

# **L'importance de la qualité de l'acoustique des lieux en regard de la persévérance et la réussite scolaires des élèves : une revue systématique des écrits**

Louise Clément et Alice Levasseur  
*Université Laval, Québec, Canada*

## **Pour citer cet article:**

Clément, L. et Levasseur, A. (2022). L'importance de la qualité de l'acoustique des lieux en regard de la persévérance et la réussite scolaires des élèves : une revue systématique des écrits. *Didactique*, 3(1), pp. 121-140. <https://doi.org/10.37571/2022.0106>

**Résumé :** Cette revue systématique des écrits confirme le rôle de la qualité de l'acoustique des lieux (variable indépendante) avec la persévérance et la réussite scolaires des élèves (variable dépendante). À l'aide de critères rigoureux, 19 études empiriques ont été identifiées et examinées permettant de brosser le portrait des liens empiriques entre ce facteur de l'environnement physique de milieux d'enseignement et la variable dépendante. Les résultats montrent que des conditions acoustiques inadéquates entravent la persévérance et la réussite scolaires des élèves. Cependant, la prudence est de mise dans l'interprétation de ces résultats : l'acoustique ne peut à elle seule contribuer à la persévérance et la réussite scolaires, puisqu'elle fait partie d'un ensemble complexe de facteurs de l'aménagement d'espaces scolaires. Les implications pratiques de même que des pistes de recherches sont présentées.

**Mots-clés:** acoustique, aménagement d'espaces scolaires, persévérance scolaire, réussite scolaire, élèves, revue systématique.

## Introduction

Bien que nous soyons en présence de nouveaux outils de communication technologiques au sein des milieux d'enseignement (p. ex. tableaux intelligents, tablettes électroniques, télévotants), la communication orale entre les enseignants et les élèves demeure omniprésente. La qualité de cette communication est non seulement en lien avec la forme et le contenu du message livré par les enseignants, mais elle est également en lien avec l'acoustique des lieux (Bradley et al., 2003). L'acoustique, dans le cadre de cette étude, a trait à la propagation du son dans un local (Picard et Bradley, 2001).

Malgré le fait que les nouveaux projets de construction d'établissements scolaires tiennent compte d'une variété de possibilités à offrir pour les volets didactiques, d'enseignement, d'apprentissages et pédagogiques, ils négligent parfois l'importance de l'acoustique au sein des lieux (Greenland et Shield, 2011 ; Rothenberg, 1989 ; Shield et al., 2010 ; Wright, 2018). La vaste majorité des bâtiments existants n'ont pas été construits en regard de normes acoustiques à respecter, bien que depuis quelques années certains gouvernements de pays occidentaux ont introduit des normes à ce sujet (p. ex. en Angleterre, Dockrell et Schield, 2006). Parallèlement, il existe d'ailleurs un consensus à ce sujet parmi les scientifiques quant au rôle de l'acoustique sur la persévérance et la réussite scolaires des élèves, non seulement ici au Québec (Picard et Bradley, 2001), mais également ailleurs dans le monde, soit aux États-Unis (Zhang et Navejar, 2018), en Grèce (Skarlatos et Manatakis, 2003), en Angleterre (Barrett et al., 2013, 2015), en Australie (Mealings et al., 2015 ; Wilson et al., 2011), au Canada (Scannell et al. 2016). Pourtant, il a été démontré dès le début du siècle précédent que la qualité de l'acoustique est un facteur important de persévérance et de réussite scolaires des élèves notamment en ce qui a trait à la rétention de l'information et au degré d'attention (Morgan, 1917). En outre, selon Zhang et Navejar (2018), plusieurs chercheurs se sont intéressés au rôle sur l'apprentissage des élèves, mais peu d'attention a été accordée à la façon dont elle joue un rôle sur la réussite des élèves.

L'objectif de cette étude vise à présenter une revue systématique des écrits afin d'examiner l'importance du rôle de l'acoustique des lieux (variable indépendante) avec la persévérance et la réussite scolaires (variable dépendante) des élèves. La recension systématique des écrits est considérée comme la méthode « la plus valide et la plus fiable pour repérer et synthétiser des connaissances existantes » (Landry et al., 2008, p.9). En somme, la présente étude vise à présenter un cadre défini pour les projets d'élaboration de nouvelles écoles en considérant l'acoustique des lieux comme un important facteur de l'aménagement d'espaces scolaires.

## **Cadre conceptuel**

### **Persévérance et réussite scolaires**

La persévérance et la réussite scolaires des élèves sont au cœur de la mission éducative des milieux d'enseignement (ministère de l'Éducation et de l'Enseignement supérieur – MEES, 2019). La persévérance scolaire se définit au sens strict comme la poursuite des études jusqu'à l'obtention d'un diplôme d'études, d'un brevet ou d'un certificat. Elle est souvent associée aux moyens et aux efforts soutenus mis en place pour contrer le décrochage scolaire (MEES, 2019). La réussite scolaire quant à elle est décrite comme :

« un concept important pour le milieu de l'éducation dans la mesure où elle permet de valider l'atteinte d'objectifs d'apprentissage des élèves. Les principaux indicateurs de la réussite scolaire de nature quantitative sont les résultats obtenus d'évaluations sommatives. L'ensemble de résultats satisfaisants mène à l'obtention d'un diplôme d'études, d'un brevet ou d'un certificat et dont les exigences sont établies par le programme d'études. En somme, l'aboutissement avec succès du parcours scolaire des élèves marquera leur réussite scolaire » (Clément, 2018, p.381).

Après l'analyse de différentes études quant à ces deux thèmes, nous observons que tant la persévérance que la réussite scolaires sont souvent mesurées de manière différente. Par exemple, la persévérance peut être opérationnalisée par la progression scolaire des élèves en agrégeant le score de trois matières clés grâce à des examens standardisés (c.-à-d. mathématique, lecture et écriture ; Barrett et al., 2013, 2015). Également, certains auteurs privilégient le bien-être des élèves (Skarlatos et Manatakis, 2003), leurs attitudes (p. ex. la satisfaction envers la qualité de l'environnement de la classe ; Choi et al., 2013-2014) ou encore, leurs comportements (p. ex. le taux d'absentéisme ; Xie et al. 2011) pour opérationnaliser le concept de la persévérance scolaire. Tandis que l'opérationnalisation de la réussite scolaire est souvent en lien avec les résultats scolaires dans l'une ou l'autre des matières clés (c.-à-d. mathématique, lecture, écriture ; p. ex. Dockrell et Shield, 2006 ; Kanerva et al., 2019 ; Mealings et al., 2015). Mais elle peut également être mesurée par le degré de concentration dans l'exécution d'une tâche scolaire (p. ex. Holt et al., 2020).

### **Acoustique des lieux**

Il existe plusieurs facteurs jouant un rôle clé au sein des lieux d'enseignement. Les études réalisées par Barrett et ses collaborateurs (Barrett et Zhang, 2009 ; Barrett et al., 2013, 2015, 2016) ou encore l'identification de ceux-ci dans le guide conçu par Herman (1995) pour la conception et la construction de nouvelles écoles mettent en évidence ces différents facteurs. L'étude de Clément (2019) a permis d'identifier 13 facteurs à la suite d'une

*Clément et Levasseur, 2022*

recension systématique des écrits, soit : 1) l'éclairage (lumière naturelle/artificielle) ; 2) l'acoustique (confort acoustique) ; 3) la température (le confort thermique) ; 4) l'air ambiant (la qualité de l'air ou de la ventilation) ; 5) la couleur (la coloration d'un élément matériel) ; 6) la circulation (les aires de déplacement) ; 7) l'espace par élève (la superficie de la classe selon le nombre d'élèves) ; 8) la taille organisationnelle (le nombre d'élèves qui composent l'école) ; 9) les espaces sportifs (les lieux communs où l'on pratique des activités sportives) ; 10) les espaces alimentaires (les lieux communs où l'on se restaure) ; 11) les espaces de documentation (les lieux communs où l'on étudie aux fins d'apprentissage) ; 12) l'aménagement de la cour (installations matérielles situées à l'extérieur de l'école et utilisées normalement durant les pauses de la journée) ; 13) les espaces verts (lieux extérieurs naturels et environnants de l'école).

Selon Barrett et al. (2015), certains de ces facteurs jouent un rôle plutôt de nature proximale (p. ex. l'éclairage, l'acoustique, la température, l'air ambiant, l'espace par élève) tandis que d'autres jouent un rôle plutôt de nature distale (p. ex. taille organisationnelle, aménagement de la cour) quant à la persévérance et la réussite scolaires des élèves. Or, parmi ces 13 facteurs, l'étude de Clément (2019) ayant recensé 70 études réalisées avec un devis empirique quantitatif, a mis en évidence 17 études ayant trait uniquement au facteur acoustique (représentant 24,3 % des 70 études sélectionnées). C'est donc dire que ce facteur est celui ayant été le plus examiné lors de cette recension soulignant l'importance de son rôle parmi l'ensemble des facteurs de l'aménagement d'espaces scolaires.

Le facteur « acoustique » se définit comme la propagation du son dans un local (Picard et Bradley, 2001). Il a trait à la sensation auditive de chaque personne où certaines d'entre elles sont plus sensibles que d'autres aux bruits environnants (Association paritaire pour la santé et la sécurité du travail du secteur d'affaires sociales – ASSTSAS, 2006). L'acoustique joue un rôle important non seulement sur la santé (p.ex. fatigue auditive, maux de tête) et le bien-être (p. ex. irritabilité, impatience, baisse de la concentration) des individus (Organisation mondiale de la Santé - OMS, 2018), mais également, quant à l'objet de la présente étude, sur la performance des élèves en milieu scolaire (Barrett et al., 2013, 2015 ; Shield et al., 2010).

L'unité de mesure du bruit est le nombre de décibels (dBA  $L_{Aeq}^1$ ) où plus le bruit est fort, plus le nombre de décibels est élevé (Gouvernement du Québec, 2021). Les instruments généralement utilisés pour la mesure du bruit sont le sonomètre ou le dosimètre (ASSTSAS, 2006). Le niveau admissible de décibels dépend du temps d'exposition au bruit. Au Québec, au sein des milieux de travail, le niveau maximal de bruit continu admissible pendant huit heures, correspondant à un quart de travail, est de 90 dBA (Centre canadien d'hygiène et de sécurité au travail - CCHST, 2021). Au sein des milieux scolaires québécois, le ministère de la Santé et des Services sociaux – MSSS, (2019) s'inspire des seuils recommandés par l'OMS (2018) pour recommander à son tour un seuil acceptable durant les heures de classe (35 dBA  $L_{Aeq}$ ) ou dans la cour de récréation (55 dBA  $L_{Aeq}$ ).

Selon une recension de la littérature scientifique réalisée par Shield et al. (2010) quant à l'acoustique en milieu scolaire au sein de pays occidentaux, le nombre de décibels dans les classes traditionnelles (par opposition aux classes ouvertes)<sup>2</sup> varie selon les activités : lorsque les élèves sont silencieux (44 dBA  $L_{Aeq}$ ), lorsque les élèves sont amenés à réaliser des activités calmes comme la lecture silencieuse (56 dBA  $L_{Aeq}$ ), lors du travail à des tables où la conversation est autorisée (65 dBA  $L_{Aeq}$ ) et lors du travail en sous-groupes (70-77 dBA  $L_{Aeq}$ ). Les auteures ont également réalisé le même travail de comparaison des études quant aux mêmes activités identifiées ci-dessus, mais dans un cadre de classes ouvertes : elles observent que les niveaux de décibels lors de ces mêmes activités sont comparables à ceux des classes traditionnelles. Autrement dit, malgré ce que l'on pourrait présumer, il n'existe pas de différence significative entre les deux types d'aménagement de classe<sup>3</sup>. Par ailleurs, les résultats des travaux de Picard et Bradley (2001) réalisés au sein d'écoles

---

<sup>1</sup> L'unité de mesure du bruit est le décibel (dB). Toutefois, le dBA est généralement privilégié comme unité de mesure puisqu'il correspond à la mesure en décibels « à la réponse de l'oreille humaine pour les fréquences audibles (après correction appliquée par un instrument de mesure) » (ministère de la Santé et des Services sociaux du Québec, 2019, p.ii). Tandis que le « dBA  $L_{Aeq}$  » correspond à un « niveau de bruit continu équivalent, pondéré A (dBA), qui correspond à l'ensemble des variations des niveaux de bruit observés durant un intervalle de temps » (p.ii).

<sup>2</sup> Les classes dites « traditionnelles » font référence à l'aménagement physique de la classe et de l'enseignement pédagogique principalement centré par la transmission des savoirs de l'enseignant.e. Les classes dites « ouvertes » ont fait leur apparition dans les années 1960 et 1970 où les apprentissages des élèves sont davantage favorisés par une conception différente des milieux d'enseignement offrant une plus grande flexibilité quant au déploiement d'un plus grand nombre de stratégies d'enseignement (Gulson et Symes, 2007; Horwitz, 1979).

primaires du Québec, montrent que la pollution sonore provient de deux sources : le bruit extérieur au bâtiment et celui engendré par les élèves dans la classe. Picard et Bradley (2001) ont relevé des niveaux sonores de 40 à 70 dBA au sein des classes d'enseignement primaire de type traditionnel. Les auteurs suggèrent que le niveau de bruit pour les élèves de 10-11 ans devrait être en moyenne à 39 dBA tandis qu'il devrait être en moyenne à 28,5 dBA pour les élèves de 6-7 ans.

### **Présente étude**

Les pratiques d'enseignement et les stratégies d'apprentissage se sont transformées au cours des dernières années notamment par l'introduction de nouvelles approches pédagogiques (p. ex. la classe inversée), par l'introduction de nouveaux lieux d'apprentissage (p. ex. l'enseignement en plein air) ou encore par l'introduction de nouveaux outils technologiques (p. ex. les tableaux intelligents, les tablettes électroniques, les téléviseurs).

Les milieux d'enseignement ont également fait l'objet d'innovation dans le cadre de nouveaux projets de construction (p. ex. en offrant une plus grande luminosité naturelle des lieux ; Barrett et al., 2013, 2015). Dès lors, plusieurs facteurs doivent être pris en considération dans la planification de ces nouveaux milieux d'apprentissages et plusieurs d'entre eux doivent respecter des normes rigoureuses et dont le contrôle est assuré par les autorités compétentes en la matière (p. ex. la qualité de l'air dans les classes ; ministère de l'Éducation – MEQ, 2021). Or, certains facteurs, comme la qualité acoustique des lieux, ne font pas l'objet d'une norme à respecter ni l'objet d'un suivi en milieu d'enseignement. En effet, le Code national du bâtiment (CNB) du Canada ne présente pas de normes acoustiques spécifiques pour les classes et il en va de même pour les codes du bâtiment des provinces et des territoires qui s'en remettent au CNB (Orthophonie et Audiologie Canada, 2019). Pourtant, il a été démontré depuis fort longtemps que l'acoustique des lieux a une influence significative sur la persévérance et la réussite scolaires des élèves (Morgan, 1917).

En somme, la présente étude vise à présenter un cadre défini pour les projets d'élaboration de nouvelles écoles en considérant l'acoustique des lieux comme un important facteur de l'aménagement d'espaces scolaires à l'aide d'une recension systématique des écrits qui contribuera à la poursuite de cette importante réflexion en examinant l'importance du rôle de l'acoustique des lieux (variable indépendante) avec la persévérance et la réussite scolaires des élèves (variable dépendante). Plus spécifiquement, cette étude vise à valider

l'existence de liens directs empiriques entre les variables indépendante et dépendante où deux hypothèses sont formulées.

*H1.* Des conditions inadéquates de l'acoustique des lieux sont associées négativement à la persévérance et la réussite scolaires des élèves.

*H2.* Des conditions adéquates de l'acoustique des lieux sont associées positivement à la persévérance et la réussite scolaires des élèves.

## Aspects méthodologiques

### Critères de sélection et démarche

La méthode de revue systématique des écrits a été privilégiée afin de répondre à cet objectif, car celle-ci résume les connaissances actuelles sur un sujet spécifique en sélectionnant des articles qui répondent à des critères définis (Oxman, 1994). Trois bases de données ont été consultées, soit : *ERIC*, *Education Source* et *PsycINFO* en utilisant les mots-clés *noise*, *acoustics* et *sounds* (variable indépendante). De plus, nous avons privilégié les deux mots-clés anglais *learning* et *achievement* afin de déterminer le rôle de l'acoustique en lien avec la persévérance et la réussite scolaires (variable dépendante).

Nous avons uniquement pris en considération les études respectant les quatre critères d'inclusion suivants : 1) disponibles en langue anglaise ; 2) réalisées à l'aide d'un devis quantitatif (puisque nous désirons établir la preuve empirique de l'importance relative de ce facteur avec la persévérance et la réussite scolaires) ; 3) publiées entre 2000 et 2020 (notre hypothèse repose sur le fait que les articles publiés au cours de cette période ont davantage de chance de réaliser un devis empirique à l'aide de méthodes d'analyse sophistiquées) ; 4) évaluées par les pairs (*peer reviewed* ; c.-à-d. dont les articles soumis font l'objet d'une évaluation anonyme par un comité d'experts en la matière).

En dernier lieu, pour chacune des études examinées, nous avons pris soin de distinguer de quelle manière cette variable dépendante était opérationnalisée et donc mesurée. Ainsi, chaque étude a fait l'objet d'un examen plus approfondi et plusieurs ont été exclues parce qu'elles portaient sur une problématique, une population ou un domaine jugés trop particulier. Enfin, trois études ont été ajoutées, car elles constituaient des études phares du domaine (c.-à-d. celles de Barrett et al. [2013, 2015] ainsi que celle de Choi et al. [2013-2014]). La figure 1 présente le logigramme de la revue systématique des écrits qui a été réalisée où 19 études empiriques ont été conservées pour un examen plus approfondi de leurs résultats.

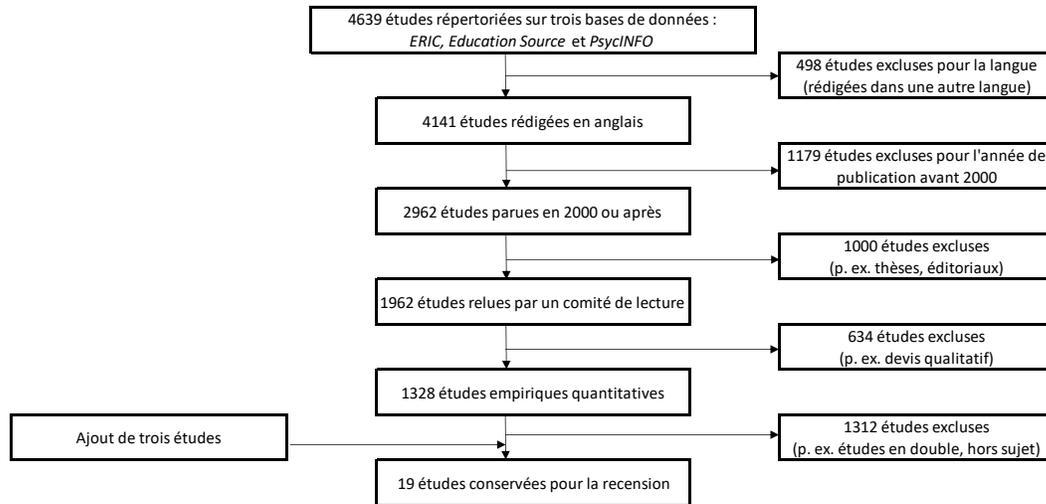


Figure 1. Logigramme

### Méthode d'interprétation

Relativement aux résultats des 19 études retenues, nous avons observé que les chercheurs avaient préconisé différents types d'analyses (p. ex. Test-T, analyse corrélacionnelle, analyse de régression) afin d'examiner le bruit ou de la qualité sonore des lieux avec la persévérance et la réussite scolaires des élèves.

Afin d'offrir au lecteur une interprétation claire et cohérente de ces résultats, nous avons choisi d'analyser ceux-ci selon deux angles. D'une part selon le sens de l'association entre l'acoustique (variable indépendante) et la persévérance ou la réussite scolaires (variable dépendante), c.-à-d. si cette relation est de nature positive (identifiée par « + ») ou négative (identifiée par « - »). Et d'autre part, selon la force de la relation entre le facteur et la variable dépendante, c.-à-d. l'ampleur de l'effet selon les balises proposées par Cohen (1988), soit : de grande taille (« +++ » ou « - - - »), de taille moyenne (« ++ » ou « - - »), de petite taille (« + » ou « - ») ou statistiquement non significatif (n. s.).

## **Analyse et résultats**

Nous avons analysé ces 19 articles, en notant : 1) la taille de l'échantillon ; 2) l'ordre d'enseignement ; 3) le pays où l'étude a été réalisée ; 4) le choix d'un coefficient pour l'interprétation selon le type d'analyse (p. ex. taille de l'effet, corrélation, régression) ; 5) l'objet d'analyse (p. ex. élève, classe ou école) ; 6) la prise en compte du milieu défavorisé ou non ; 7) l'opérationnalisation de la persévérance et la réussite scolaires.

Les tableaux 1, 2 et 3 présentent les résultats de ces analyses : le tableau 1 présente l'association statistique entre les bruits ambiants (variable indépendante) et la variable dépendante; le tableau 2 présente l'association statistique entre la qualité acoustique des lieux (variable indépendante) et la variable dépendante; le tableau 3 présente l'association statistique entre l'emploi de matériel spécifique afin d'atténuer les bruits ambiants (variable indépendante) et la variable dépendante.

## **La présence de bruits ambiants**

Parmi les 19 études qui ont été recensées, 13 d'entre elles cherchaient à examiner les caractéristiques des lieux et de leurs effets sur la variable dépendante en examinant les bruits ambiants, donc ceux qui altèrent l'acoustique des lieux. Le tableau 1 présente les résultats de ces 13 études où cinq constats ont pu être établis.

Premièrement, trois études ont examiné la variable indépendante avec la réussite scolaire en mathématique où deux d'entre elles confirment que lorsque l'acoustique des lieux est inadéquate, les résultats en mathématiques sont plus faibles (Dockrell et Shield, 2006 ; Zhang et Navejar, 2018). En revanche, une étude n'a pas pu déterminer de lien empirique significatif entre ce facteur et la variable dépendante (Kanerva et al., 2019). Deuxièmement, cinq études ont examiné la variable indépendante avec la réussite scolaire en lecture où trois d'entre elles confirment que lorsque l'acoustique des lieux est inadéquate (c.-à-d. que les bruits ambiants sont élevés), les résultats en lecture sont plus faibles (Dockrell et Shield, 2006 ; Ronsse et Wang, 2010 ; Seabi et al., 2010). En revanche, deux études n'ont pas pu déterminer de lien empirique significatif entre ce facteur et la variable dépendante (Kanerva et al., 2019 ; Mealings et al., 2015).

Tableau 1. Association statistique de conditions bruyantes avec la variable dépendante

Auteurs	1- Taille de l'échantillon 2- Ordre d'enseignement 3- Pays	4- Coefficient interprété 5- Objet d'analyse	6- L'étude tient compte du milieu défavorisé	7- Variable dépendante			
				Math.	Lecture	Écriture	Autres
Bradlow et al. (2003)	1- 99 élèves 2- Primaire 3- États-Unis	4- Taille de l'effet 5- Élève	Non				[ - - - ] (verbal)
Dockrell et Shield (2006)	1- 158 élèves 2- Primaire 3- Angleterre	4- Taille de l'effet 5- Élève	Non	[ - - ]	[ - - - ]	[ - - - ]	
Holt et al. (2020)	1- 39 élèves 2- Primaire 3- Australie	4- Régression 5- Élève	Non				[ + + + ] (concentration)
Kanerva et al. (2019)	1- 837 élèves 2- Secondaire 3- Finlande	4- Taille de l'effet 5- Élève	Non	n. s.	n. s.		
Maxwell et Schechtman (2012)	1- 105 élèves 2- Secondaire 3- États-Unis	4- Régression 5- Élève	Oui				[ - ] (résultats scolaires)
Mealings et al. (2015)	1- 22 élèves 2- Préscolaire 3- Australie	4- Corrélation 5- Élève	Non		n. s.		[ - - ] (concentration)
Riley et McGregor (2012)	1- 31 élèves 2- Primaire 3- États-Unis	4- Taille de l'effet 5- Élève	Non				[ - - - ] (concentration)
Ronsse et Wang (2010)	1- 58 classes 2- Primaire 3- États-Unis	4- Corrélation 5- Classe	Oui		[ - - - ]		
Scannell et al. (2016)	1- 850 étudiants 2- Université 3- Canada	4- Corrélation 5- Étudiant	Non				[ - ] (bien-être)
Seabi et al. (2010)	1- 174 élèves 2- Primaire et secondaire 3- Afrique du Sud	4- Test T 5- Élève	Non		[ - - - ]		
Skarlatos et Manatakis (2003)	1- 411 élèves 2- Secondaire 3- Grèce	4- Corrélation 5- Élève	Non				[ - - - ] (bien-être)
Xie et al. (2011)	1- 96 écoles 2- Secondaire 3- Angleterre	4- Corrélation 5- École	Oui				[ - - ] (présence)
Zhang et Navejar (2018)	1- 122 élèves 2- Secondaire 3- États-Unis	4- Corrélation 5- Élève	Non	[ - - ]			

Note. Math. : mathématique. [ - - - ] : association négative de grande taille. [ - - ] : association négative de taille moyenne. [ - ] : association négative de petite taille. N. s. : association statistiquement non significative. [ + + + ] : association positive de grande taille.

Troisièmement, une seule étude a déterminé un lien empirique entre le facteur acoustique et l'écriture confirmant que lorsque l'acoustique des lieux est inadéquate, les résultats en écriture sont plus faibles (Dockrell et Shield, 2006). Fait à noter, une étude parmi les 13 a choisi d'examiner l'acoustique avec la moyenne générale (*great point average* – GPA) des élèves sans distinction à la matière (Maxwell et Schechtman, 2012). Malgré tout, les résultats de cette étude confirment qu'une acoustique inadéquate de la classe favorise des résultats scolaires plus faibles.

Quatrièmement, six études ont examiné l'association négative de bruits ambiants (donc en lien avec une acoustique des lieux inadéquate) avec une moins bonne compréhension de phrases à l'oral (Bradlow et al., 2003), un temps de réponse plus long aux questions (Mealings et al., 2015), une production incorrecte de phonèmes (Riley et Gregor, 2012), une perception négative du bien-être (Scannell et al. 2016 ; Skarlatos et Manatakis, 2003) et un taux de présence plus faible (Xie et al., 2011). Cinquièmement, une seule étude présente des résultats contrastant avec l'ensemble des 12 études citées précédemment : en présence de conditions acoustiques inadéquates, la concentration des élèves est plus élevée (Holt et al., 2020).

En somme, hormis les résultats des études de Kanerva et al. (2019) et de Mealings et al. (2015) où les résultats sont non significatifs, ainsi que ceux contrastant d'Holt et al. (2020), les résultats des études du tableau 1 font consensus malgré les tailles d'échantillon, l'ordre d'enseignement, les pays et les devis méthodologiques différents. L'*H1* est donc confirmée : des conditions inadéquates de l'acoustique des lieux sont associées négativement à la persévérance et la réussite scolaires des élèves.

### **La qualité acoustique des lieux**

Le tableau 2 présente les trois études qui ont examiné l'association statistique de la qualité acoustique avec la variable dépendante. Les résultats ne dégagent pas de consensus. Les résultats de l'étude de Barrett et al. (2015) ont montré que la progression scolaire a un faible lien avec la qualité acoustique des lieux tandis que les résultats de l'étude de Barrett et al. (2013) ont démontré que la qualité acoustique des lieux est négativement associée à la progression scolaire. Enfin, les résultats de l'étude de Choi et al. (2013-2014), ont révélé que des conditions acoustiques adéquates favorisent la satisfaction de la qualité de l'environnement de la classe. En somme, l'*H2* ne peut être confirmée. Il est vrai que trois

études ayant examiné ces variables ne peuvent à elles seules en venir à des conclusions probantes, ce qui laisse d'ailleurs la place à des pistes futures de recherche.

Tableau 2. Association statistique de la qualité acoustique avec la variable dépendante

Auteurs	1- Taille de l'échantillon 2- Ordre d'enseignement 3- Pays	4- Coefficient interprété 5- Objet d'analyse	6- L'étude tient compte du milieu défavorisé	7- Variable dépendante	
				Apprentissages	Autres
Barrett et al. (2015)	1- 153 classes 2- Primaire 3- Angleterre	4- Corrélation 5- Classe	Oui	[+]	
Barrett et al. (2013)	1- 34 classes 2- Primaire 3- Angleterre	4- Corrélation 5- Classe	Non	[-]	
Choi et al. (2013-2014)	1- 631 élèves 2- Université 3- États-Unis	4- Régression 5- Élève	Non		[+] (satisfaction)

Note. [+] : association positive de petite taille. [-] : association négative de petite taille.

### L'emploi de matériel spécifique afin d'atténuer les bruits ambiants

Parmi les 19 études de la recension systématique des écrits, trois d'entre elles ont examiné les effets de l'emploi de matériel spécifique afin d'atténuer les bruits sonores ambiants. D'abord, les résultats de l'étude de Dockrell et Shield (2006) ont révélé que l'utilisation d'un amplificateur de sons (*sound-field system*) n'a pas favorisé de manière significative les résultats scolaires des élèves en mathématique, en lecture ainsi qu'en écriture. En revanche, il a favorisé la performance des élèves aux tâches logiques non verbales ainsi que la performance en compréhension orale. Ensuite, les résultats de l'étude de Smith et Riccomini (2013) ont indiqué que le port d'un casque d'écoute permet de réduire les bruits ambiants et favorise la compréhension de la lecture. Enfin, les résultats de l'étude de Wilson et al. (2011) ont montré, contrairement aux résultats contradictoires de l'étude de Dockrell et Shield (2006), que l'utilisation d'un amplificateur de sons (*sound-field amplification*) favorise les résultats scolaires des élèves quant à la lecture et à l'écriture. Ces trois études ne dégagent pas de consensus. En conclusion, il est vrai qu'un si petit nombre d'études ayant examiné du matériel de nature différente ne peuvent à elles seules en venir à des conclusions probantes, ce qui laisse entrevoir des pistes intéressantes quant à de futures recherches sur le sujet.

Tableau 3. Association statistique de l'emploi de matériel atténuant les bruits sonores avec la variable dépendante

Auteurs	1- Taille de l'échantillon 2- Ordre d'enseignement 3- Pays	4- Coefficient interprété 5- Objet d'analyse	6- L'étude tient compte du milieu défavorisé	7- Variable dépendante			
				Math.	Lecture	Écriture	Autres
Dockrell et Shield (2012)	1- 186 élèves 2- Primaire 3- Angleterre	4- Variance, taille de l'effet 5- Élève	Non	n. s.	n. s.	n. s.	[++] (logique et compréhension orale)
Smith et Riccomini (2013)	1- 254 élèves 2- Primaire 3- États-Unis	4- Variance 5- Élève	Oui		[+++]		
Wilson et al. (2011)	1- 147 élèves 2- Primaire 3- Australie	4- Test T 5- Élève	Non		[+]	[+]	

Note. Math. : mathématique. [++] : association positive de taille moyenne. [+] : association positive de petite taille. n. s. : association statistiquement non significative.

## Discussion

L'objectif de la présente étude visait à présenter une revue systématique des écrits afin d'examiner l'importance du rôle de l'acoustique des lieux avec la persévérance et la réussite scolaires des élèves. Le bien-fondé de cette démarche repose sur l'intérêt marqué de la communauté scientifique quant à ce facteur de l'aménagement d'espaces scolaires et de ses effets sur la performance scolaire des élèves.

En premier lieu, trois conclusions se dégagent de l'analyse des 19 études qui ont été recensées à ce sujet. Premièrement, la recension a mis en évidence l'existence d'un certain nombre d'études (13 sur les 19 recensées) qui ont trait à la mesure du bruit et de son rôle sur la variable dépendante. Dans l'ensemble, les résultats de ces études ont démontré l'existence d'un lien empirique significatif, c'est-à-dire lorsque des conditions acoustiques inadéquates sont présentes, celles-ci entravent la persévérance et la réussite scolaires des élèves. Deuxièmement, les résultats d'un trop petit nombre d'études (trois sur les 19 recensées) ne permettent pas de dégager de consensus lorsque les élèves sont en présence de qualités acoustiques adéquates contribuant à favoriser leur persévérance et leur réussite scolaires. Troisièmement, trois études (sur les 19 recensées) ont examiné les effets de l'emploi de matériel spécifique afin d'atténuer les bruits sonores ambiants, mais celles-ci ne dégagent pas de consensus non seulement à cause de la petite taille d'échantillon, mais également parce que le matériel employé n'était tout simplement pas le même.

### Implications pratiques

Six études provenant du tableau 1, réalisées après 2009 et ayant mesuré le bruit en privilégiant l'indicateur dBA, confirment que le niveau de bruit mesuré est supérieur au seuil maximal recommandé par l'OMS (2018), soit de 35 dBA (dans les classes) à 55 dBA (dans la cour d'école) (voir le tableau 4).

Tableau 4. Niveau de bruit mesuré selon un échantillon de six études

Auteurs	1- Taille de l'échantillon 2- Ordre d'enseignement 3- Pays	Niveau de bruit (dBA)
Mealings et al. (2015)	1- 22 élèves 2- Préscolaire 3- Australie	Activités calmes $M = 57,4$ Pendant l'enseignement $M = 67,7$
Ronsse et Wang (2010)	1- 58 classes 2- Primaire 3- États-Unis	Classes de 2 <sup>e</sup> et 4 <sup>e</sup> années Étendue = 36,0–53,0
Scannell et al. (2016)	1- 850 étudiants 2- Université 3- Canada	Lieux inoccupés $M = 43,4$ Étendue = 32,2–54,9 Lieux occupés $M = 56,0$ Étendue = 37,7–76,6
Seabi et al. (2010)	1- 174 élèves 2- Primaire et secondaire 3- Afrique du Sud	Bruits extérieurs Groupe expérimental $M = 68,0$ (maximum = 95) Groupe contrôle $M = 57,0$ (maximum = 74)
Xie et al. (2011)	1- 96 écoles 2- Secondaire 3- Angleterre	Bruits extérieurs Étendue = 46,3–59,0
Zhang et Navejar (2018)	1- 122 élèves 2- Secondaire 3- États-Unis	Bruits extérieurs $M = 63,70$ ( $ÉT = 5.33$ ) Étendue = 55–85

Note. M : moyenne. ÉT : écart-type. dBA : nombre de décibels après correction appliquée par un instrument de mesure.

Or, ces résultats sont comparables à ceux présentés dans le cadre de la recension de Shields et al. (2010) couvrant la période de 1963 à 2005 que nous avons présentés ci-dessus. En définitive, bien que l'OMS (2018) reconnaisse l'importance du rôle du bruit et de ses effets sur la persévérance et la réussite scolaires des élèves, les données recueillies de ces six études et provenant de différents pays confirment que le seuil maximal suggéré n'est généralement pas respecté. Par ailleurs, plus près de nous, au Québec, le MSSS (2019) admet qu'il existe « peu d'outils pédagogiques pour soutenir la mise en œuvre d'activités

sur les effets du bruit, la manière de s'en protéger ou les comportements à adopter en société, contrairement à ce qui a été développé dans d'autres pays » (p.11).

Nous observons toutefois que quelques moyens sont proposés par les auteurs consultés afin de minimiser les bruits, tels que le choix d'un système de ventilation / climatisation / chauffage adéquat (Riley et McGregor, 2012 ; Ronsse et Wang, 2010 ; Scannell et al., 2016), la correction de l'insonorisation des classes (Dockrell et Shield, 2006, 2012 ; MSSS, 2019), la localisation de nouveaux bâtiments scolaires à des endroits stratégiques éloignés de bruits environnementaux (p. ex. autoroutes, aéroports ; Riley et McGregor, 2012 ; Seabi et al., 2010).

### **Limites de l'étude et perspectives de recherche**

Cette étude comporte des limites pouvant représenter des perspectives de recherche intéressantes à explorer. D'abord, le niveau de bruits de fond (*background noise level*) et l'effet de réverbération (*reverberation time*) ont été mesurés dans le cadre de travaux de certains auteurs (p. ex. Ronsse et Wong, 2010) en plus de la mesure du nombre de décibels (dbA). Comme la majorité des études consultées ont privilégié uniquement la mesure des décibels et que nous avons d'ailleurs uniquement tenu compte de celle-ci, nous suggérons que les futures études à ce sujet tiennent également en compte ces deux indicateurs permettant d'apporter des nuances à l'interprétation des résultats.

Ensuite, la petite taille d'études recensées ne permet pas d'apporter des nuances entre les apprenants de type auditif-verbal et ceux de type visuel (Zhang et Navejar, 2018), aux différents groupes d'âge des élèves (Mealings et al., 2015), à la taille du groupe d'élèves offrant un seuil acceptable de bruit (Mealings et al., 2015 ; Skarlatos et Manatakis, 2003). À ce dernier sujet, Picard et Bradley (2001) ont d'ailleurs suggéré que le niveau de bruit soit inversement proportionnel à l'âge des élèves. Également, des études examinant plus spécifiquement l'heure et la journée de la semaine représentent également une avenue intéressante à explorer (Skarlatos et Manatakis, 2003). Enfin, comme l'un des critères de sélection des textes a tenu compte uniquement de textes en anglais, il serait intéressant d'examiner des études empiriques francophones puisque le contexte de référence est la province de Québec.

## Conclusion

Les résultats de cet échantillon d'études empiriques indiquent que des conditions acoustiques inadéquates entravent la persévérance et la réussite scolaires des élèves. Cependant, la prudence est de mise dans l'interprétation de ces résultats : ce facteur ne peut à lui seul favoriser la persévérance et la réussite scolaires. Il fait partie d'un ensemble complexe de facteurs comme il a déjà souligné ci-dessus. Le MEQ mène présentement une intensive campagne pour la mesure et le suivi de la qualité de l'air dans les écoles depuis la propagation de la COVID-19 (MEQ, 2021). Bien que nous reconnaissons l'importance de s'intéresser à ce facteur, nous ne pouvons que souhaiter qu'une telle mesure et qu'un tel suivi puissent s'appliquer à la qualité acoustique des lieux pour favoriser la persévérance et la réussite scolaires des élèves.

Enfin, nous observons que seulement quatre études parmi notre échantillon ont pris en compte le milieu socioéconomique des élèves. Pourtant, à titre d'exemple, 30 % des élèves québécois de l'enseignement primaire et secondaire se trouvent au sein d'écoles considérées comme défavorisées (c.-à-d. pour les indices de milieu socio-économique [ISME] de 8, 9 ou 10 sur une échelle de 10 ; MEQ, 2022). Comme il existe plusieurs programmes mis en place par les gouvernements pour guider les interventions des acteurs et soutenir l'apprentissage de ces élèves afin de favoriser leur réussite scolaire, nous croyons qu'il est essentiel que les futures études s'intéressent davantage au facteur acoustique et à ce contexte spécifique.

## Références <sup>4</sup>

- Association paritaire pour la santé et la sécurité du travail du secteur d'affaires sociales. (2006). *Réduire le bruit dans les services de garde : solutions acoustiques*. [http://asstsas.qc.ca/sites/default/files/publications/documents/SP/2006/sp082\\_complet.pdf](http://asstsas.qc.ca/sites/default/files/publications/documents/SP/2006/sp082_complet.pdf)
- Barrett, P. S., et Zhang, Y. (2009). *Optimal learning spaces: Design implications for primary schools*. [http://usir.salford.ac.uk/18471/1/SCRI\\_Report\\_2\\_school\\_design.pdf](http://usir.salford.ac.uk/18471/1/SCRI_Report_2_school_design.pdf)

---

<sup>4</sup> Les références indiquées avec un astérisque (\*) font partie de la revue systématique des écrits. Clément et Levasseur, 2022

- Barrett, P., Barrett, L. et Zhang, Y. (2016). Teachers' views of their primary school classrooms. *Intelligent Buildings International*, 8(3), 176-191. <https://doi.org/10.1080/17508975.2015.1087835>
- \*Barrett, P., Davies, F., Zhang, Y. et Barrett, L. (2015). The impact of classroom design on pupils' learning: Final results of a holistic, multi-level analysis. *Building and Environment*, 89, 118-133. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2015.02.013>
- \*Barrett, P., Zhang, Y., Moffat, J. et Kobbacy, K. (2013). A holistic, multi-level analysis identifying the impact of classroom design on pupils' learning. *Building and Environment*, 59, 678-689. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2012.09.016>
- Bradley, J. S., Sato, H. et Picard, M. (2003). On the importance of early reflections for speech in rooms. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 113(6), 3233-3244. <https://doi.org/10.1121/1.1570439>
- \*Bradlow, A. R., Kraus, N. et Hayes, E. (2003). Speaking clearly for children with learning disabilities. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 46, 80-97. <https://doi.org/10.1092-4388/03/4601-0080>
- Centre canadien d'hygiène et de sécurité au travail. (2021). *Limites d'exposition au bruit au Canada*. [https://www.cchst.ca/oshanswers/phys\\_agents/exposure\\_can.html#anchor1](https://www.cchst.ca/oshanswers/phys_agents/exposure_can.html#anchor1)
- \*Choi, S., Guerin, D. A., Kim, H.-Y., Kulman-Brigham, J. K. et Bauer, T. (2013-2014). Indoor environmental quality of classrooms and student outcomes: A path analysis approach. *Journal of Learning Spaces*, 2(2), 1-14. <http://libjournal.uncg.edu/jls/article/view/506/513>
- Clément, L. (2019). *Validation empirique des fragments du design scolaire et de leur importance relative sur la persévérance et la réussite scolaires des élèves*. Laboratoire pour une école contemporaine (Lab-École).
- Clément, L. (2018). Le leadership et la réussite scolaire en milieu défavorisé : le portrait contrasté d'une réalité complexe. Dans J. Moisset, J. Plante et P. Toussaint, *La gestion des ressources humaines pour la réussite scolaire* (2e éd., p.381-400). Presses de l'Université du Québec.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2e éd.). Lawrence Erlbaum Associates.
- \*Dockrell, J. E. et Shield, B. (2012). The impact of sound field systems on learning and attention in elementary school classrooms. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 55, 1163-1176. [https://doi.org/10.1044/1092-4388\(2011/11-0026\)](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2011/11-0026))
- \*Dockrell, J. E. et Shield, B. M. (2006). Acoustical barriers in classrooms: The impact of noise on performance in the classroom. *British Educational Research Journal*, 32(3), 509-525. <https://doi.org/10.1080/01411920600635494>

- Gouvernement du Québec (2021). *Effets du bruit environnemental sur la santé*.  
<https://www.quebec.ca/sante/conseils-et-prevention/sante-et-environnement/effets-du-bruit-environnemental-sur-la-sante>
- Greenland, E. E. et Shield, B. M. (2011). A survey of acoustic conditions in semi-open plan classrooms in the United Kingdom. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 130(3), 1399-1410. <https://doi.org/10.1121/1.3613932>
- Gulson, K. et Symes, C. (2007). Knowing one's place: Space, theory, education. *Critical Studies in Education*, 48(1), 97-110. <http://dx.doi.org/10.1080/17508480601123750>
- Herman, J. J. (1995). *Effective school facilities: A development guidebook*. Technomic.
- \*Holt, R., Bruggeman, L et Demuth, K. (2020). Visual speech cues speed processing and reduce effort for children listening in quiet and noise. *Applied Psycholinguistics*, 41(4), 933-961. <https://doi.org/10.1017/S0142716420000302>
- Horwitz, R. (1979). Psychological effects of the "Open Classroom". *Review of Educational Research*, 49(1), 71-85. <http://dx.doi.org/10.3102/00346543049001071>
- \*Kanerva, K., Kiistala, I., Kalakoski, V., Hirvonen, R., Ahonen, T. et Kiuru, N. (2019). The feasibility of working memory tablet tasks in predicting scholastic skills in classroom settings. *Applied Cognitive Psychology*, 33(6), 1224-1237. <https://doi.org/10.1002/acp.3569>
- Landry, R., Becheikh, N., Amara, N., Ziam, S., Idrissi, O. et Castonguay, Y. (2008). *La recherche, comment s'y retrouver : Revue systématique des écrits sur le transfert de connaissances en éducation*. 47. Repéré sur le site du ministère de l'Éducation et de l'Enseignement supérieur le 1<sup>er</sup> juillet 2019 : [http://www.education.gouv.qc.ca/fileadmin/site\\_web/documents/PSG/statistiques\\_info\\_decisionnelle/LaRechercheCommentSYRetrouver.pdf](http://www.education.gouv.qc.ca/fileadmin/site_web/documents/PSG/statistiques_info_decisionnelle/LaRechercheCommentSYRetrouver.pdf)
- \*Maxwell, L. E. et Schechtman, S. L. (2012). The role of objective and perceived school building quality in student academic outcomes and self-perception. *Children, Youth and Environments*, 22(1), 23-51. <https://doi.org/10.7721/chilyoutenvi.22.1.0023>
- \*Mealings, K. T., Demuth, K., Buchholz, J. et Dillon, H. (2015). The development of the Mealings, Demuth, Dillon and Buchholz classroom speech perception test. *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, 58, 1350-1362. [https://doi.org/10.1044/2015\\_JSLHR-H-14-0332](https://doi.org/10.1044/2015_JSLHR-H-14-0332)
- Ministère de la Santé et des Services sociaux du Québec. (2019). Vision et orientations gouvernementales en matière de lutte contre le bruit environnemental au Québec. [https://msss.gouv.qc.ca/professionnels/documents/bruit-environnemental/19-214-02w\\_vision\\_orientation\\_bruit\\_complet.pdf](https://msss.gouv.qc.ca/professionnels/documents/bruit-environnemental/19-214-02w_vision_orientation_bruit_complet.pdf)

- Ministère de l'Éducation. (2021). *Qualité de l'air dans les écoles*.  
<https://www.quebec.ca/education/prescolaire-primaire-et-secondaire/qualite-air-ecoles>
- Ministère de l'Éducation. (2022). *Indices de défavorisation*.  
<http://www.education.gouv.qc.ca/references/indicateurs-et-statistiques/indices-de-defavorisation/>
- Ministère de l'Éducation et de l'Enseignement supérieur (2019). *Persévérance scolaire et réussite éducative*.  
[http://www.education.gouv.qc.ca/fileadmin/site\\_web/documents/PSG/politiques\\_ou\\_orientations/politique\\_reussite\\_educative\\_10juillet\\_F\\_1.pdf](http://www.education.gouv.qc.ca/fileadmin/site_web/documents/PSG/politiques_ou_orientations/politique_reussite_educative_10juillet_F_1.pdf)
- Morgan, J. J. (1917). The effect of sound distraction upon memory. *The American Journal of Psychology*, 28(2), 191-208. <https://doi.org/10.2307/1413720>
- Organisation mondiale de la Santé. (2018). *Lignes directrices relatives au bruit dans l'environnement dans la Région européenne – Résumé d'orientation*.  
[https://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0010/383923/noise-guidelines-exec-sum-fre.pdf](https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0010/383923/noise-guidelines-exec-sum-fre.pdf)
- Orthophonie et Audiologie Canada. (2019). *Exposé de position sur l'acoustique en salle de classe*. [https://www.oac-sac.ca/sites/default/files/resources/sac-oac\\_classroom-acoustics-pp\\_fr.pdf](https://www.oac-sac.ca/sites/default/files/resources/sac-oac_classroom-acoustics-pp_fr.pdf)
- Oxman, A.D. (1994). Systematic reviews: Checklists for review articles. *British Medical Journal*, 309, 648-651. <https://doi.org/10.1136/bmj.309.6955.648>
- Picard, M. et Bradley, J.S. (2001). Revisiting speech interference in classrooms. *Audiology*, 40(5), 221-244.
- \*Riley, K. G. et McGregor, K. K. (2012). Noise hampers children's expressive word learning. *Language, Speech, and Hearing Services in Schools*, 43(4), 325-337. [https://doi.org/10.1044/0161-1461\(2012/11-0053\)](https://doi.org/10.1044/0161-1461(2012/11-0053))
- \*Ronsse, L. M. et Wang, L. M. (2010). AB-10-C037: Effects of noise from building mechanical systems on elementary school student achievement. *Architectural Engineering -- Faculty Publications*, 42, 347-354. <http://digitalcommons.unl.edu/archengfacpub/42>
- Rothenberg, J. (1989). The open classroom reconsidered. *The Elementary School Journal*, 90(1), 69-86. <https://doi.org/10.1086/461603>
- \*Scannell, L., Hodgson, M., Villarreal, J. G. M. et Gifford, R. (2016). The role of acoustics in the perceived suitability of, and well-being in, informal learning spaces. *Environment and Behavior*, 48(6), 769-795. <https://doi.org/10.1177/0013916514567127>

- \*Seabi, J., Goldschagg, P. et Cockcroft, K. (2010). Does Aircraft Noise Impair Learners' Reading Comprehension, Attention and Working Memory? A Pilot Study. *Journal of Psychology in Africa*, 20(1), 101-104. <https://doi.org/10.1080/14330237.2010.10820348>
- Shield, B., Greenland, E. et Dockrell, J. (2010). Noise in open plan classrooms in primary schools: A review. *Noise and Health*, 12(49), 225-234. <https://doi.org/10.4103/1463-1741.70501>
- \*Skarlatos, D. et Manatakis, M. (2003). Effects of classroom noise on students and teachers in Greece. *Perceptual and Motor Skills*, 96(2), 539-544. <https://doi.org/10.2466/pms.2003.96.2.539>
- \*Smith, G. W. et Riccomini, P. J. (2013). The effect of a noise reducing test accommodation on elementary students with learning disabilities. *Learning Disabilities Research & Practice*, 28(2), 89-95. <https://doi.org/10.1111/ldrp.12010>
- \*Wilson, W. J., Marinac, J., Pitty, K. et Burrows, C. (2011). The use of sound-field amplification devices in different types of classrooms. *Language, Speech, and Hearing Services in Schools*, 42, 395-407. [https://doi.org/10.1044/0161-1461\(2011/09-0080\)](https://doi.org/10.1044/0161-1461(2011/09-0080))
- Wright, N. (2018). Framing Learning Spaces: Modern Learning Environments and 'Modern' Pedagogy. Dans N. Wright (dir.), *Becoming an Innovative Learning Environment* (pp. 21-45). Springer.
- \*Xie, H., Kang, J. et Tompsett, R. (2011). The impacts of environmental noise on the academic achievements of secondary school students in Greater London. *Applied Acoustics*, 72(8), 551-555. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2010.10.013>
- \*Zhang, B. et Navejar, R. (2018). Effects of ambient noise on the measurement of mathematics achievement for urban high school students. *Urban Education*, 53(10), 1195-1209. <https://doi.org/10.1177/0042085915613555>