes législatifs a permis d'établir un cadre réglementaire qui conduira, à moyen terme, à connaître les concentrations en formaldéhyde, en benzène et en CO₂ au sein de tous les établissements recevant du public.

La loi du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environ-

nement, dite « Grenelle II », a prévu l'obligation de surveiller périodiquement la qualité de l'air intérieur dans certains établissements recevant du public (ERP) accueillant des populations sensibles ou exposées sur de longues périodes.

Le décret n° 2011-1728 du 2 décembre 2011 définit les différentes catégories d'ERP soumis à l'obligation de surveillance de leur qualité de l'air intérieur et précise les échéances d'application :

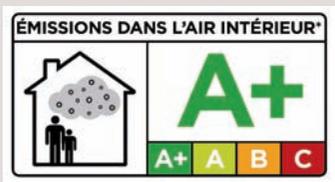
- au 1^{er} janvier 2015 pour les établissements d'accueil collectif d'enfants de moins de 6 ans tels que les crèches, les maternelles ;
- au 1^{er} janvier 2018 pour les écoles élémentaires ;
- au 1^{er} janvier 2020 pour les centres de loisirs et les établissements d'enseignement du second degré ;
- au 1^{er} janvier 2023 pour tous les autres établissements.

Pour les ERP ouverts au public après

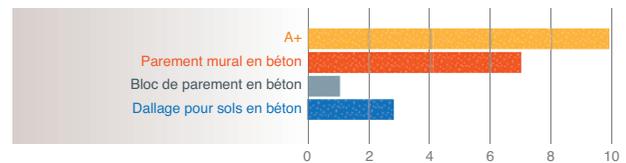
ces dates, la première surveillance est effectuée au plus tard le 31 décembre de l'année civile suivant son ouverture. Cette surveillance périodique doit ensuite être réalisée tous les 7 ans, ou dans un délai de 2 ans en cas de dépassement des valeurs d'alerte fixées par décret pour au moins un polluant mesuré.

Le décret n° 2012-14 du 5 janvier 2012 indique les valeurs pour lesquelles des investigations complémentaires doivent être menées et le préfet de département du lieu d'implantation de l'établissement informé :

- formaldéhyde : concentration de plus de 100 µg/m³ ;
- benzène : concentration de plus de 10 µg/m³ ;
- dioxyde de carbone : indice de confinement = 5. Le calcul de l'indice de confinement nécessite de disposer de l'enregistrement de valeurs de concentrations en CO₂ et



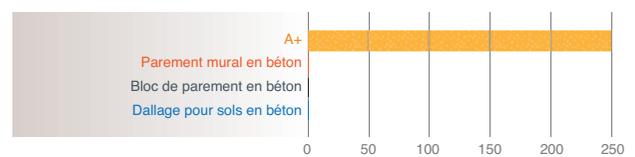
→ Information sur le niveau d'émissions de COV dans l'air intérieur, présentant un risque de toxicité par inhalation.



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 m³.



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 m³.



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 m³.

de la plage de présence dans le local (en occupation normale) durant la semaine.

LE BÉTON ET SES COMPOSANTS, ALLIÉS DES MAÎTRES D'ŒUVRE

Les maîtres d'œuvre vont ainsi devoir adapter leurs choix constructifs à ce nouveau cadre réglementaire. Le recours au béton pourrait leur faciliter la tâche.

Le béton est un matériau composite obtenu en mélangeant de l'eau, des granulats, du ciment et, le plus souvent, des adjuvants. Les organismes représentant ces trois derniers composants ont donc mené, chacun de leur côté, des tests en laboratoire pour démontrer leur neutralité vis-à-vis de la qualité de l'air intérieur.

L'Association Technique de l'Industrie des Liants Hydrauliques (ATILH) a réalisé des tests d'émissions, en reprenant un protocole de prélèvement et de préparation des échantillons analogue à celui déjà utilisé pour mesurer sa résistance mécanique, montrant que les concentrations en COV sont plus de dix fois inférieures aux seuils permettant de bénéficier du A+ de l'étiquette « Émissions dans l'air intérieur ». Le Syndicat national des adjuvants pour bétons et mortiers (Synad) a confié au CSTB la mesure des dégagements de COV de différents types d'adjuvants (plastifiant, superplastifiant, avec accélérateur de prise, hydrofuge de masse...). Tous les COV mesurés se situent à des niveaux de concentration bien inférieurs à ceux fixés pour obtenir le A+ de l'étiquette « Émissions dans l'air intérieur ». Le CSTB a également été chargé de réaliser, pour le compte du Syndicat National du Béton Prêt à l'Emploi, des essais sur deux échantillons de béton concluant qu'ils peuvent bénéficier du A+ de l'étiquette « Émissions dans l'air intérieur ».

Qualité de l'air des maisons basse consommation

Association régionale créée pour assurer la surveillance de la qualité de l'air en région Centre, Lig'Air, en collaboration avec le Conseil Régional du Centre, a mesuré, au cours de l'année 2011, la qualité de l'air intérieur dans 6 maisons BBC de la région Centre (3 en ossature bois et 3 en maçonnerie traditionnelle). À propos du benzène, les niveaux de concentration observés dans les maisons sont inférieurs à ceux rapportés par l'étude de l'OQAI, portant sur des logements non construits aux standards de la basse consommation. Concernant le formaldéhyde, Lig'Air constate que la maison équipée d'un puits canadien couplé à une VMC double flux est la seule à respecter la valeur-guide applicable en 2023, fixée par le décret n° 2011-1727 du 2 décembre 2011, pour les gestionnaires des établissements recevant du public, à 10 µg/m³. « *Le maintien de la fraîcheur pendant les journées*

les plus chaudes, combiné à une bonne aération, peut expliquer en partie l'absence de variation saisonnière et les faibles concentrations observées », expliquent les auteurs de l'étude. Ils rappellent qu'un travail de recherche américain mené sur des mobil-homes a montré que les concentrations en formaldéhyde sont associées à la température intérieure¹.

Une augmentation de la température intérieure induit un accroissement des concentrations en formaldéhyde qui s'explique principalement par l'effet de la température sur les sources diffuses de ce polluant (meuble, matériaux de construction, colles...).

Mais parmi tous les COV mesurés, c'est l'alpha-pinène, non considéré comme cancérigène mais pouvant être à l'origine du formaldéhyde et potentialisateur de réactions allergiques, qui enregistre les plus fortes concentrations, particulièrement dans

les maisons à ossature bois. Néanmoins, les valeurs mesurées restent bien en deçà de la valeur limite d'exposition proposée par la Commission européenne qui, en se référant aux travaux de l'Agence fédérale allemande sur l'environnement et du *National Institute of Environmental Health Sciences*, a fixé la limite d'exposition, à long terme, à 450 µg/m³. ■

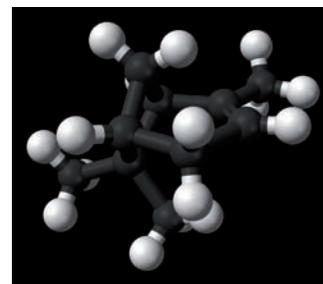


Photo : Ben Mills

1 – An Update Revision of ATSDR's February 2007 Health Consultation : Formaldehyde Sampling of FEMA Temporary-Housing Trailers. Baton Rouge, Louisiana, September-October, 2006. U.S. Department Of Health And Human Service. October 2007.

LE BÉTON BRUT ASSURE DE FAIBLES ÉMISSIONS

Afin de confirmer les résultats de ces tests menés en laboratoire, CIMbéton a confié à la société Medieco Conseil & Formation une étude sur site.

Trois campagnes de mesures ont été réalisées dans deux locaux à vélos 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 mesures).

Lors de la première campagne de mesures, 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 µg/m³ dans les deux locaux) et l'acétaldéhyde (avec un peu moins de 2 µg/m³ dans les deux locaux) y sont présents en concentration « *largement en dessous des différentes valeurs-guides établies, des recommandations de l'OMS et également des teneurs mesurées par l'OQAI dans les logements* », dit le rapport de Medieco. Il indique également que les concentrations en styrène (avec moins de 1 µg/m³ dans les deux locaux) sont « *négligeables* » et que celles en alpha-

pinène (moins de 3 µg/m³ dans un des locaux et moins de 16 µg/m³ 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* ».

LE BÉTON COMBINÉ À L'ISOLATION PAR L'EXTÉRIEUR PERMET DE PRÉSERVER 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 + BA 13 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 long terme de $450 \mu\text{g}/\text{m}^3$ proposée dans le rapport européen de l'Index project » mais que néanmoins « ce COV dépasse à lui seul la valeur de

$300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de COV totaux, établie par la Commission d'hygiène de l'air intérieur de l'Agence fédérale allemande de l'environnement comme valeur cible n'ayant pas d'impact ». Si l'alpha-pinène n'est pas considéré comme cancérigène, il peut être à l'origine du formaldéhyde, classé « cancérigène certain », et amplifie les réactions allergiques.

Dans le local enveloppé de PSE et d'un BA 13, c'est la concentration en styrène qui progresse considéra-

ment et passe de moins de $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à près de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Les auteurs de l'étude remarquent que l'on reste en deçà de la valeur limite de $250 \mu\text{g}/\text{m}^3$ proposée dans l'Index project pour une exposition à long terme en raison d'effets neurologiques mais bien au-dessus de concentrations mesurées par l'OQAI dans 95 % des logements français ($2,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Classé par le CIRC « cancérigène possible » chez l'homme (cancer pulmonaire), COV pris en compte dans le cadre de l'obligation d'étiquetage des pro-

duits de construction ou de revêtement de parois amenés à être utilisés à l'intérieur des locaux, le styrène peut troubler la vision des couleurs.

Les conclusions de l'étude laissent donc penser que le choix d'une isolation par l'extérieur, en permettant d'éviter la présence de matériaux d'isolation à l'intérieur et en offrant la possibilité de laisser un mur apparent en béton, est une solution constructive conduisant à un bâtiment sain. ■

Béton et confort hygrothermique

Photo : Luc Bertau



→ Immeuble de bureaux du conseil général à Épinal (88). Architecte Lucien Colin.

L'encadrement réglementaire des ambiances thermiques est à ce jour lacunaire. 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 ». De plus, depuis le 1^{er} 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, qui sont en pratique très peu respectées, ne suffisent pas à encadrer le bien-être thermique dans les logements. La direction de l'Habitat, de l'Urbanisme et des Paysages en a conscience et travaille à faire évoluer les exigences sur le confort d'été de la RT 2012

avant fin 2014. En attendant, pour comprendre la notion de confort thermique, il faut sortir du cadre réglementaire français et se tourner vers des normes internationales.

LE BÉTON INTRODUIT DE L'INERTIE, CONDITION INDISPENSABLE AU CONFORT D'ÉTÉ

Au-delà des aspects sanitaires présentant une effusivité thermique élevée, le béton participe aussi au confort à l'intérieur des bâtiments. 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 températures 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'ingénierie énergétique Enertech, qui participe à de nombreux retours d'expériences, a représenté les fréquences cumulées des températures intérieures dans des immeubles de bureaux de la région PACA, pendant le mois de septembre, en l'absence de climatisation. Les résultats montrent que plus l'inertie des bâtiments est faible, plus la plage de variation des températures est grande.

Ainsi pour le bâtiment d'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.

Pour Olivier Sidler, directeur du bureau d'études 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 la température va s'élever. » Il pointe donc l'importance de refroidir les

structures lourdes (dalles, refends...) pendant la nuit.

« 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 », indique le spécialiste 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.

Comme pour les COV, les conclusions de l'étude d'Enertech semblent guider les maîtres d'œuvre vers une enveloppe en béton isolée par l'extérieur, solution permettant de profiter pleinement de l'inertie du matériau.

Cette inertie du béton combinée à 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 degrés, fourchette de températures où la satisfaction de l'occupant est maximum.

LE BÉTON INHIBE LA CROISSANCE DES MOISSURES

Le béton présente également un avantage de taille vis-à-vis des risques sanitaires liés à l'humidité. L'Association technique de l'industrie des liants hydrauliques (ATILH) a demandé au CSTB de caractériser

Bâtiment étanche et isolé peut rimer avec confort d'été

La généralisation des logements basse consommation, auxquels est accolée l'image de boîte hermétique, suscite parfois des craintes vis-à-vis du confort d'été. Les résultats d'une étude réalisée par le bureau d'études Enertech, spécialisé depuis 30 ans dans l'énergétique appliquée aux bâtiments, semblent pouvoir les dissiper.

Dans le cadre de l'appel à projets « PREBAT - Bâtiments démonstrateurs » et du dispositif Qualité environnementale dans les bâtiments pour les logements sociaux « niveau BBC », Enertech a été missionné pour une campagne de mesures d'une durée de 2 ans, portant notamment sur le confort hygrothermique dans la résidence Ambroise Croisat, située à

Vénissieux, en région Rhône-Alpes, et dont l'enveloppe est constituée d'un mur en béton lourd avec isolation rapportée.

Sur les semaines estivales observées en 2010 et 2011, la température moyenne des 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 mais apparaît gérée de manière particulièrement satisfaisante », indique le rapport d'Enertech. 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.

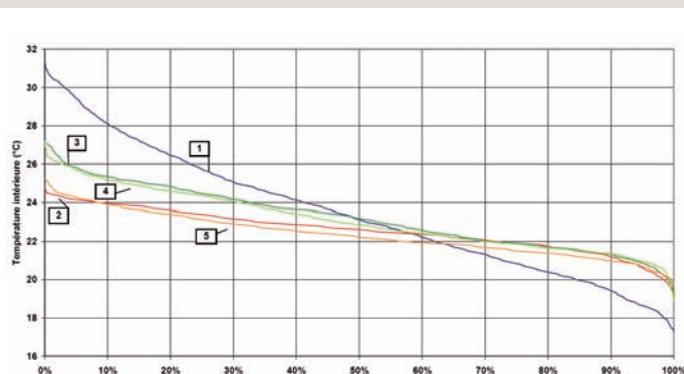
L'inertie du bâtiment semble jouer son rôle de stabilisateur. Il capte les apports internes diurnes en limitant les surchauffes. Il les relâche la nuit pour maintenir une température constante. »

L'étude conclut donc 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 ».

Concernant l'hygrométrie intérieure, les relevés d'Enertech montrent que l'humidité relative est assez stable et reste comprise entre 30 et 60 % pendant 95 % du temps. Ce constat ne se retrouve pas dans les logements anciens. ■

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 microscopie sur les produits testés, ce qui traduit « une propriété fongistatique » du béton, autrement dit, sa 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 encrassées (avec une solution nutritive directement assimilable par le micro-organisme) sont venues confirmer cette propriété fongistatique ». ■



1. Immeuble de bureaux R+1 en ossature bois sur terre-plein, à Avignon, livré au début des années 90.
2. Immeuble de bureaux R+2 en maçonnerie lourde (e = 50 cm) non isolée avec planchers en béton, à Marseille, livré dans les années 50.
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 70.
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 60.
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 70.

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

Béton et confort acoustique

Un sondage réalisé par l'institut TNS Sofres, en mai 2010, pour le ministère de l'Écologie, auprès d'un échantillon de 1 000 personnes représentatif de l'ensemble de la population âgée de 18 ans et plus, interrogées en face-à-face à leur domicile, est particulièrement éclairant sur notre manière de percevoir les bruits. Si le bruit n'arrive pas au tout premier rang des troubles de la qualité de vie des Français, il figure malgré tout parmi les préoccupations principales, derrière la saleté et les déchets et la pollution de l'air. Deux Français sur trois déclarent être personnellement gênés par le bruit à leur domicile, avec des fréquences diverses (43 % rarement, 19 % souvent et 4 % en permanence). Et ces pourcentages augmentent chez les Français vivant en appartement (5 % d'entre eux sont gênés en permanence et 28 % souvent) et doublent presque chez les habitants des agglomérations de Paris, Lyon et Marseille (11 % sont gênés en permanence, 27 % souvent).

PLUS TOLÉRANT AU TRAVAIL QUE CHEZ SOI

L'enquête fait également ressortir le statut d'« espace de refuge » dont bénéficie le domicile et où les déci-

bels sont plus facilement jugés dérangeants. À la question « *Trouvez-vous les nuisances sonores plus dérangeantes, à votre domicile, dans vos trajets quotidiens ou sur votre lieu de travail ?* » 50 % des Français répondent à leur domicile, 16 % dans leurs trajets quotidiens et 11 % sur leur lieu de travail (23 % sont sans opinion).

Face à ce constat, les systèmes constructifs en béton (BPE, préfa...) apparaissent comme capables de préserver notre intimité en empêchant les décibels de pénétrer dans nos logements.

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.

C'est pourquoi un mur en béton de 8 cm atténue tout autant qu'une façade de brique creuse de 16 cm la pénétration du bruit extérieur dans les logements. Aussi, le choix de systèmes constructifs en béton permet d'éviter le recours à un

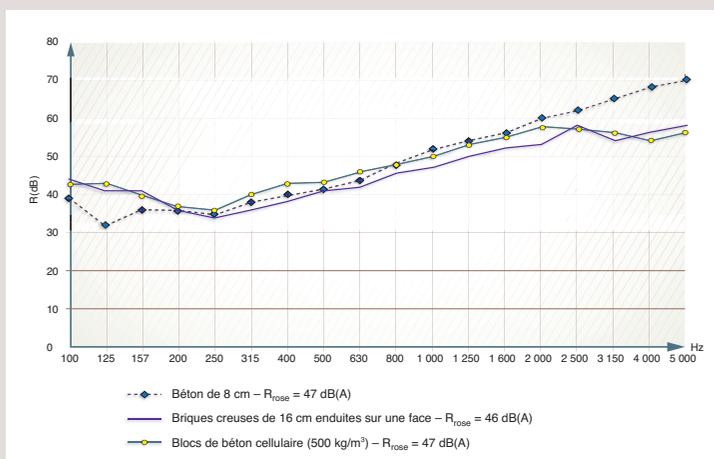
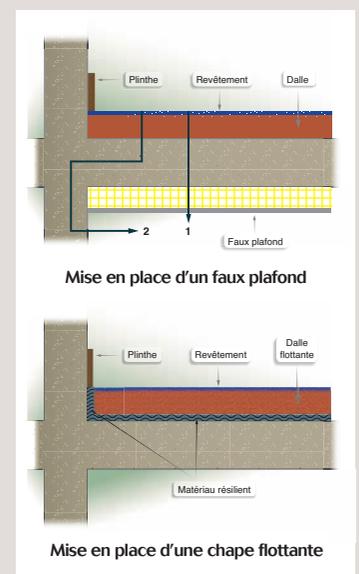
enduit, inévitable pour d'autres matériaux. En effet, les parois en parpaings ou en briques doivent être enduites sur au moins une face pour que le manque d'étanchéité à l'air n'occasionne pas une trop forte diminution d'affaiblissement acoustique. Néanmoins, il ne faut pas chercher à assurer le confort acoustique en augmentant la masse surfacique. Le fait de doubler la masse surfacique n'apporte qu'un affaiblissement de l'ordre de quelques décibels. Le recours à des parois doubles, avec isolant, augmente plus significativement les performances.

DES REMPARTS CONTRE LES BRUITS SOLIDIENS

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 choc consiste donc en l'introduction de ruptures dans les matériaux de structure grâce à la mise en place de joints de dilatation.

Si la pose d'un faux plafond permet de réduire la transmission directe (1), elle n'empêche pas les transmissions latérales (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. ■



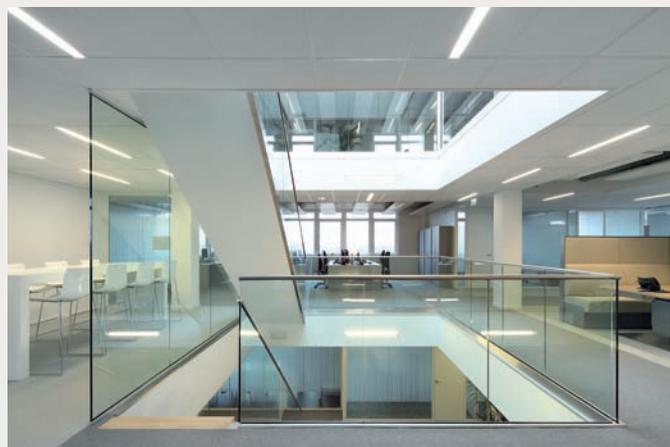
→ À masse surfacique égale (200 kg/m²), influence de la nature des murs sur l'indice d'affaiblissement acoustique, en fonction de la fréquence du son (source CSTB).

Mesures acoustiques pour opérations de plus de 10 logements

Dans le cadre du PNSE, l'État a décidé de responsabiliser les acteurs de la construction en introduisant une attestation de prise en compte de la réglementation acoustique. Inscrite dans le texte de loi « Grenelle II », cette attestation doit être établie pour les permis groupés de maisons individuelles et les bâtiments d'habitation collectifs demandés après le 1^{er} janvier 2013. Elle doit obligatoirement être jointe à la déclaration d'achèvement des travaux de bâtiments d'habitation neufs (bâtiments collectifs soumis à permis de construire, maisons individuelles contiguës à un local d'activité). Un arrêté précise que l'attestation doit s'appuyer sur des constats effectués en phase conception, en phase chantier, et – pour les opérations d'au moins 10 logements – à l'achèvement des travaux. L'arrêté définit, pour chaque type de mesure (isolement acoustique entre locaux, niveau de bruits de choc, etc.), le nombre de mesures à réaliser *a minima*, en fonction de la nature et de la taille de l'opération.

Des bureaux conçus pour travailler sans surchauffer

Photos : Filip Dujardin



En construisant à Nivelles l'Ecoffice, immeuble tertiaire répondant aux exigences de la construction passive et certifié Breeam « Very good », les concepteurs de l'agence d'architecture bruxelloise A2M ont fait le choix constructif d'un bâtiment compact en béton (3 500 m²) qui répond à un double souhait : construire des bureaux très basse consommation sans surinvestissement (coût de construction de 1 100 €/HT/m²) et dans lesquels il fait bon travailler. Ce choix s'applique en premier lieu au chauffage des locaux. Le standard passif exige de ne pas dépasser en énergie finale 15 kWh/m²/an. Autrement dit, « *durant la saison froide, chauffer quotidiennement 100 m² de bureaux revient à se payer deux cafés* », résume Sébastien Moreno-Vacca de l'agence A2M. Pour ce prix-là, l'équipe de maîtrise d'œuvre s'est engagée à ce que la température des locaux puisse être maintenue dans la plage de confort 2 de la norme EN 15251, c'est-à-dire entre 20 et 24 °C.

Afin de laisser la liberté à chaque occupant de régler la température de son bureau, l'installation de radiateurs alimentés en eau chaude par une chaudière condensation gaz a été préférée à la mise en place d'un chauffage sur la ventilation double flux. « *Il y a aujourd'hui une tendance dans les bâtiments passifs à revenir à des solutions de chauffage traditionnelles* », explique Geoffrey Van Moeseke, chercheur au département Architecture et Climat de l'Université catholique de Louvain. Durant ce premier hiver, les occupants ont fixé en moyenne le thermostat aux alentours de 22-23 °C.

FAIRE ENTRER LE SOLEIL DANS LES BUREAUX SANS DANGER DE SURCHAUFFE

La recherche de l'équilibre entre bien-être des occupants et performance énergétique du bâtiment a guidé le dessin des architectes. Les circulations et les locaux à occupation temporaire (machines à café, photoco-

pieuses...) sont rassemblés au centre du bâtiment où l'éclairage naturel, moins nécessaire, est assuré par un puits de lumière.

En façade, les baies sont réparties suivant une trame modulaire aléatoire offrant 2/3 de modules vitrés – fenêtres triple vitrage avec linteau au ras de la dalle de plafond. Et, pour prévenir la surchauffe des bureaux en été (si les hivers sont froids en Belgique, les étés peuvent être chauds) et éviter l'éblouissement des salariés, l'équipe de maîtrise d'œuvre a simulé différentes configurations et a finalement choisi d'installer des protections solaires extérieures à lamelles orientables pour la façade sud, les grandes baies du rez-de-chaussée et du niveau -1 et des stores intérieurs en façade nord.

Pour Geoffrey Van Moeseke, les matériaux constituant la façade intérieure d'un bâtiment isolé par l'extérieur au niveau passif (18 cm de polystyrène expansé ont été collés aux murs en béton de l'Ecoffice) n'ont pas

d'impact sur la thermique durant la saison froide. En revanche, le béton laissé apparent à l'intérieur présente un intérêt en été, quand les variations de températures sont importantes entre le jour et la nuit. L'inertie du matériau, sa capacité à emmagasiner de l'énergie thermique, permettent de lisser les écarts de températures intérieures et d'offrir ainsi un meilleur confort aux occupants. Ainsi, le système d'aération est dimensionné de manière à pouvoir assurer une surventilation les nuits d'été, afin de faire entrer un maximum de frigories dans le bâtiment, que le béton restituera durant la journée.

Tout comme le confort d'hiver, le confort d'été de l'Ecoffice ne se limite pas au résultat théorique d'une équation. Le contrat passé entre les concepteurs et les occupants stipule que, pour une utilisation limitée du groupe froid relié au réseau de ventilation, la température des bureaux ne doit pas dépasser les 25 °C plus de 5 % du temps d'occupation annuel. ■

Une crèche pour grandir à l'abri des COV

Photos : Projet 310

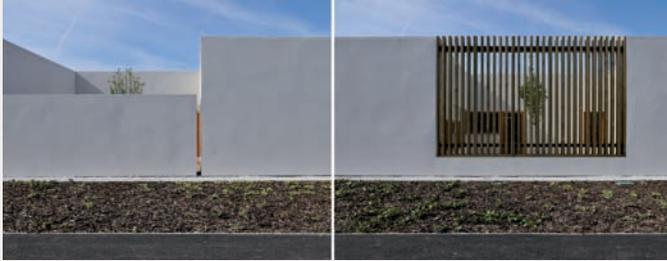


Photo : Pierre-Marie Soupault



Le 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 d'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 de ne pas 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 et a veillé à ce que la ventilation mécanique contrô-

lée 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 certain, 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. « La réglementation encadrant la ventilation imposant des débits plus faibles dans les crèches que dans les bâtiments occupés par des adultes, nous avons choisi donc d'établir des niveaux de débit situés au-dessus de ce qui nous est imposé dans les textes de loi. »

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 ventila-

teurs 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 ces 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 qui garantiraient des concentrations faibles de COV en exploitation ? ■