

L'impact du bruit dans l'enseignement

Rapport de recherche



Ecophon[®]
— SAINT-GOBAIN

A SOUND EFFECT ON PEOPLE

L'impact du bruit dans l'enseignement

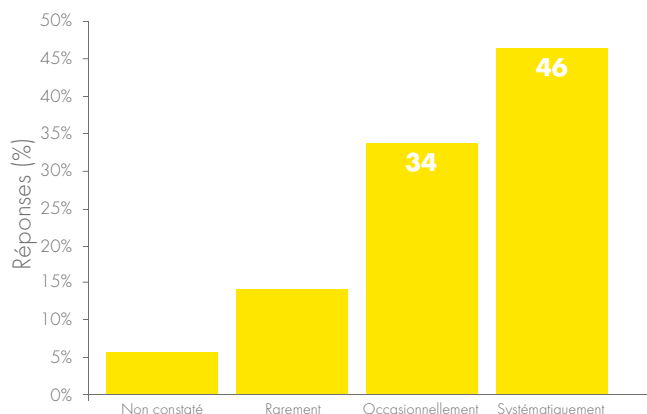
Il est reconnu que les niveaux de bruit relevés dans les écoles peuvent être assez élevés et par conséquent engendrer des effets négatifs sur les occupants de ces lieux d'enseignement, principalement sur les élèves et les enseignants. Mais à quel niveau et dans quelle mesure ? En outre, que faire pour remédier à cette problématique afin que ces lieux d'enseignement facilitent le partage des connaissances au lieu de l'entraver ?

Ce rapport détaille ce que la recherche révèle de manière irréfutable

- Les niveaux de bruit admissibles recommandés comparés aux niveaux moyens actuellement constatés dans les environnements scolaires
- Les mesures à mettre en œuvre pour assurer des niveaux sonores satisfaisants dans les écoles
- Comment le bruit influence les élèves dans leur capacité d'apprentissage et leur comportement
- Comment le bruit affecte les enseignants et les risques encourus pour la santé physique et mentale
- L'effet du son perçu sur la concentration et les niveaux de gêne chez les enseignants et les élèves
- L'optimisation de l'acoustique pour une pédagogie inclusive
- Les niveaux de bruit et les salles de classe décloisonnées
- Dans quelle mesure le bruit affecte davantage les personnes vulnérables

Ces informations sont basées sur le processus d'examen approfondi de la littérature spécialisée, mené sur plusieurs années par le Professeur Bridget Shield, sans lequel le présent rapport n'aurait pas été possible. De plus amples informations au sujet de ses recherches sont données dans la conclusion.

80% des enseignants sont stressés par le bruit dans leur classe¹



Impact du bruit

sur les enseignants et les élèves

Nous savons qu'un enseignement de qualité* est la principale condition à l'amélioration de l'apprentissage des élèves. Nous souhaitons tous aider les enseignants passionnés par leur métier à enseigner encore mieux en leur apportant la preuve qu'une bonne acoustique participe à la création d'un environnement intérieur sain, une composante essentielle dans l'approche pédagogique globale. Pour cela, nous avons recherché la preuve de l'importance de réduire l'influence négative causée par une acoustique insuffisante et ses effets néfastes sur les enseignants :

- Plus de 65 % des enseignants interrogés ont éprouvé des problèmes de voix au cours de leur carrière²
- 32 % des enseignants ont affirmé qu'ils avaient eu des problèmes de voix, contre 1 % des non-enseignants³

Nous devons accompagner les élèves dans des activités plus diversifiées qui les aideront à mieux s'adapter dans nos sociétés en constante évolution. Les étudiants sont désormais tenus d'acquérir des compétences supplémentaires**, notamment en matière de collaboration, de communication, de créativité et de sens critique.

Ces compétences nécessitent de nouvelles façons pour les étudiants d'interagir et de s'engager dans leur apprentissage, ce qui signifie que l'environnement acoustique a pris une importance accrue.

Pour les élèves bénéficiant d'un confort acoustique, il a été constaté

- Une augmentation des notes de 5 à 7 %⁴
- Un travail plus inclusif et plus coopératif⁵
- Une réduction de 13 dB^{6***} du niveau sonore constaté dans les travaux de groupe
- Une attention accrue et une diminution de la fatigue⁷

Les 4 compétences-clés à développer au 21 ^e siècle à l'école selon l'OCDE**
Créativité
Esprit critique
Communication
Collaboration
Ce panel englobe d'autres compétences qui sont essentielles à l'assimilation des connaissances ainsi qu'à la performance professionnelle.

*W. Imms, Université de Melbourne, 2019 **Les compétences du 21^e siècle de l'OCDE

*** (3 dB seulement étaient théoriquement attendus)

Niveaux de bruit et niveaux sonores courants et recommandés

Mesure du son

Le bruit est mesuré en décibels (dB)*. Le décibel est une unité logarithmique qui signifie qu'un doublement de l'énergie acoustique, causé, par exemple, par un doublement du nombre de personnes qui parlent dans une pièce, entraîne une augmentation du niveau sonore de 3 dB.

Niveaux de bruit tolérables et lignes directrices relatives à l'acoustique dans les écoles

Des travaux de recherche ont permis d'identifier des niveaux sonores adaptés à la fois à l'auditeur moyen et aux auditeurs sensibles. Les niveaux de bruit maximaux qui permettent d'assurer une intelligibilité de la parole suffisante et une bonne communication sont présentés ci-dessous. Ces niveaux comprennent le bruit de fond dans une salle inoccupée et la différence nécessaire pour entendre clairement la voix⁸ :

- Niveaux de bruit ambiant maximaux, en intérieur, 30-35 dB**
- Pour une bonne transmission de la parole, il convient qu'il y ait une différence d'au moins 15-20 dB*** dans le rapport signal/bruit (RSB)
- Le temps de réverbération (TR) dépend des besoins spécifiques, de l'activité et de la taille de la salle de classe. Le temps idéal est de 0,5 seconde (peut être compris entre 0,3 et 0,6 s) ****

Niveaux sonores caractéristiques en décibels	
Avion à quatre réacteurs à 100 m	120 dB
Rivetage de plaques d'acier à 10 m	105 dB
Marteau piqueur à 10 m	90 dB
Scie à bois circulaire à 10 m	80 dB
Trafic routier important à 10 m	75 dB
Sonnerie de téléphone à 10 m	65 dB
Voix masculine, en moyenne, à 10 m	50 dB
Chuchotement à 10 m	25 dB

Différence son/bruit

Le son
est voulu.
le bruit est
indésirable.

*Chaque fois qu'une valeur en décibels (dB) est mentionnée dans la présente brochure, elle fait référence à la valeur en décibels selon la pondération A (dB(A)) **BB93 : conception acoustique des écoles - normes de performance, BATOD : Acoustique des salles de classe - norme recommandée ***L'intelligibilité de la parole dans les salles de classe élémentaire, Bradley, 2008 ****Exemples de normes de performance acoustique dans les salles de classe des pays nordiques

Niveaux de bruit moyens d'une salle de classe

Le bruit dans les écoles provient de deux sources principales

- Le bruit extérieur (avions, trains et voitures)
- Le bruit généré par les élèves lors des activités pédagogiques

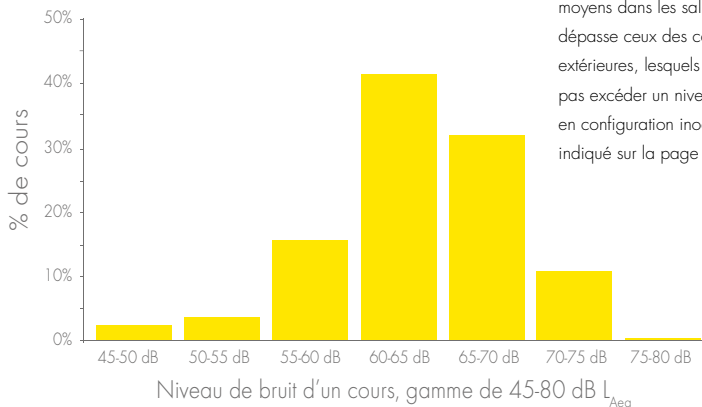
L'étude référencée ci-dessous a documenté les niveaux de bruit existants dans les écoles en mesurant les espaces occupés et inoccupés. Les résultats montrent que la qualité acoustique influe sur les niveaux de bruit, qui impactent le comportement et l'apprentissage des élèves.

L'acoustique d'une pièce impacte le niveau des cours : Les résultats de l'étude ont révélé que plusieurs salles de classe présentaient des niveaux de bruit excessivement élevés et nécessitaient un traitement acoustique supplémentaire pour assurer des niveaux d'enseignement et d'apprentissage convenables.

Appliquer la réglementation de la construction apporte des améliorations : La réglementation relative à l'acoustique des écoles, lorsqu'elle a été promulguée, a entraîné le doublement du nombre d'espaces scolaires mis en conformité avec les lignes directrices en vigueur à cette période.

La conception acoustique peut affecter le comportement de l'élève : Disruption time in the lessons was also recorded in the study (e.g., students talking or shouting), showing that less than ideal room acoustics can negatively impact student behaviour. Negative impact started around the average noise levels and another study⁴ on page 8 showed these levels negatively impacted fundamental verbal learning tasks.

Étude du bruit constaté lors de 274 cours¹⁰



La majorité des niveaux de bruit moyens dans les salles de classe dépasse ceux des cours de récréation extérieures, lesquels ne devraient pas excéder un niveau de 50 dB en configuration inoccupée, comme indiqué sur la page suivante.

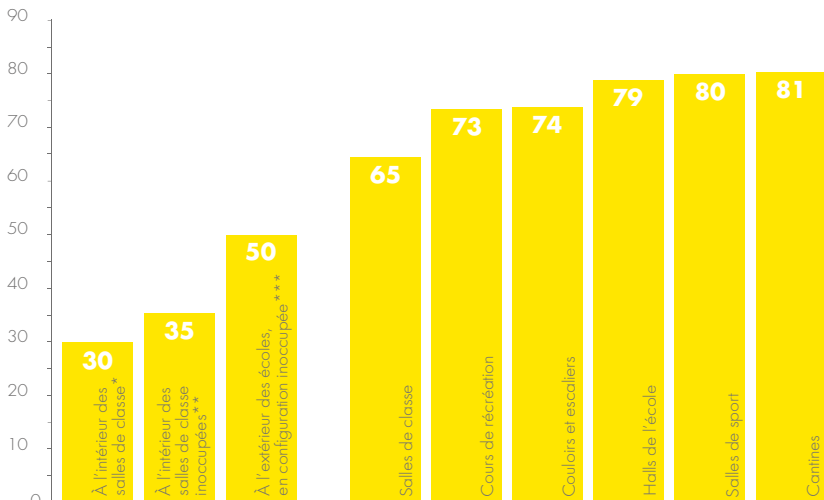
Les niveaux de bruit constatés dans les écoles

et ceux recommandés

Lorsque l'on analyse les niveaux de bruit enregistrés dans les écoles, on constate l'ampleur caractéristique de la différence entre les niveaux de bruit recommandés et la réalité. Les élèves et le personnel sont exposés au bruit dans différents espaces scolaires, autres que la salle de classe, où les volumes peuvent souvent être assez élevés. Les halls et les cantines approchent des niveaux (supérieurs à 80 dB) pour lesquels des initiatives devraient être envisagées afin d'atténuer et de contrôler le bruit au regard de la réglementation en matière de santé au travail.

Le graphique ci-dessous présente les niveaux de bruit par rapport aux recommandations de l'OMS à l'extérieur de l'école (50 dB) et les niveaux attendus à l'intérieur des salles de classe traditionnelles, des salles de classe rénovées (35 dB), des nouvelles salles de classe ou celles utilisées par les élèves ayant des besoins éducatifs particuliers (30 dB).

Niveau de bruit moyen (dB)⁸



*Bradley, norme BB93, nouvelle construction et besoins éducatifs particuliers

OMS, Bradley, norme BB93 rénovations *Recommandations de l'OMS

Obtenir une bonne acoustique pour une bonne transmission de la parole

Pour obtenir une bonne acoustique qui renforce toutes les facettes de la communication; parler, entendre et écouter dans le cadre d'un dialogue unilatéral ou multilatéral, il est nécessaire de prendre en compte la conception du bâtiment et la conception acoustique sous diverses perspectives afin de garantir les aspects suivants⁸ :

Isolation suffisante contre les sources intérieures et extérieures

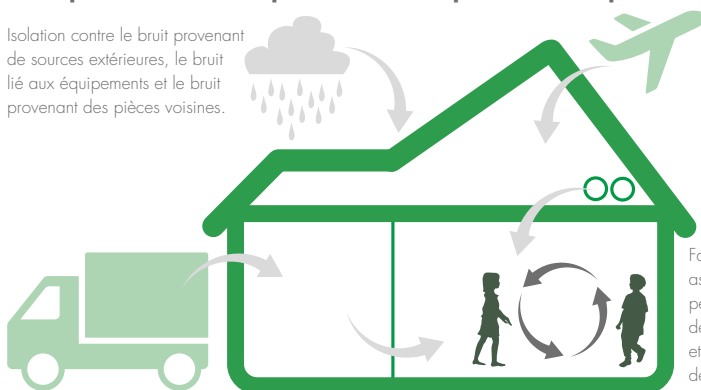
- Faibles niveaux de bruit en intérieur provenant des installations et des activités
- Temps de réverbération courts* afin de réduire au minimum les réflexions sonores indésirables
- Bonne intelligibilité de la parole en fonction du temps de réverbération et du RSB

Il y a deux aspects clairement identifiés qui influencent l'environnement acoustique d'une école : le bruit et la réverbération. Dans les salles de classe, le bruit peut provenir de plusieurs sources : de l'extérieur, des installations techniques (chauffage, éclairage, systèmes de ventilation), des équipements technologiques (projecteurs, ordinateurs) et surtout, des élèves eux-mêmes.

La qualité et l'intelligibilité de la parole dépendent à la fois du niveau de bruit et de la quantité de bruit réfléchi. Le bruit est réfléchi, et est potentiellement amplifié, par les surfaces dans la pièce, notamment les murs, les plafonds, les sols, les tables et les tableaux. Trop de bruit réfléchi par les surfaces réfléchissantes dures et planes dégrade la qualité de la parole en augmentant le niveau de bruit avec une réflexion différée qui masque la parole.

Principales caractéristiques de la conception acoustique

Isolation contre le bruit provenant de sources extérieures, le bruit lié aux équipements et le bruit provenant des pièces voisines.



Faibles niveaux de bruit associés aux activités pédagogiques, temps de réverbération court et bonne intelligibilité de la parole

*Les réflexions du bruit sont quantifiées par le " temps de réverbération " (TR) dans la pièce. Temps nécessaire, en secondes, pour qu'un son diminue de 60 dB. Il convient que le TR pour la parole soit court, environ 0,5 seconde dans les salles de classe, alors que pour la musique, il est souhaitable que les temps soient plus longs, environ 2 secondes. Le TR peut être réduit en augmentant la quantité d'absorption acoustique dans la pièce.

Effets sur la performance de l'élève

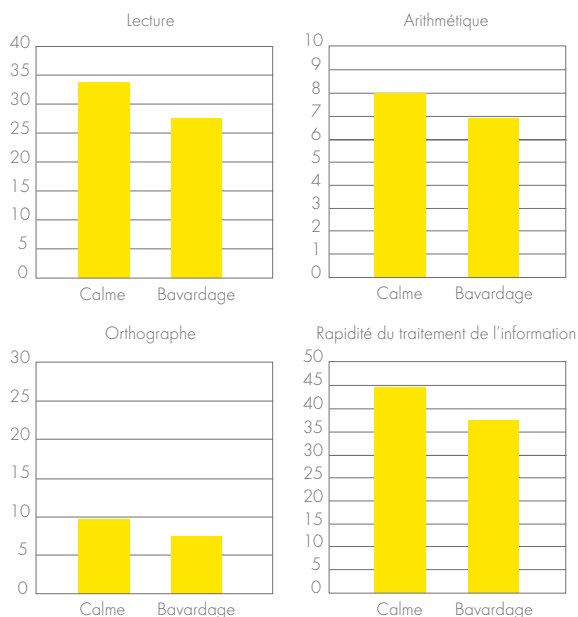
Une étude⁴ a comparé différents niveaux de bruit de fond afin de comprendre leurs degrés d'impact sur des tâches d'apprentissage des élèves. Ces deux niveaux comparaient un bruit de fond "silencieux" et un bruit de conversation "moyen" sur les performances de l'élève.

Les niveaux de bruit plus faibles ont permis aux élèves d'allonger leur capacité de travail, ce qui a conduit à une plus grande exactitude. Cette étude démontre que des niveaux sonores élevés dans les salles de classes rendent plus difficile les exercices de compréhension écrite.

Avec une moyenne de 65 dB, les bavardages ont un impact significatif sur les tâches verbales, l'arithmétique et la rapidité de la réponse.

Les enfants souffrant d'un rhume ou qui n'avaient pas bien dormi ou qui, pour d'autres raisons, n'étaient pas en pleine capacité de leurs moyens étaient encore plus sévèrement affectés par les bavardages.

Résultats obtenus à l'essai expérimental : Effets des bavardages sur les performances des élèves d'école primaire



Le bruit interfère avec le traitement du langage

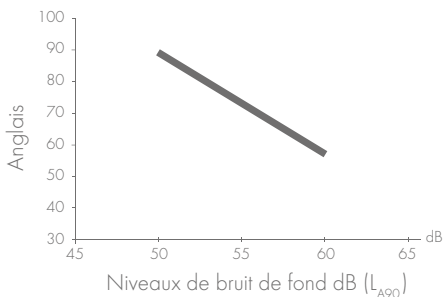
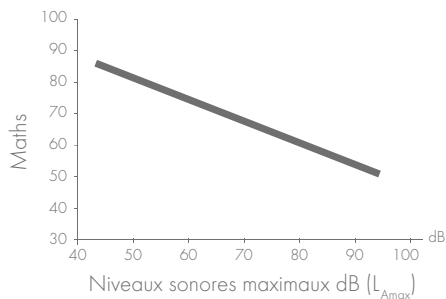
Cette étude⁴ démontre que l'impact du bruit sur les évaluations standardisées est pénalisant pour les résultats des élèves. Les notes obtenues lors d'évaluations linguistiques sont celles qui sont les plus affectées par le bruit.

En confrontant les résultats obtenus aux évaluations standardisées à l'école par des élèves jeunes et les niveaux de bruit à l'intérieur de la classe, il s'avère qu'un lien significativement défavorable a été établi entre les niveaux de bruit de fond ambiant et les notes obtenues pour plusieurs matières.

L'évaluation qui a montré la plus forte corrélation avec le bruit était l'évaluation linguistique. Les résultats ont montré que le bruit de fond présent dans la salle de classe interfère avec le traitement général du langage.

L'augmentation des niveaux de bruit diminue les notes dans deux matières fondamentales, avec un impact plus dramatique en anglais.

Effets du bruit sur les notes des enfants obtenues lors des évaluations standardisées



Une bonne acoustique améliore la précision des élèves de plus de 35 %

Des chercheurs ont fait des découvertes novatrices¹¹ selon lesquelles la plupart du bruit présent dans les salles de classe n'était pas attribuable au bruit éventuel provenant des avions, des trains et des voitures, mais aux élèves eux-mêmes lors des activités pédagogiques.

En installant un plafond absorbant de haute performance "Classe A"

- La précision des élèves a été améliorée de 35 %
- Le niveau sonore perçu a été réduit de moitié

La réduction des niveaux de bruit a un impact physique et comportemental

L'effet théorique prévu pour l'installation d'un plafond acoustique absorbant de Classe A était de diminuer le niveau sonore de 3 dB pour une salle de classe non occupée. Cependant, le réel changement se trouve dans le comportement des personnes présentes dans la salle de classe. Dans la mesure où tout le monde peut être entendu et compris sans élever la voix, les élèves et les enseignants parlent immédiatement 7dB plus doucement, avec une diminution globale de 10 dB.

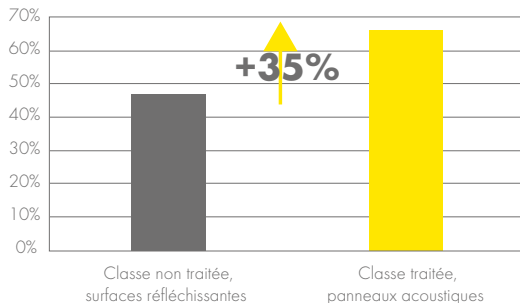
Préférable pour les apprentissages en groupe

Le traitement acoustique a réduit les niveaux de bruit de fond et a raccourci le temps de réverbération, entraînant une meilleure performance des élèves lors des tests d'intelligibilité phonétique. L'amélioration était particulièrement positive lorsque plusieurs élèves parlaient simultanément dans les salles de classe.

6 *Le personnel intervenant dans des salles de classe ayant bénéficié d'un traitement acoustique avoue que la différence est flagrante. Non seulement ils n'ont pas besoin de crier pour être entendus, mais il règne généralement une atmosphère plus calme, plus silencieuse et plus apaisée dans la classe. Nous sommes tous enchantés.*

- Mlle Catherine Douglas,
professeur principal à l'école
primaire de Balgreen

Pourcentage de mots correctement identifiés

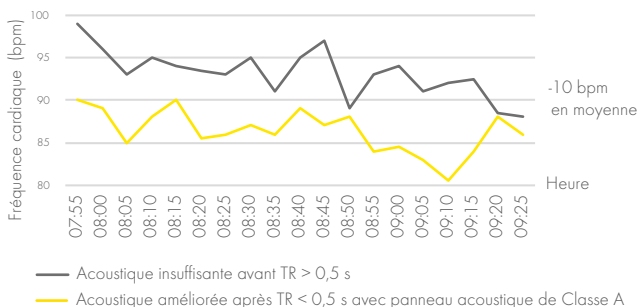


Une bonne acoustique diminue la fréquence cardiaque

Lorsqu'il s'est avéré que 80 % des enseignants étaient stressés par le bruit¹, les chercheurs ont décidé de découvrir si ces niveaux de stress pouvaient être réduits en améliorant l'environnement sonore. Ils ont également cherché à découvrir comment le bruit présent dans une salle de classe peut effectivement affecter les enseignants et les élèves pendant les activités⁶.

Avec le traitement d'absorption acoustique de Classe A, la fréquence cardiaque de l'enseignant diminue de 10 battements par minute (bpm)

Pouls des enseignants dans des environnements sonores favorables et défavorables



Comment cela est-il possible ?

Si une salle de classe a une acoustique insuffisante, le son est amplifié dès qu'il rebondit sur les murs et plafonds réfléchissants. Cela crée un bruit de fond qui déforme la parole. Les niveaux sonores s'intensifient parce que les intervenants et les apprenants doivent élever la voix pour se faire entendre. Cet environnement deviendra souvent progressivement plus oppressant au fil du temps, tout au long du cours (ou de la journée). (Nous faisons référence à l'étude en page 14 en ce qui concerne la concentration et l'effet Lombard.)

La fréquence cardiaque est un facteur de stress médicalement reconnu.

– Dr Gerhart Tiesler

La réduction du bruit et de la réverbération réduit le stress

Les salles de classe traitées acoustiquement transforment l'espace en un environnement plus apaisé ou tout le monde se sent plus calme, entraînant une réduction de la fréquence cardiaque chez les enseignants. Les enseignants ressentent beaucoup moins de stress dans les classes lorsque le temps de réverbération est inférieur à 0,5 seconde.

Les troubles de la voix représentent un danger pour la santé des enseignants

Il a été démontré de manière récurrente que les enseignants souffrent plus de problèmes de voix que les autres professions.



Dangers pour la santé vocale des enseignants

- Plus de 65 % des enseignants interrogés ont éprouvé des problèmes de voix au cours de leur carrière²
- Les enseignants représentent 16,4 % des personnes diagnostiquées avec des troubles de la voix alors qu'ils ne constituent que 2 % de l'ensemble de la population active¹²
- Les problèmes de voix signalés chez les enseignants étaient de 15 % comparés à 6 % dans l'autre groupe (non-enseignant)¹²
- 32 % des enseignants ont déclaré avoir eu des problèmes de voix, comparé à 1 % des non-enseignants³

Sur la base de nombreuses études sur la santé vocale, les enseignants sont au moins deux fois plus susceptibles d'avoir des problèmes liés à la voix que les autres professions.

Conséquences des troubles de la voix

sur la vie professionnelle des enseignants

Cette grande étude¹³ a comparé les problèmes professionnels liés à la voix et les absences pour congé-maladie entre deux groupes : l'un composé d'enseignants et l'autre de non-enseignants. Elle a couvert une période d'un an (précédant l'enquête), incluant 2 400 participants. Les conclusions montrent que les enseignants sont plus susceptibles que les non-enseignants de restreindre leurs activités professionnelles ou de plus s'absenter en raison de problèmes liés à la voix.

	Prévalence (%)	
	Enseignants	Non-enseignants
Activités réduites sur au moins un jour	43	16
Absence d'au moins une journée	18,3	7,2
Absence de plus de 5 jours	3	1,3
Voix ne fonctionnant pas comme d'habitude pendant plus de 5 jours	35	22
Peut nécessiter un changement de profession à cause de la voix	2.0	0.78



Comparaison des problèmes liés au travail dans l'année précédente parmi les enseignants et les non-enseignants

Les enseignants ont manqué deux fois plus de jours de travail que les autres professions.

L'impact du bruit sur la concentration et le comportement de l'élève

Des conditions acoustiques différentes ont des répercussions sur le nombre d'activités dysfonctionnelles

Moins largement rapportée mais toutefois significative, cette étude^{1, 6, 7, 14} démontre que des changements dans le niveau de bruit d'une classe ont une relation directe avec le comportement de l'élève. Pendant cinq cours du matin, les activités "dysfonctionnelles" ont augmenté dans les salles de classe ayant une mauvaise acoustique (TR de 0,6 à 0,75 s), alors que dans les classes qui bénéficiaient d'une « meilleure » acoustique (TR de 0,4 à 0,5 s), les activités dysfonctionnelles sont restées approximativement identiques toute la matinée.

L'effet Lombard

À mesure que la journée progresse, il a été constaté dans les salles de classe avec une acoustique insuffisante une augmentation des comportements dysfonctionnels et perturbateurs, calquée sur l'élévation progressive du niveau de bruit.

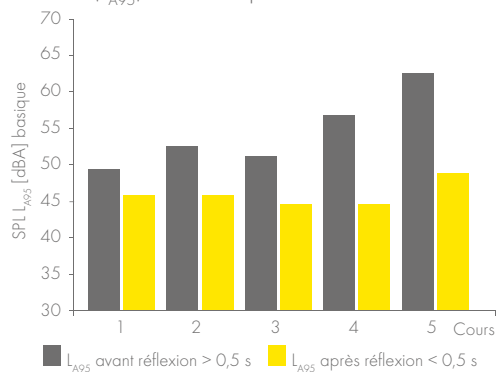
L'amélioration change le comportement des élèves

Un plafond acoustique absorbant réduit le niveau sonore global dans la salle de classe et réduit le bruit lié à l'activité, ce qui modifie le comportement des élèves d'une manière très positive.

Une écoute plus aisée encourage un meilleur comportement

Cette étude a également observé les « activités dysfonctionnelles » lors des cours. Celles-ci comprennent des interruptions ou des perturbations par des activités physiques qui ne sont pas liées au cours. Comme les niveaux sonores ont été réduits, les activités dysfonctionnelles l'ont également été, ce qui a entraîné une amélioration de la concentration pendant le cours.

Augmentation des niveaux sonores des activités (L_{A95}) avant et après la rénovation



Lorsque les niveaux de bruit sont maîtrisés, les niveaux de concentration des étudiants restent les mêmes. Cette régularité avec une acoustique améliorée réduit à néant une grande source de fatigue et de stress.

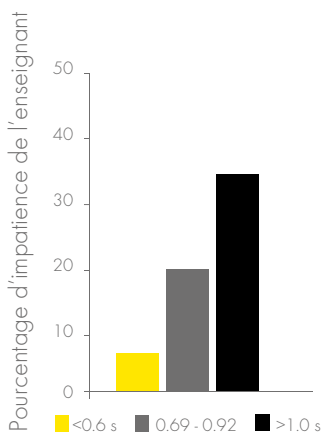
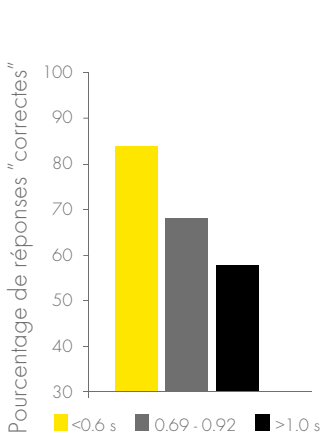
Une acoustique insuffisante entraîne une gêne perceptible causée par le bruit

Cette étude¹⁵ a analysé les effets de la réverbération dans une salle de classe sur l'apprentissage des enfants à l'école. Elle démontre qu'il existe une corrélation directe entre la réverbération dans une classe et la nuisance pour les enseignants et les élèves.

Une nuisance moindre a été observée dans les pièces qui présentaient une quantité de réverbération moindre (les pièces traitées). La majorité des parents ont approuvé cette affirmation : "Mon enfant souffre du bruit émis par son ou sa camarade de classe à l'école."

Acoustique de la classe (TR)	Nuisance en %
<0.6 s	44%
0.7-0.9 s	51%
>1.0 s	61%

Réduire le temps de réverbération (TR) améliore la capacité des élèves lorsqu'ils travaillent dans le silence



Une réverbération excessive baisse la motivation et réduit les rapports de l'élève avec les enseignants

Les enfants issus des classes les plus réfléchissantes étaient les moins bien notés au regard de la motivation et de leurs relations avec les camarades et les enseignants.

Les recommandations relatives à l'acoustique d'une salle de classe ordinaire préconisent un temps de réverbération d'environ 0,5 s.

Sources de bruit, conditions acoustiques et clarté de la parole

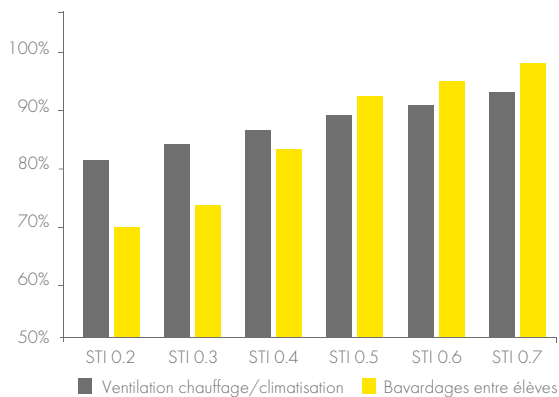
Cette étude¹⁶ a analysé l'intelligibilité de la parole* dans les salles de classe au moyen d'enquêtes objectives et subjectives afin de comprendre les effets que le bruit en provenance de différentes sources et dans des conditions acoustiques diverses produisait sur les notes d'intelligibilité des élèves.

Les niveaux de bruit et la réverbération affectent la qualité de la parole pour les auditeurs. Diminuer les deux améliore l'intelligibilité de la parole*. L'intelligibilité de la parole est mesurée par l'index de transmission de la parole (STI**).

Plus l'intelligibilité de la parole est élevée, plus la qualité de la communication orale est grande pour tous les élèves. Cependant, l'impact était plus significatif chez les enfants plus jeunes. En plus de comparer les effets néfastes d'une faible intelligibilité de la parole, il était également clair que les notes d'intelligibilité étaient beaucoup plus affectées par les bavardages que par le bruit de ventilation et de climatisation.

Descripteur STI	STI
Mauvais-insuffisant	0,30
Insuffisant-raisonnable	0,45
Raisnable-bon	0,60
Bon-excellent	0,75

Lorsque l'on considère l'impact des bavardages en classe (à savoir un travail en groupe), on constate une augmentation des notes d'intelligibilité de 70 % à 98 % (+28 %). En revanche, l'impact du bruit d'une ventilation est passé de 82 % à 93 % (+11 %) en ce qui concerne la même amélioration des conditions acoustiques.



Une intelligibilité de parole excellente est importante pour tous les élèves et plus encore pour les élèves plus jeunes. Particulièrement pour les classes impliquées dans des activités pédagogiques en groupes, où l'échange de paroles est fondamental.

*L'intelligibilité de la parole est également liée au rapport signal/bruit (RSB), ce qui correspond à la différence entre le signal (dans ce cas, la parole) et le bruit de fond dans une pièce. STI** - L'indice de transmission de la parole est une méthode de mesure qui indique le niveau d'intelligibilité de la parole.

La parole doit être clairement entendue

au-dessus du bruit de fond

Entendre et comprendre ce qui est dit dans une salle de classe nécessite une bonne intelligibilité de la parole à un niveau audible. Il est nécessaire que la parole soit entendue au-dessus du bruit de fond ambiant. Ceci correspond au rapport signal/bruit (RSB) et plus l'auditeur est jeune, plus ses besoins sont importants.

Dans une étude¹⁷ sur l'intelligibilité de la parole, il a été constaté que lorsque la valeur de 15 dB pouvait être considérée comme un RSB satisfaisant pour des enfants plus âgés (11 ans), les enfants plus jeunes (6 ans), eux, avaient besoin d'un RSB de 20 dB pour permettre une intelligibilité de parole adéquate.

Les apprenants plus jeunes ont des besoins auditifs plus importants¹⁸

Exigences RSB plus importantes pour les enfants plus jeunes	RSB exigé pour que 75 % des élèves atteignent des notes d'intelligibilité de 90 %
6 ans	+20 dB
8 ans	+18 dB
11 ans	+15 dB

Dans une autre étude, Bradley a analysé la parole dans des tests de bruit pour les enfants âgés de 6 à 11 ans dans des classes afin de déterminer les niveaux maximaux acceptables de bruit ambiant dans la salle de classe. Pour que 75 % des élèves atteignent des notes d'intelligibilité de 95 %, les enfants plus jeunes avaient besoin d'un RSB plus élevé au-dessus d'un niveau ambiant maximal de 35 dB. Ceci a permis à 80 % des élèves les plus jeunes de comprendre au moins 95 % des mots simples et familiers.



Optimiser l'acoustique pour l'intégration de tous les élèves

À chaque amélioration apportée au traitement acoustique⁵, les enseignants et les élèves deviennent plus calmes et plus apaisés. Les apprenants ont généré moins de bruit et les intervenants n'ont pas eu à hausser ou à forcer leur voix.

Résultats d'une amélioration acoustique

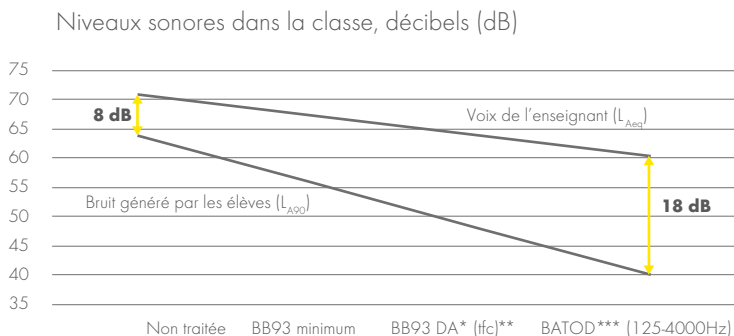
- Plus de travail en groupe et de discussions dans la classe
- Un enseignement plus efficace et moins de répétitions
- Niveau de stress de l'enseignant réduit

Salles de classe non traitées avec une acoustique insuffisante

Le bruit de fond déforme la parole et amplifie le son puisqu'il rebondit sur les murs et les plafonds réfléchissants. Les niveaux sonores s'amplifient donc parce que les occupants doivent élever la voix pour être entendus.

Une augmentation des niveaux d'absorption des sons a réduit les niveaux sonores des pièces occupées

Un plafond acoustique absorbant réduit le niveau sonore global. L'ajout de panneaux supplémentaires absorbant les basses fréquences réduit le bruit de fond et améliore la clarté de la parole, créant une plus belle harmonie sur toutes les fréquences.



*Performance supérieure pour les déficients auditifs. **Total des fréquences centrales; 500, 1 000, 2 000 Hz.

***BATOD tel que recommandé par l'association britannique des enseignants d'enfants malentendants (British Association of Teachers of the Deaf).

Théoriquement, diviser par deux le TR devrait entraîner une baisse du niveau sonore de 3 dB. En fait, la réduction du niveau sonore dominé par la voix de l'enseignant était de 5 dB et la réduction du niveau sonore dominé par le bruit sous-jacent généré par les élèves était de 9 dB quand on divisait le TR par deux. Les niveaux de rapport signal/bruit passent d'un modeste 8 dB à 18 dB, comme indiqué ci-dessus.



En améliorant le traitement acoustique, le rapport signal/bruit augmente et il a été observé que les élèves fournissaient moins d'efforts pour comprendre l'enseignant, et l'effort vocal et le stress de l'enseignant ont également été réduits.

La salle de classe équipée du traitement acoustique de haute performance incluant une absorption complémentaire des basses fréquences était systématiquement considérée comme fournissant les meilleures conditions pour la parole et l'écoute.

Une meilleure acoustique

bénéfice au travail en groupe

Une étude^{1, 6, 7, 14} réalisée en Allemagne a comparé deux salles de classe caractérisées par des temps de réverbération différents. Il a été découvert qu'il existait entre ces deux classes une différence significative dans la réduction des niveaux de bruit lorsqu'elles étaient occupées et que les élèves participaient à différentes activités pédagogiques. Dans les pièces traitées, les niveaux sonores étaient considérablement réduits avec des temps de réverbération plus courts, permettant :

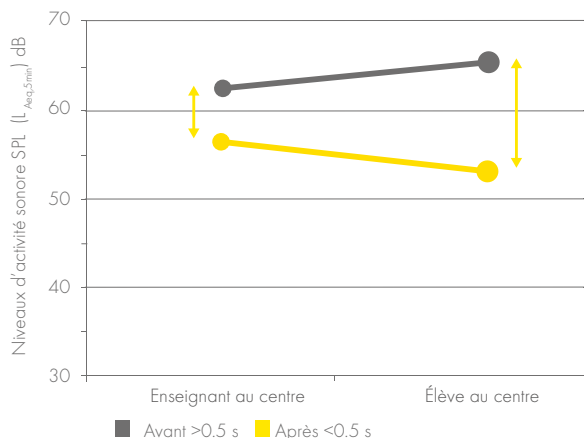
- le travail collaboratif de groupe, parce que les activités pédagogiques peuvent être menées avec des niveaux sonores nettement inférieurs - même inférieurs au niveau sonore d'un enseignant qui parle
- la prise de parole par l'enseignant à un niveau moins élevé, réduisant l'effort vocal
- la réduction du stress lié à la charge mentale en raison de la réduction du bruit

Les pièces traitées ont réduit les niveaux de bruit de 6 dB pour l'enseignement classique et de 13 dB pour le travail de groupe

Une pièce qui est traitée acoustiquement est particulièrement bénéfique pour le travail de groupe parce qu'un certain nombre de personnes peuvent parler en même temps, mais plus doucement, et sans avoir besoin de rivaliser avec le volume de la parole.

Vous achetez une réduction sonore de 3 dB et vous en obtenez 10 gratuitement ! - Dr G. Tiesler

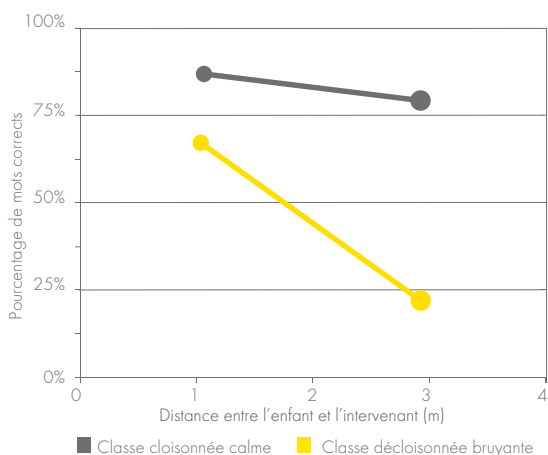
Niveaux d'activité sonore avant et après rénovation



Salles de classe avec espaces décloisonnés

Une étude australienne¹⁹ a observé quatre groupes de référence en maternelle : un en classe cloisonnée et trois en classe décloisonnée de types et de tailles différents.

Le bruit intrusif a été mesuré pour les activités calmes (enseignement à toute la classe) et pour les activités bruyantes (travail de groupe) dans toutes les salles de classe. Les niveaux de bruit intrusif ont augmenté avec la taille de la classe et le nombre d'îlots dans la classe, aussi bien pour les activités calmes attenantes que pour les activités bruyantes.



Dans les classes décloisonnées, plus les auditeurs sont loin de l'intervenant plus le nombre de réponses incorrectes est important.

Même lorsque les classes décloisonnées avoisinantes participaient à des activités calmes, les enfants situés au fond des grandes classes décloisonnées étaient désavantagés en raison de niveaux de bruit plus élevés. Le diagramme ci-dessus montre que dans une classe cloisonnée calme, en l'absence de distractions et de perturbations bruyantes extérieures, il est possible d'entendre du fond de la classe. Dans les espaces décloisonnés, qui se sont révélés être beaucoup moins calmes, lorsque l'auditeur est plus éloigné de l'intervenant, la qualité d'écoute est considérablement réduite.

En conclusion, il est toujours bon de regrouper les auditeurs au plus près de l'intervenant dans les espaces plus ouverts puisque le bruit provenant des espaces attenants est plus intrusif et gênant.

Perception et réponse au bruit dans les salles de classe décloisonnées

Considérant les études²¹ approfondies, les chercheurs ont déterminé que les niveaux sonores lors des activités sont comparables entre les salles de classe cloisonnées et décloisonnées.

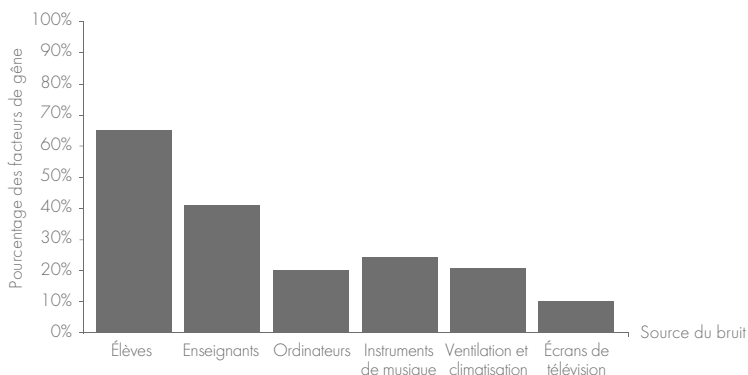
Malgré la perception courante selon laquelle les niveaux de bruit sont plus élevés dans les espaces décloisonnés, il s'avère que ceux-ci sont sensiblement les mêmes que dans les salles de classe cloisonnées.

Dans certains cas, les niveaux étaient plus élevés dans les classes décloisonnées, cependant, dans d'autres cas ils étaient plus faibles. Il est possible que cela s'explique par des temps de réverbération courts résultant d'une absorption plus importante et/ou d'une gestion de la classe appropriée.

Le bruit, cependant, perçu par d'autres élèves en dehors de la salle de classe est fréquemment qualifié comme étant une source de gêne et de perturbation pour eux dans les écoles primaires et secondaires décloisonnées. Les enfants qui suivent des enseignements dans des salles de classe décloisonnées sont particulièrement susceptibles d'entendre des paroles qui ne leur sont pas destinées et, en effet, dans les études sur les écoles décloisonnées, les paroles provenant des zones d'enseignement attenantes ont été citées comme étant la forme la plus courante de perturbation. (Greenland, 2009)²⁰.

Lorsqu'il a été demandé d'évaluer les sons qui étaient les plus gênants dans les salles de classe décloisonnées, 65 % étaient les élèves des autres classes, suivis des enseignants des autres salles de classe.

Les sons qui gênent les élèves dans les classes primaires décloisonnées (n=408)



Les vulnérables souffrent le plus

Dans toute salle de classe, il est susceptible d'y avoir un certain nombre d'apprenants présentant des besoins auditifs et de communication particuliers (BACP) et des besoins éducatifs particuliers (BEP). Cela inclut notamment les élèves souffrant de pertes auditives mais aussi les élèves présentant des troubles de l'attention et les élèves étudiant dans une seconde langue. Il est intéressant de noter que cela s'applique à tout élève qui ne se trouve pas dans des conditions optimales, par exemple un élève qui aurait mal dormi ou qui ne serait pas au meilleur de sa forme.

La déficience auditive augmente le risque de fatigue et exige une tension et un effort d'écoute qui peuvent compromettre la capacité d'un enfant à apprendre dans un environnement bruyant et par conséquent porter atteinte à sa performance.

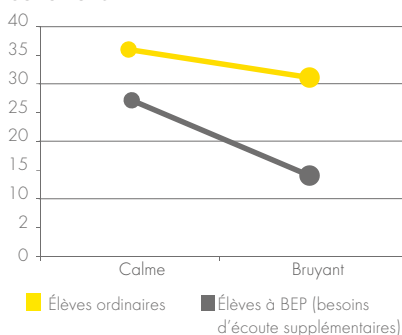
Cette étude⁴ analyse les effets du bruit d'une salle de classe classique sur les performances d'enfants du primaire dans une série de tâches portant sur la lecture et l'écriture et sur la rapidité de traitement, entre des apprenants ordinaires et des apprenants BACP/BEP. Des conditions de bruit ont été mises en place afin de reproduire les niveaux et les sources d'exposition que l'on trouve dans les salles de classe en milieu urbain.

Les deux conditions étaient les suivantes :

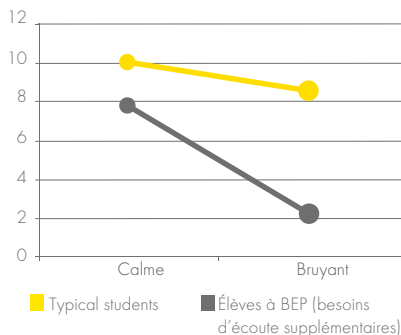
Fond "calme" - correspondant à des conditions de vie de classe normale lorsque les enfants travaillent dans le calme, sans parler et sans bruit additionnel. "Bavardages" - correspondant à un bruit de bavardages d'enfants implémenté de manière artificielle à un niveau de 65 dB.

Les résultats ont montré que enfants à besoins éducatifs particuliers étaient plus négativement affectés, plus précisément dans les conditions caractéristiques de bavardages. Ils ont également révélé que les résultats de tests obtenus par les apprenants ayant des besoins spécifiques ont considérablement chuté lorsque l'environnement devenait bruyant, alors que les auditeurs ordinaires étaient beaucoup moins impactés.

Notes en maths dans différentes conditions



Notes en anglais dans différentes conditions





Ensemble de normes pour les déficients auditifs

critères d'inclusion

Les élèves avec des BACP ou des BEP sont reconnus comme étant des auditeurs vulnérables mais ils fréquentent des écoles ordinaires, donc les politiques d'inclusion doivent subvenir à leurs besoins additionnels.

Les élèves qui entrent dans des groupes BACP⁸ sont clairement des élèves souffrants de pertes auditives, de problèmes auditifs et de troubles de l'attention et les élèves étudiant dans une seconde langue. Plus précisément, cela inclut les élèves avec :

- Une déficience auditive (DA) permanente
- Des besoins sévères ou complexes :
 - Difficultés de la parole, du langage et de la communication
 - Déficiences visuelles
 - DA fluctuante causée par une perte auditive de transmission (rhumes, otites)
 - Trouble du déficit de l'attention avec hyperactivité (TDAH)
 - Difficulté ou trouble du traitement auditif (TTA)
 - Autisme

Un bruit de fond important dans les salles de classe affecte le comportement des élèves atteints d'autisme, entraînant davantage de situations de comportements perturbants. Une corrélation entre les niveaux de bruit et la fréquence des comportements cibles a été observée ; autrement dit, lorsque les décibels augmentent, les comportements induits²² augmentent également.



Voici un résumé des normes éditées par le Royaume-Uni (BB93 et BATOD) concernant le bruit et la réverbération dans les salles de classe pour les élèves ayant des BACP

Outre les exigences mentionnées relatives aux BACP, il a été constaté que les élèves plus jeunes exigent également le même rapport signal/bruit (RSB) pouvant aller jusqu'à 20 dB, à savoir qu'il convient que le signal à entendre soit de 20 dB supérieur au bruit de fond. (Bradley 2008)¹⁷ Toutes les préconisations pour les élèves BACP avec une capacité d'écoute fragile s'appliquent également aux étudiants qui ne souffrent pas de ces problèmes. Par conséquent, ces conditions plus contraignantes ne peuvent qu'être bénéfiques pour tous les élèves.

Critères acoustiques ⁸ - élèves BACP	BB93 (2015)* BATOD**	
	Nouvelle construction	Rénovation
Niveau de bruit ambiant en intérieur*	≤ 30 dBA	≤ 35 dBA
Temps de réverbération*	≤ 0,4s, bande d'octave moyen de 125 Hz à 4000 Hz	
	≤ 0,6s dans chaque bande d'octave de 125 Hz à 4000 Hz	
Rapport signal/bruit** RSB	>20 dB, 125 Hz à 750 Hz	
	>15 dB, 750 Hz à 4000 Hz	

Pour permettre un environnement favorable à une pédagogie inclusive il convient que les élèves puissent bénéficier d'une meilleure intelligibilité de la parole et des normes qui reconnaissent l'importance du contrôle de la réverbération à basses fréquences* pour les auditeurs fragiles.**

***Fréquences basses à 125 Hz

Conclusion

Afin de fournir un environnement de travail et d'apprentissage adapté qui soutienne le développement de l'enseignement - notamment les récentes compétences essentielles du 21^e siècle - un environnement sonore optimal est une nécessité fondamentale.

Nous estimons que ce rapport de recherche peut apporter des connaissances pertinentes et sensibiliser à l'impact positif qu'offre l'amélioration des environnements acoustiques. Nous estimons qu'il s'agit d'une composante essentielle pour les enseignants et les élèves, pour leur santé et leur bien-être en général lors des activités d'enseignement et d'apprentissage. Une bonne acoustique peut soutenir les aspects critiques d'une culture positive dans l'enseignement, et engendrer une plus grande participation et implication pour tous.

Comme précisé à la page 18 de l'étude⁵ comparant les classes ayant ou non reçu un traitement acoustique, un effet domino positif se produit : comme le temps de réverbération est réduit, les élèves génèrent moins de bruit, d'où un meilleur comportement et une écoute plus attentive.

Lorsque les écoles sont conçues avec une bonne acoustique, tout le monde peut communiquer plus facilement. La pratique du partage des connaissances et des idées devient une expérience plus productive. Imaginez l'impact exponentiel si les enseignants pouvaient se concentrer sur l'enseignement, plutôt que de passer une bonne partie de leur temps à remédier aux perturbations et à atténuer les sources de bruit. Les élèves pourraient alors passer plus de temps immergés dans un état d'apprentissage plus profond.

Les témoignages des enseignants issus des études^{5, 14} menées avec une acoustique améliorée révèlent

- Une amélioration significative des conditions de travail pour le personnel et pour les élèves, les améliorations décrites définissant un environnement plus calme et plus apaisé
- Un environnement de travail amélioré, un meilleur comportement et une meilleure compréhension dans la classe
- Les enseignants moins expérimentés sont ceux signalant la plus forte diminution des niveaux de stress
- Les élèves malentendants peuvent participer aux cours plus équitablement, sans être lésés

Le stress et la fréquence cardiaque diminuent

La productivité et l'implication augmentent

Niveaux de bruit réduits = plus grande concentration et meilleure performance de l'élève

Pour une étude plus approfondie de l'impact du bruit dans l'enseignement, lire l'intégralité de la publication "Classroom acoustics – a research review", 2019, par le Pr Bridget Shield et le Dr Nicola Shiers.

Références numérotées dans le texte. Par nom, auteur(s), date et numéro de page, lorsqu'elles sont mentionnées dans le présent document de synthèse :

1. Acoustic ergonomics of school. Tiesler & Oberdöster 2006. (Page 2, 11, 14, 20)
2. How classroom acoustics affect the vocal load of teachers. Durup 2015. (Page 3, 12)
3. Frequency of voice problems among teachers and other occupations. Smith et al. 1998. (Page 3, 12)
4. The effects of classroom and environmental noise on children's academic performance. Dockrell & Shield JASA 2008. (Page 3, 8 & 9)
5. The Essex study –Optimising classroom acoustics for all. Canning & James 2012. (Page 3, 18, 19, 26)
6. Acoustic ergonomics of school. Tiesler & Oberdöster 2006. (Page 3, 20)
7. Health promoting influences on performance ability in school education. Schönwälder, Stöver & Tiesler 2008. (Page 3, 14, 20)
8. Classroom acoustics – A literature review. Shield & Shiers 2019. (Page 4, 6, 7, 24, 25)
9. External and internal noise surveys of London primary schools. Dockrell & Shield JASA 2004. (Page 5)
10. The Impact of classroom noise on reading comprehension of secondary school pupils. Dockrell & Shield. (Page 5)
11. Classroom acoustics, a research project – Summary report. McKenzie & Airey 1999. (Page 11)
12. Frequency and effects of teachers' voice problems. Smith et al 1997. (Page 12)
13. Voice disorders in teachers and the general population: Effects on work performance, attendance, and future career choices. Roy 2004b. (Page 13)
14. Communication behaviour and workload of students and teachers in highly absorbent classrooms. Tiesler 2018. (Page 14, 20 & 26)
15. Effects of classroom acoustics on performance and wellbeing in elementary school children: A field study. Klatte & Hellbrück 2010. (Page 15)
16. Subjective and objective speech intelligibility investigations in primary school classrooms. Astolfi and Bottalico 2009 & JASA 2012. (Page 16)
17. The intelligibility of speech in elementary school classrooms. Bradley 2008. (Page 17, 25)
18. Effects of room acoustics on the intelligibility of speech in classrooms for young children. Bradley 2009. (Page 17)
19. The effect of different open plan and enclosed classroom acoustic conditions on speech perception in Kindergarten children. Mealings 2015. (Page 21)
20. Acoustics of open plan classrooms in primary schools. Greenland 2009. (Page 22)
21. Noise in open plan classrooms in primary schools: A review. Dockrell, Greenland & Shield 2010. (Page 22)
22. Observational study of acoustics design and repetitive behaviors on children with autism. Kanakri 2017. (Page 24)

Ecophon®

SAINT-GOBAIN

A SOUND EFFECT ON PEOPLE

Ecophon est le leader des solutions acoustiques. Par nos solutions, nous contribuons à la création d'environnements intérieurs plus sains et à l'amélioration de la qualité de vie, du bien-être et de la performance professionnelle. Notre ambition est de recréer, dans les espaces intérieurs d'aujourd'hui, l'environnement acoustique extérieur "Idéal" de l'état de nature propre aux premiers hommes. Notre promesse : avoir "a sound effect on people".



Les principes qui guident notre travail sont fondés sur notre héritage suédois, empreint d'humanisme et de profond respect pour la vie et l'environnement.

Ecophon fait partie du Groupe Saint-Gobain, leader mondial dans les solutions d'habitat durable. C'est aussi l'un des 100 plus grands groupes industriels au monde, innovant constamment pour rendre les lieux de vie plus confortables et plus accessibles. Saint-Gobain offre des solutions qui répondent aux défis majeurs de l'efficacité énergétique et de la protection de l'environnement. Quels que soient les nouveaux besoins des marchés de l'habitat et de la construction, le futur appartient à Saint-Gobain.



www.ecophon.com