

Les bruits basses fréquences dans les logements collectifs : étude de l'impact sur les modes constructifs, les mesures et le ressenti des occupants

Nicolas Balanant

Responsable activité acoustique
CERQUAL - Groupe QUALITEL
Direction Études et Recherche
136, boulevard Saint Germain
75006 Paris
E-mail : n.balanant@cerqual.fr

Catherine Guigou-Carter

CSTB
Direction Santé Confort
Division Acoustique & Vibrations des bâtiments
24, rue Joseph Fourier
38400 Saint Martin d'Hères
E-mail : catherine.guigou@cstb.fr

Résumé

Le développement des constructions légères à ossatures bois, ainsi que l'équipement des foyers en systèmes audio et « home cinéma », pose la question des basses fréquences dans les logements collectifs. En effet, les indices acoustiques utilisés par la réglementation relative aux bâtiments d'habitation ne considèrent pas cette gamme de fréquence. Afin d'en évaluer l'impact, des mesures acoustiques complétées d'enquêtes auprès des occupants de quinze bâtiments de logements collectifs en béton et en bois ont été menées. Les nuisances liées aux bruits aériens basses fréquences (musique, films) ne ressortent pas particulièrement, quel que soit le type de construction, et il est difficile à ce stade de conclure sur la nécessité d'utiliser des critères acoustiques étendus aux basses fréquences. En revanche les bruits de pas constituent la gêne principale dans les logements neufs, bien que les opérations aient des performances qui aillent au-delà de la réglementation. Ces bruits de pas comportent des basses fréquences dans les constructions à ossatures bois, alors que ce n'est pas le cas pour les constructions béton. L'utilisation d'un critère adapté aux basses fréquences est pertinente, ainsi que l'utilisation du ballon d'impact pour les planchers à ossatures bois.

La réglementation française en acoustique des logements collectifs porte sur une gamme de bandes de fréquences centrées sur les octaves allant de 125 à 2000 Hz. Cette gamme englobe la majeure partie des bruits que l'on rencontre dans les logements. Ce sont des bruits de la vie quotidienne : les discussions, la télévision, la radio, un peu de musique, etc. Elle ne considère pas la bande d'octave centrée sur 63 Hz, que l'on nommera ici « basses fréquences », qui comprend pourtant des nuisances réelles, comme des bruits d'enfants qui courent ou qui sautent, ou encore les bruits de musiques actuelles ou de films diffusés sur des systèmes type home cinéma ou sur des chaînes hi-fi de qualité.

De plus, le développement de systèmes constructifs légers comme les constructions à ossatures bois où les cloisons séparatives en plaques de plâtre et les planchers avec des plafonds suspendus présentent parfois des performances limitées dans cette gamme de fréquences.

Dès lors, de nombreuses questions se posent : Quelles différences en termes de performances acoustiques observe-t-on entre des bâtiments neufs en béton, les plus courants, et des bâtiments à ossatures bois ? Quels seraient les impacts sur les constructions si de nouvelles exigences étaient introduites ? Quels sont les impacts sur les méthodologies de mesurage ? Enfin et surtout, qu'en est-il vraiment du ressenti des occupants sur ces bruits basses fréquences ?

Afin de répondre à ces questions, nous avons réalisé des mesures *in situ* sur cinq bâtiments en béton et trente-sept bâtiments à ossatures bois. Les enquêtes auprès des occupants ont concerné les cinq bâtiments en béton et dix à ossatures bois.

Les opérations

Les cinq bâtiments à structure lourde sont situés en Ile-de-France et ont été livrés en 2014. Ces bâtiments sont certifiés Qualitel & Habitat et Environnement. Il s'agit de logements sociaux, sauf une opération qui est une résidence étudiante.

Les bâtiments possèdent tous des planchers en béton de 20 cm, des murs séparatifs en béton de 18 cm, des façades en béton ou en briques creuses avec un doublage thermique et acoustique par l'intérieur, et des revêtements de sols souples, à l'exception d'une opération qui a du carrelage dans les cuisines et les salles de bains. En ce qui concerne les bâtiments à ossatures bois, on observe en revanche une grande disparité des systèmes constructifs, qu'il n'est pas possible de détailler dans cet article. Il s'agit principalement de systèmes à ossatures bois (solives, montants et panneaux bois), et parfois de panneaux massifs contrecollés (CLT).

Mesures acoustiques

Les mesurages ont été réalisés par bandes de tiers d'octave sur les bandes centrées sur 50 à 3 150 Hz, avec un balayage spatio-temporel. Les normes suivies sont de niveau « expertise » (série des normes ISO 16283-1 et 2, où les mesures sont répétées plusieurs fois, puis moyennées). Nous avons étudié par la suite s'il était possible de trouver une méthodologie pour des mesures de « contrôles » qui seraient à la fois fiables et peu coûteuses en temps passé. Nous nous intéressons d'abord à observer l'influence de la prise en compte des basses fréquences dans les résultats obtenus. Nous aborderons ensuite les protocoles de mesures.

Influence sur les résultats

Il s'agit d'observer les différences entre les valeurs globales calculées sur la gamme actuelle, soit sur les tiers d'octave allant de 100-3 150 Hz, puis les valeurs obtenues sur la gamme étendue aux basses fréquences, soit 50-3 150 Hz.

Bruit aérien intérieur

Pour les constructions lourdes, l'isolement au bruit aérien est diminué au maximum de 1 dB, et en moyenne de 0,3 dB lorsque l'on considère les basses fréquences, ce qui est tout à fait négligeable. L'influence est totalement différente sur les constructions à ossatures bois, où les écarts étaient en moyenne de -2,1 dB, et pouvaient atteindre jusqu'à -11 dB.

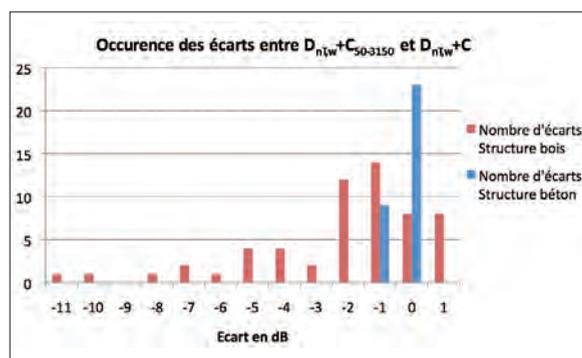


Fig. 1 : Écarts entre les isolements au bruit aérien calculés avec et sans les basses fréquences

La figure 1 présente les nombres d'écarts obtenus entre les isolements au bruit aérien calculés avec et sans les basses fréquences (respectivement $D_{nT,w}+C_{50-3150}$ et $D_{nT,w}+C$). On rappelle que plus l'isolement est élevé, meilleure est la performance, donc les écarts négatifs indiquent que l'isolement est moins bon lorsque l'on considère les basses fréquences.

Bruits de chocs

En moyenne, le niveau de bruit de chocs est augmenté de 0,3 dB lorsque l'on considère les basses fréquences, mais la dispersion des résultats est un peu plus grande que pour les isolements au bruit aérien.

La figure 2 présente les nombres d'écarts obtenus entre les niveaux de bruits de chocs calculés avec et sans les basses fréquences (respectivement $L'_{nT,w} + C_{50-2500}$ et $L'_{nT,w}$), pour chaque opération en béton (notées de A à E). On rappelle que plus le niveau est bas, meilleure est la performance, donc des écarts positifs indiquent que le niveau de bruit de chocs est moins bon avec les basses fréquences.

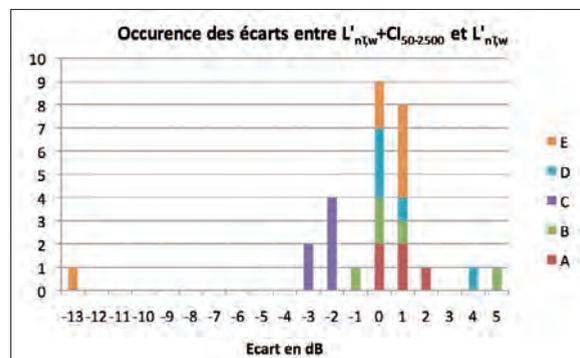


Fig. 2 : Écarts entre les niveaux de bruits de chocs avec et sans les basses fréquences

La mesure qui présente un écart important (-13 dB, opération E) correspond à une mesure non-conforme aux exigences, elle est liée à l'absence de désolidarisation des carrelages dans les circulations communes ($L'_{nT,w} = 74$ dB pour un objectif de 55 dB). La prise en compte des basses fréquences diminue le niveau mesuré, mais cette mesure reste non-conforme aux exigences ($L'_{nT,w}+C_{50-2500} = 61$ dB). Par ailleurs, l'écart de + 4 dB de l'opération D s'explique par le fait que la chambre possède un volume inférieur à 25 m³, et que, selon le projet de norme prISO 16283-2, des mesures en coin devaient être réalisées. Ces mesures en coin expliquent cet écart positif, et, sans la mesure en coin l'écart aurait été de + 1 dB. Cette norme introduit en fait un nouveau critère, qui doit être exclu de l'analyse. L'écart de + 5 dB de l'opération B correspond à une mesure depuis une terrasse, avec des dalles sur plots sur isolant thermique, ce qui est une disposition technique particulière, qui n'est en pratique jamais vérifiée dans le cadre de contrôles. Enfin, on observe que les écarts sur l'opération C sont systématiquement négatifs : le niveau de bruit de choc diminue lorsque l'on considère les basses fréquences. L'analyse des spectres des niveaux de bruits de chocs montre des valeurs élevées par rapport aux autres opérations à partir de 400 Hz. Le revêtement de sol mis en œuvre n'était probablement pas celui qui était prévu. En tout cas, l'indicateur unique, en intégrant les basses fréquences, minimise cet effet.

Si l'on s'intéresse maintenant à la comparaison avec les opérations à ossatures bois, on observe que la prise en compte des basses fréquences y est plus significative et augmente le niveau reçu, en moyenne de 3,7 dB, comme le montre la figure 3 :

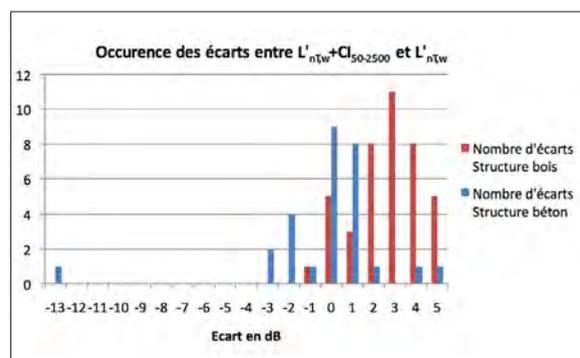


Fig. 3 : Écarts entre les niveaux de bruits de chocs avec et sans les basses fréquences, constructions lourdes et à ossatures bois

Bruits de chocs avec le ballon d'impact

En complément des mesures traditionnelles avec la machine à chocs, il a été réalisé des mesures au moyen du ballon d'impact (voir Figure 4). Cette source d'impact produit des chocs plus lourds et plus « mous » que ceux de la machine à chocs, et représente mieux les chocs générés par des enfants qui courent ou qui sautent.



Fig. 4 : Mesure avec un ballon d'impact

La figure 5 montre les spectres de deux personnes différentes marchant sur un plancher à ossature bois, ainsi que ceux de la machine à chocs et du ballon d'impact.

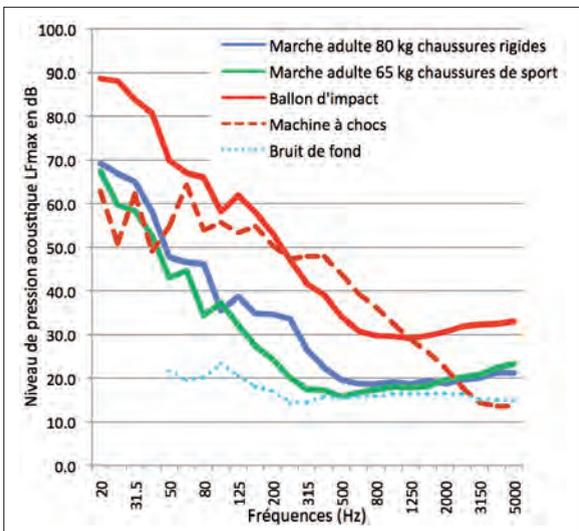


Fig. 5 : Spectre de niveaux de bruits de chocs de personnes marchant, du ballon d'impact et de la machine à chocs

Il ressort que l'allure du spectre du choc produit par le ballon est similaire à celui des personnes qui marchent, mais décalé de 20 dB environ. Il est probable que des enfants qui courent ou sautent produiraient un niveau similaire à celui du ballon. En revanche, le spectre de la machine à chocs a un profil tout à fait différent. Sur les bâtiments lourds, le niveau sonore produit est essentiellement en basses fréquences, avec un maximum autour de 80 Hz.

La moyenne des mesures verticales donne un niveau $L_{AFmax} = 54$ dB et lorsque l'on corrige la mesure avec la durée de réverbération $L_{AFmax, T} = 49$ dB.

Les mesures verticales réalisées sur des constructions à ossatures bois donnent une moyenne similaire, soit $L_{AFmax} = 55$ dB. En revanche la dispersion des résultats n'est pas la même du fait de la variété de planchers rencontrés sur les constructions à ossatures bois. Les figures 6 et 7 montrent les occurrences des niveaux relevés, par type de constructions et types de planchers.

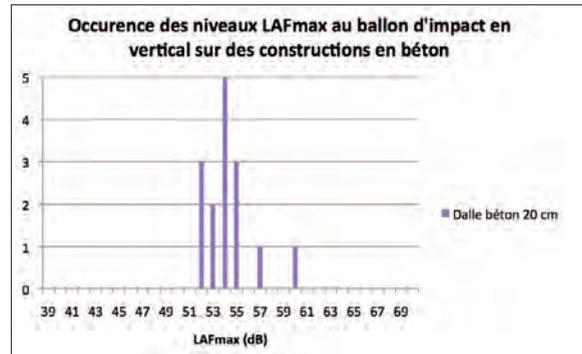


Fig. 6 : Occurrence des niveaux de bruits de chocs avec le ballon d'impact sur des constructions en béton

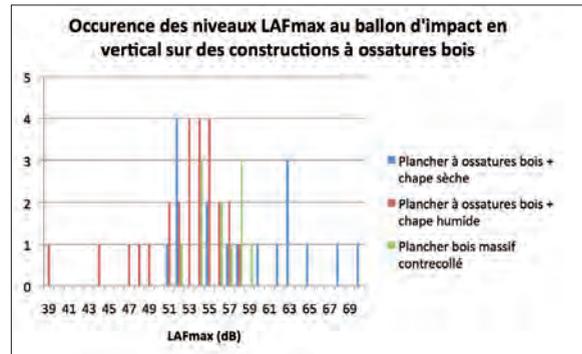


Fig. 7 : Occurrence des niveaux de bruits de chocs avec le ballon d'impact sur des constructions à ossatures bois

Les spectres des mesures verticales sur dalle béton de 20 cm + sol souple montrent également une certaine uniformité. La figure 8, page suivante, présente la moyenne arithmétique des mesures obtenues en vertical sur des bâtiments en béton et à ossatures bois, auxquelles est ajouté et soustrait l'écart-type afin de représenter la dispersion des résultats. Les valeurs sont diminuées de la pondération A, ce qui permet de visualiser que pour les bâtiments à structure lourde, les basses fréquences ne jouent pas sur le résultat global. Ce n'est pas le cas pour les constructions à ossatures bois, pour lesquelles le niveau dépend du niveau dans les basses fréquences, voire parfois avant 40 Hz.

Enfin, on notera que la sensation de gêne en basses fréquences, et très basses fréquences (avant 50 Hz) est vite atteinte dès que l'on dépasse le seuil d'audibilité. Cela s'explique notamment par la sonie qui augmente plus vite en basses fréquences que dans les fréquences

moyennes et hautes, lorsque le niveau de pression acoustique augmente. Les courbes d'isophonie sont en effet plus rapprochées les unes des autres dans ces gammes de fréquences.

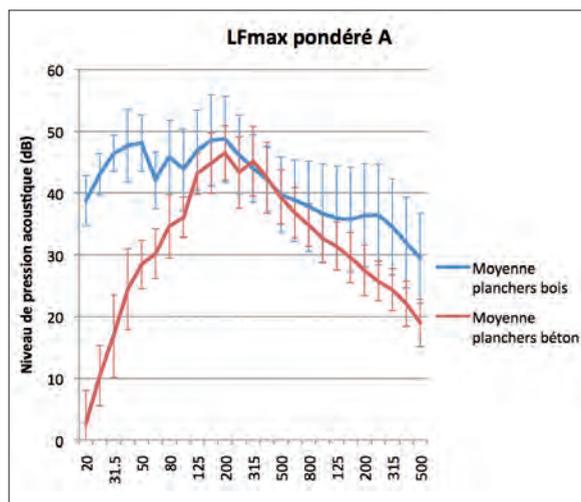


Fig. 8 : Spectre moyen pondéré des niveaux de bruits de chocs avec le ballon d'impact sur des constructions en béton et à ossature bois

Impact sur la méthodologie

Isolément bruit aérien

La norme ISO 16283-1 impose de réaliser au moins deux mesures d'isollements, en changeant la source de position, puis de retenir la moyenne des deux valeurs obtenues. Pour évaluer les écarts obtenus entre une mesure seule, la moins précise, et celle qui est doublée, nous avons analysé les nombres d'écarts obtenus sur trente-deux mesures différentes, présentés sur la figure 9.

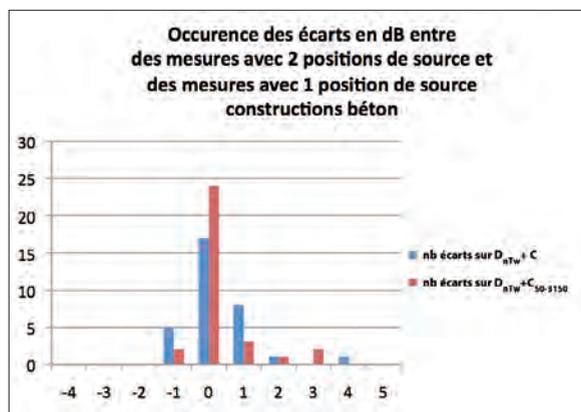


Fig. 9 : Écarts entre une mesure avec 2 positions de source et la même mesure avec 1 position de source - constructions béton

Le fait de doubler la mesure ne change pas significativement le résultat, la moyenne étant de +0,3 dB, ce qui est plutôt rassurant.

Il est toutefois surprenant d'observer que l'isolément mesuré avec deux positions, est plus souvent identique à celui réalisé avec une seule position, lorsqu'il intègre les basses fréquences.

On peut donc en conclure que la mesure avec une position de source est tout à fait suffisante pour évaluer les isollements au bruit aérien avec les basses fréquences, elle aurait même tendance à améliorer la précision.

La même analyse réalisée sur trente-trois mesures sur des constructions à ossatures bois confirme les résultats obtenus sur les constructions lourdes.

Niveaux de bruit de chocs à la machine à chocs

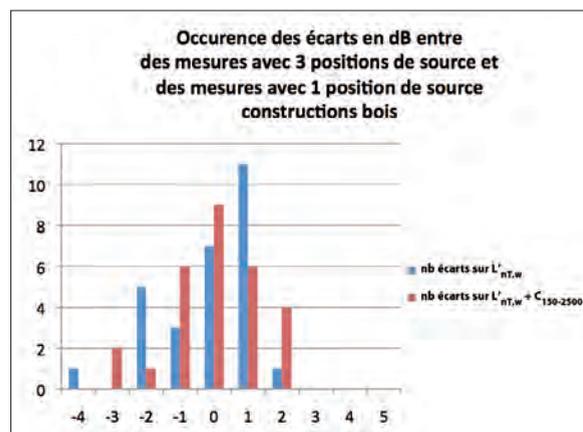


Fig. 10 : Écarts entre une mesure avec 3 positions de machine à chocs et la même mesure avec 1 position - constructions bois

Pour les niveaux de bruits de chocs, la dispersion est plus grande. Notamment sur les constructions à ossatures bois, du fait de planchers inhomogènes, on observe sur la figure 10 une distribution qui n'est pas centrée sur zéro : une seule position de source n'est pas satisfaisante pour l'indicateur actuel $L'_{nT,w}$, ce qui est déjà connu. En revanche, l'intégration des basses fréquences améliore la distribution, et il ne serait donc pas nécessaire de multiplier les positions de sources, au contraire, elles pourraient être réduites par exemple à deux positions pour des mesures de contrôle. On peut expliquer ce phénomène par le fait que le niveau de bruit de chocs en basses fréquences est moins sensible à l'hétérogénéité des planchers.

Conclusion sur les mesures

Nous avons vu que l'extension de la gamme d'analyse aux basses fréquences ne modifie pas significativement les résultats des mesures acoustiques sur les constructions en béton.

Les solutions techniques actuellement les plus courantes restent donc valables si les indicateurs devaient évoluer, sans modification des seuils.

L'intégration des basses fréquences dans les indicateurs a toutefois tendance à minimiser l'importance des non-conformités ayant une origine en moyennes ou hautes fréquences.

En revanche, sur les constructions à ossatures bois, les performances sont en moyenne diminuées.

Mais il faut garder à l'esprit, qu'aujourd'hui, il existe une multitude de solutions techniques, et que certaines sont fortement impactées alors que d'autres non. Par exemple, les murs séparatifs à double ossature avec des panneaux de contreventement entre les ossatures sont très impactés alors que ceux qui possèdent des panneaux du côté des logements le sont moins.

Les procédures actuelles de contrôle sont adaptées pour évaluer les performances avec les basses fréquences, sans recourir à la multiplication du nombre de positions de sources. De plus, les indices intégrant les basses fréquences donnent des résultats plus répétables.

Enfin, nous avons également montré que les mesures doivent être réalisées par bandes de tiers d'octave, ce qui permet d'éviter des mesures non significatives sur certaines constructions légères, notamment du fait d'utilisation de sources qui ne seraient pas assez puissantes en basses fréquences. Le passage à des mesures en tiers d'octave est sans impact sur les constructions courantes.

Enquêtes occupants

Une enquête a été réalisée auprès des occupants des bâtiments ayant fait l'objet de mesures acoustiques. Ces enquêtes se sont déroulées principalement en entretien direct ou, à défaut, par téléphone.

Au total, cent huit personnes ont accepté de répondre sur trois cent soixante-huit logements, soit un taux de sondage de 29 % en moyenne. Tous les logements n'étaient pas occupés, nous n'avions pas les coordonnées de tous les occupants, quelques personnes ont refusé de répondre, certaines étaient injoignables. Le taux de sondage reste toutefois satisfaisant car d'une part il est très significatif pour les petites opérations (près de la moitié des occupants), et d'autre part, les opérations les plus grandes ne sont pas surreprésentées dans l'échantillon total.

L'analyse est complétée des résultats obtenus sur des constructions à ossatures bois, qui ont porté sur cent quarante et une personnes réparties sur des dix opérations.

Le questionnaire utilisé était identique pour toutes les opérations. Toutes les personnes interrogées sont locataires de leur logement. Les opérations concernées sont des logements sociaux, ainsi que de deux résidences étudiantes (une à structure lourde, une à structure bois). Lors de l'interview, les personnes étaient généralement présentes depuis au moins 3 mois.

Parmi les caractéristiques qui peuvent générer des basses fréquences, on peut citer la présence d'enfants et l'équipement de système de reproduction sonore type chaîne hi-fi ou home cinéma avec caisson de basses. L'échantillon analysé comporte les caractéristiques suivantes :

- 35 % des personnes interrogées indiquent avoir au moins un enfant (ou ayant la garde d'enfants en bas âge)
- 24 % des personnes interrogées indiquent être équipées d'un système de reproduction de son dans le logement (home cinéma, chaîne hi-fi de qualité...)
- 16 % des personnes interrogées indiquent être équipées d'un caisson de basses

Résultats généraux

Sur l'ensemble des opérations à structure lourde, les occupants déclarent à 74 % être satisfaits de l'acoustique de leur logement. Cela est cohérent avec les autres enquêtes réalisées par Qualitel qui montrent un taux de satisfaction autour de 80 % (Cohesium 2009, CSA 2010, IPSOS 2014, CLCV 2014).

La figure 11 montre les taux de satisfaction par opération, en fonction du mode constructif.

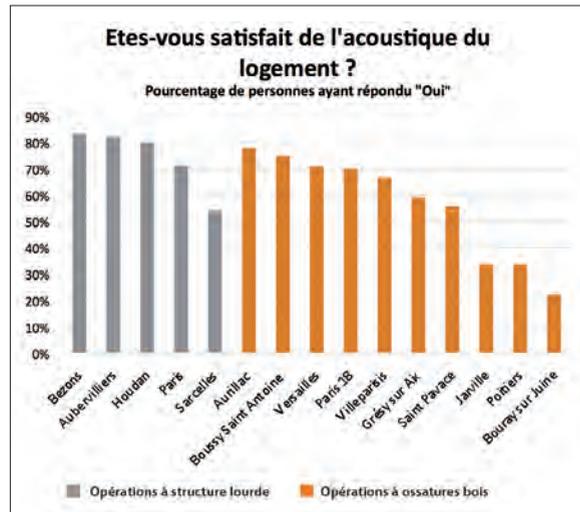


Fig. 11 : Satisfaction au sujet de la qualité acoustique du logement, par opération et typologie constructive

Sur les opérations à ossatures bois, le taux de satisfaction est de 54 % en moyenne, ce qui est inférieur aux constructions en béton. Et lorsque l'on s'intéresse au détail par opération, on observe des taux parfois très faibles : Les trois taux les plus bas, inférieurs à 40 %, découlent de problèmes de vibrations des planchers et de bruits de pas en basses fréquences, les planchers étant munis de chapes sèches ou ne sont pas assez rigides. Il faut également noter qu'il s'agit de petites opérations, où l'aspect statistique est à prendre avec précaution.

Résultats par type de bruits

Le questionnaire demande aux occupants de classer de 1 à 5 la manière dont ils perçoivent un certain nombre de bruits, en suivant les indications suivantes :

- 1 : Vous ne les entendez pas
- 2 : Vous les entendez, mais ce n'est pas gênant
- 3 : Vous les entendez et c'est un peu gênant
- 4 : Vous les entendez et c'est assez gênant
- 5 : Vous les entendez et c'est très gênant

On observe l'insatisfaction des occupants sur la figure 12, page suivante, avec les moyennes des notes répondues par type de bruit, en filtrant uniquement sur les personnes ayant indiqué ne pas être satisfaites de la qualité acoustique de leur logement.

Les bruits intérieurs (aériens, chocs et équipements) sont le plus souvent responsables d'un mauvais jugement de la qualité acoustique du logement, alors que les bruits extérieurs sont moins souvent cités.

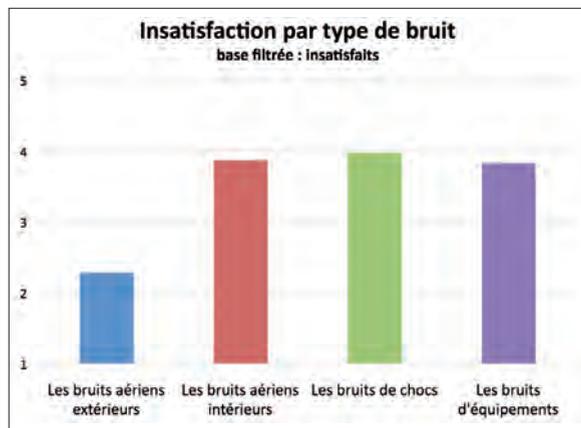


Fig. 12 : Insatisfaction par type de bruit

Lorsque l'on s'intéresse à l'ensemble des notes obtenues sur tous les bruits (Figure 13), on constate que les bruits de pas arrivent en tête des sources d'insatisfaction des occupants. Mais les mesures acoustiques avec le ballon d'impact montrent qu'il ne s'agit pas d'un problème en basses fréquences.

Les bruits aériens en basses fréquences comme les bruits de musique ou de films avec home cinéma arrivent en sixième position. Les bruits d'ascenseurs peuvent également être composés de bruit en basses fréquences, bien que nous ne l'ayons pas montré dans cette étude. Les bruits extérieurs de trafic ont des composantes en basses fréquences mais dans notre échantillon ils sont moins gênants que les bruits de personnes situées à l'extérieur, générant des bruits en moyennes fréquences.

La même analyse sur des constructions à ossatures bois (Figure 14) montre une répartition similaire, avec les bruits de pas comme principal motif d'insatisfaction. Cette nuisance se dégage d'ailleurs plus nettement des autres sujets.

Les mesures montrent qu'il s'agit ici d'un problème en moyennes et basses fréquences.

Analyse détaillée

Une analyse fine a recherché les corrélations entre les indicateurs de satisfaction et les indicateurs acoustiques. Les indicateurs de satisfaction considérés sont similaires à ceux utilisés dans le projet suédois Akulite, et sont :

- Pres3 qui représente le pourcentage de résidents ayant répondu au moins 3 à la question (c'est-à-dire peu à très gênant)
- Pres4 qui représente le pourcentage de résidents ayant répondu au moins 4 à la question (c'est-à-dire assez à très gênant).

On peut s'attendre à obtenir un indicateur Pres3 \leq 50 % et Pres4 \leq 20 % pour des bâtiments de logements collectifs respectant la réglementation acoustique, ce qui signifierait qu'une grande part des résidents sont satisfaits. En revanche, lorsque l'indicateur Pres4 dépasse un taux de 20 %, cela indiquerait un problème conséquent de confort vis-à-vis de l'acoustique.

Concernant les bruits aériens, la figure 15 montre qu'il n'y a pas de corrélation claire entre les performances et la satisfaction, et que l'utilisation du critère $D_{nT, w} + C_{50-3150}$ intégrant les basses fréquences n'améliore pas la situation. On devrait s'attendre à obtenir une tendance décroissante : le pourcentage de personnes gênées doit diminuer lorsque les isollements augmentent.



Fig. 13 : Insatisfaction par nature de bruit - constructions béton



Fig. 14 : Insatisfaction par nature de bruit - constructions bois

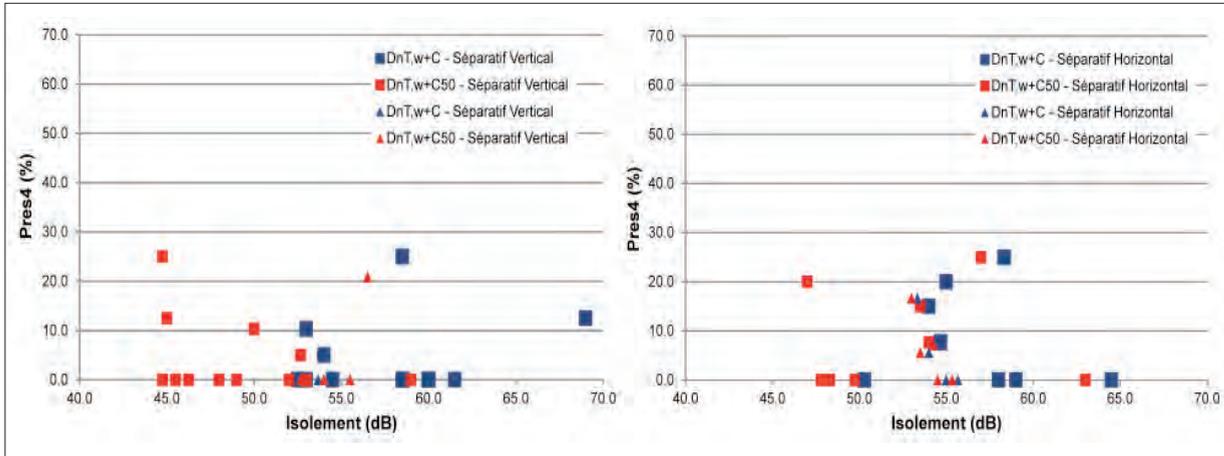


Fig. 15 : Indicateur de satisfaction en fonction de l'isolement acoustique avec et sans les basses fréquences (carrés : bâtiments bois, triangles : bâtiments béton)

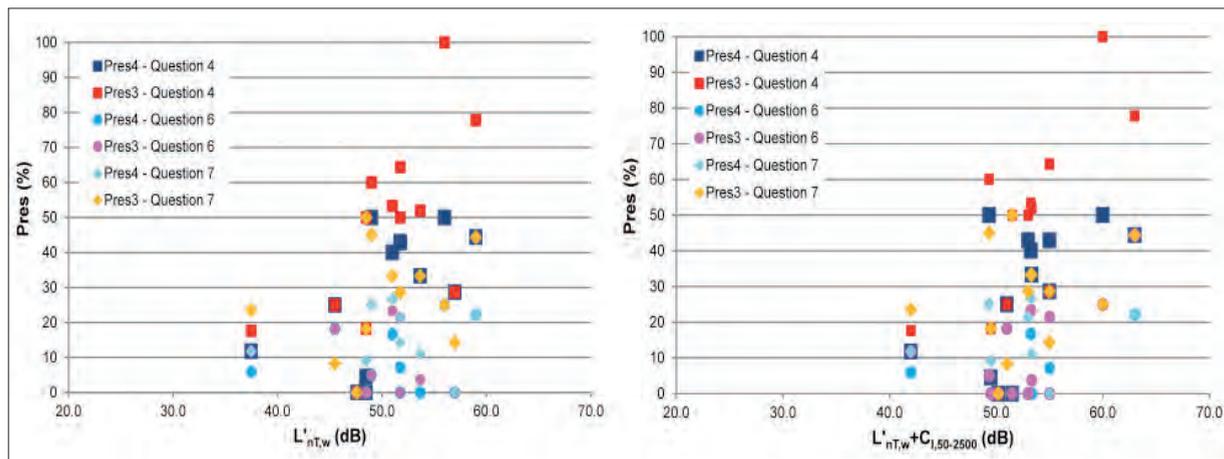


Fig. 16 : Indicateur de satisfaction en fonction des niveaux de bruits de chocs avec et sans les basses fréquences (carrés et ronds : bâtiments bois, triangles et losanges : bâtiments béton) (les questions 4, 6 et 7 portent respectivement sur les bruits de pas des voisins, des vibrations liés aux pas des voisins et aux bruits de chutes ou mouvements d'objets)

Sur la figure 16 relative aux bruits de chocs, une tendance se dégage, avec les indicateurs d'insatisfaction qui augmentent lorsque les niveaux de bruits de chocs augmentent. Bien que cela ne soit pas visible sur les graphiques, les coefficients de corrélation montrent que l'utilisation $L'_{nT,w+C}_{150-2500}$ est plus adapté que l'indicateur $L'_{nT,w}$ pour décrire la gêne (Figure 17).

La lecture de ces graphiques permet de conclure que les liens entre performances acoustiques et gêne sont difficiles à observer. Les influences des comportements, sensibilités, durées d'occupations, etc. sont variables entre les personnes et expliquent en partie la dispersion des résultats. Un plus grand nombre de données est donc nécessaire afin de confirmer ces résultats.

Question 4	A16	Pres3	Pres4
$L'_{nT,w}$	0.64	0.65	0.63
$L'_{nT,w+CI}$	0.64	0.67	0.63
$L'_{nT,w+CI}_{150-2500}$	0.73	0.78	0.69

Fig. 17 : Coefficient de corrélation entre satisfaction et performance acoustique - Bruit de choc en provenance des logements voisins

L'indicateur L_{AFmax} (ballon d'impact) est celui qui est le mieux corrélé aux réponses de la question relative à la capacité des personnes à localiser son voisin qui marche, mais uniquement pour les bâtiments en bois.

Conclusion

Les enquêtes réalisées sur des constructions en béton et à ossatures bois ont montré que les bruits de pas en provenance des logements voisins constituent la principale source d'insatisfaction des occupants, et ce, malgré le fait que toutes les opérations soient déjà au-delà de la réglementation en respectant les exigences de la certification Qualitel Habitat & Environnement.

Alors qu'il s'agit de bruits en basses fréquences dans certaines constructions à ossatures bois, ce n'est pas le cas pour les constructions en béton.

Concernant les bruits aériens, des nuisances liées aux basses fréquences comme les bruits de musique ou de films avec des systèmes de type « home cinéma »

sont relevées, mais restent minoritaires devant d'autres nuisances sonores comme les bruits en provenance des circulations communes, ou les bruits de certains équipements (VMC ou ascenseurs). L'analyse détaillée ne montre pas de corrélation entre les indicateurs intégrant les basses fréquences et la satisfaction des occupants. De manière générale, la prise en compte des basses fréquences dans les indicateurs acoustiques est sans incidences sur les résultats des mesures acoustiques réalisées sur des constructions en béton, ce qui signifie que les solutions techniques actuellement les plus courantes restent donc valables si les indicateurs devaient évoluer.

Enfin, les indices intégrant les basses fréquences auraient toutefois tendance à minimiser l'importance de certaines non-conformités, mais seraient moins sensibles à la répétabilité que les indices actuels. Les procédures actuelles de contrôle ainsi que les sources de bruits sont globalement adaptées pour évaluer les performances avec les basses fréquences, sans augmenter le temps passé sur site.

La prise en compte des basses fréquences doit donc s'envisager en priorité pour les bruits d'impact, en particulier pour les planchers légers tels que ceux à ossatures bois. L'indicateur intégrant les basses fréquences $L'_{nT,w} + C_{I_{50-2500}}$ semble plus adapté et doit être complété par des mesures au ballon d'impact pour les planchers à ossatures bois.

Enfin, l'augmentation de la résolution de la mesure, c'est-à-dire la réalisation de mesures par bandes de tiers d'octave, est vivement recommandée car elle permet d'éviter des mesures erronées sur certaines opérations avec les indices actuels, tout en restant compatible avec les solutions techniques les plus courantes.

Remerciements

Les auteurs remercient la DHUP (Direction de l'Habitat, de l'Urbanisme et des Paysages), l'association Qualitel et le CSTB pour leur soutien financier. Ils remercient également les Maîtres d'Ouvrage des bâtiments concernés pour avoir accepté la réalisation des enquêtes, ainsi que notre enquêtrice et toutes les personnes ayant accepté de répondre aux questionnaires.

