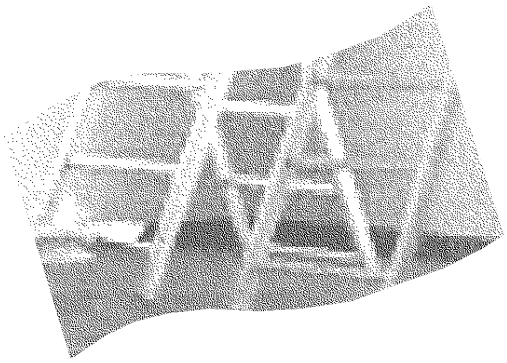
Réduction du bruit dans les Centres de la petite enfance par la réduction du temps de réverbération

Analyses et études de cas



ÉTUDES ET RECHERCHES

André L'Espérance
Alex Boudreau
François Gariépy
Philippe Bacon

R-435

RAPPORT

irsst

Solidement implanté au Québec depuis l980, l'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST) est un organisme de recherche scientifique reconnu internationalement pour la qualité de ses travaux.

NOS RECHERCHES
travaillent pour vous !

MISSION

- Contribuer, par la recherche, à la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles ainsi qu'à la réadaptation des travailleurs qui en sont victimes.
- Offrir les services de laboratoires et l'expertise nécessaires à l'action du réseau public de prévention en santé et en sécurité du travail.
- Assurer la diffusion des connaissances, jouer un rôle de référence scientifique et d'expert.

Doté d'un conseil d'administration paritaire où siègent en nombre égal des représentants des employeurs et des travailleurs, l'IRSST est financé par la Commission de la santé et de la sécurité du travail.

POUR EN SAVOIR PLUS...

Visitez notre site Web ! Vous y trouverez une information complète et à jour. De plus, toutes les publications éditées par l'IRSST peuvent être téléchargées gratuitement.
www.irsst.qc.ca

Pour connaître l'actualité de la recherche menée ou financée par l'IRSST, abonnez-vous gratuitement au magazine *Prévention au travail*, publié conjointement par l'Institut et la CSST.
Abonnement : 1-877-221-7046

IRSST - Direction des communications
505, boul. De Maisonneuve Ouest
Montréal (Québec)
H3A 3C2
Téléphone : (514) 288-1551
Télécopieur : (514) 288-7636
publications@irsst.qc.ca
www.irsst.qc.ca
© Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail, octobre 2005

Réduction du bruit dans les Centres de la petite enfance par la réduction du temps de réverbération

Analyses et études de cas

André L'Espérance, ing. Ph.D., Alex Boudreau, ing. Ph.D.,
François Gariépy, ing. j. et Philippe Bacon, Tech. T.S.O.

Soft dB inc.

ÉTUDES ET RECHERCHES

RAPPORT

Cliquez recherche
www.irsst.qc.ca

Cette publication est disponible
en version PDF
sur le site Web de l'IRSST.

Cette étude a été financée par l'IRSST. Les conclusions et recommandations sont celles des auteurs.

CONFORMÉMENT AUX POLITIQUES DE L'IRSST

Les résultats des travaux de recherche publiés dans ce document ont fait l'objet d'une évaluation par des pairs.

SOMMAIRE

Selon différentes études, les niveaux de bruit dans les locaux et les aires de jeu des Centres de la petite enfance (CPE) sont parfois élevés et peuvent avoir des répercussions sur la santé. La fatigue auditive et le stress sont les deux principaux effets négatifs. De plus, les niveaux de bruit élevés peuvent entraîner de l'irritabilité, un inconfort de communication, une réduction de l'intelligibilité de la parole et même un ralentissement de l'apprentissage verbal chez les enfants.

Plusieurs solutions ont déjà été identifiées et mises en place pour réduire le bruit dans les CPE : la réduction du nombre d'enfants par local, l'ajout de balles de tennis sous les pattes de chaises, la modification du choix des activités et des jouets.

Un autre moyen de réduire le bruit dans les CPE est l'ajout de matériaux acoustiques absorbants. Toutefois, cette solution est très peu répandue, probablement en raison du manque de connaissances relatives à l'influence des matériaux acoustiques sur les niveaux de bruit.

La présente étude a pour but d'évaluer la pertinence et l'efficacité de l'utilisation de matériaux acoustiques absorbants dans les CPE afin d'y réduire les niveaux de bruit.

Pour ce faire, les niveaux de bruit, le temps de réverbération et le facteur de rayonnement des surfaces ont été mesurés et analysés dans 40 locaux de 20 CPE du Québec. De plus, des mesures de dosimétrie ont été effectuées sur les éducatrices des CPE à l'étude afin de connaître la dose de bruit à laquelle elles sont exposées.

Après l'analyse des résultats, des solutions ont été suggérées et mises en place dans certains locaux des CPE dont l'installation d'un plafond acoustique et l'ajout d'une bande de panneaux acoustiques dans le haut des murs.

Ces traitements ont permis de réduire, en moyenne, les niveaux de bruit de 6 à 7 dBA. De plus, l'analyse détaillée des résultats a révélé qu'une partie de cette réduction des niveaux de bruit est attribuable au changement de comportement des enfants et, par le fait même, des éducatrices puisque, dans un environnement moins bruyant, le ton de la voix diminue.

TABLE DES MATIÈRES

SOMMAIRE ..... **I**

TABLE DES MATIÈRES ..... **II**

1. CONTEXTE **1**

2. OBJECTIF DU PROJET **2**

3. RELATION *NIVEAU DE BRUIT* VS *TEMPS DE RÉVERBÉRATION* (RT60) **3**

4. MÉTHODOLOGIE **6**

4.1 DEMARCHE GENERALE 6
4.2 PARAMETRES ACOUSTIQUES MESURES ET APPAREILLAGES 6
4.2.1 Mesure des niveaux de bruit *6*
4.2.2 Mesure des temps de réverbération *8*
4.2.3 Évaluation du rayonnement acoustique des planchers *8*
4.2.4 Mesure de dosimétrie *9*
4.3 CHOIX DES CPE PARTICIPANTS 10

5. SITUATION EXISTANTE AVANT L'IMPLANTATION DES TRAITEMENTS **11**

5.1 EXEMPLE D'ANALYSE DETAILLEE D'UN CPE 11
5.1.1 Niveaux sonores *11*
5.1.2 Temps de réverbération (RT60) *12*
5.1.3 Dosimétrie *12*
5.1.4 Évaluation du facteur de rayonnement acoustique du plancher *14*
5.1.5 Modélisation de l'efficacité de traitements acoustiques *15*
5.2 ANALYSE DE L'ENSEMBLE DE RESULTATS 17
5.2.1 Analyse du temps de réverbération (RT60) *17*
5.2.2 Niveau sonore en fonction de la puissance acoustique émise et des dimensions du local *19*
5.2.3 Effet du type de revêtement de sol *20*
5.2.4 Synthèse *21*
5.3 RESULTATS ET ANALYSE DES MESURES DE DOSIMETRIE 22

6. TRAITEMENTS ACOUSTIQUES RECOMMANDÉS **24**

6.1 SELECTIONS DES CPE CONSIDEREES POUR LES TRAITEMENTS 24
6.2 ÉVALUATION THEORIQUE DES TRAITEMENTS ACOUSTIQUES 24
6.2.1 Exemple d'évaluation du local A-1 ..... *25*
6.2.2 Résultats anticipés pour l'ensemble des locaux considérés *26*

7. RÉSULTATS OBTENUS **29**

7.1 EXEMPLE D'ANALYSE DETAILLEE DU LOCAL A-1 29
7.1.1 Niveaux sonores et réduction du bruit du local A-1 ..... *31*
7.1.2 Niveaux sonores moyens et réduction moyenne sur les deux journées de mesure *32*
7.1.3 Réduction de bruit estimée à partir des mesures de RT60 ..... *33*
7.2 RESULTATS OBTENUS POUR L'ENSEMBLE DES CPE 36

7.2.1 Variété des traitements implantés *36*
7.2.2 Réductions des temps de réverbération RT60 pour l'ensemble des locaux *38*
7.2.3 Réductions des niveaux de bruit pour l'ensemble des locaux *44*
7.2.4 Estimation des réductions de bruit en fonction des traitements implantés *47*
7.2.5 Exemple d'évaluation *49*
7.2.6 Analyse des coûts *50*
7.3 BENEFICE D'UN FAIBLE RT60 SUR L'APPRENTISSAGE 52
7.4 AUTRES CONSIDERATIONS SUR L'INSTALLATION ET L'ENTRETIEN 52
7.4.1 Installation *52*
7.4.2 Entretien *52*
8. CONCLUSION 54
RÉFÉRENCES I
ANNEXE A TABLEAU DES NIVEAUX SONORES II
ANNEXE B TABLEAU DES RÉSULTATS DE DOSIMÉTRIE IV
ANNEXE C REDUCTION DE BRUIT SELON LA METHODE STATISTICO-ÉNERGETIQUE VI

1. CONTEXTE

Diverses études montrent que les niveaux de bruit dans les salles et les aires de jeu des installation des centres de la petite enfance (CPE)[1] peuvent être importants et que des impacts négatifs peuvent en résulter [1-6].

Bien que les études quantifiant les problèmes engendrés par les forts niveaux de bruit dans les CPE soient encore relativement limitées, mentionnons les impacts suivants :

1. Les forts niveaux de bruit instantanés peuvent causer de la fatigue auditive et du stress chez les travailleuses [1,3];
2. Les niveaux de bruit dans les locaux des CPE amènent les éducatrices et éducateurs à parler plus fort pour se faire entendre[2]. Ce problème peut entraîner un inconfort de communication jusqu'à un désordre vocal chez les éducatrices;
3. Selon Picard [3], les niveaux de bruit actuels dans les CPE réduisent sans doute de façon significative l'intelligibilité de la parole et l'apprentissage verbal chez les enfants.

Les administrateurs, les éducatrices et les autres intervenants du milieu soulignent d'ailleurs depuis longtemps que le bruit est un des principaux facteurs de stress, de fatigue et d'irritabilité dans les CPE.

Diverses solutions de réduction de bruit ont déjà été identifiées[3] et mises en place dans des CPE. La réduction du nombre d'enfants par local, le choix d'activités et des jouets moins bruyants et l'ajout de balles de tennis sous les pieds de chaises sont les principales solutions qui ont permis de réduire le bruit.

L'ajout de matériaux acoustiques absorbants a aussi été identifié comme un autre moyen permettant de réduire les niveaux de bruit dans un local. Cette solution n'a toutefois été que peu utilisée jusqu'à maintenant. Plusieurs facteurs peuvent expliquer cette situation dont le manque de connaissances relatives à l'influence que peuvent avoir les matériaux sur l'augmentation ou la réduction du bruit.

[1] Rigoureusement, le terme « CPE » désigne la personne morale reconnue comme gestionnaire et répondant auprès du ministère, alors que le terme « installation » désigne les locaux. Toutefois, pour fin de simplification, on utilisera dans ce document le terme « locaux des CPE » au lieu de «locaux des installations en CPE ».

[2] En effet, le niveau de bruit se situe entre 70 et 80 dBA alors que le niveau de la voix normale est d'environ 57 dBA. Pour assurer un rapport signal-sur-bruit suffisant pour se faire comprendre des enfants, les éducatrices doivent utiliser une voix très forte jusqu'à une voix criée selon la classification de R. Hétu [7].

2. OBJECTIF DU PROJET

L'objectif de cette étude est de fournir à la CSST (Commission de la santé et de la sécurité du travail) et à l'ASSTSAS (Association paritaire pour la santé et la sécurité du travail du secteur affaires sociales) des informations pratiques sur l'efficacité et les méthodes de réduction du bruit à l'aide de matériaux acoustiques.

Plus spécifiquement, les objectifs visés par cette étude sont :

1. Fournir des informations compréhensibles sur l'effet des matériaux acoustiques et leur impact sur la réduction du bruit et le temps de réverbération;
2. Donner des exemples concrets de réduction de bruit obtenus à l'aide de traitements acoustiques dans des CPE;
3. Développer une méthode simple permettant d'estimer les réductions de bruit possibles à l'aide de traitements acoustiques.

À terme, les résultats de ce travail visent à permettre la rédaction d'un guide pratique à l'intention des administrateurs et des gestionnaires des CPE.

3. RELATION *NIVEAU DE BRUIT* VS *TEMPS DE RÉVERBÉRATION* (RT60)

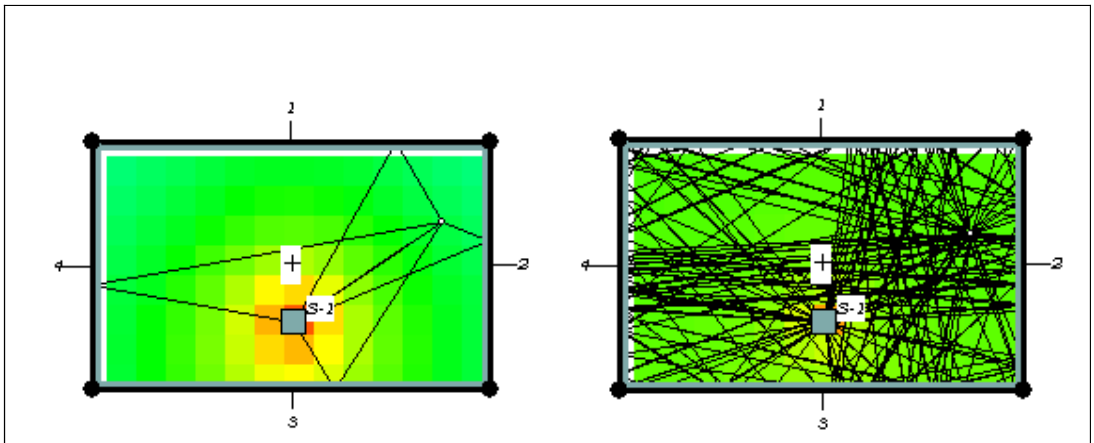
Plusieurs facteurs influencent les niveaux de bruit dans un local de CPE dont :

1. Le nombre d'enfants dans le local et le groupe d'âge;
2. Le type d'activités structurées (lecture, danse, atelier de dessin) ou non (jeux libres) et le type de jouets utilisés;
3. Le comportement des éducatrices face au bruit (réduction du niveau de leur voix, sensibilisation des enfants face au bruit) et l'humeur des enfants;
4. La grandeur du local, les propriétés acoustiques des matériaux et le temps de réverbération résultant.

S'il est difficile d'intervenir sur les trois premiers facteurs, l'utilisation de matériaux acoustiques plus performants est un facteur qui peut être modifié et quantifié.

Temps de réverbération

Le niveau de bruit à un endroit dans un local est la somme de l'onde sonore qui voyage directement de la source vers le point récepteur, mais aussi de toutes les ondes sonores qui sont réfléchies sur les murs et qui parviennent au récepteur. La Figure 1A présente la première réflexion qui se produit sur chacun des murs.



A) 1re réflexion sur chaque paroi	B) 2e, 3e et 4e réflexions sur chaque paroi

Figure 1 Illustration de réflexions acoustiques sur les murs A) Onde sonore réfléchie une fois; B) Ondes sonores réfléchies plusieurs fois avant de parvenir au récepteur

En réalité, les ondes peuvent se réfléchir plusieurs fois, c'est-à-dire tant qu'elles ont assez d'énergie. La Figure 1B illustre les ondes sonores réfléchies 2, 3 et 4 fois sur chacun des murs avant de parvenir au récepteur. La somme de ces réflexions peut contribuer significativement au niveau de bruit si les parois des murs sont peu absorbantes. L'utilisation de matériaux acoustiques permet de réduire la contribution de ces réflexions.

Pour quantifier la contribution de ces réflexions sur les niveaux de bruit, le paramètre de temps de réverbération a été développé. Le temps de réverbération, noté RT60, est défini comme le temps nécessaire pour que le niveau sonore d'une source décroisse de 60 dB après son arrêt. Il s'agit, en quelque sorte, d'une méthode permettant de mesurer la décroissance de l'énergie des ondes réfléchies et d'en déduire l'importance des réflexions et des propriétés d'absorption des parois. Si l'absorption acoustique des matériaux est faible, l'énergie des ondes sonores réfléchies sur les murs subsistera quelque dixième de seconde, même après l'arrêt de la source (voir Figure **2**). Plus les matériaux sont absorbants, plus l'énergie des ondes réfléchies sera réduite rapidement et plus la pente de décroissance sera forte. Il est à noter que l'absorption acoustique n'étant pas identique à toutes les fréquences, la décroissance n'est donc pas elle aussi identique à toutes les fréquences.

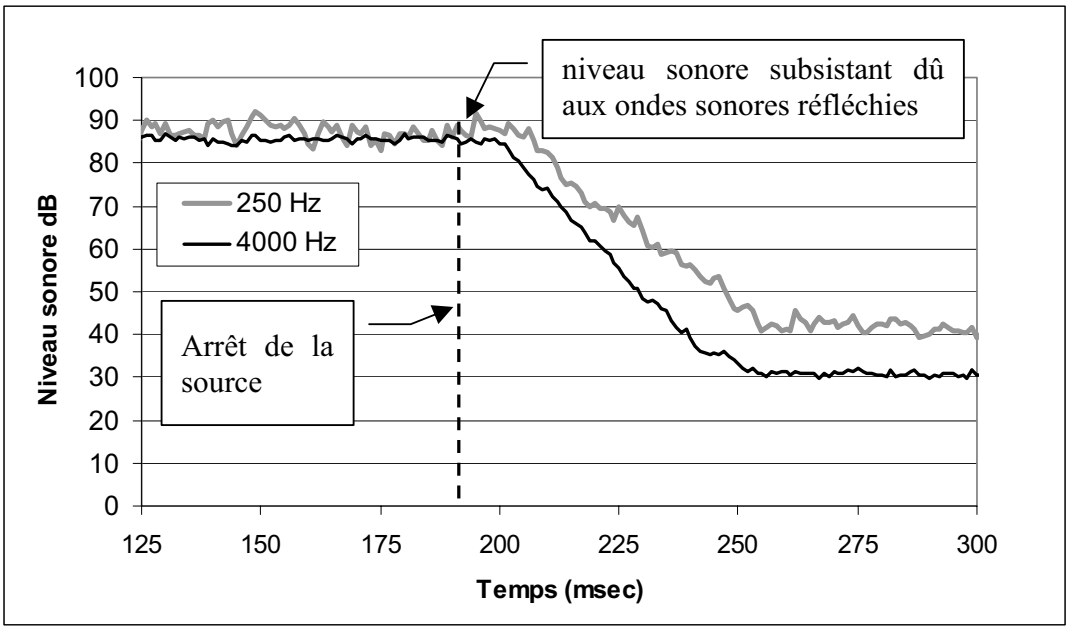


Figure 2 Décroissance typique des niveaux sonores en fonction du temps suite à l'arrêt d'une source

Le temps de réverbération est calculé à partir de la pente de décroissance suite à l'arrêt de la source. Plus le temps de réverbération est important, plus le local aura tendance à « amplifier » les sons émis; plus le temps de réverbération est faible, plus le local aura tendance à « atténuer » ces sons émis.

L'absorption acoustique des matériaux n'étant pas identique à toutes les fréquences, le temps de réverbération est donc différent d'une fréquence à l'autre. À des fins de simplification, mais aussi parce que l'évaluation du temps de réverbération demande passablement de manipulation de traitement des données, le temps de réverbération n'est souvent évalué que pour la bande de fréquence de 500 Hz. Il s'agit toutefois d'une approximation qui peut être trompeuse, toutes les fréquences n'ayant pas la même absorption. Dans la présente étude, le temps de réverbération a été évalué à toutes les bandes d'octave de 125 à 8 000 Hz.

Ceci dit, les indices de qualité d'absorption des matériaux, tel que le CRB (coefficient de réduction de bruit) généralement utilisé par les fabricants de matériaux acoustiques, sont la valeur moyenne des absorptions à 250, 500, 1 000 et 2 000 Hz, pour plus de précision et d'homogénéité. Dans cette étude, lorsqu'une seule valeur de RT60 est mentionnée pour caractériser un local, cette valeur est la moyenne des RT60 à 250, 500, 1 000 et 2 000 Hz.

4. MÉTHODOLOGIE

4.1 Démarche générale

La démarche générale utilisée pour rencontrer les objectifs de cette étude a été de :

1. Évaluer les conditions acoustiques dans 40 locaux de 20 CPE (deux locaux par CPE);
2. Identifier et recommander des solutions de traitements pour 20 locaux (deux locaux de dix CPE);
3. Réévaluer les situations acoustiques après l'implantation des traitements;
4. Analyser les résultats en vue de déterminer les réductions de bruit;
5. Développer une méthode simple permettant de prédire les réductions du temps de réverbération et réductions de bruit résultantes que peuvent apporter des traitements acoustiques dans un local de CPE.

4.2 Paramètres acoustiques mesurés et appareillages

Les principaux paramètres évalués ont été :

1. Les niveaux de bruit et le contenu spectral (sur deux périodes de 8 h);
2. Le temps de réverbération;
3. Les doses de bruit reçues par les éducatrices (deux relevés par CPE);
4. Le rayonnement acoustique des planchers.

4.2.1 Mesure des niveaux de bruit

Étant donné la variabilité des niveaux de bruit dans un CPE[3] et l'efficacité des traitements acoustiques qui correspond à la différence des niveaux de bruit moyens avant et après l'installation, la méthode d'évaluation des niveaux de bruit devait être conçue de façon à obtenir les résultats les plus rigoureux et significatifs possibles.

La méthode considérée a été de réaliser des mesures en continu sur des périodes suffisamment longues. Dans chaque local, des mesures en continu sur deux journées ont été effectuées.

Pour minimiser le temps requis pour ces mesures, un système d'acquisition en continu des niveaux et du spectre de bruit a été développé. Le système développé est constitué d'une carte d'acquisition de données Signal Ranger, d'un logiciel d'acquisition de données spécialement

[3] Selon le nombre d'enfants, la dimension et la géométrie des locaux, les caractéristiques d'absorption et de rayonnement acoustique des surfaces, les types d'activité des enfants, leur humeur, et les directives des éducatrices, etc.

conçu et d'une carte mémoire permettant d'emmagasiner les données. Tout ce système est contenu dans un boîtier d'environ 2"x 8"x10". Une fois le logiciel chargé, le système fonctionne de façon totalement autonome, c'est-à-dire qu'il démarre dès la mise sous tension (selon la configuration préalablement chargée de l'appareil). Ce système a permis non seulement de réduire le temps nécessaire d'un technicien, mais il a également permis de minimiser, voire d'éliminer l'influence que peut avoir la présence d'un technicien sur le comportement des enfants lors des mesures. La Figure 3 présente une installation type, le micro étant suspendu à environ 1 pied du plafond.

Cette méthodologie et ce système de mesure a permis d'obtenir des valeurs les plus représentatives possibles des variations des niveaux de bruit dans le temps, des niveaux sonores moyens, des niveaux maximums et des distributions statistiques.

Par ailleurs, pour ces mesures, la collaboration des éducatrices avaient été demandée afin d'identifier, pour les différentes périodes de la journée, le nombre d'enfants dans le local, le groupe d'âge, le type d'activités, etc. Toutes ces informations devaient être consignées lors des journées de mesure. Ces informations allaient permettre d'identifier, lors du traitement des données, les périodes apparaissant les plus représentatives pour les comparaisons des niveaux de bruit avant et après l'implantation des traitements.

Figure 3 Installation type du micro et du système d'acquisition

4.2.2 Mesure des temps de réverbération

Les mesures de temps de réverbération ont été effectuées à l'aide d'un haut-parleur de type « Source sphérique » et d'un analyseur de spectre Larson-Davis 2900 réglé en mode d'acquisition à 1/64 de seconde. La Figure 4 présente un exemple de montage.

Figure 4 Source de bruit sphérique servant à la mesure du temps de réverbération local 1 du CPE C)

4.2.3 Évaluation du rayonnement acoustique des planchers

L'effet du type de revêtement de plancher a souvent été identifié comme un élément pouvant influencer les niveaux de bruit dans les locaux. Pour vérifier cette hypothèse et tenter de quantifier cet effet, des mesures spécifiques ont été effectuées.

La méthode utilisée a consisté à faire fonctionner une machine à impacts sur la surface à évaluer et à mesurer la puissance acoustique émise par ce système. Une machine à impacts Bruel & Kjaer 3207 (« Tapping machine ») a été utilisée à cette fin[4].

La puissance acoustique a été évaluée à partir de relevés d'intensité acoustique effectués sur une demi-sphère de 1 mètre enveloppant la machine et la surface du plancher. Notez que pour

[4] Dans son application usuelle, cette machine génère, à l'aide de marteaux actionnés mécaniquement, des impacts réguliers sur la surface de plancher sur laquelle elle est déposée et des mesures acoustiques sont effectuées dans le local situé en-dessous afin d'obtenir une valeur de perte par transmission à l'impact.

minimiser la contribution du mécanisme de la machine par rapport à la contribution des impacts générés sur le plancher par la machine, la machine à impacts a été insonorisée de façon particulière. La Figure 5 présente le montage type.

En comparant les puissances acoustiques émises par les impacts sur différents types de surface, nous avons pu évaluer le rayonnement acoustique des différents types de recouvrements de plancher utilisés dans les CPE en vue d'évaluer leurs effets sur les niveaux de bruit.

Remarque : Rayonnement dans le local de mesure versus transmission des impacts d'un local à l'autre.

L'évaluation de la puissance acoustique rayonnée par la machine à impacts visait à quantifier l'effet des différents types de surface sur les niveaux sonores dans le local même où se produisent les impacts. Cette évaluation ne visait pas à déterminer l'effet des revêtements sur la réduction du bruit transmis dans les autres locaux, notamment dans des locaux de l'étage inférieur. Pour évaluer l'effet des revêtements sur la transmissibilité du bruit et des impacts d'un local à l'autre, d'autres mesures et analyses auraient été nécessaires, cependant, ces aspects ne font pas partie du mandat de la présente étude.

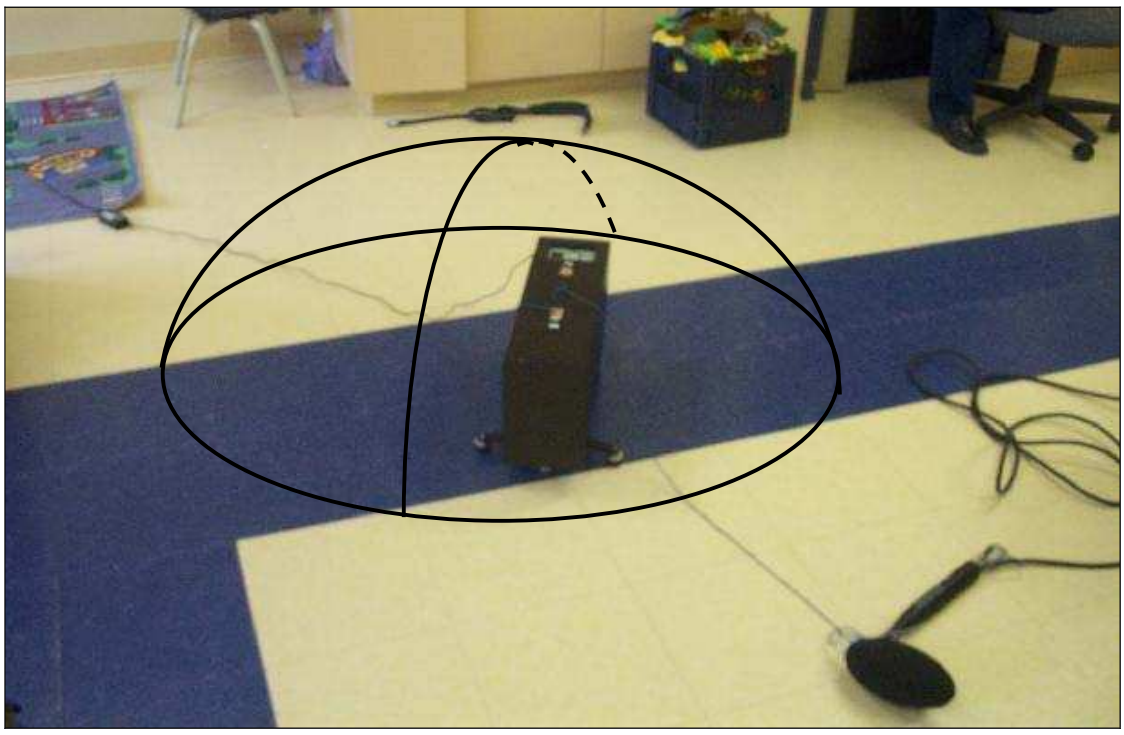


Figure 5 Machine à impacts avec la sonde acoustique utilisée pour les mesures d'intensimétrie (local 2 du CPE A)

4.2.4 Mesure de dosimétrie

La dosimétrie permet d'évaluer le degré d'exposition d'un individu au bruit environnant pendant une période de travail normale de 8 heures. La dose de bruit est mesurée par un appareil nommé

dosimètre, installé sur la personne. Les résultats de ces mesures sont présentés sous forme de niveau moyen ($L_{eq(8h)}$ en dBA et de dose en %).

Dans le cadre général de cette étude, le degré d'exposition au bruit de deux éducatrices a été évalué dans chacun des 20 CPE sélectionnés. Les deux éducatrices désignées sont celles qui se trouvent le plus souvent dans les locaux analysés. Ces éducatrices ont porté les appareils durant deux journées consécutives.

Rappelons qu'au Québec les normes actuelles quant aux doses de bruit admissibles sont de 90 dBA, avec un paramètre de bi-section Q = 5, pendant une période continue de 8 heures[5].

Les dosimètres utilisés pour ces mesures ont été fournis par l'IRSST.

4.3 Choix des CPE participants

Afin d'analyser la situation générale des niveaux de bruit dans les CPE, un échantillon de 20 CPE et de 2 locaux par CPE, soit 40 locaux au total ont été sélectionnés. La présentation du projet et les contacts pris avec les CPE ont été effectués par madame Louise Morissette de l'ASSTAS.

Ces caractéristiques devaient permettre de classer les différents locaux en fonction de paramètres tels que la grandeur, le nombre d'enfants, les problématiques de bruit identifiées, etc. Cette classification a permis d'identifier les relations entre les différents facteurs pouvant influencer les niveaux de bruit.

Suite à l'évaluation de ces facteurs, 12 CPE ont fait l'objet d'analyses plus approfondies, incluant des simulations et l'évaluation de l'efficacité de traitements acoustiques. Un rapport présentant les résultats des analyses et recommandations a été remis à chacun des CPE considéré.

Le choix de ces CPE a été fait en fonction de leur problématique, mais aussi en fonction de leur engagement à investir un montant d'environ 10 000 $ (5 000 $ par local) pour implanter les traitements recommandés dans un délai de quelques mois.

[5] Cette norme est basée sur des analyses statistiques ayant montrées que plus de 25% des personnes ayant été exposées pendant 30 ans à des niveaux de 90 dB sur 8 heures présentent des pertes auditives significatives.

5. SITUATION EXISTANTE AVANT L'IMPLANTATION DES TRAITEMENTS

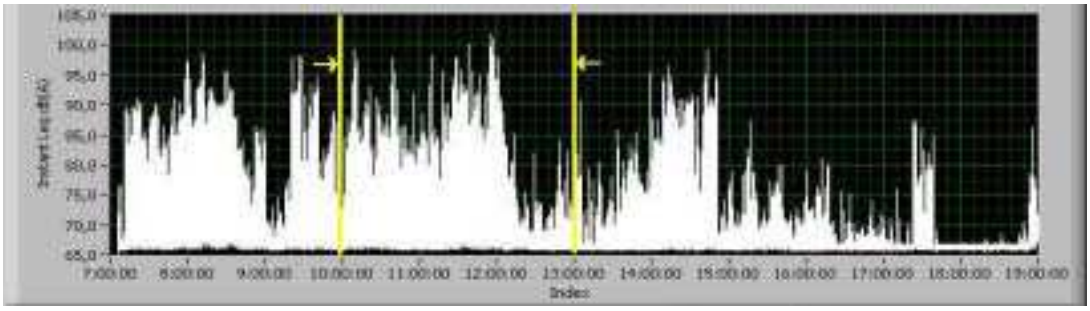
Pour décrire le processus d'analyse effectué, la section qui suit présente le détail des analyses effectuées pour un des 40 locaux considérés.

La section suivante présentera l'analyse de l'ensemble des résultats obtenus.

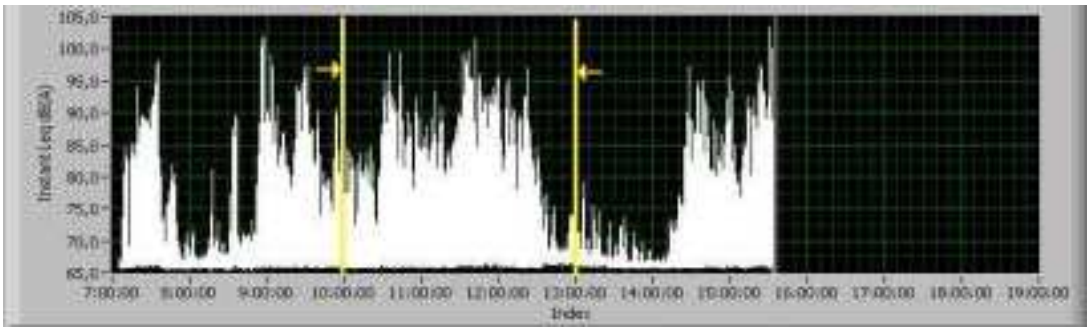
5.1 Exemple d'analyse détaillée d'un CPE

5.1.1 Niveaux sonores

La Figure 6 présente les niveaux sonores en fonction du temps mesuré dans le local 1 du CPE A pour les périodes de mesures, soit les 21 et 22 mai 2003. Ces résultats illustrent la grande variabilité des niveaux sonores instantanés, mais aussi la variabilité des résultats d'une journée à l'autre.



21 mai 2003



22 mai 2003

Figure 6 Niveaux sonores en fonction du temps pour le local 1 du CPE A, les 21 et 22 mai 2003

Tel que mentionné à la section 4.2.1, pour obtenir les résultats les plus significatifs possibles en vue des comparaisons des niveaux de bruit avant et après l'implantation des traitements

acoustiques, les périodes apparaissant les plus représentatives ont été sélectionnées. Les niveaux de bruit variant significativement d'une période à l'autre de la journée, les périodes à sélectionner qui nous sont apparues les plus représentatives ont été les périodes de plus fortes activités. Dans le cas du local 1 du CPE A présenté ici, ces périodes ont été de 10 h à 12 h. Le tableau 1 montre les niveaux de bruit moyens durant cette période. Le tableau 2 présente le spectre de bruit correspondant en bande de fréquence.

Tableau 1 Niveaux de bruit global moyens et nombre d'enfants pour la période de fortes activités dans le local A-1

	21 mai	22 mai	Moyenne
$L_{eq(8h)}$ Type [dBA]	**74,2**	**73,4**	**73,8**
Nb enfants (moyen)	**5**	**6**	**6**

Tableau 2 Niveaux de bruit moyens par bande de fréquences du local A-1

	Total	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 000 Hz	2 000 Hz	4 000 Hz	8 000 Hz
Spectre de bruit [dBA]	**73,8**	**50,2**	**56,3**	**63,6**	**69,4**	**70,4**	**63,7**	**52,6**

5.1.2 Temps de réverbération (RT60)

Le tableau 3 présente le RT60 pour chaque bande d'octave ainsi que la moyenne pour les bandes de 250 à 2 000 Hz, soit 0,65 sec.

Tableau 3 Valeurs de RT60 par bande de fréquences du local A-1

	Moyenne 250-2 000 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 000 Hz	2 000 Hz	4 000 Hz	8 000 Hz
RT60 [seconde]	**0,65**	**0,49**	**0,53**	**0,66**	**0,74**	**0,67**	**0,66**	**0,55**

5.1.3 Dosimétrie

La dosimétrie est une mesure de l'énergie acoustique totale reçue par un travailleur (soit, dans notre cas, une éducatrice) sur une journée de travail complète. Au Québec, une dose de 100 % correspond à une exposition de 90 dBA pendant 8 heures.

Pour obtenir la dose de bruit, l'appareil de mesure, le dosimètre, est installé sur l'individu et cumule, pour la période de mesure considérée (généralement tout le quart de travail), la somme

de l'énergie acoustique reçue, appelée le niveau équivalent 8 heures $L_{eq}(8h)$ pour un quart de travail de 8 heures. (Notez que le niveau équivalent peut être calculé sur différentes périodes de temps, selon la longueur des quarts de travail. Ainsi, un Leq(10h) réfère à un niveau calculé sur une période de 10 heures.)

Il existe deux méthodes de calcul de sommation de l'énergie acoustique durant une période de mesure :

- Une première méthode consiste à calculer les niveaux de façon énergétique (soit une méthode standard de calculer les niveaux de bruit). Cette méthode correspond au paramètre dit de « bi-section 3 », Q3.

- Une deuxième méthode pondère la sévérité des niveaux sonores mesurés suivant leur amplitude par rapport au niveau de référence. En pratique, cette méthode donne moins de poids (d'importance) au niveau supérieur à 90 dBA et plus de poids au niveau inférieur à 90 dBA. Cette méthode correspond au paramètre dit de « bi-section 5 », Q5.

Le paramètre de bi-section à utiliser est établi par la législation. Au Canada, ainsi qu'aux États-Unis, ce paramètre vaut 5. En Europe, le critère 3 est généralement utilisé.

Des mesures de dosimétrie ont été effectuées sur deux éducatrices lors des deux journées de mesures. Le tableau 4 présente les $L_{eq}(8h)$ et les doses de bruit total reçues par chaque éducatrice (I et II). Bien qu'au Québec, ce paramètre vaut 5, à titre indicatif, les valeurs $L_{eq}(8h)$ ont été calculées en utilisant les deux facteurs de bi-section, Q3 et Q5. (On remarquera que les L_{eq} (8h) calculés avec le facteur Q3 sont généralement plus élevés que ceux calculés avec le Q5).

Les éducatrices ne restent pas dans le même local toute la journée, elles sont tantôt dans leur local principal, tantôt dans d'autres locaux du CPE (cafétéria, salle de jeux, etc.) ou à l'extérieur. Aussi la dose reçue de bruit dans les locaux visés par l'étude (locaux à traiter) a dû être évaluée pour chaque éducatrice, en faisant la somme des niveaux de bruit reçus durant les périodes où l'éducatrice se trouvait dans le local. (Cette évaluation a été possible à l'aide des feuilles de route (qui devaient être remplies par les éducatrices au cours des journées de mesure) et des niveaux de bruit enregistrés à chaque seconde par les dosimètres).

Les deux dernières colonnes du tableau donnent donc le temps de présence dans le local (estimé à partir des feuilles de route) et la dose de bruit reçue lors de ces présences. Par exemple, dans le cas de l'éducatrice portant le dosimètre I, le $L_{eq}(8h)$ reçu par l'éducatrice est de 79,2 dBA (en utilisant le paramètre de bi-section Q5), pour une dose correspondante de 22,4 %. Si le calcul du $L_{eq(8h)}$ est effectué avec un facteur Q3, le niveau $L_{eq(8h)}$ est plutôt de 84,0 et la dose correspondante est de 24,7 %.

Le temps de présence de cette éducatrice dans le local A-1 n'a toutefois été que de 29 minutes, et seulement 0,9 % de la dose a été reçue dans ce local. Aussi, la dose reçue dans ce local a été marginale, et le traitement de ce local n'aura donc que peu d'effet sur la dose totale. Cette dernière constatation a été observée sur la très grande majorité des éducatrices.

Tableau 4 Résultats de dosimétrie des éducatrices portant les dosimètres I & II dans le local A-1

Journée entière analysée		$L_{eq(8h)}$ [dBA]		Dose [%]		Présence local A-1 [%]	Temps de présence local A-1	% Dose local A-1 (Q3)
		Q5	Q3	Q5	Q3			
21 mai 2003	dosimètre I	79,2	84,0	22,4	24,7	6,0	29 min	0,9
	dosimètre II	72,4	82,6	8,7	17,3	89,4	429 min	5,8
22 mai 2003	dosimètre I	81,1	85,8	24,3	36,0	0,0	0 min	0,0
	dosimètre II	72,7	79,9	9,1	9,4	71,7	344 min	5,3

5.1.4 Évaluation du facteur de rayonnement acoustique du plancher

Rappelons que, pour les fin de cette étude, l'effet du type de surface de plancher sur le niveau de bruit a été évalué à partir de la mesure de la puissance acoustique générée par une machine à impacts mis en fonction sur la surface du plancher du local.

Le Tableau 5 donne la puissance acoustique rayonnée par le plancher lorsque la machine à impacts est en opération sur un plancher de carrelage de vinyle (communément appelé « tuiles ») sur béton.

Tableau 5 Puissance acoustique rayonnée par un plancher de tuiles sur béton lorsque la machine à impacts est en opération

	Total	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 000 Hz	2 000 Hz	4 000 Hz	8 000 Hz
Lw plancher (tuiles sur béton)	82,5	58,4	66,0	72,2	76,6	77,6	76,8	65,5

5.1.5 Modélisation de l'efficacité de traitements acoustiques

Afin d'évaluer l'efficacité des traitements acoustiques potentiels, chaque local considéré dans l'étude a été modélisé avec le logiciel d'acoustique prévisionnelle OUÏE 2000[6]. La modélisation consiste à reproduire le local dans un logiciel de simulation en considérant les dimensions physiques, le type de matériaux sur chaque surface ainsi que l'encombrement présent dans le local. Le modèle est par la suite calibré à l'aide des mesures de temps de réverbération à chaque fréquence. Ce calibrage consiste à ajuster les coefficients d'absorption des parois et le facteur d'encombrement du local afin d'obtenir un temps de réverbération théorique du modèle similaire à celui mesuré dans le local.

Une fois le modèle acoustique mis au point, diverses options de traitement acoustique peuvent être simulées en vue d'en évaluer l'efficacité.

La Figure 7 présente les résultats du modèle réalisé pour le local 1 du CPE A. Notez que les petits carrés nommés S-1 à S-6 représentent les enfants (sources de bruit) présents dans le local lors de la période considérée représentative c'est-à-dire 6 enfants. Le petit cercle, identifié R-1 représente l'éducatrice. La Figure 8 donne pour chaque surface les matériaux considérés dans le modèle.

[6] OUÏE 2000 ou RAP-ONE (Room Acoustics Prediction Software) est un logiciel d'acoustique prévisionnelle développé par Soft dB inc. permettant de simuler la propagation du son dans les locaux à partir de la géométrie du local, des propriétés acoustiques des surfaces et de la puissance acoustique des sources de bruit. La méthode de calcul utilisée dans ce logiciel est basée sur l'imagerie acoustique. Réf. : [10][11]

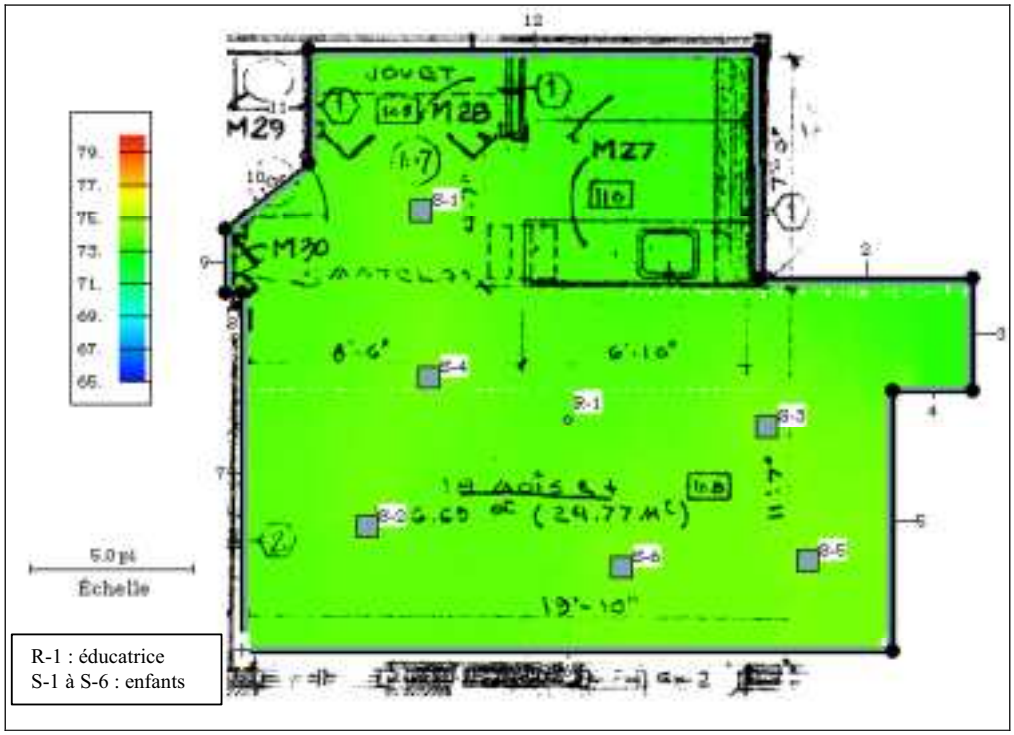


Figure 7 Carte de bruit du local A-1, situation originale sans traitement

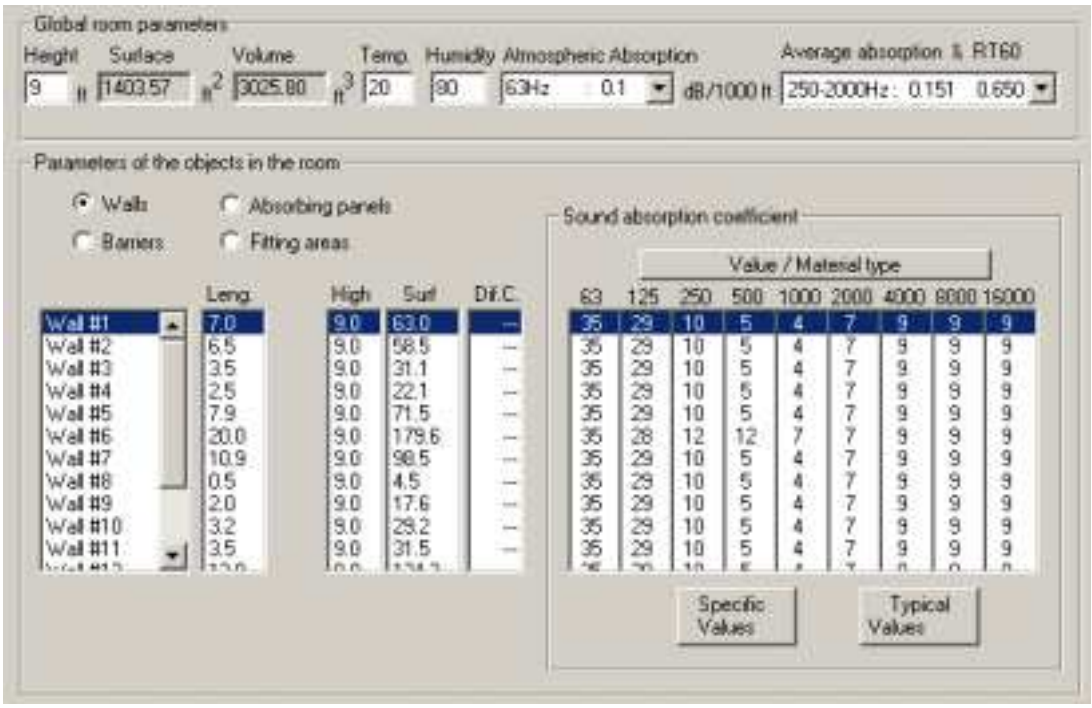


Figure 8 Liste et paramètres des surfaces considérées dans le modèle

5.2 Analyse de l'ensemble de résultats

5.2.1 Analyse du temps de réverbération (RT60)

5.2.1.1 Niveau sonore moyen en fonction du temps de réverbération (RT60)

La Figure 9 représente le niveau sonore moyen des périodes d'analyse considérées en fonction du temps de réverbération (RT60) pour chacun des locaux. Globalement, plus le RT60 est élevé, plus le niveau sonore moyen est élevé. Ce résultat confirme un comportement anticipé à savoir qu'un local réverbérant influe sur l'importance des niveaux sonores dans le local.

Bien que cette tendance soit assez nette, il existe toutefois une importante dispersion dans les données. En effet, pour un nombre d'enfants et un RT60 donnés, le niveau de bruit peut varier de plusieurs dB. Une analyse plus détaillée des résultats a été nécessaire pour tenter d'expliquer l'origine de ces dispersions.

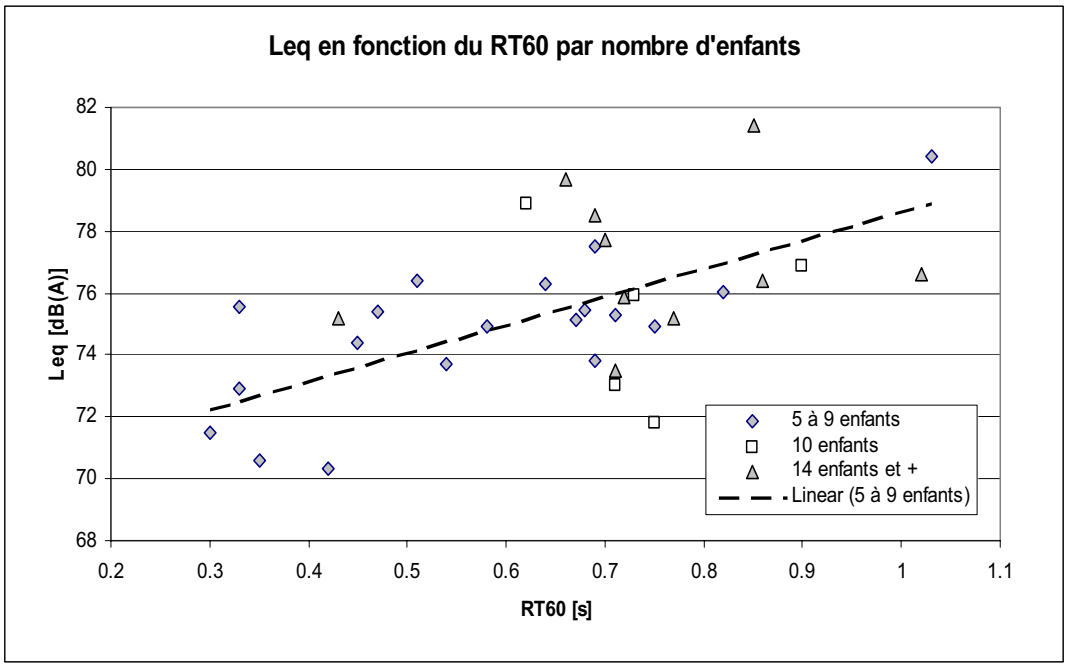


Figure 9 Graphique représentant le $L_{eq(8h)}$ en fonction du RT60 pour différents groupes d'âge

5.2.1.2 Puissance acoustique par enfant (Lw_{enfant}) en fonction du RT60

Pour affiner l'analyse, il est apparu utile de déterminer la puissance sonore émise par un enfant. Les modèles acoustiques calibrés des locaux à partir des temps de réverbération ont été utilisés à cette fin. À partir de ce modèle et du nombre d'enfants dans le local pour la période considérée, la puissance acoustique requise par enfant a été déterminée par ajustement de manière à obtenir un niveau sonore calculé égal au niveau de bruit mesuré.

La Figure 10 illustre la relation entre la puissance acoustique typique générée par chaque enfant dans chaque local en fonction du temps de réverbération dans ce local. Malgré les importants écarts, il apparaît que plus le local est réverbérant, plus la puissance acoustique par enfant est importante, c'est-à-dire plus les enfants sont bruyants. Cette constatation permet de faire l'hypothèse que plus un local est réverbérant, plus les niveaux de bruit sont forts et plus les enfants auront tendance à parler ou à crier fort.

En première approximation, les résultats obtenus permettent d'estimer que, pour les grandeurs de locaux typiques considérés ici (entre 2 500 et 9 000 pi^3), une réduction du temps de réverbération de 0,1 seconde se traduit par une réduction du niveau de bruit émis par les enfants de l'ordre de 0,3 dB dû au changement de comportement. Ainsi, une réduction de 0,5 seconde du temps de réverbération semblerait se traduire par une réduction de 1,5 dB du bruit émis par les enfants.

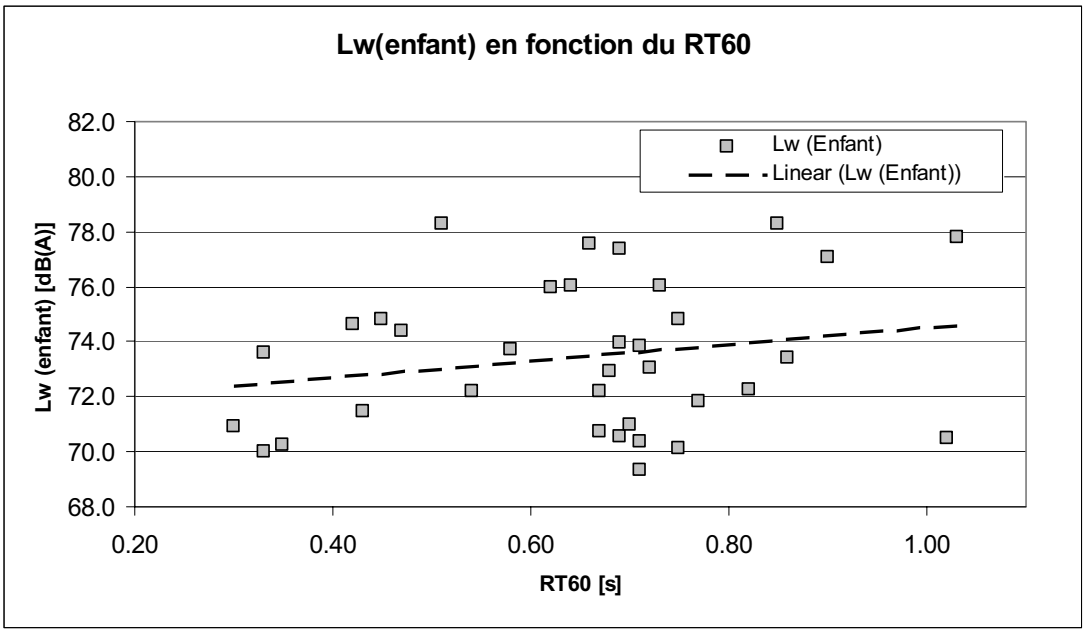


Figure 10 Graphique représentant le Lw_{enfant} en fonction du RT60

5.2.1.3 Niveau de bruit émis par enfant en fonction du nombre d'enfants

La Figure 11 représente la relation entre le nombre d'enfants et la puissance acoustique typique d'un enfant dans chacun des locaux. Si l'on considère tous les cas, il ne semble pas y avoir de tendance. Toutefois, les principales données à l'écart du reste correspondent à des situations où une grande quantité d'enfants a généré un niveau sonore relativement plus faible. En premier lieu, on y retrouve un regroupement de locaux où se sont déroulées des activités calmes, ce qui explique la faible puissance sonore des enfants lors de ces activités. En second lieu, il y a plusieurs salles à manger, pour le dîner ou la collation, qui sont regroupées ensemble. Lors des repas, les niveaux sont légèrement au-dessus de la moyenne, mais puisqu'il y a beaucoup d'enfants, la puissance sonore par enfant devient plus petite, voire sous la moyenne. Finalement, il y a le cas des grands locaux occupés par deux groupes simultanément, donc beaucoup

d'enfants, et ce, pendant l'heure du dîner. On pourrait s'attendre à des niveaux élevés, mais la dispersion des enfants et le type d'activité occasionnent des niveaux autour de la moyenne.

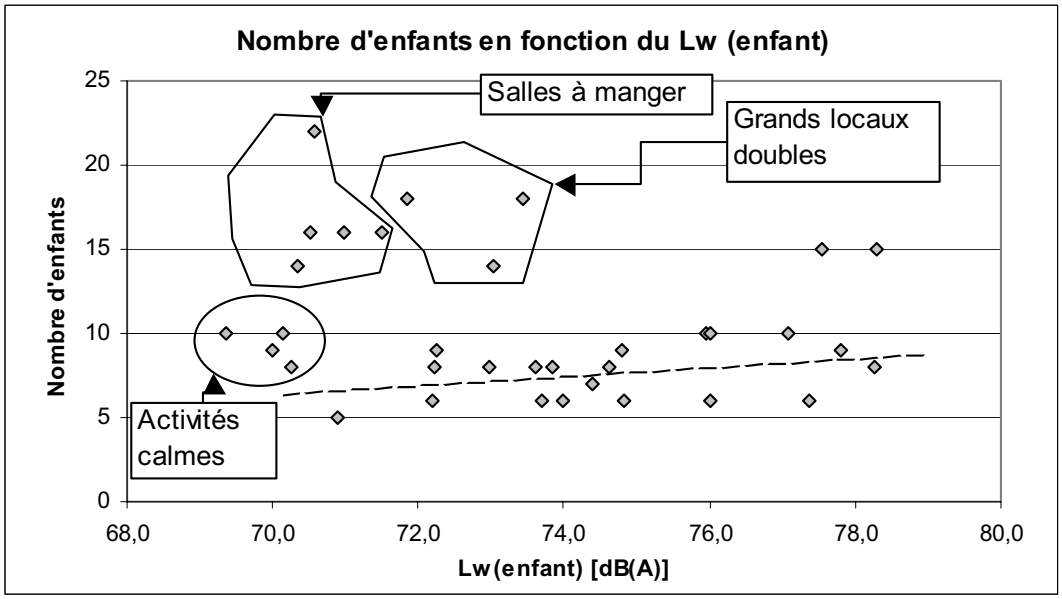


Figure 11 Graphique représentant le nombre d'enfants en fonction du Lw_{enfant}

Donc, si on élimine les données mentionnées ci-dessus, on observe, dans le bas du graphique, la puissance acoustique des enfants qui croît en fonction du nombre dans le local. Ce phénomène peut trouver son explication dans le comportement des enfants, à savoir plus il y a d'enfants dans un local, plus ils tenteront d'élever leur voix de façon à dépasser le niveau sonore ambiant. Il s'agit d'un effet « de foule » assez classique qui entraîne les individus à parler plus fort lorsque le niveau de bruit ambiant est élevé.

5.2.2 Niveau sonore en fonction de la puissance acoustique émise et des dimensions du local

À partir de la puissance par enfant (Lw_{enfant}) et du nombre d'enfants par local, il est possible d'évaluer la puissance globale émise par unité de volume d'un local selon l'équation suivante :

Équation 1 : Calcul de la puissance émise par 1 000 pi^3

$$L_W \Big/ 1000\,pi^3 = \frac{Bruit\ émis}{Enfant} \times \frac{Nombre\ d'enfants}{1000\,pi^3}$$

$$\Leftrightarrow L_W \Big/ 1000\,pi^3 = L_{W(enfant)} \times \frac{Nombre\ d'enfants}{1000\,pi^3}$$

Comme le montre la Figure 12, il existe évidemment une forte relation entre le niveau sonore équivalent ($L_{eq(8h)}$) et la puissance acoustique émise par 1 000 pi^3 (L_w/1 000 pi^3).

Ce graphique permet également de mettre en évidence la relation entre le niveau de bruit et le RT60, les locaux ayant des RT60 plus bas ayant en général des niveaux de bruit moyens plus bas pour une même puissance acoustique par unité de volume.

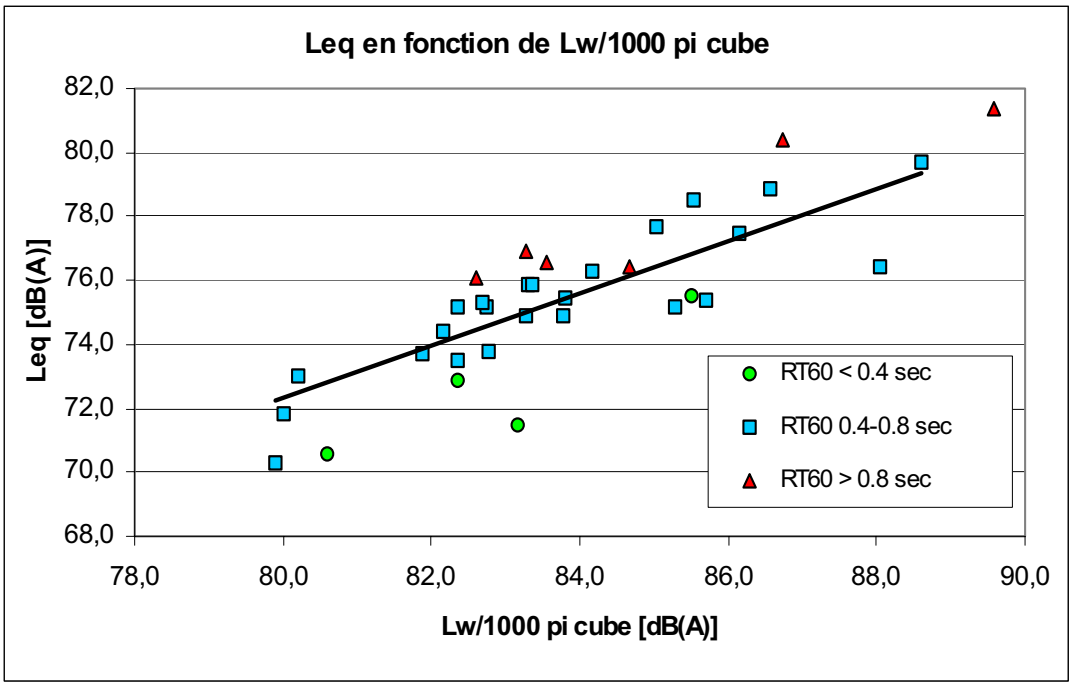


Figure 12 Niveau de bruit en fonction de la puissance acoustique par unité de volume

5.2.3 Effet du type de revêtement de sol

Dans les 40 locaux mesurés, la grande majorité (90%) des recouvrements de planchers étaient en carrelage (« tuiles ») de vinyle. D'autres surfaces ont toutefois été évaluées (prélart coussiné, bois franc et revêtements spécialisés tels que « Mundo »)

La Figure 13 présente le niveau sonore mesuré dans le local pour les périodes de fortes activités en fonction de la puissance acoustique générée par la machine à impacts sur le plancher de ce local. Ce résultat montre que, *a priori*, il n'y a pas de lien entre le type de surface dans le local et le niveau sonore généré dans ce local. Ce résultat nous amène à conclure que le niveau sonore dans le local provient principalement des voix des enfants (et éventuellement des sons que peuvent produire les jouets) et que la contribution des bruits d'impact sur le plancher est relativement marginale sur le niveau sonore global mesuré.

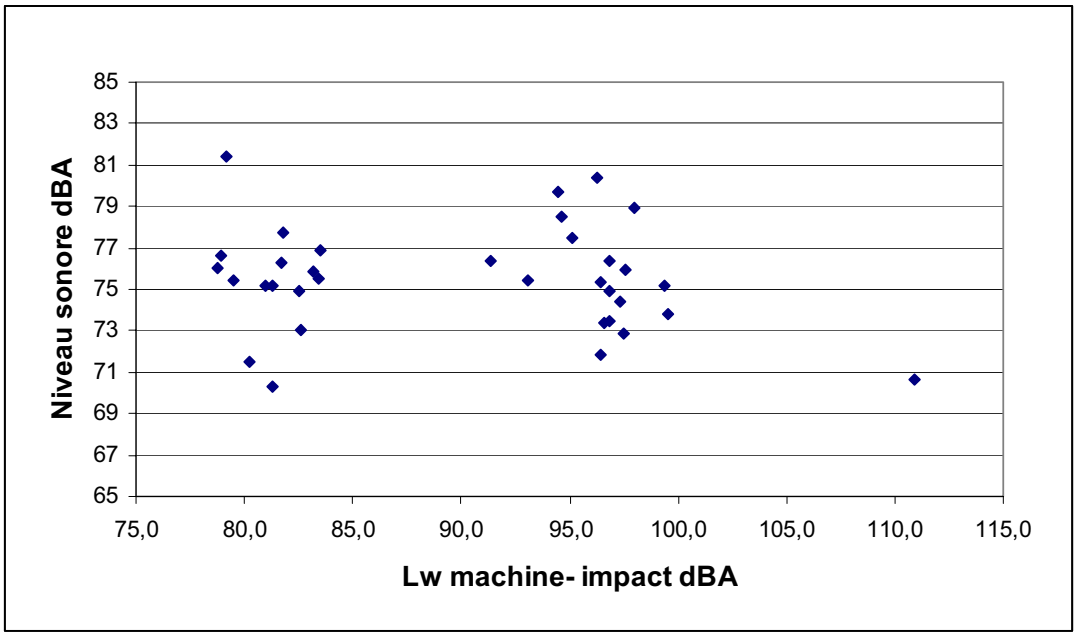


Figure 13 Niveau sonore moyen mesuré dans le local pour les périodes de fortes activités en fonction de la puissance acoustique générée par la machine à impacts sur le plancher du local

Note :

La méthodologie, les analyses et les résultats réalisés ici visent à évaluer l'effet des revêtements de plancher sur les niveaux de bruit générés dans le local où se trouve le revêtement. Pour évaluer l'effet des revêtements sur la transmissibilité du bruit et des impacts d'un local à l'autre (par exemple, un local situé à l'étage inférieur), d'autres mesures et analyses auraient été nécessaires, cependant, ces aspects ne font pas partie du mandat de la présente étude.

5.2.4 Synthèse

Les grandes tendances obtenues montrent que :

- Un local dont le temps de réverbération (RT60) est élevé favorisera des niveaux sonores élevés (voir section 5.2.1.1);
- Un local dont le temps de réverbération (RT60) est élevé tend à amener les enfants à émettre plus de bruit (voir section 5.2.1.2);
- Plus le nombre d'enfants par local est élevé, plus le niveau de bruit émis par chaque enfant tend à augmenter (voir section 5.2.1.3).
- Le type de revêtement de plancher dans un local semble avoir peu d'impact sur le niveau de bruit dans ce local (surface). (L'effet de ces revêtements sur le bruit transmis dans d'autres locaux n'a pas été analysé.)

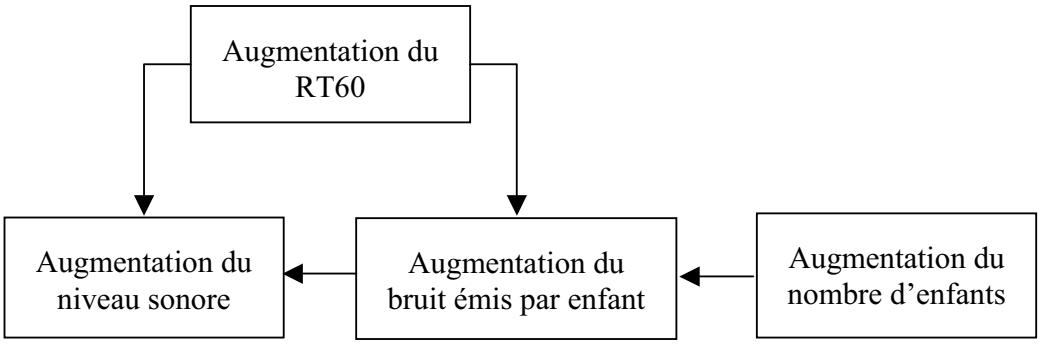


Figure 14 Schéma des interrelations entre les phénomènes acoustiques

5.3 Résultats et analyse des mesures de dosimétrie

Le Tableau 6 présente les moyennes des résultats des mesures de dosimétrie de l'ensemble des éducatrices évaluées. Les résultats sont donnés pour les normes nord-américaines (critère de 90 dBA et paramètre de bi-section Q = 5) et pour la norme européenne (critère de 85 dBA et paramètre de bi-section Q = 3). Notez que le paramètre de bi-section (qui définit la méthode de calcul pour sommer les niveaux sur la période d'exposition) et le critère de dose maximum acceptable (90 ou 85 dBA - défini par la législation du pays), sont 2 paramètres indépendants. Il est ainsi possible d'utiliser la méthode de calcul Q3 et un critère de dose maximum acceptable de 90 dBA.

Tableau 6 Résultats : moyennes de l'ensemble des dosimétries

$L_{eq(8h)}$ [dBA]		Dose [%] (critère 90 dBA 8 h)		Dose [%] (critère 85 dBA 8 h)	
Q5	**Q3**	**Q5**	**Q3**	**Q5**	**Q3**
78,1	82,6	22,4	29,7	-	87,9

Le tableau 6 présente les différences de valeurs des résultats de dosimétrie selon la méthode de calcul utilisée. Ce tableau indique que l'ensemble des 38 éducatrices ont reçu, en moyenne, 22,4 % de la dose totale calculée selon la norme 90 dBA et Q = 5, et qu'elles ont reçu 87,9 % de la dose totale calculée selon la norme 85 dBA et Q = 3.

Les résultats des mesures individuelles de dosimétrie sont présentés à l'annexe B. Un examen détaillé de ce tableau révèle qu'avec les normes nord-américaines (90 dBA, Q = 5), aucune éducatrice n'a été exposée à un niveau sonore moyen supérieur à 90 dBA, alors qu'avec la norme européenne (85 dBA, Q = 3), 30% des éducatrices ont été exposées à un niveau sonore moyen supérieur ou égal à 85 dBA.

Il importe de noter que le niveau global n'est pas le seul indicateur d'un environnement sonore nuisible. Les variations rapides dans le bruit, comme les impacts et les cris, affectent également l'ouïe. Ces variations ont pu être observées sur les graphiques des niveaux sonores dans les locaux dont la période d'échantillonnage est de 1/10 de seconde. Les normes actuelles ne donnent cependant aucune indication spécifique sur l'effet de ces variations sur la fatigue ressentie par les travailleurs soumis à ce type de variation des niveaux de bruit. On ne peut donc pas juger ici de l'impact de ce phénomène. Il serait intéressant de réaliser des études psychoacoustiques à cet effet.

6. TRAITEMENTS ACOUSTIQUES RECOMMANDÉS

6.1 Sélections des CPE considérées pour les traitements

Parmi les 20 CPE où des relevés ont été effectués, 12 CPE ont été sélectionnés pour la réalisation d'implantations. La sélection des CPE a été effectuée de façon à avoir la plus grande diversité possible de locaux en terme de grandeur et de configuration géométrique, mais aussi en fonction de la localisation géographique des CPE. L'objectif de ce dernier critère était de réaliser des implantations dans le plus grand nombre de régions possibles du Québec dans le but de permettre et de faciliter l'accès aux autres CPE des diverses régions à un exemple d'installation réelle.

Les régions où il y a eu des implantations sont Hull, Gatineau, Chambly, Boucherville, Dorval, Jonquière, Thetford Mines, Québec, Sainte-Foy et Lévis.

Il est à noter que parmi les 12 CPE sélectionnés et pour lesquels des rapports avec recommandations ont été émis, 9 ont effectivement procédé à l'implantation des traitements avant la fin du présent projet.

6.2 Évaluation théorique des traitements acoustiques

Plusieurs traitements ont été envisagés puis simulés pour chacun des locaux des 12 CPE sélectionnés.

De façon générale, l'analyse des résultats de ces simulations a permis d'établir que les traitements acoustiques offrant la meilleure performance par rapport au prix consistait à l'installation de :

- Plafond acoustique sur l'entière surface du plafond actuel;
- Panneaux absorbants dans le haut du mur.

Le coefficient d'absorption moyen considéré dans les simulations était de 80%.

Le coefficient d'absorption d'un matériau caractérise sa capacité à absorber le son. Le coefficient d'absorption des matériaux est exprimé en pourcentage et varie entre 0 et 100 selon que le matériau absorbe complètement le son ou qu'il ne l'absorbe pas du tout. Généralement, plus le matériau est dur et non poreux à l'air (par exemple, le terrazzo) moins il est absorbant et donc réfléchissant. Plus il est poreux et flexible (comme la laine de verre ou de tissus), plus il est absorbant.

Par ailleurs, l'absorption acoustique d'un matériau varie en fonction de la fréquence. Pour fin de simplification, la valeur du coefficient d'absorption des matériaux est souvent représenté par le CRB ou coefficient de réduction du bruit, en anglais NRC (Noise Reduction Coefficient). Le CRB est une moyenne des valeurs d'absorption à 250, 500, 1 000 et 2 000 Hz.

Le CRB est une valeur caractéristique pour chaque produit acoustique. Cette valeur est normalement fournie par le manufacturier des tuiles acoustiques de plafond et des panneaux

acoustiques muraux. Il est à noter que les valeurs fournies par les fabricants sont souvent surestimées d'environ 20 à 30 %, dû à la méthode de mesure généralement utilisée[7] (Méthode de mesure des coefficient d'absorption acoustique en chambre réverbérante, ANSI S1.7-1970), par les manufacturiers pour déterminer le CRB de leurs matériaux.

6.2.1 Exemple d'évaluation du local A-1

À titre d'exemple, la Figure 15 montre la carte de bruit prévu du local 1 du CPE A lorsque ces traitements sont appliqués (voir Figure 7 pour le cas sans traitement). Pour cette simulation, un matériau acoustique ayant un coefficient d'absorption moyen de 80 % a été considéré sur toute la surface du plafond, soit 340 pi². Pour les murs, une bande de panneaux acoustiques de 2 pieds de haut a été considérée sur toute la périphérie du local. Dans le cas présent, cette périphérie représentait 170 pi².

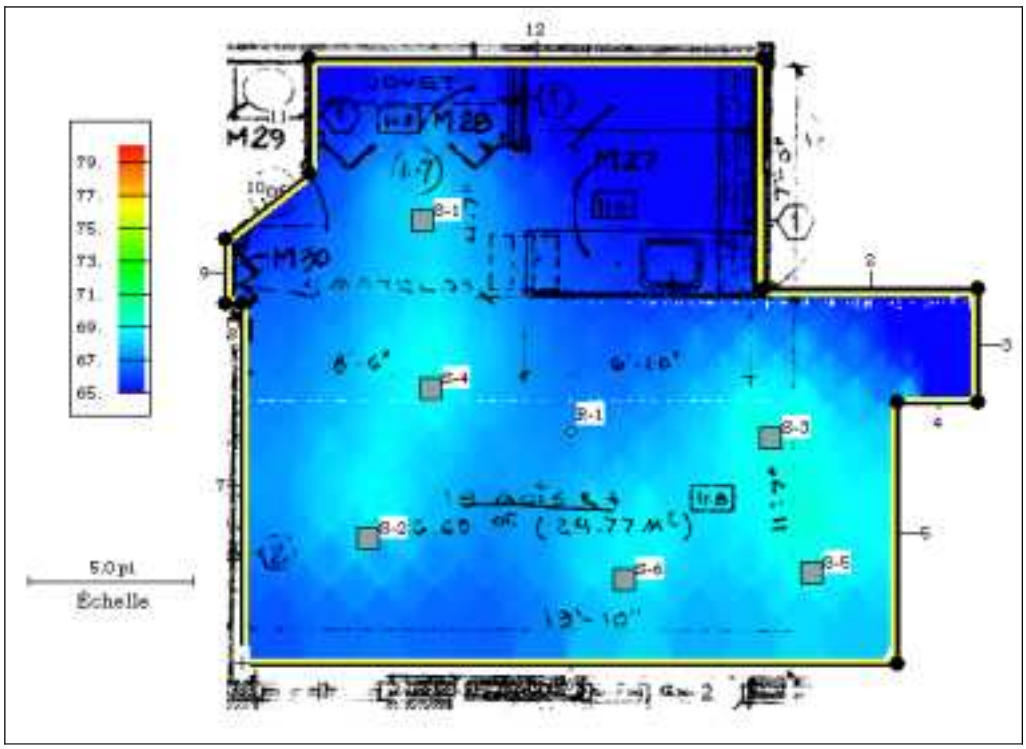


Figure 15 Carte de bruit prévu du local A-1 avec les traitements recommandés

Le Tableau 7 présente les niveaux de bruit prévu avec et sans traitement pour la période représentative.

[7] « In fact, for highly absorbant matérial computed values of Asba (estimated with) may exceed unity by as much as 20 to 30 %", ref. [9], section 4.

Tableau 7 Résultats de la simulation sur le RT60 et le niveau de bruit global

	Temps de réverbération RT60	Niveau de bruit global
Simulation sans traitement	0,70	**73,4**
Simulation avec traitement	0,23	**65,6**
Réduction	0,47	**7,8**

Comme il en a été question au paragraphe 5.2.1.25.2.1.2, l'analyse des résultats recueillis dans les locaux de tous les CPE au cours de l'étude a révélé qu'une diminution du temps de réverbération (RT60) dans un local entraînait une diminution indirecte du niveau de bruit global en modifiant le comportement des enfants et donc une réduction additionnelle du niveau de bruit résultant.

Le Tableau 8 présente l'effet de la diminution du niveau de bruit anticipé dû au changement de comportement.

Tableau 8 Effet anticipé de la diminution du RT60 sur le niveau de bruit émis par enfant

Delta RT60 [s]	Delta $L_{W(enfant)}$ [dB(A)]
0,47	**1,4**

Dans le cas idéal, on pourrait donc s'attendre à une diminution totale du niveau de bruit global $L_{eq(8h)}$ de 9,2 dB, soit 7,8 dB dû à l'absorption des matériaux acoustiques et 1,4 dB dû au changement de comportement des enfants.

6.2.2 Résultats anticipés pour l'ensemble des locaux considérés

Le même type d'analyse que précédemment a été effectué pour les deux locaux des 12 CPE sélectionnés.

En moyenne, le temps de réverbération avant traitement était de 0,67 seconde. Les réductions du temps de réverbération avec l'installation d'un plafond acoustique performant et une bande de matériau en périphérie devaient permettre de réduire le RT60 à 0,24 seconde, soit une réduction du temps de réverbération d'environ 0,44 seconde.

À puissance acoustique égale (c'est-à-dire même nombre d'enfants, même type d'activité, même dynamique comportementale, etc.), cette réduction du temps de réverbération devait apporter une réduction du niveau de bruit moyen d'environ 7 dBA. Ceci dit, le temps de réverbération semblant avoir l'effet de réduire le niveau de bruit moyen émis par les enfants d'environ 1 dB, globalement, une réduction moyenne de 8 dBA était anticipée pour l'ensemble des locaux.

Le Tableau 9 donne la moyenne des caractéristiques des 20 locaux considérées, le temps de réverbération (RT60) et le niveau de bruit moyen avant traitement, ainsi que le RT60 et le niveau de bruit anticipé avec les traitements recommandés (résultats théoriques).

Tableau 9 Caractéristiques moyennes et variations des locaux considérées

	Valeur moyenne	**Variation**
Surface totale (mur et plafond)	1 700 pi^2	1 140 à 3 100 pi^2
Surface plafond	440 pi^2	265 à 770 pi^2
Hauteur plafond	90 % entre 8 et 9 pieds	8 à 12 pieds
Volume total	4 100 pi^3	2 400 à 9 200 pi^3
Type de mur	Mur de gypse avec fenêtre	Vitre et autres surfaces dures telles que le plâtre
Surface plafond	Gypse	Autres surfaces dures (telles que le plâtre, trois locaux avec tuiles de plafond standard)
Niveau bruit avant traitement (moyenne sur deux jours)	74 dBA	77,6 à 71,5 dBA
Temps de réverbération **avant** traitement	RT60 = 0,67 sec.	RT60 = 0,99 à 0,43 sec.
Temps de réverbération anticipé avec les traitements recommandés (mur et plafond avec matériau ayant un CRB > 0,85)	RT60 = 0,24 sec.	RT60 = 0,20 à 0,32 sec.
Réduction de bruit anticipé (avec les traitements recommandés (mur et plafond avec matériau CRB > 0,85)	7 dBA*	4 à 8 dBA*

*Excluant la réduction due au changement de comportement des enfants

L'annexe A résume les résultats obtenus pour chacun des CPE considérés.

Un rapport d'analyse spécifique a été transmis à chacun des CPE en juillet 2003 afin que ceux-ci puissent procéder à l'implantation des travaux.

Tel que mentionné précédemment, neuf de ces douze CPE ont effectivement entrepris ces travaux. Certains des CPE ont réalisé les travaux dès l'automne 2003, mais la plupart ont été réalisés au printemps et à l'été 2004 et les derniers à la fin de l'automne 2004 et janvier 2005[8].

[8] Diverses raisons ont entraîné ces délais dont les autorisations relatives aux types de matériaux acoustiques autorisés (relativement aux problématiques d'hygiène), conception d'un plan d'architecte et validation auprès du Ministère de la Famille, des Aînés et de la Condition féminine.

7. RÉSULTATS OBTENUS

Pour évaluer l'efficacité des traitements implantés, des mesures des niveaux de bruit et de temps de réverbération ont été effectuées dans chaque CPE.

Une collecte d'informations a été effectuée pour connaître la qualité et la quantité de matériaux installés dans chacun des CPE, aspect nécessaire à l'analyse des résultats puisqu'ils ont évidemment un impact déterminant sur les résultats obtenus.

Rappelons que, comme pour les mesures avant l'implantation des traitements et en raison de la grande variabilité des niveaux sonores dans un même local de CPE (nombre d'enfants, type d'activités, humeur des enfants, etc.), les relevés acoustiques ont été effectués en continu pendant deux jours consécutifs. Pour chaque journée, une période de quelques heures correspondant aux périodes de fortes activités a été retenue pour fin de comparaison avec les niveaux sans traitement. Le but de cette méthode était de pouvoir s'affranchir au mieux des variations des niveaux de bruit dus aux changements d'activités ou de comportement des enfants.

Les relevés sonores ont été traités afin d'obtenir le niveau sonore moyen après traitement et de comparer ces résultats avec les niveaux sonores moyens mesurés avant l'installation des traitements.

Quant aux mesures de RT60, elles ont été effectuées en vue de déterminer la baisse du RT60 suite à l'installation des matériaux acoustiques et de calibrer les modèles acoustiques des locaux en vue de déterminer par calcul les réductions de bruit attribuables à cette diminution du RT60.

7.1 Exemple d'analyse détaillée du local A-1

Pour décrire le processus d'analyse effectué, nous présentons à titre d'exemple les analyses effectuées pour le local 1 du CPE A. Pour ce local, l'ensemble des recommandations faites pour réduire le bruit ont été implantées, à savoir :

- L'installation d'un plafond acoustique ayant un CRB de 0,90;
- L'installation d'une bande de panneaux acoustiques de deux pieds dans la partie supérieure des murs, ayant un CRB de 0,95

La Figure 16 montre les traitements implantés dans ce CPE.

Figure 16 Plafond acoustique avec une bande de panneaux acoustiques de 2 pieds de hauteur installés dans le local A-1

La Figure 17 présente les niveaux sonores en fonction du temps pour les périodes de mesures et donne le niveau sonore moyen correspondant durant les périodes d'activités bruyantes de ces journées.

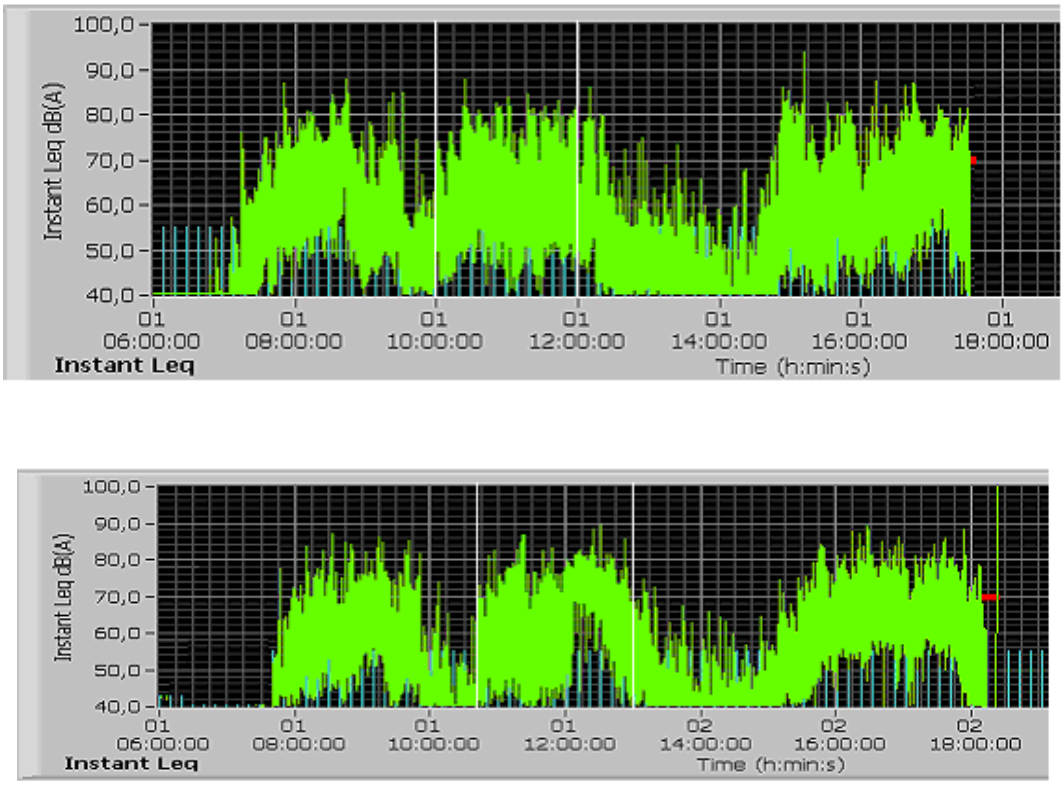


Figure 17 Niveaux sonores en fonction du temps du local A-1 les 27 février et 1er mars 2004

7.1.1 Niveaux sonores et réduction du bruit du local A-1

Pour les deux périodes de fortes activités considérées durant les deux journées de mesure, les niveaux de bruit ont été de 67,8 et 70,7 dBA, alors qu'ils avaient été de 74,2 et 73,4 dBA avant les traitements les 21 et 22 mai 2003. Les traitements acoustiques ont donc apporté une réduction d'environ 4,2 dBA pour les périodes de fortes activités.

Il est intéressant de noter que des réductions de bruit ont été obtenues, même avec une augmentation du nombre d'enfants. En effet, lors de la 2e journée, 8 enfants étaient dans le local, et le niveau de bruit moyen durant cette journée (70,7 dBA) a été inférieur aux niveaux de bruit moyens mesurés avec 5 et 6 enfants (74, 2 et 73,4 dBA) avant le traitement du local.

Tableau 10 Niveau sonore moyen pour les seules périodes de fortes activités dans le local A-1

Avant traitement	**21 mai 2003**	**22 mai 2003**	**Moyenne**
$L_{eq(8h)}$ Type (dBA)	74,2	73,4	73,8
Nb Enfant (moyen)	5	6	6
Après traitement	**27 février 2004**	**1 mars 2004**	**Moyenne**
$L_{eq(8h)}$ Type (dBA)	67,8	70,7	69,6
Nb Enfant (moyen)	5	8	7
Réduction moyenne mesurée			**4,2**

La sélection des « périodes d'activités les plus bruyantes » s'est en pratique révélée assez subjective, ces périodes d'activités bruyantes n'apparaissant pas toujours clairement sur les graphiques des niveaux sonores en fonction du temps. Ces périodes n'apparaissent pas nécessairement à la même heure de la journée et n'ont pas nécessairement la même durée, comme on l'avait supposé lors de la mise au point de la méthodologie d'analyse au début du projet.

7.1.2 Niveaux sonores moyens et réduction moyenne sur les deux journées de mesure

La sélection des périodes de fortes activités apparaissant quelque peu arbitraire, il est apparu nécessaire d'évaluer également les niveaux sonores moyens sur l'ensemble des deux journées pour valider l'importance des réductions de bruit obtenues.

Les niveaux sonores moyens des deux journées de mesures ont donc également été évalués pour les cas avant et après l'installation des traitements. Le Tableau 11 présente ces résultats. Le niveau de bruit moyen après traitement a été de 66,5 dBA alors qu'il était de 72,2 dBA avant le traitement. La réduction du niveau de bruit moyen sur l'ensemble des deux journées de mesures a été de 5,7 dBA.

Tableau 11 Niveau sonore moyen pour l'ensemble des deux journées de mesures dans le local A-1

	Niveau dBA
Lp moyen avant traitement	72,2
Lp moyen après traitement	66,5
Réduction	**5,7**

La réduction du bruit évaluée à partir des niveaux sonores mesurés dans le local est toutefois approximative, les niveaux de bruit moyens émis par les enfants n'étant pas nécessairement identiques pour les situations avant et après traitement. Le type d'activité, l'humeur générale des enfants, leur nombre et leur âge, la dynamique apportée par l'éducatrice, etc. ont pu causer des variations de puissance acoustique émise par les enfants.

Un des moyens d'évaluer les réductions de bruit apportées par les traitements acoustiques en s'affranchissant des possibles variations des niveaux de bruit émis par les enfants est d'effectuer des simulations en utilisant des modèles calibrés avec les mesures du temps de réverbération (ou RT60).

7.1.3 Réduction de bruit estimée à partir des mesures de RT60

Plus le temps de réverbération d'un local est faible, plus le niveau sonore moyen généré dans ce local par une source donnée sera faible. Aussi, en réalisant deux modèles acoustiques du local ayant des temps de réverbération correspondant respectivement au temps de réverbération mesuré avant et après l'implantation des traitements et en utilisant des sources de même puissance acoustique, il est possible d'évaluer de façon relativement précise la réduction de bruit apportée par ces traitements.

Le temps de réverbération mesuré avant et après l'implantation des traitements acoustiques a donc été utilisé pour calibrer les modèles acoustiques. La Figure 18 présente les temps de réverbération en fonction de la fréquence mesuré avant (RT60 = 0,65) et après (RT60 = 0,33) l'implantation des traitements. Cette figure donne également les RT60 des modèles informatiques (traits pointillés) pour le cas avant et le RT60 anticipé si les traitements acoustiques recommandés avaient été implantés (RT60 = 0,23 sec.).

Comme on peut le constater, l'installation des traitements acoustiques a permis de réduire significativement le RT60 du local (de 0,65 à 0,33 sec.). Cette diminution a été toutefois légèrement moins importante que celle anticipée avec les traitements recommandés (RT60 = 0,23 sec.).

Pour évaluer la réduction du niveau de bruit apportée par les traitements acoustiques tel qu'ils ont été implantés, les coefficients d'absorption des tuiles acoustiques de plafond (et panneaux installés sur les murs le cas échéant) utilisés dans les modèles informatiques ont été ajustés afin d'obtenir un temps de réverbération théorique correspondant au temps de réverbération mesuré expérimentalement. La courbe de RT60, obtenue avec le modèle calibré, correspond à la courbe 'simulation calibrée' de la Figure 18.

Après avoir obtenu une courbe de RT60 correspondant au RT60 mesuré, le modèle a été utilisé pour évaluer l'efficacité de traitements acoustiques. Cette évaluation s'effectue en calculant la carte de bruit généré par X sources de bruit (représentant les X enfants dans le local) avec les traitements acoustiques. Cette carte de bruit peut, par la suite, être comparée avec celle obtenue pour la situation sans traitement pour les mêmes X sources de bruit. Entre les deux cas, seules les conditions de propagation dans le local sont différentes (le nombre et la puissance acoustique des X sources restant rigoureusement les mêmes), la différence entre les deux simulations

correspond uniquement à la réduction de bruit moyenne apportée par les traitements acoustiques du local.

La Figure 19 donne la carte de bruit obtenue avec le modèle calibré. Le niveau de bruit moyen obtenu est d'environ 67,2 dBA. En comparant ces résultats avec ceux obtenus avec les niveaux de bruit moyens avec le modèle pour le cas sans traitement, 73 dBA, on peut établir que, pour des sources acoustiques constantes, la réduction de bruit moyenne apportée par les traitements implantés est de l'ordre de 5,8 dBA.

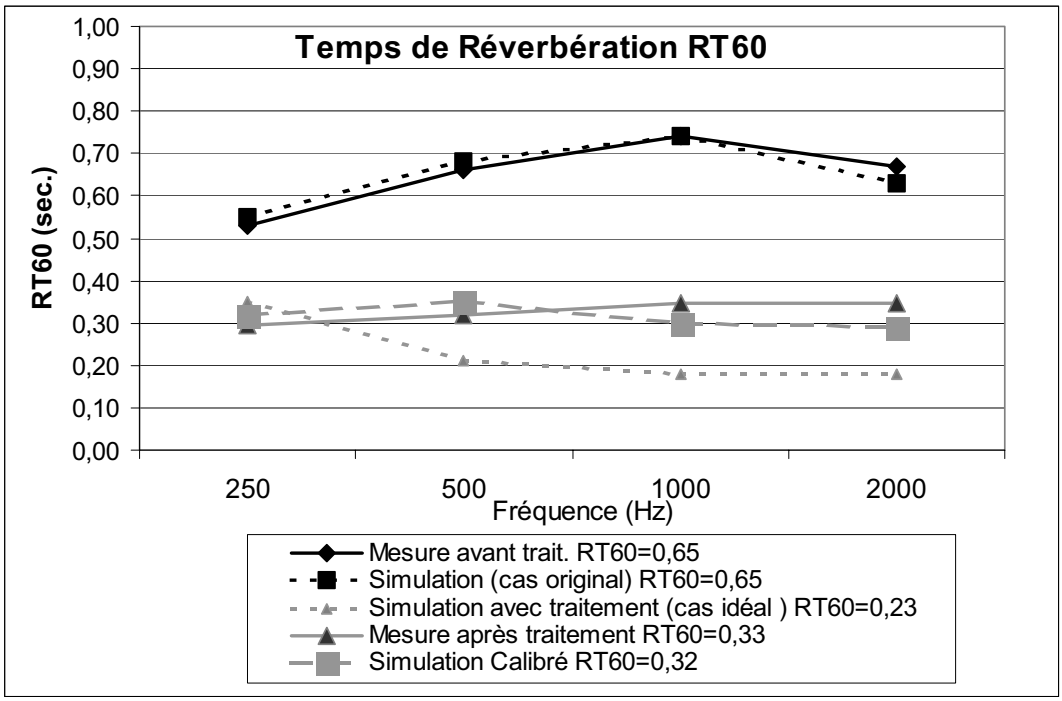


Figure 18 Temps de réverbération en fonction de la fréquence du local A-1

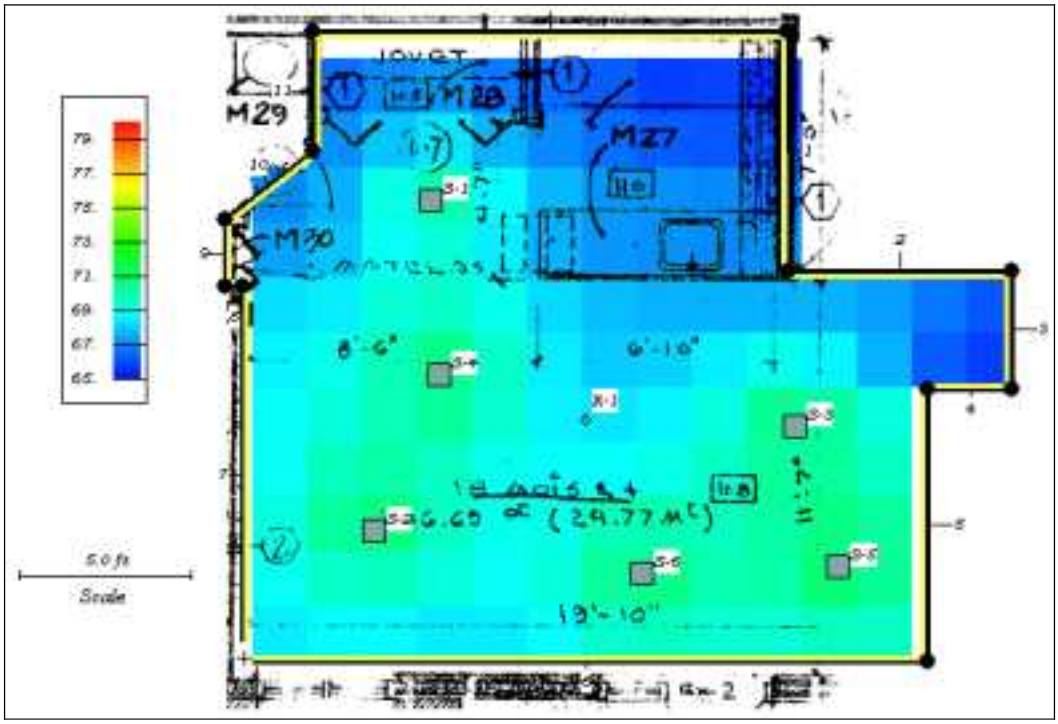


Figure 19 Carte de bruit du local avec traitement anticipé du local A-1

Conclusion des analyses pour le local A-1

- Réduction du temps de réverbération RT60

L'installation des traitements acoustiques a permis de réduire le temps de réverbération de 0,65 à 0,33 sec., soit une diminution très appréciable d'environ 50%. Cette diminution a été toutefois légèrement moins importante que celle anticipée par la simulation initiale (RT60 = 0,23 sec.).

- Réduction des niveaux de bruit

La réduction de bruit est de :

4,2 dBA si on utilise le niveau sonore moyen mesuré durant les périodes de fortes activité[9].

5,7 dBA, si on considère le niveau sonore moyen mesuré sur 2 jours[8]

5,8 dBA, si on utilise les réductions de bruit simulées à partir des réductions de temps de réverbération mesurées, sans considération de la réduction de bruit due au changement de comportement des enfants. Avec la réduction éventuelle

[9] Cette réduction de bruit mesurée comprend l'éventuelle réduction de bruit due au changement de comportement.

attribuable au changement de comportement, environ 1,2 dB, la réduction totale serait d'environ 7 dB

Ces réductions de bruit obtenues sont significatives, mais moins importantes que celles anticipées au départ par simulation, soit 7,8 dBA, en excluant la réduction due au changement de comportement et 9,2 dB, en incluant ce changement de comportement.

Plusieurs raisons peuvent expliquer ces écarts dans les résultats dont la variabilité des sources de bruit (enfants) d'une journée à l'autre, la précision des informations concernant les coefficients d'absorption des matériaux acoustiques installés et les limites des modèles de simulation.

L'analyse de l'ensemble des résultats obtenus sur les 18 locaux traités permet de confirmer certaines tendances et, donc, de préciser l'effet des traitements acoustiques suggérés.

7.2 Résultats obtenus pour l'ensemble des CPE

7.2.1 Variété des traitements implantés

Dans les faits, la quantité et la qualité acoustique des matériaux utilisés pour les implantations se sont avérées relativement variables d'un CPE à l'autre. D'une part, certains CPE ont opté pour des matériaux ayant un coefficient de réduction du bruit (CRB) optimum de 1,0 et d'autres CPE ont choisi des matériaux ayant un CRB de 0,95; 0,90; 0,85; 0,75 et même 0,55 pour le plafond. D'autre part, en ce qui concerne les traitements de la partie supérieure des murs qui avaient été recommandés, certains CPE ont réalisé les travaux recommandés, certains ne l'ont fait que partiellement ou pas du tout.

Le Tableau 12 résume la quantité et la qualité acoustique des matériaux installés dans les différents CPE. Les cinq premières colonnes donnent le CRB et la surface des matériaux acoustiques installés au plafond et sur la partie supérieure des murs. La dernière colonne présente le nombre de Sabine ***Sab*** *installé* dans chaque local. Le nombre de Sabine ajouté correspond à la quantité d'absorption ajoutée dans le local, soit la surface en pi^2 des nouveaux matériaux multipliée par la différence d'absorption entre les nouveaux et les anciens matériaux :

Sab *ajouté* =

Surface pi^2 (installée plafond) x [CRB (panneau acoustique) – CRB (ancien plafond)] + Surface pi^2 (installée murs) x [CRB (panneau acoustique)- CRB (mur initial)]

Remarque :

À titre d'information, l'avant dernière colonne du Tableau 12 donne le nombre de Sabine ***Sab*** *installé*, la quantité d'absorption des nouveaux matériaux installés, sans considérer l'absorption des matériaux retirés ou recouverts par ces nouveaux matériaux. Notez également que les diverses mesures de RT60 et simulations effectuées dans le cadre de cette étude ont montré que le CRB des murs et du plafond de gypse peut être estimé égal à CRB=0,13.

Tableau 12 Quantité et qualité acoustique des matériaux installés dans les locaux traités

Locaux	CRB plafond	Surface plafond pi^2	CRB mur	Surface recommandée murs pi^2	Surface installée murs pi^2	*Sab installé*	*Sab ajouté*
A-1	0,90	320,0	0,95	162,0	162,0	442	379
A-2	0,90	372,0	0,95	157,0	158,0	485	416
B-1	0,90	293,0	0,75	126,0	20,0	279	238
B-2	0,90	338,0	0,75	120,0	44,0	337	288
C-1	0,95	460,0	0,75	168,0	52,0	476	409
C-2(1)	0,95		0,75			0	0
D-1	1,00	293,0	1,00	124,0	64,0	357	311
D-2	1,00	343,0		124,0		343	298
E-1	0,85	540,0	0,80	180,0	180,0	603	509
E-2	0,85	650,0	0,80	190,0	190,0	705	595
F-1	0,90	422,0	0,75	143,0	24,0	398	340
F-2	0,90	355,0	0,75	140,0	40,0	350	298
G-1	0,95	300,0		100,0		285	246
G-2	0,95	700,0		100,0		665	574
H-1(2)	0,55	595,0		202,0		327	30
H-2(2)	0,55	595,0		210,0		327	30
I-1(2)	0,85	300,0	0,85	120,0	85,0	327	166
I-2	0,85	433,0	0,85	175,0	99,0	452	383

(1) Le local C-2, considéré lors de l'étude, n'a pas été celui qui a été traité. Au lieu du C-2, un autre local, le C-3, a été traité.

(2) Pour ces trois locaux, il y avait déjà une tuile acoustique standard au plafond (CRB estimé à 0,50) avant l'implantation des nouveaux traitements. De plus, les nouvelles tuiles acoustiques installées au plafond des locaux H-1 et H-2 n'ont qu'un CRB de 0,55.

Comme le montrent les analyses ci-dessous, la grande variabilité de la qualité et de la quantité des traitements implantés au cours de ce projet a permis de bien démontrer l'effet de la qualité d'une intervention sur le résultat final.

7.2.2 Réductions des temps de réverbération RT60 pour l'ensemble des locaux

Les temps de réverbération mesurés avant et après l'implantation des traitements acoustiques sont donnés au Tableau 13 et au Tableau 14**.** Les valeurs de RT60 mesurées sont données à la dernière colonne de chaque tableau. La moyenne des temps de réverbération était de 0,70 sec. avant l'implantation des traitements. Après l'implantation des traitements, la moyenne des temps de réverbération est de 0,35 sec. Il s'agit donc d'une diminution de 50 % du temps de réverbération.

Un examen des résultats révèle qu'avant traitement la majorité des RT60 se situaient entre 0,99 sec. et 0,50 sec. Seuls trois locaux avaient des temps de réverbération inférieurs à 0,5 sec. Deux de ceux-ci possédaient déjà des tuiles acoustiques (H-2 et I-1). Les résultats après traitement indiquent des RT60 tous inférieurs à 0,5 sec.

Outre les valeurs mesurées de RT60, chaque tableau donne l'estimé du RT60 évalué avec l'équation de Sabine, soit :

$$\boldsymbol{RT60 = 0{,}049 \times V / Sab} \qquad (1)$$

Où ***V*** est le volume du local en pieds cube et ***Sab*** est le nombre de Sabine représentant la quantité d'absorbant du local. Cette valeur peut être estimée avec :

Sab = Surface plafond pi^2 x CRB (plafond) + Surface mur pi^2 x CRB (mur) +

Surface plancher pi^2 x CRB (plancher) + Absorption de l'encombrement

Le CRB des murs de gypse et des planchers pouvait être estimé à environ CRB=0,13. L'absorption due à l'encombrement du local représente quant à lui l'absorption provenant des objets présents dans le local. Ce coefficient est proportionnel au coefficient d'absorption moyen de ces objets multiplié par la densité de ces objets dans le local. L'absorption provenant de l'encombrement est difficile à quantifier de façon précise. Toutefois, à la suite de l'analyse des temps de réverbération et des simulations effectuées dans les 40 locaux des CPE, on a pu établir que, pour les locaux typiques des CPE, l'absorption due à l'encombrement peut être estimée avec :

Absorption de l'encombrement = Volume local pi^3* 0,01

Où 0,01 correspond à un coefficient d'absorption moyen par unité de volume. Le Tableau 13 et le Tableau 14 donnent, pour chacun des CPE : le nombre de Sabine pour les surfaces (mur, plafond et plancher), le nombre de Sabine attribuable à l'encombrement, ainsi que le RT60 théorique résultant.

Tableau 13 Temps de réverbération AVANT l'implantation des traitements : mesures et estimés selon l'équation de Sabine

Locaux	Vol. pi^3	Haut pi	Surf. plaf. pi^2	Surf. mur pi^2	Sab surf. estimé (Alpha moyen=0,13)	Sab encombrement estimé (Vol * 0,01)	Sab total estimé avant traitement	RT60 estimé (selon Sab)	RT60 mesuré avant traitement
A-1	3036,0	9,0	336,0	731	182,4	30,1	212,5	**0,70**	**0,65**
A-2	3200,0	9,0	356,0	752	190,3	31,7	222,1	**0,71**	**0,69**
B-1	2560,0	8,0	316,0	627	163,7	25,4	189,1	**0,66**	**0,54**
B-2	2716,0	8,0	339,0	594	165,4	26,9	192,3	**0,69**	**0,64**
C-1	4394,0	8,0	488,0	846	236,9	43,6	280,4	**0,77**	**0,96**
D-1	2391,0	9,0	265,0	611	148,3	23,7	172,0	**0,68**	**0,67**
D-2	3156,0	9,0	348,0	701	181,6	31,3	212,9	**0,73**	**0,68**
E-1	5040,0	9,0	553,0	894	260,0	50,0	310,0	**0,80**	**0,66**
E-2	6130,0	9,0	681,1	949	300,4	60,8	361,2	**0,83**	**0,72**
F-1	3321,0	8,0	415,1	709	200,1	32,9	233,0	**0,70**	**0,59**
F-2	3053,0	8,0	381,6	652	184,0	30,3	214,2	**0,70**	**0,99**
G-1	3518,0	10,5	335,0	775	187,9	34,9	222,7	**0,77**	**0,66**
G-2	9200,0	12,0	766,7	1567	403,0	91,3	494,3	**0,91**	**0,84**
H-1	6253,0	10,5	595,0	1052	511,6	62,0	573,6	**0,53**	**0,53**
H-2	6253,0	10,5	595,0	1052	511,6	62,0	573,6	**0,53**	**0,46**
I-1	2558,0	8,0	319,8	607	280,3	25,4	305,7	**0,41**	**0,43**
I-2	2935,0	8,0	366,9	861	207,4	29,1	236,5	**0,61**	**0,56**
							Moyenne	**0,69**	**0,70**

* Les locaux H-1, H-2 et I-1. avait déjà une tuile acoustique standard au plafond avant l'implantation des nouveaux traitements. De plus, les nouvelles tuiles acoustiques installées au plafond des locaux H-1 et H-2 n'ont qu'un CRB de 0,55.

Tableau 14 Temps de réverbération APRÈS l'implantation des traitements : mesures et estimés selon l'équation de Sabine

					Nouveau nombre de Sabine (*Sab*)				RT60	
Locaux	**Vol. pi^3**	**Haut pi**	**Surf. plaf. pi^2**	**Surf. mur pi^2**	**Nouveau matériau**	**Autres surfaces**	**Sabine volume**	**Sab total avec traitement**	**estimé d'après Nb de Sabine**	**mesure**
A-1	3036	9,0	336	731	442	118	30	590	0,25	0,33
A-2	3200	9,0	356	752	485	124	32	640	0,24	0,36
B-1	2560	8,0	316	627	279	120	25	424	0,30	0,28
B-2	2716	8,0	339	594	337	116	27	480	0,28	0,28
C-1	4394	8,0	488	846	476	167	44	686	0,31	0,34
D-1	2391	9,0	265	611	357	106	24	486	0,24	0,35
D-2	3156	9,0	348	701	343	136	31	511	0,30	0,39
E-1	5040	9,0	553	894	603	165	50	818	0,30	0,34
E-2	6130	9,0	681	949	705	187	61	952	0,32	0,40
F-1	3321	8,0	415	709	398	143	33	574	0,28	0,31
F-2	3053	8,0	382	652	350	129	30	509	0,29	0,44
G-1	3518	10,5	335	775	285	144	35	464	0,37	0,32
G-2	9200	12,0	767	1567	665	303	91	1060	0,43	0,44
H-1	6253	10,5	595	1052	327	214	62	603	0,51	0,46
H-2	6253	10,5	595	1052	327	214	62	603	0,51	0,42
I-1	2558	8,0	320	607	327	109	25	462	0,27	0,27
I-2	2935	8,0	367	861	452	147	29	628	0,23	0,27
								Moyenne	**0,32**	**0,35**

* Le local H-2 a été divisé en deux lors des rénovations. Les temps de réverbération avant et après les rénovations ne sont donc pas directement comparables. Les résultats des mesures sont donc présentés à titre d'information seulement.

La **Figure 20** compare les RT60 mesurés et calculés avec l'équation de Sabine, pour les cas avant traitement. Ces résultats montrent une assez bonne corrélation entre les RT60 mesurés et les valeurs calculées à partir de l'équation de Sabine. Toutefois, deux points présentent une moins bonne corrélation. Ces deux points correspondent à des locaux ayant très peu d'encombrement, comme le montre à titre d'exemple la photo de la **Figure 22**. Dans de tels locaux (très peu encombrés), il y a peu d'absorption provenant des réflexions sonores et des diffusions sur les objets. Il aurait donc été plus approprié de considérer un coefficient d'absorption d'encombrement égal à zéro. Les RT60 calculés avec un coefficient d'encombrement nul sont les points noirs sur le graphique.

La **Figure 21** compare les RT60 mesurés et calculés pour les cas après traitement. Là aussi, la corrélation est très bonne. Ces résultats montrent donc que l'équation de Sabine permet d'obtenir un estimé relativement représentatif du temps de réverbération avant et après traitement.

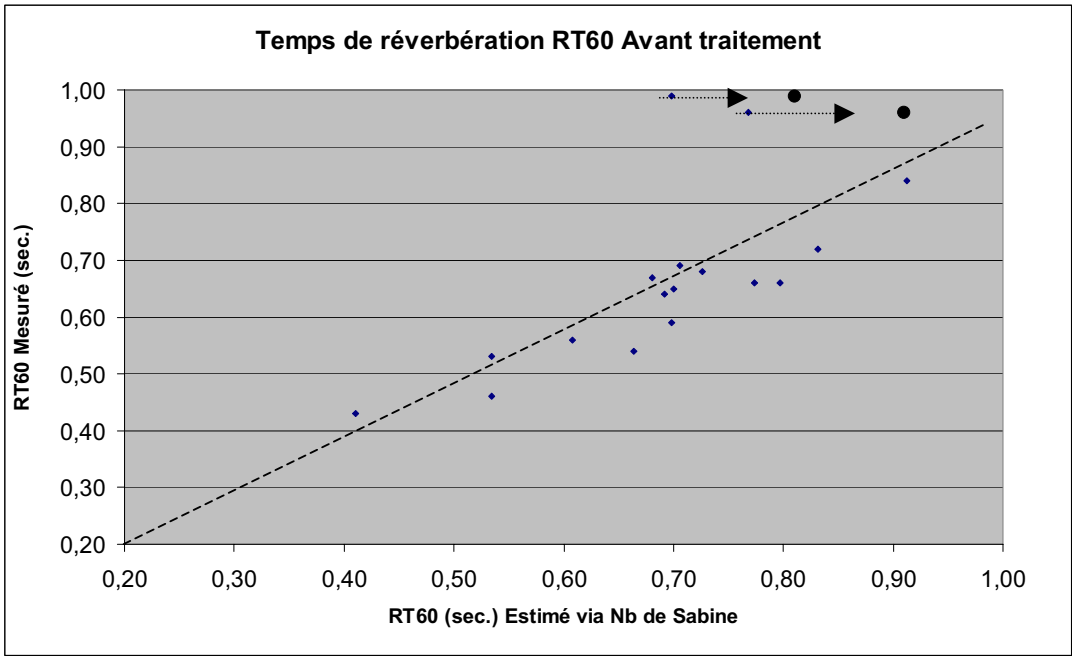


Figure 20 RT60 avant traitement; valeurs mesurées vs valeurs calculées avec l'équation de Sabine

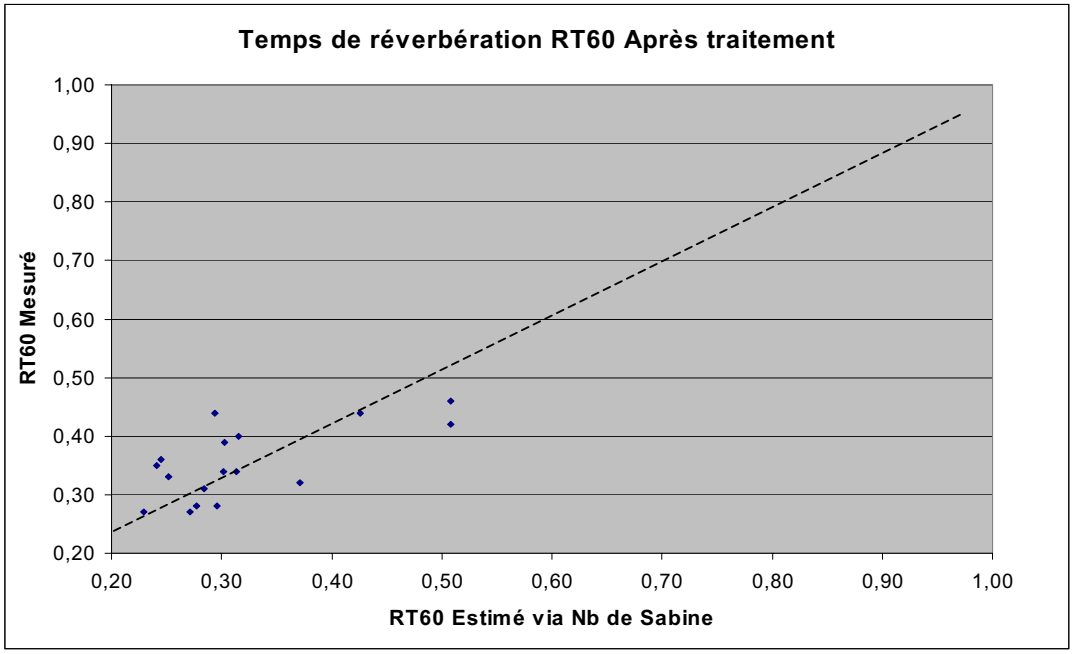


Figure 21 RT60 après traitement; valeurs mesurées vs calculées avec l'équation de Sabine

Figure 22 Photo du local F-1, local ayant peu d'encombrement et de surfaces absorbantes

Figure 23 Photo du local F-2, local ayant un encombrement typique des locaux de CPE

7.2.3 Réductions des niveaux de bruit pour l'ensemble des locaux

Pour chacun des locaux traités, l'estimation des réductions de bruit a été effectuée tel que précédemment, soit:

1. À partir du niveau sonore moyen pour les périodes de fortes activités;
2. À partir des niveaux sonores moyens mesurés sur une période de deux jours;
3. À l'aide de simulations utilisant des modèles calibrés basés sur les temps de réverbération mesurés.

Le Tableau 15 résume les résultats obtenus pour chacun des locaux. Ces résultats montrent, hors de tout doute, que les traitements acoustiques implantés ont apporté des réductions significatives des niveaux de bruit.

La dernière ligne du tableau donne les valeurs moyennes obtenues pour l'ensemble des locaux, excluant les trois cas en grisé (locaux H-1, H-2, et I-1) qui représentent des situations particulières[10]. Les niveaux de bruit moyens mesurés dans l'ensemble des CPE sont passés d'environ 76-75 à 69-68 dBA.

Selon la méthode d'évaluation, les réductions de bruit obtenues sont quelque peu différentes :

1. 7,5 dBA (évaluation basée sur les mesures en périodes de fortes activités)
2. 5,9 dBA (évaluation basée sur le niveau sonore moyen mesurés sur deux jours)
3. 4,3 dBA (évaluation basée sur la réduction des temps de réverbération)

La réduction de bruit moyenne, estimée à partir des temps de réverbération (4,3 dB), apparaît être moins forte de 1,6 dB que la réduction de bruit mesurée sur deux jours (5,9 dB) et de plus de 3 dB par rapport à la réduction de bruit moyenne mesurée pour les périodes de fortes activités (7,5 dB).

Ceci dit, les réductions de bruit mesurées présentent d'importantes variations d'un local à l'autre (de 1 à 13 dB selon le cas), variations qui ne peuvent s'expliquer uniquement par les différences de traitements acoustiques implantés. Dans les faits, une bonne partie de ces variations proviennent d'autres facteurs : changements du nombre d'enfants, du type d'activité, comportement des enfants, etc. Ainsi, la réduction moyenne obtenue pour l'ensemble des locaux est sans doute significative, même si les réductions de bruit de chaque local, obtenues spécifiquement à partir des mesures avant et après traitement, ne sont pas nécessairement représentatives malgré toutes les précautions prises pour cette évaluation (durée des mesures, analyses des périodes de fortes activités, etc.).

[10] Dans le cas de ces 3 locaux, il y avait déjà une tuile acoustique standard au plafond ; De plus, les nouvelles tuiles acoustique installées au plafond locaux des locaux H-1 et H-2, n'ont qu'un CRB de 0,55.

Les réductions calculées à partir des temps de réverbération sont *a priori* plus représentatives de l'effet des différents traitements implantés dans chaque local, puisque cette évaluation a été obtenue avec une source de bruit calibrée et contrôlée.

Les réductions estimées par cette méthode vont de 3,3 à 5,8 dB (excluant les cas particuliers des locaux H-1, H-2 et I-1), variations qui, comme on le verra à la section 7.2.4, s'expliquent par les différences des traitements implantés.

La réduction de bruit moyenne (4,3 dB) calculée à partir du temps de réverbération est toutefois inférieure de 1,5 à 3 dB aux réductions mesurées dans les locaux. Les résultats tendent à confirmer que la diminution du temps de réverbération a non seulement un effet physique de réduction de la propagation du son dans le local, mais que la réduction du RT60 a également un effet sur le comportement des enfants (voir section 5.2.1.2).

Tableau 15 Réductions de bruit obtenues pour les différents locaux traités

Locaux	Niveau sonore moyen lors de périodes d'activités intenses			Niveau sonore moyen global sur deux jours			Niveau sonore d'après RT60		
	Avant	Après	Réduction	Avant	Après	Réduction	Avant	Après	Réduction
A-1	73,8	69,6	4,2	72,2	66,5	5,7	73,0	67,2	5,8
A-2	-	-	-	-	-	-	76,2	70,9	5,3
B-1	75,0	73,0	2,0	73,4	72,3	1,1	74,8	71,6	3,2
B-2	76,0	69,4	6,6	73,4	69,4	4,0	75,0	70,6	4,4
C-1	82,6	63,6	19,0	75,2	62,5	12,7	80,7	75,3	5,4
D-1	78,8	71,4	7,4	75,3	69,6	5,7	77,5	73,1	4,4
D-2	75,0	72,7	2,3	77,6	69,8	7,8	72,8	69,8	3,0
E-1	75,9	63,9	12	72,9	60,5	12,4	75,8	71,0	4,8
E-2	75,1	70,7	4,4	72,4	65,7	6,7	75,5	71,4	4,1
F-1	78,9	69,6	9,3	73,9	72,4	1,5	78,7	75,0	3,7
F-2	76,6	69,9	6,7	74,7	71,5	3,2	77,6	72,7	4,9
G-1	76,0	66,4	9,6	75,7	68,3	7,4	76,4	72,6	3,8
G-2	76,9	68,0	8,9	75,3	66,3	9,0	76,3	73,0	3,3
H-1	-	-	-	-	-	-	75,2	73,9	1,3
H-2**	74,8	*73,3*	1,5	73,5	*70,2*	3,3	*73,7*	*72,8*	*1,1*
I-1	75,2	71,6	3,6	72,4	72,1	0,3	74,8	72,5	2,3
I-2	-	70,9	-	71,5	71,2	0,3	73,1	68,7	4,4
Moyenne*	**76,0**	**69,2**	**7,5**	**74,1**	**68,2**	**5,9**	**76,0**	**71,6**	**4,3**

* Excluant les locaux H-1, H-2, et I-1. Pour ces 3 locaux, il y avait déjà une tuile acoustique standard au plafond avant l'implantation des nouveaux traitements. De plus, les nouvelles tuiles acoustiques installées au plafond des locaux H-1 et H-2 n'ont qu'un CRB de 0,55. Par ailleurs, le local H-2 a été divisé en deux lors des rénovations. Les niveaux sonores avant et après les rénovations ne sont donc pas directement comparables, la surface du local et le nombre d'enfants dans le local ayant été modifiés. Les résultats des mesures sont donc présentés à titre d'information seulement. Les résultats des simulations correspondent au cas du local divisé, avec et sans les nouvelles tuiles acoustiques.

Notez également que les relevés sonores dans certains CPE ne sont pas disponibles (éléments du tableau avec « - ») ; les systèmes d'acquisition n'ayant pas fonctionné correctement.

7.2.4 Estimation des réductions de bruit en fonction des traitements implantés

Tel que mentionné à la section 7.2.1 la quantité et la qualité des matériaux acoustiques implantés dans les 18 locaux traités ont été très variables. Aussi, il n'est pas surprenant d'obtenir une efficacité de traitement très variable d'un local à l'autre et d'un CPE à l'autre.

Les résultats ont par ailleurs montré que le traitement acoustique apportait deux types de réduction :

b. La réduction de la propagation sonore par absorption (***R**abs*)

c. La réduction de bruit apportée par les changements de comportement (***R**comp*)

A) La réduction de la propagation sonore par absorption

Diverses analyses ont été effectuées en vue de mettre en évidence une relation simple, mais significative entre les réductions de bruit obtenues et les traitements acoustiques implantés.

La Figure 24 présente un des résultats qui s'est avéré le plus significatif, soit la réduction de bruit obtenue en fonction de l'augmentation du coefficient d'absorption moyen du local, $\Delta\alpha$. Comme on peut le constater, il existe une relation assez forte entre l'augmentation du coefficient d'absorption moyen et la réduction de bruit obtenue, relation représentée par la ligne pointillée sur la Figure 24.

La réduction de bruit moyenne apportée par un traitement acoustique dans un local typique d'un CPE peut être estimée par l'équation suivante:

$$\boldsymbol{R}abs = 18{,}5 \times \boldsymbol{\Delta\alpha}\ dBA \qquad (2a)$$

Remarque:

L'utilisation de la méthode statistico-énergétique basé sur l'équation de Sabine pourrait également être utilisée pour d'estimer la réduction de bruit due au changement d'absorption.

Réduction du champ réverbérant = Lp (réverbérant sans traitement) - Lp(rev. avec traitement)

$$= 10 * Log10\ (4/S\alpha) - 10 * Log10\ (4/S\alpha')$$

$$\boldsymbol{R}abs = 10 * Log10\ (S\alpha'/\boldsymbol{S}\alpha)\ dBA$$

Ou encore $$\boldsymbol{R}abs = 10 * Log10\ (\alpha+\boldsymbol{\Delta\alpha})/\alpha)\ dBA \qquad (2b)$$

L'annexe C compare les résultats expérimentaux et les résultats théoriques obtenus avec les 2 formulations (éq. 2a et 2b). Le coefficient de corrélation théorie-expérience pour l'équation 2a est de 90 %, alors qu'il est de 0,89 avec l'équation 2b. Les résultats sont donc très similaires. Pour faciliter les calculs, on suggère d'utiliser l'équation 2a qui permet d'éviter l'utilisation de fonction mathématique pouvant apparaître complexes pour les administrateurs de CPE.

L'augmentation du coefficient d'absorption moyen $\Delta\alpha$ peut être estimée en calculant le nombre de Sabine ***Sab*** *installé* correspondant à la quantité d'absorption ajoutée dans le local soit :

$$\Delta\alpha = (\textbf{Sab}\ \textit{installé} + \textbf{Sab}\ \textit{résiduel}) \,/\, \textit{Surface totale local} - \alpha' \qquad (3)$$

où :

Sab *installé = Surface plafond x CRB tuile plafond + Surface de matériau sur les murs x CRB matériau mur*

Sab *résiduel* = somme des surfaces non traitées du local, multipliée par le coefficient d'absorption moyen de l'ensemble de cette surface

Surface totale local = Surface des murs, du plancher et du plafond inclus

α' : coefficient d'absorption moyen du local avant traitement

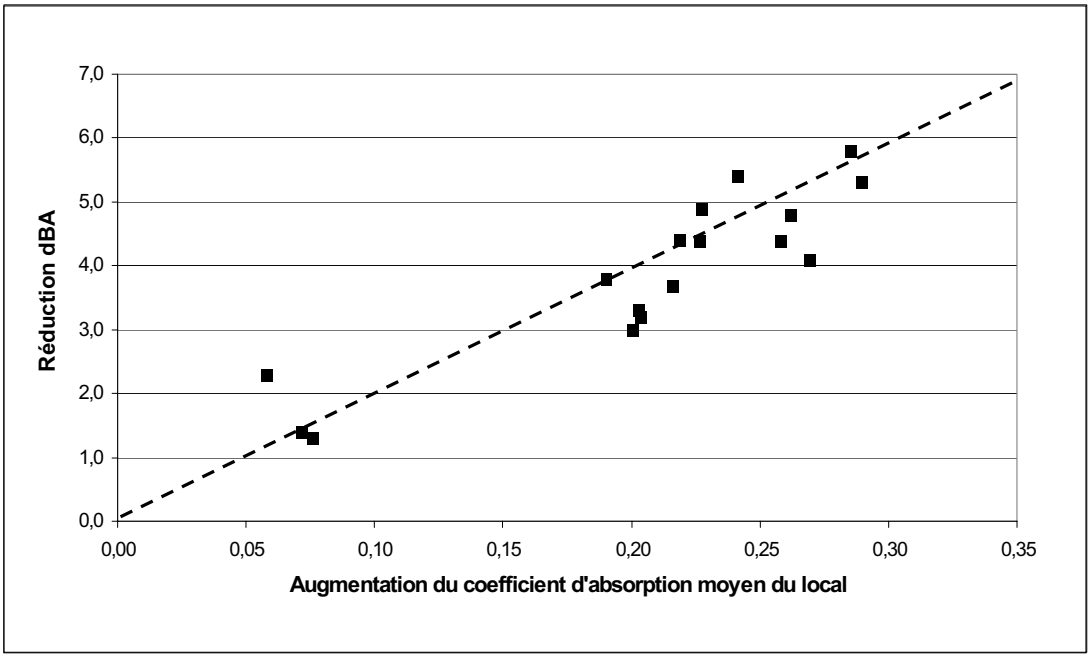


Figure 24 Réduction du niveau de bruit (pour une source constante) en fonction de l'augmentation du coefficient d'absorption moyen dans le local

Pour les surfaces rigides typiques rencontrées dans les CPE (mur de gypse, fenêtre, plancher de tuile), l'expérience a montré que le coefficient d'absorption moyen de ce type de local est d'environ $\alpha' = 0{,}13$. Aussi, pour ce type de local (n'ayant au départ aucun traitement ou matériau acoustique sur les murs et/ou au plafond), l'augmentation du coefficient d'absorption moyen $\Delta\alpha$ peut être obtenu avec :

$$\Delta\alpha = \left[\left(\textbf{Sab}\ \text{installé} + (\text{Surface totale local} - \text{Surface traitée}) \times 0{,}13\right) / \text{Surface totale local}\right] - 0{,}13 \qquad (4)$$

la surface traitée étant la surface du plafond et du mur traité s'il y a lieu.

B) Réduction due au changement de comportement, **R**comp

La réduction de bruit moyenne due au changement de comportement est difficilement quantifiable de façon rigoureuse. Cette réduction dépend sans doute de plusieurs paramètres physiques (nombre d'enfants, grandeur du local, temps de réverbération réf. 5.2.1.2), mais aussi de facteurs humains et/ou sociaux.

Dans ce contexte, la réduction de bruit due au changement de comportement sera une simple estimation basée sur les résultats expérimentaux obtenus dans cette étude.

Sachant que :

a. La puissance acoustique émise par les enfants peut varier de 2 à 3 dB selon la valeur du temps de réverbération (réf. Figure 10);

b. Les réductions de bruit moyennes mesurées (et donc comprenant les réductions dues au comportement) ont été de 7,5 et 5,9 dB, alors que la réduction calculée à partir des temps de réverbération (et ne comprenant pas l'effet du comportement), n'a été que de 4,3 dB (Tableau 15).

Il semble raisonnable d'évaluer qu'une réduction moyenne de 1 dB due à l'absorption acoustique se traduira par une réduction moyenne de 0,5 dB due au comportement.

Aussi la réduction totale de bruit peut être estimée avec :

$$\textbf{R}\text{totale} \approx \textbf{R}\text{abs} + 0{,}5 \times \textbf{R}\text{abs} \qquad (5)$$

Ou encore :

$$\textbf{R}\text{totale} \approx 27 \times \Delta\alpha\ \text{dBA} \qquad (6)$$

7.2.5 Exemple d'évaluation

Soit le local F-1, (voir Figure 12) où des tuiles acoustiques de 0,90 ont été installées au plafond (surface de 415 pi^2), ainsi que 24 pi^2, de matériau absorbant ayant un CRB de 0,75 dans le haut des murs.

$$\textbf{Sab}\ \text{installé} = 415 \times 0{,}90 + 24 \times 0{,}75$$
$$= 392$$
$$\text{Surface totale local} = 1539\ \text{(mur, plafond et plancher)}$$

Surface traitée = *415 + 24 = 439*

Donc

$\Delta\alpha$ = *(392 + (1539 - 439) x 0,13) / 1539 – 0,13*

$\Delta\alpha$ = *0,217*

La réduction de bruit estimée due à l'absorption serait de :

***R**abs* = *18,5 x 0,217*

***R**abs* = ***4,0** dB*

Dans les faits, la réduction évaluée à partir des mesures de RT60 a été de 3,7 dB (réf. Tableau 15) L'erreur d'évaluation est ici de 0,3 dB.

La réduction totale de bruit incluant l'effet du traitement sur le comportement sera :

***R**totale* = *27 x 0,217*

= ***5,9** dB*

7.2.6 Analyse des coûts

Les coûts des projets ont été en moyenne d'environ 15 000 $ par CPE, soit pour le traitement de deux locaux. Ces coûts comprennent les matériaux, l'installation, mais aussi les coûts connexes d'électricité et de services professionnels dans la majorité des cas (gestion de projet et/ou validation des projets par un architecte).

La moyenne des surfaces de matériaux acoustiques installés ayant été d'environ 960 pi^2 par CPE (pour deux locaux), **le coût moyen des projets a donc été d'environ 18 $/ pi^2** .

Plus en détails, le coût moyen des matériaux a été d'environ 6 500 $ par CPE, ces matériaux comprenant les tuiles acoustiques, mais aussi les systèmes de fixation et autres items connexes. Pour une surface moyenne installée 960 pi^2 par CPE (pour deux locaux), le coût matériel moyen a donc été d'un peu plus de 6,50 $/ pi^2 .

Le Tableau 16 donne le coût typique de tuiles acoustiques de plafond en fonction du coefficient de réduction de bruit (CRB). Bien que le coût d'un matériau de haute et même de très haute qualité (CRB = 1,00) demande un investissement supplémentaire d'environ 1 $/pi^2, ce coût ne représente que 1 000 $ de plus pour les plafonds des deux locaux (la surface moyenne des locaux considérés étant d'environ 450 pi^2).

Pour l'exemple présenté à la section 7.2.4, si le CRB du plafond et du mur avait été de 1,00 au lieu de 0,90 et 0,75 respectivement, la réduction due à l'absorption aurait été de Rabs = 4,6 au lieu de 4 dB, et la réduction totale (incluant la réduction due au comportement) de 6,7 dB au lieu de 6 dB, pour une augmentation des coûts d'environ 0,50 $/pi^2, soit probablement moins de 750 $. Considérant le coût total du projet (environ 15 000 $), cette somme n'aurait représenté qu'une augmentation de coût de 5%, mais une augmentation d'efficacité d'environ 15 % .

Il est à noter également que certains CPE ont profiter des travaux pour installer des tuiles acoustiques dans plusieurs de leurs locaux. Dans ce cas, les coûts par pi^2 ont été moindres.

Pertinence de la bande de matériaux absorbants en haut des murs

Lors de l'étude, la pertinence d'utiliser une bande de matériaux acoustiques dans le haut des murs a été soulevée à quelques reprises, notamment en raison de la complexité et des coûts reliés à l'installation de cette bande. Les panneaux acoustiques architecturaux, tels que TechniSilence et Corflex, peuvent coûter jusqu'à 20 et 30$ le pi^2. Le CPE A a utilisé une tuile acoustique de plafond (ayant un CRB de 0,95) pour la bande en haut des murs (voir Figure 16). C'est ce CPE qui a obtenu les plus importantes réductions de bruit, soit des réductions de Rabs = 5,8 et 5,3 dB, et ce, avec un budget très réduit (7 400 $ pour le traitement de deux locaux).

Si une bande de 2 pieds de matériaux ayant un CRB de 1,00 avait été installée sur tout le pourtour du local 1 du CPE F (144 pi^2 au lieu de 24), la réduction due à l'absorption aurait été de 5,8 dB et la réduction totale aurait été d'environ 8,5 dB.

Tableau 16 Coût type de tuiles acoustiques de plafond (tuile seule, sans les systèmes d'attache)

CRB	$ Prix type*
0,5 à 0,7	0,55 $ pi^2
0,75	0,70 à 2 $ pi^2
0,85-0,90	2-2,50 $ pi^2
0,95-1,00	2,50-3 $ pi^2

* Les prix varient selon le type de fini de surface de la tuile, dimensions, etc.

7.3 Bénéfice d'un faible RT60 sur l'apprentissage

Une réduction des temps de réverbération dans les CPE pourra également être bénéfique sur le plan de l'apprentissage de la parole chez les enfants. L'Organisation mondiale de la santé[10] et la plupart des spécialistes recommandent des temps de réverbération inférieurs à 0,5 sec pour favoriser l'intelligibilité et l'apprentissage de la parole. Or, le temps de réverbération dans les locaux des CPE non traités a été en moyenne supérieur à 0,7 sec. Les traitements acoustiques ont permis de réduire le temps de réverbération à moins de 0,5 sec. dans tous les locaux.

7.4 Autres considérations sur l'installation et l'entretien

7.4.1 Installation

Finalement, mentionnons que les tuiles acoustiques peuvent être collées au plafond de gypse existant ou encore être suspendues sur un système de suspension classique utilisé pour les tuiles acoustiques. Toutefois, dans ce dernier cas, il est préférable voire nécessaire de garder la couche de gypse entre le plafond acoustique et l'étage supérieur, notamment dans le cas des CPE ayant des locaux sur deux étages. En effet, les tuiles acoustiques sont performantes pour absorber le son, mais elles ont une faible perte par transmission, c'est-à-dire que le son les traverse aisément. En retirant le plafond de gypse, on créera donc un autre problème, celui de la transmission du son d'un étage à l'autre.

7.4.2 Entretien

Pour obtenir et préserver l'efficacité acoustique des traitements implantés, il est important :

1. De ne pas obstruer les tuiles acoustiques. Il faut donc éviter d'épingler des dessins ou des affiches sur ces matériaux ou encore de placer des bacs de rangement en face de ces panneaux (**Figure 25**). De telles pratiques pourront réduire significativement l'efficacité globale des traitements (et la valeur de l'investissement);

2. De ne pas peinturer, en aucun cas, les tuiles acoustiques. En effet, peinturer les tuiles entraînerait inévitablement et irréversiblement une perte significative de l'efficacité des tuiles. Une note ou directive très précise à ce sujet devrait être inscrite dans les documents des gestionnaires de façon à ne pas oublier cet aspect lorsque viendra le temps de rénover les locaux.

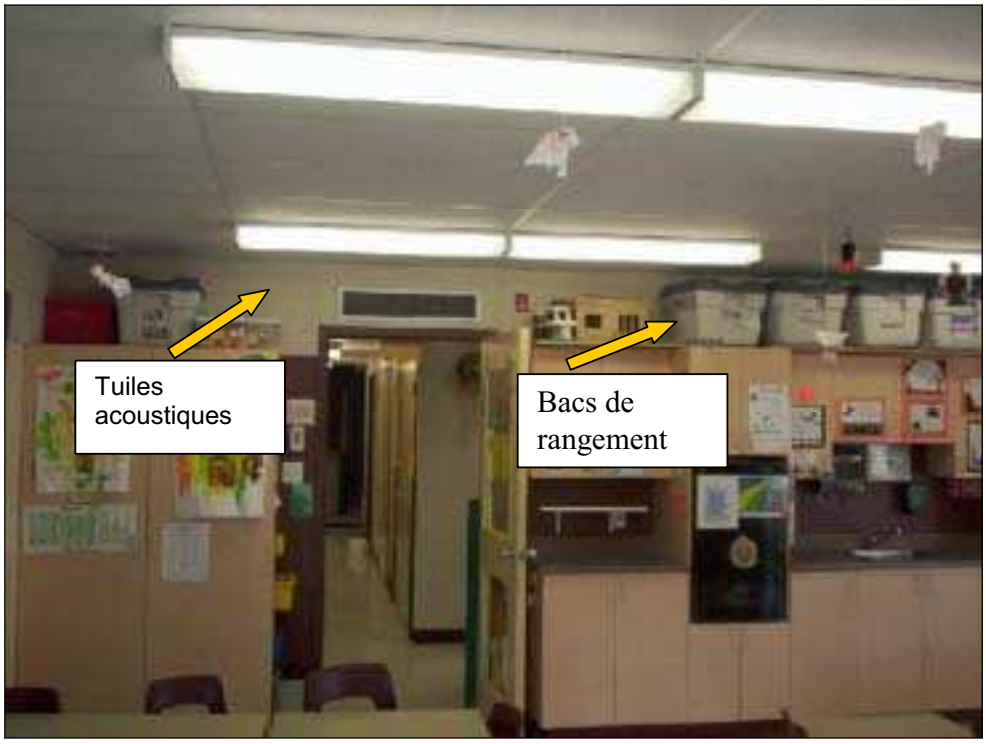


Figure 25 Encombrement des tuiles acoustiques dans le haut des murs

8. CONCLUSION

L'objectif de cette étude a été d'évaluer la pertinence et l'efficacité de réduire le bruit dans des CPE à l'aide de traitements acoustiques.

1. Pour réaliser cette étude, les niveaux de bruit, le temps de réverbération et le facteur de rayonnement des surfaces ont été mesurés et analysés dans 40 locaux répartis dans 20 CPE à travers le Québec. Des mesures de dosimétrie ont également été effectuées sur 40 éducatrices. Pour l'ensemble des CPE, avant traitement :

   - Les niveaux de bruit moyens sur deux jours ont été de 74 dB;
   - Le temps de réverbération moyen était de 0,7 seconde;
   - Les mesures de dosimétrie ont montré des doses de bruit d'environ 22 % selon les normes actuellement en vigueur au Québec;
   - Le type de revêtements de sol ne semble pas avoir d'effet sur les niveaux de bruit dans les locaux. (Les mesures et analyses effectuées ne s'appliquent toutefois pas sur l'effet des recouvrements de sol sur la transmissibilité d'un local à l'autre).

2. Des solutions ont été identifiées et recommandées pour 20 de ces locaux (deux locaux dans 10 CPE). Cette solution, commune pour tous les CPE consistait à :

   - Installer un plafond acoustique performant sur l'entière surface du plafond actuel;
   - Une bande de panneaux acoustiques de 2 pi de largeur dans le haut des murs.

3. Des mesures et analyses ont été effectuées dans chacun des locaux où les traitements ont été implantés. Les traitements acoustiques implantés ont permis de réduire les niveaux de bruit moyens à moins de 69 dBA, soit une réduction moyenne des niveaux de bruit d'environ 6 à 7 dBA

4. L'analyse détaillée des résultats a montré qu'une partie des réductions obtenues est attribuable aux changements de comportement des enfants et, éventuellement, des éducatrices qui, dans un milieu moins bruyant, ont tendance à parler moins fort.

5. **Le coût moyen des projets a été d'environ 18 $ le pi^2** ou encore 15 000 $ pour deux locaux de grandeur typique. D'importantes variations sont toutefois apparues selon les problématiques mécaniques (éclairage, électricité) et les honoraires professionnels.

6. Les résultats obtenus montrent que l'équation de Sabine permet d'obtenir un estimé relativement juste du temps de réverbération avant et après traitement, et donc de la réduction du temps de réverbération (réf. Section 7.2.2).

7. L'analyse des résultats a permis de développer une équation simple permettant d'estimer les réductions de bruit pouvant être obtenues pour un local de CPE type en fonction de la surface

de matériaux acoustiques installés et du coefficient de réduction du bruit (CRB) de ces matériaux (voir section 7.2).

Réduction totale $\boldsymbol{R}totale \approx 27\ \Delta\alpha$ dBA

Où $\Delta\alpha$ est le changement du coefficient d'absorption moyen du local, soit

$$\Delta\alpha = \left[(\textbf{Sab}\ installé + (Surface\ totale\ local - Surface\ traitée)\ x\ 0{,}13) \right.$$

$$\left. /\ Surface\ totale\ local\right] - 0{,}13$$

et **Sab** *installé* = (*Surface plafond x CRB tuile plafond)* +

(*Surface panneau acoustique sur les murs x CRB matériau)*

La surface traitée étant la surface du plafond et du mur traité s'il y a lieu.

RÉFÉRENCES

1. TRUCHON-GAGNON et R. Hétu. « Noise in day-care center for children », Noise Control Engineering Journal, 30, 1987, p. 57-64.
2. PICARD et BOUDREAU. « Characteristics of noise found in Day-Care centers », J. Acous. Soc of Am., Abstract, 105(2), 1999, p.1127.
3. PICARD. « Revisiting Speech Interference in Classrooms », Audiology, 40, 2001, p. 221-244.
4. MOODLEY. « Acoustic conditions in mainstream classrooms », J. Br. Assoc. Teachers Deaf, 13, 1989, p. 48-54.
5. LAROCHE, C. Rapport de mesure de bruit à la garderie XXX(confidentiel), Université d'Ottawa, avril 2001.
6. DAVIDSON, P.A. Noise Reduction Study in a Day-Care Center (confidentiel), Davidson & ass., 1993.
7. HÉTU R. L'interférence du bruit sur la communication, Université de Montréal, 1984
8. MELANÇON, TRUCHON-GAGNON et M. HODGSON. Stratégies architecturales pour éviter les problème de bruit dans les locaux de service de garde à l'enfance, Publication du ministère de la Santé et du Bien-être social.
9. Noise Control For Engineers, Mc Graw –Hill, 1980
10. L'ESPÉRANCE, A. « Sabine's High Order Method for Acoustical Prediction in Rooms », Inter-Noise 2001, Proc. Paper 575.
11. L'Espérance, A. « Logiciel d'analyse et de gestion du bruit OUIE2000 - Phase 2 : Intégration de mesures expérimentales et évaluation de puissance acoustique type », Études et recherches / Rapport R-351, 2003, 28 pages. http://www.irsst.qc.ca/fr/_projet_3073.html

ANNEXE A TABLEAU DES NIVEAUX SONORES

Locaux	Vol. pi^3	Haut pi	Surf. plaf. pi^2	Surf. totale pi^2	Plafond avant	RT60 avant	RT60 après	Niveau sonore période de fortes activités				
						(mesuré)	(mesuré)	Mesuré avant-traitement	Nbr moyen enfant	Simulation sans traitement	Simulation avec traitement	Réduction prévue
A-1	3036	9,0	337,3	1403	gypse	0,65	0,33	73,8	6,0	73,0	65,0	8,0
A-2	3200	9,0	355,6	1464	gypse	0,69	0,36			76,2	68,5	7,7
B-1	2560	8,0	320,0	1259	gypse		0,28	75,0	6,0	74,8	68,2	6,6
B-2	2716	8,0	339,5	1272	gypse	0,64	0,28	76,0	8,0	75,0	67,4	7,6
C-1	4394	8,0	488,0	1822	gypse	0,96	0,34	82,6	9,0	80,7	72,9	7,8
D-1	2391	9,0	265,0	1141	gypse	0,67	0,35	78,8	16,0	77,5	70,6	6,9
D-2	3156	9,0	348,0	1397	gypse	0,69	0,39	75,0	10,0	72,8	65,7	7,1
E-1	5040	9,0	560,0	2000	gypse	0,66	0,34	75,9	14,0	75,8	68,2	7,6
E-2	6130	9,0	681,1	2311	gypse	0,72	0,40	75,1	18,0	75,5	68,6	6,9
F-1	3321	8,0	415,1	1539	gypse	0,59	0,31	78,9	10,0	78,7	70,4	8,3
F-2	3053	8,0	381,6	1415	gypse	0,98	0,44	76,6	16,0	77,6	69,5	8,1
G-1	3518	10,5	335,0	1445	gypse	0,66	0,32	76,0	6,0	76,4	69,2	7,2
G-2	9200	12,0	766,7	3100	gypse	0,84	0,44	76,9	10,0	76,3	68,8	7,5
H-1	6253	10,5	595,0	2242	Tuile (1pc) peinte	0,53	0,46	X		75,2	68,9	6,3
H-2	6253	10,5	595,0	2242	Tuile (1pc) peinte	0,47	0,42	74,8	9,0	74,2	67,4	6,8
I-1	2558	8,0	319,8	1246	Tuile standard	0,42	0,27	75,2		74,8	70,8	4,0
I-2	2935	8,0	366,9	1595	gypse	0,55	0,27			73,1	66,7	6,4
Moyenne	**4101**	**9,0**	**439,4**	**1700**		**0,72**	**0,35**	**76,7**	**10,8**	**76,0**	**68,6**	**7,4**

ANNEXE B TABLEAU DES RÉSULTATS DE DOSIMÉTRIE

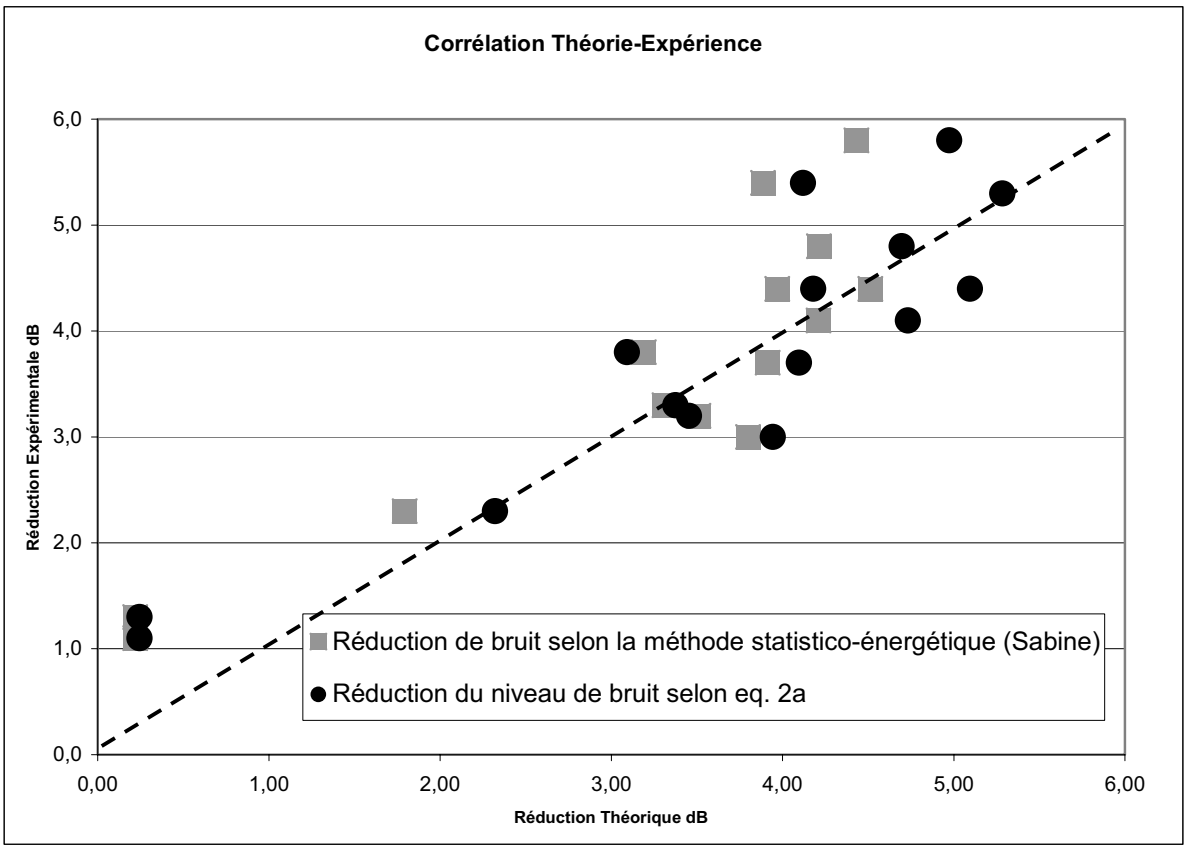
Éducatrices	Leq [dB(A)]		Dose Totale [%]				Local 1			Local 2		
			Critère = 90dB		Critère = 85dB							
	Q5	Q3	Q5	Q3	Q5	Q3	Présence [%]	Temps [min]	Dose [%]	Présence [%]	Temps [min]	Dose [%]
CPE-1	80,15	84,9	23,35	30,35	--	97,7	20,2	97	6	3	14,5	0,45
CPE-1	72,55	81,25	8,9	13,35	--	42,0	0	0	0	80,55	386,5	5,55
CPE-2	68,95	69,9	8	2,25	--	3,1	0	0	0	79,85	394,5	1,7
CPE-2	80,3	81,6	13,5	14,4	--	45,6	83,65	173	10,15	0	0	0
CPE-3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
CPE-3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
CPE-4	82,85	85,3	38,5	35,55	--	107,2	74,65	364,5	27,9	0	0	0
CPE-4	79,3	80,7	24	11,5	--	37,0	0	0	0	83,4	412	10
CPE-5	77,75	80	20	10,65	--	31,5	57,55	280	5,15	0	0	0
CPE-5	80,85	83,3	32,5	23,45	--	67,5	0	0	0	54,8	265	16,7
CPE-6	78,95	84,3	25,25	39,3	--	85,1	50,1	240,5	26,3	0	0	0
CPE-6	81,75	85,95	31,95	56,05	--	124,5	1,05	5	4,75	67,4	323,5	26,45
CPE-7	76,15	83,05	14,65	20,1	--	63,7	84,45	405,5	19,05	0	0	0
CPE-7	81,6	85,75	31,85	38,8	--	118,9	0	0	0	73	350,5	31,8
CPE-8	78,85	83,9	21,4	24,8	--	77,6	0	0	0	30,65	147	4,55
CPE-8	76,7	82,8	17,1	20,6	--	60,2	65,4	314	17,75	37,2	178,5	7,8
CPE-9	80,35	85,05	26,2	31,8	--	101,2	18,8	44,5	5,2	0	0	0
CPE-9	73,7	79,7	10,5	8,9	--	29,4	10,6	51	0,8	19,8	95	0,9
CPE-10	76,5	82,45	15,625	17,45	--	55,5	77	369,5	9,55	0	0	0
CPE-10	69,5	77,55	5,45	5,15	--	17,9	0	0	0	41,55	199,5	2,2
CPE-11	72,25	81,25	9,25	17,7	--	42,0	93,65	449,5	17,35	0	0	0
CPE-11	72,7	79,7	9,25	8,95	--	29,4	0	0	0	69,8	335	7,1
CPE-12	78,4	84,6	20,7	29	--	91,2	33,8	167	5,7	0	0	0
CPE-12	77,4	80,3	11,15	11,85	--	33,8	0,8	3,5	0	61,25	294	8,7
CPE-13	84,65	90,3	48,4	120,25	--	340,3	77,9	374	72,35	0	0	0
CPE-13	82,15	86,3	33,6	43,35	--	135,0	0	0	0	16,6	79,5	8,25
CPE-14	80,1	83,2	27	20,6	--	66,0	0	0	0	95,7	473	20,5
CPE-14	62,1	62,5	0	0,2	--	0,6	100	13	0,2	0	0	0
CPE-15	80,7	85,1	23,9	32,3	--	102,3	66,4	270	30,3	0	0	0
CPE-15	83,55	87,4	40,9	55	--	174,1	0	0	0	82,1	394	48,25
CPE-16	80,45	85,7	27,5	39,4	--	117,6	0	0	0	58,85	282,5	9,8
CPE-16	83,7	87,6	42,15	57,75	--	182,3	80,95	388,5	38,35	0	0	0
CPE-17	73,15	74,5	8,5	4,2	--	8,8	0	0	0	87,8	346,5	3,2
CPE-17	76,75	78,5	14	7,1	--	22,3	79,85	341	5,05	0	0	0
CPE-18	80	84,85	26,7	--	--	96,6	23,65	113,5	--	22,6	108,5	--
CPE-18	79,6	84,5	24	--	--	89,1	7,65	36,5	--	38,65	185,5	--
CPE-19	79,7	85,55	24,4	40,65	--	113,6	0	0	0	64,05	307,5	33,25
CPE-19	79,2	83,35	22,3	21,65	--	68,3	73,25	351,5	17,9	9,35	45	1,15
CPE-20	80,9	86,8	29	57,75	--	151,6	77,4	371,5	50,95	0	0	0
CPE-20	83,7	89,9	39,6	96,2	--	310,2	0	0	0	76,05	365	64,8
Moyenne	**78,1**	**82,6**	**22,4**	**29,7**	**--**	**87,9**	**33,1**	**137,5**	**10,3**	**33,0**	**157,4**	**8,7**

ANNEXE C Réduction de bruit selon la méthode Statistico-Énergétique

La figure suivante compare les résultats expérimentaux avec les résultats théoriques obtenus avec la formulation basée sur la méthodologie Statistico-Énergétique et l'équation simplifiée proposée à la section 7.2.4.

$$\boldsymbol{R}abs = 18{,}5 \times \Delta\alpha \ dBA \qquad (2a)$$

$$\boldsymbol{R}abs = 10 * Log10\ (\alpha+\Delta\alpha)/\alpha) \ dBA \qquad (2b)$$



Le coefficient de corrélation théorie-expérience pour l'équation 2a est de 90 %, alors qu'il est de 0,89 avec l'équation 2b.

Les résultats sont donc très similaires. Pour faciliter les calculs, on suggère donc d'utiliser l'équation 2a qui permet d'éviter l'utilisation de fonction mathématique pouvant apparaître rébarbative aux administrateurs de CPE