Exposition au bruit scolaire et vulnérabilité auditive professionnelle des enseignants du primaire au Maroc : Approche multidimensionnelle comparative entre milieux urbain et rural dans la région Souss-Massa

Lhoucine Jakani

SAERA. School of Advanced Education Research and Accreditation

RÉSUMÉ

L'exposition chronique au bruit en milieu scolaire constitue un risque professionnel reconnu pour les enseignants, mais ses effets sur la santé auditive restent peu documentés, notamment dans les pays du Maghreb. Cette étude transversale analytique examine la vulnérabilité auditive des enseignants du primaire dans la région du Souss-Massa (Maroc), en comparant les contextes urbain et rural.

L'échantillon comprend 80 enseignants répartis entre les deux milieux. L'évaluation repose sur des mesures acoustiques objectives (niveau sonore, temps de réverbération, rapport signal/bruit), des examens audiométriques standardisés (audiométrie tonale et vocale dans le bruit) ainsi que des questionnaires validés portant sur la fatigue auditive, la compréhension de la parole, les acouphènes, la santé vocale et le retentissement psychosocial.

Les résultats montrent que tous les établissements étudiés dépassent les normes internationales de confort acoustique, avec des niveaux sonores atteignant 79 dB(A) et des temps de réverbération pouvant atteindre 3 secondes. Malgré des seuils audiométriques généralement normaux, 88 % des enseignants urbains signalent des difficultés de compréhension dans le bruit, 45 % présentent une fatigue auditive élevée et 75 % souffrent de fatigue vocale récurrente. Cette dissociation entre audiométrie normale et plaintes fonctionnelles constitue le principal résultat de l'étude.

L'indice composite de vulnérabilité auditive professionnelle confirme un risque significativement plus élevé en milieu urbain, soulignant la nécessité d'approches préventives multidimensionnelles et centrées sur les fonctions auditives réelles.

Mots-clés : *Bruit scolaire ; Santé auditive ; Enseignants du primaire ; Fatigue auditive ; Vulnérabilité auditive professionnelle ; Prévention acoustique.*

INTRODUCTION

L'environnement sonore constitue l'une des dimensions les plus fondamentales des conditions de travail dans les métiers de l'enseignement. Bien que peu visible en apparence, la question du bruit scolaire engage en réalité des enjeux considérables pour la santé des professionnels qui exercent quotidiennement dans ces espaces. La présente introduction vise à poser le cadre général de cette problématique, à en définir les contours théoriques et empiriques, et à formuler les objectifs qui guident l'ensemble de ce travail.

1.1. Contexte général : l'environnement sonore scolaire comme problématique de santé au travail

L'enseignement primaire constitue l'un des piliers fondamentaux du développement éducatif, social et culturel des sociétés contemporaines. Au cœur de ce système, l'enseignant occupe une fonction pivot dont l'efficacité repose en grande partie sur la qualité de la communication orale, la gestion continue de l'attention collective et la capacité d'adaptation permanente aux dynamiques interactionnelles de la classe. En ce sens, l'audition et la voix représentent de véritables outils professionnels, au même titre que les compétences didactiques ou disciplinaires, et leur préservation conditionne directement la qualité de l'exercice du métier.

Pourtant, la santé auditive des enseignants demeure encore insuffisamment explorée dans la littérature scientifique, comparativement à d'autres dimensions de la santé au travail dans ce secteur. Le stress professionnel, les troubles musculo-squelettiques et les pathologies vocales ont bénéficié d'une attention scientifique nettement plus soutenue que les atteintes auditives, alors même que l'environnement scolaire présente des caractéristiques acoustiques objectivement défavorables. Cette relative marginalisation de la dimension audiologique dans les politiques de prévention professionnelle constitue une lacune qu'il convient d'adresser avec rigueur.

L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) reconnaît depuis plusieurs décennies l'exposition chronique au bruit comme un enjeu majeur de santé publique (WHO, 2018). Initialement associée aux environnements industriels intensément bruyants, cette problématique s'est progressivement étendue à de nombreux contextes professionnels caractérisés par des niveaux sonores modérés mais répétés, susceptibles d'altérer insidieusement et progressivement les fonctions auditives, cognitives et psychosociales des travailleurs exposés (Basner et al., 2014). L'école constitue précisément l'un de ces environnements à risque acoustique sous-estimé, dans lequel la chronicité de l'exposition compense une intensité qui n'atteint pas, la plupart du temps, les seuils réglementaires de danger immédiat.

Dans l'environnement scolaire, les sources de bruit sont nombreuses, variées et souvent simultanées. Les salles de classe, les espaces de circulation, les cours de récréation, les cantines et les salles polyvalentes génèrent des niveaux sonores fluctuants et largement imprévisibles, liés aux interactions verbales entre élèves, aux activités pédagogiques, aux déplacements, aux phénomènes de réverbération acoustique et aux bruits extérieurs. Cette complexité

acoustique peut être considérablement aggravée par la surcharge des effectifs, l'insuffisance d'isolation phonique et la vétusté des infrastructures. Selon l'OMS, le niveau sonore de fond dans une salle de classe ne devrait pas dépasser 35 dB(A). Or, les études internationales rapportent des niveaux moyens compris entre 60 et 85 dB(A) lors des périodes d'activité intense (Klatte et al., 2013 ; Shield & Dockrell, 2004), illustrant l'ampleur des dépassements.

Au Maroc, cette problématique revêt des particularités importantes liées aux disparités structurelles entre contextes géographiques. Les classes urbaines, caractérisées par une densité d'effectifs souvent élevée, un bruit de fond ambiant important et des infrastructures acoustiques fréquemment inadaptées, contrastent avec les classes rurales, généralement moins peuplées mais présentant leurs propres contraintes acoustiques. Ces différences contextuelles laissent supposer des profils d'exposition et des conséquences fonctionnelles distincts entre les deux milieux, justifiant pleinement une approche comparative rigoureuse.

1.2. Problématique : une vulnérabilité auditive professionnelle sous-estimée

La problématique qui fonde le présent travail naît d'une observation de terrain : malgré l'exposition acoustique professionnelle significative à laquelle ils sont soumis, les enseignants ne font l'objet d'aucune surveillance audiologique systématique dans le système éducatif marocain. Cette absence de suivi contraste avec les pratiques préventives mises en place dans d'autres secteurs professionnels à risque sonore, et témoigne d'une forme de méconnaissance, ou de banalisation, des risques auditifs liés à l'exercice de l'enseignement.

Dans leur pratique quotidienne, de nombreux enseignants rapportent des symptômes fonctionnels souvent banalisés mais qui constituent des signaux précoces d'atteinte auditive ou cognitive : fatigue auditive en fin de journée, difficultés croissantes à comprendre les élèves dans le bruit, acouphènes intermittents. Les avancées récentes de la recherche audiologique apportent un éclairage nouveau sur la réalité de ces plaintes. Les concepts de Listening Effort (effort d'écoute) et de Listening Fatigue illustrent l'existence d'une surcharge cognitive auditive qui peut se manifester bien en amont de toute altération détectable par audiométrie conventionnelle (Pichora-Fuller et al., 2016).

Plus fondamentalement encore, les travaux de Kujawa et Liberman (2009) sur la synaptopathie cochléaire ont établi que des expositions sonores d'intensité modérée, insuffisantes pour provoquer la destruction des cellules ciliées cochléaires, peuvent néanmoins entraîner une dégénérescence progressive et irréversible des connexions synaptiques entre les cellules ciliées internes et les fibres du nerf auditif à seuil élevé. Ce phénomène, désigné sous le terme de Hidden Hearing Loss, se traduit par des difficultés de compréhension dans le bruit malgré un audiogramme normal. Cette découverte suggère que l'audiométrie conventionnelle est insuffisante pour rendre compte de la réalité fonctionnelle de la santé auditive des enseignants.

Fort de ces éléments, la question centrale qui guide la présente étude peut être formulée ainsi : ***dans quelle mesure l'exposition chronique au bruit scolaire génère-t-elle une***

vulnérabilité auditive professionnelle multidimensionnelle chez les enseignants du primaire marocain et comment cette vulnérabilité se différencie-t-elle selon le contexte géographique, urbain ou rural, dans lequel s'exerce la profession ?

1.3. Cadre théorique : vers une vulnérabilité auditive multifactorielle

Pour répondre à cette question, il convient de mobiliser un cadre théorique dépassant les modèles classiques centrés sur la seule perte auditive périphérique. La compréhension des mécanismes en jeu dans la vulnérabilité auditive des enseignants requiert une approche intégrée, articulant des connaissances issues de l'audiologie clinique, de la psychoacoustique cognitive, de la phoniatrie et de la psychologie du travail.

Historiquement, les effets du bruit sur l'audition ont été principalement étudiés à travers le prisme de la surdité induite par le bruit (Noise-Induced Hearing Loss - NIHL), définie par une destruction progressive des cellules ciliées cochléaires résultant d'expositions sonores intenses et répétées (Clark & Bohne, 1999). Les recherches contemporaines ont enrichi ce cadre en révélant l'existence de mécanismes d'atteinte auditive survenant en amont de toute destruction cochléaire mesurable, notamment la synaptopathie cochléaire et les modifications centrales du traitement auditif décrites par Eggermont (2015).

Le modèle FUEL de Pichora-Fuller et al. (2016) décrit par ailleurs les interactions entre la dégradation des signaux auditifs et les processus cognitifs supérieurs : lorsque les conditions d'écoute sont altérées, le cerveau alloue davantage de ressources cognitives aux processus de reconnaissance et d'interprétation auditives, au détriment d'autres fonctions telles que la mémoire de travail ou la régulation émotionnelle. Pour un enseignant dont la tâche exige simultanément une vigilance auditive permanente et une gestion cognitive complexe de la dynamique de classe, cette double contrainte peut rapidement devenir source d'épuisement fonctionnel.

La dimension vocale du risque acoustique est illustrée par l'effet Lombard (Lane & Tranel, 1971) : tout individu augmente involontairement l'intensité de sa voix en présence d'un bruit ambiant élevé. Pour les enseignants, cet ajustement vocal automatique, déclenché des centaines de fois par jour, génère une sollicitation phonatoire chronique source de fatigue vocale, de dysphonie et de pathologies organiques laryngées. Enfin, la dimension psychosociale des effets du bruit (stress, irritabilité, perturbations du sommeil) documentée par Basner et al. (2014), complète ce tableau multifactoriel. C'est en s'appuyant sur l'ensemble de ces fondements que la présente étude propose un modèle intégré de vulnérabilité auditive professionnelle.

1.4. État actuel des connaissances et positionnement de la recherche

La littérature scientifique internationale disponible sur la santé auditive des enseignants confirme de manière convergente que les niveaux d'exposition acoustique dans les établissements scolaires constituent un facteur de risque professionnel réel, avec une prévalence élevée de fatigue auditive, de troubles vocaux et de difficultés de

communication (Shield & Dockrell, 2004 ; Kristiansen et al., 2011 ; Rantala & Hakala, 2015). Cependant, la transposabilité de ces résultats aux contextes éducatifs du Maghreb reste discutable en raison de différences structurelles importantes. Au Maroc, les données scientifiques disponibles sur la santé auditive des enseignants sont quasi inexistantes, justifiant pleinement une étude contextualisée et intégrée.

1.5. Objectifs de la recherche

L'ensemble des considérations développées ci-dessus convergent vers la définition des objectifs scientifiques qui structurent la présente étude.

Objectif général : Analyser l'impact de l'exposition sonore scolaire sur la vulnérabilité auditive professionnelle des enseignants du primaire dans la région du Souss-Massa, dans une perspective comparative entre milieux urbain et rural, en mobilisant une approche multidimensionnelle intégrant mesures acoustiques, évaluation audiométrique et indicateurs fonctionnels, vocaux et psychosociaux.

Objectifs spécifiques :

- Caractériser l'environnement acoustique des établissements scolaires participants (niveaux sonores, temps de réverbération, rapports signal/bruit).
- Estimer l'exposition acoustique quotidienne et hebdomadaire des enseignants selon le contexte géographique.
- Évaluer la santé auditive objective par audiométrie tonale et vocale dans le bruit.
- Mesurer la fatigue auditive subjective à l'aide de la Vanderbilt Fatigue Scale adaptée.
- Analyser les difficultés de compréhension dans le bruit (SSQ-12) et leur relation avec les conditions acoustiques.
- Étudier la prévalence et le retentissement des acouphènes (THI adapté).
- Évaluer l'impact sur la santé vocale des enseignants (VHI-10).
- Explorer les retentissements psychosociaux de l'exposition au bruit scolaire.
- Construire et valider un indice composite de vulnérabilité auditive professionnelle (IVAP) intégrant six dimensions.
- Formuler des recommandations préventives différenciées et adaptées aux spécificités urbaines et rurales.

La suite de ce mémoire est organisée en six grandes parties. La revue de la littérature (Section 2) développe les fondements théoriques et empiriques. L'exposé du besoin de l'étude (Section 3) précise les lacunes justifiant la recherche. La présentation des méthodes (Section 4) détaille le dispositif méthodologique. Les résultats (Section 5) présentent les données et leur analyse. La discussion (Section 6) interprète ces résultats au regard de la littérature. Enfin, la conclusion générale synthétise les apports et ouvre des perspectives de recherche.

REVUE DE LA LITTÉRATURE

La compréhension de la vulnérabilité auditive professionnelle des enseignants exige une exploration rigoureuse des connaissances scientifiques disponibles dans plusieurs champs disciplinaires. La revue présentée dans cette section s'organise selon une logique progressive, allant des mécanismes physiopathologiques fondamentaux vers les données épidémiologiques spécifiques aux enseignants, en passant par l'analyse des caractéristiques acoustiques de l'environnement scolaire et des effets multidimensionnels du bruit professionnel.

2.1. Physiopathologie des troubles auditifs liés au bruit

L'étude des mécanismes par lesquels le bruit affecte le système auditif constitue le point de départ incontournable de toute réflexion sur la santé auditive professionnelle. Les connaissances dans ce domaine ont connu une évolution considérable au cours des deux dernières décennies, passant d'un modèle relativement simple centré sur la destruction cochléaire à une conception beaucoup plus nuancée intégrant des atteintes synaptiques précoces et des modifications centrales.

2.1.1. Le modèle classique de la surdité induite par le bruit

L'exposition au bruit constitue l'un des principaux facteurs de risque de perte auditive d'origine professionnelle dans le monde. L'OMS estimait en 2021 que plus d'un milliard de personnes étaient exposées à un risque évitable de perte auditive (WHO, 2021). La surdité induite par le bruit (NIHL), initialement décrite dans les milieux industriels, est aujourd'hui reconnue dans de nombreux contextes professionnels considérés comme non bruyants au sens traditionnel, parmi lesquels figure l'enseignement (Nelson et al., 2005).

Sur le plan physiologique, la cochlée assure la transduction mécano-électrique des stimuli sonores grâce aux cellules ciliées internes et externes. Les cellules ciliées externes, qui amplifient sélectivement certaines fréquences, constituent la première ligne de vulnérabilité face au bruit. L'exposition aiguë à des sons intenses peut provoquer un déplacement temporaire des seuils auditifs (TTS). Lorsque cette exposition devient chronique, les mécanismes de réparation sont progressivement dépassés, aboutissant à une destruction définitive des cellules ciliées et à une perte auditive permanente (PTS) prédominant classiquement autour de 3 à 6 kHz (Clark & Bohne, 1999).

2.1.2. La synaptopathie cochléaire : une révolution conceptuelle

Les travaux de Kujawa et Liberman (2009) ont profondément renouvelé la compréhension des effets précoces du bruit sur l'audition. Ces auteurs ont démontré que des expositions sonores induisant un déplacement temporaire des seuils audiométriques, sans destruction des cellules ciliées, pouvaient néanmoins provoquer une dégénérescence rapide et irréversible des synapses entre les cellules ciliées internes et les fibres du nerf cochléaire à seuil élevé. Ces fibres, essentielles au codage neural dans les environnements bruyants, ne se régénèrent pas.

La conséquence fonctionnelle majeure de cette synaptopathie est une altération significative

des capacités de compréhension de la parole dans le bruit, alors que l'audiogramme tonal conventionnel, réalisé en conditions silencieuses, reste parfaitement normal. Ce phénomène, désigné sous le terme de Hidden Hearing Loss (perte auditive cachée), est d'une pertinence évidente pour comprendre les plaintes des enseignants qui rapportent des difficultés de communication dans leur classe malgré des audiogrammes normaux. Liberman (2017) a confirmé l'existence de ce phénomène chez l'homme, ouvrant la voie à des outils de dépistage spécifiques.

2.1.3. Les modifications centrales du traitement auditif

Au-delà des atteintes cochléaires périphériques, l'exposition chronique au bruit peut induire des modifications durables au niveau des voies auditives centrales. Eggermont (2015) a décrit des phénomènes d'hyperexcitabilité corticale et de réorganisation tonotopique dans les cortex auditifs primaires et associatifs, pouvant contribuer aux acouphènes chroniques, à l'hyperacousie et à des difficultés de discrimination auditive fine. La compréhension de la parole dans des environnements bruyants faisant appel à des mécanismes cognitifs supérieurs (mémoire de travail, attention sélective, fonctions exécutives), la dégradation du signal cochléaire impose une allocation accrue de ressources cognitives aux processus de décodage auditif, au prix d'une fatigue mentale croissante (Pichora-Fuller et al., 2016).

2.2. Caractéristiques acoustiques de l'environnement scolaire

L'environnement acoustique scolaire présente des spécificités qui le distinguent des milieux industriels classiques. Cette section en examine les principales caractéristiques en s'appuyant sur les données de mesure disponibles dans la littérature internationale.

2.2.1. Sources et niveaux sonores en milieu scolaire

L'OMS recommande un niveau de bruit de fond inférieur à 35 dB(A) dans les salles de classe afin de garantir une intelligibilité optimale de la parole (WHO, 2018). La norme américaine ANSI S12.60 fixe un seuil comparable. Or, les études internationales rapportent de manière convergente des niveaux moyens compris entre 60 et 85 dB(A) lors des périodes d'activité intense, soit des dépassements considérables de ces recommandations. Shield et Dockrell (2004) ont documenté des niveaux moyens de 64 à 70 dB(A) dans 142 classes londoniennes. Klatte et al. (2013) ont recensé les données issues de nombreuses études internationales, confirmant que les niveaux de 60 à 80 dB(A) sont représentatifs de la majorité des environnements scolaires étudiés.

Les sources de bruit scolaire sont multiples et cumulatives : conversations simultanées entre élèves, déplacements et activités motrices, réverbération acoustique, bruit extérieur lié au trafic. Le milieu scolaire se distingue des environnements industriels par la nature même du bruit qui y règne : fluctuant, multi-sources et largement imprévisible, il génère une charge cognitive spécifique que ne génère pas un bruit continu de même niveau moyen.

2.2.2. La réverbération acoustique

Un temps de réverbération élevé prolonge la persistance des sons dans le local, provoquant une superposition temporelle des syllabes

successives qui dégrade considérablement l'intelligibilité de la parole. La norme ANSI S12.60 recommande un temps de réverbération inférieur à 0,6 seconde pour les salles de classe de volume standard. Dans les pays où l'usage de matériaux de construction réverbérants est courant (béton brut, carrelage, vitrage sans traitement acoustique), les valeurs observées peuvent être nettement plus élevées, aggravant les difficultés de communication pédagogique.

2.2.3. Le rapport signal/bruit

Le rapport signal/bruit (SNR) constitue l'indicateur le plus synthétique pour évaluer la qualité des conditions d'écoute. Les recommandations exigent un SNR d'au moins +15 dB pour une intelligibilité optimale. Les mesures réalisées dans de nombreuses classes documentent des SNR inférieurs à +5 dB, voire négatifs lors des pics d'activité, obligeant les enseignants à augmenter continuellement leur intensité vocale et leur effort attentionnel (Sato & Bradley, 2008).

2.3. Impacts professionnels et psychosociaux du bruit scolaire

Les conséquences du bruit scolaire sur la santé des enseignants sont multidimensionnelles et interactives, affectant simultanément la fonction vocale, le fonctionnement cognitif et le bien-être psychosocial.

2.3.1. Effets sur la santé vocale : l'effet Lombard

L'effet Lombard (Lane & Tranel, 1971) désigne l'augmentation involontaire et réflexe du niveau vocal en réponse à un bruit ambiant. Pour les enseignants, cet ajustement vocal automatique, déclenché de manière quasi continue dans les environnements bruyants, génère une sollicitation phonatoire chronique. La fatigue vocale qui en résulte se traduit par un enrouement progressif, des douleurs laryngées et une diminution de l'efficacité pédagogique. Les données épidémiologiques indiquent que les enseignants présentent des troubles vocaux à une fréquence significativement supérieure à celle de la population générale, avec des prévalences estimées à 30-60 % selon les études (Vilkman, 2004). La relation bruit-voix est par ailleurs systémique : un enseignant à la voix fatiguée dégrade davantage le SNR en classe, augmentant l'agitation des élèves et imposant en retour un effort phonatoire plus important.

2.3.2. Effets cognitifs : la fatigue d'écoute

Le modèle FUEL développé par Pichora-Fuller et al. (2016) décrit les mécanismes par lesquels la dégradation des conditions d'écoute augmente la demande en ressources cognitives centrales. Pour les enseignants, dont la tâche professionnelle requiert simultanément attention divisée, mémoire de travail, planification pédagogique et régulation émotionnelle, cette compétition pour les ressources cognitives représente une contrainte fonctionnelle majeure. La fatigue mentale qui en résulte, désignée Listening Fatigue, peut se prolonger bien au-delà de la journée de travail, affectant la récupération et la régénération cognitive des enseignants.

2.3.3. Effets psychosociaux

Basner et al. (2014), dans une revue systématique publiée dans The Lancet, ont synthétisé les données sur les effets auditifs et non auditifs du bruit, confirmant les associations entre exposition chronique et

augmentation du stress perçu, irritabilité, perturbations du sommeil et fatigue générale, même à des niveaux inférieurs aux seuils de risque auditif. Chez les enseignants spécifiquement, Evans et Lepore (2007) ont montré que les niveaux élevés de bruit en classe étaient associés à des scores d'épuisement professionnel significativement plus élevés. Ces résultats s'inscrivent dans le cadre du modèle transactionnel du stress (Lazarus & Folkman, 1984), selon lequel l'environnement acoustique peut être conceptualisé comme un stresseur chronique dépassant régulièrement les ressources d'adaptation de l'enseignant.

2.4. Revue des études antérieures sur les enseignants

La mise en perspective de la présente étude avec les travaux antérieurs permet d'évaluer la portée et l'originalité de la contribution scientifique proposée.

2.4.1. Études européennes et nord-américaines de référence

Shield et Dockrell (2004, 2008) ont conduit les études les plus systématiques sur l'acoustique scolaire en Grande-Bretagne, établissant des associations significatives entre exposition acoustique, fatigue auditive et vocale. Picard et Bradley (2001) ont documenté des problèmes comparables en Amérique du Nord, leurs travaux ayant contribué à l'élaboration de la norme ANSI S12.60. En Scandinavie, Rantala et Hakala (2010, 2015) ont documenté la prévalence élevée des troubles vocaux chez les enseignants finlandais en lien avec les conditions acoustiques. Kristiansen et al. (2011) ont montré au Danemark que les enseignants des classes les plus bruyantes présentaient des scores de stress et de fatigue significativement plus élevés.

2.4.2. Les difficultés auditives fonctionnelles non détectées par l'audiométrie

Un consensus émerge dans la littérature récente autour du constat que les difficultés auditives fonctionnelles des enseignants dépassent ce que l'audiométrie conventionnelle permet de détecter. Plusieurs études ont observé une dissociation entre audiogrammes normaux et difficultés importantes de compréhension dans le bruit chez des enseignants expérimentés (Plack et al., 2014 ; Liberman, 2017). Ces données convergent avec les travaux de Kujawa et Liberman (2009), suggérant que l'exposition chronique au bruit scolaire peut induire des modifications synaptiques progressives affectant les performances dans les situations d'écoute complexes, sans que ces modifications soient visibles sur l'audiogramme.

2.4.3. Contexte maghrébin et marocain

Dans les pays du Maghreb, la recherche sur la santé auditive en milieu professionnel scolaire reste embryonnaire. Quelques publications signalent des problèmes acoustiques dans les établissements scolaires publics algériens et tunisiens, mais les études consacrées à la santé auditive des enseignants dans ces contextes sont quasi absentes de la littérature indexée. Au Maroc, les travaux sur la santé des enseignants ont principalement porté sur le stress et l'épuisement professionnel, sans intégration de la dimension audiologique. Cette lacune documentaire justifie pleinement la démarche de la présente étude.

2.5. Prévention et santé auditive au travail : recommandations et pratiques

La prévention des effets du bruit repose sur une logique à trois niveaux complémentaires. La prévention primaire vise à réduire les niveaux d'exposition à la source : amélioration de l'acoustique des locaux, limitation des effectifs, installation de matériaux absorbants, contrôle des sources extérieures. Ces mesures sont documentées comme efficaces et bénéfiques autant pour la santé des enseignants que pour la qualité des apprentissages (Picard & Bradley, 2001). La prévention secondaire implique la mise en place de programmes de dépistage auditif fonctionnel périodique, incluant audiométrie vocale dans le bruit et questionnaires psychométriques validés tels que le SSQ-12 et le VFS. La prévention tertiaire vise à limiter les conséquences fonctionnelles des atteintes existantes par des adaptations des conditions de travail et une prise en charge audiologique et phoniatrique appropriée.

Dans le contexte marocain actuel, ces trois niveaux de prévention restent très insuffisamment développés. L'absence de programmes structurés de surveillance audiologique des enseignants et la méconnaissance généralisée des risques acoustiques professionnels dans ce secteur constituent des obstacles majeurs à la mise en place d'une prévention efficace. C'est dans ce contexte que s'inscrit la démarche de la présente étude, qui vise à fournir les données empiriques nécessaires à la fondation d'une politique préventive adaptée.

BESOIN DE L'ÉTUDE

La revue de la littérature présentée dans la section précédente, si elle permet de poser les bases théoriques et empiriques indispensables, met également en lumière des lacunes scientifiques importantes qui justifient la réalisation d'une étude spécifique dans le contexte marocain. Les développements qui suivent précisent les quatre axes principaux du besoin scientifique auquel ce travail entend répondre.

3.1. L'absence de données nationales sur la santé auditive des enseignants

La littérature internationale établit sans ambiguïté que l'exposition chronique au bruit en milieu scolaire constitue un facteur de risque professionnel pour les enseignants. Plusieurs décennies de recherche en Europe du Nord, en Amérique du Nord et en Australie ont documenté de manière convergente la prévalence élevée de la fatigue auditive, des troubles vocaux et des difficultés de compréhension dans le bruit dans cette population (Shield & Dockrell, 2004, 2008 ; Kristiansen et al., 2011 ; Rantala & Hakala, 2015). Ces travaux ont contribué à établir l'enseignement comme une profession à risque acoustique et ont servi de fondement à des politiques préventives dans plusieurs pays.

Au Maroc, en revanche, les études consacrées spécifiquement à la santé auditive des enseignants restent quasi inexistantes dans la littérature scientifique indexée. Les recherches nationales portant sur les conditions de travail des enseignants se concentrent principalement sur les dimensions psychosociales et pédagogiques, sans intégrer la dimension acoustique et audiologique. Cette absence de

données locales constitue un obstacle sérieux à la mise en place de politiques préventives adaptées au contexte marocain, d'autant plus que les conditions d'enseignement au Maroc diffèrent significativement des contextes dans lesquels ont été menées les études internationales de référence ; en termes d'effectifs scolaires, d'infrastructures, de ressources pédagogiques et de pratiques d'enseignement.

3.2. L'absence de dépistage auditif systématique dans la fonction publique éducative

Dans les environnements professionnels exposés au bruit, les programmes de conservation auditive constituent une stratégie préventive reconnue et recommandée par les instances nationales et internationales de santé au travail (NIOSH, 1998 ; WHO, 2021). Dans le secteur de l'éducation nationale marocaine, aucun programme équivalent n'est actuellement appliqué. Les visites médicales professionnelles des enseignants, lorsqu'elles ont lieu, ne comportent pas d'évaluation audiologique spécifique.

Cette absence de suivi est d'autant plus préoccupante que les atteintes auditives liées au bruit évoluent de manière progressive et insidieuse, souvent pendant de nombreuses années avant que les symptômes ne deviennent suffisamment invalidants pour motiver une consultation. Dans cette fenêtre temporelle, pendant laquelle les atteintes synaptiques et les modifications fonctionnelles s'accumulent sans être détectées, les opportunités d'intervention précoce et de prévention efficace sont manquées. La mise en place d'outils de dépistage adaptés et de protocoles de surveillance régulière devrait constituer une priorité de la médecine du travail dans ce secteur.

3.3. La méconnaissance des risques et le déficit de culture préventive

La sensibilisation à la santé auditive en milieu scolaire demeure insuffisante, tant chez les enseignants que chez les responsables d'établissements et les décideurs éducatifs. Dans de nombreux cas, le bruit est perçu comme une composante inévitable et normale de la vie scolaire, contribuant à banaliser ses effets potentiels sur la santé. Les symptômes tels que les acouphènes intermittents, la fatigue auditive ou la gêne croissante dans les environnements bruyants sont fréquemment interprétés comme des aléas ordinaires du métier, retardant leur reconnaissance comme manifestations potentiellement pathologiques.

La littérature souligne pourtant que l'amélioration des conditions sonores dans les établissements bénéficie simultanément à la santé des enseignants et à la qualité des apprentissages des élèves (Picard & Bradley, 2001). Il existe donc un alignement d'intérêts entre les objectifs de santé au travail et les objectifs éducatifs qui devrait faciliter la mise en place de mesures préventives, à condition que la conscience de ce problème soit suffisamment développée.

3.4. La nécessité d'une approche intégrée multidimensionnelle et comparative

La santé auditive des enseignants ne peut être réduite à une problématique médicale isolée. Elle s'inscrit dans une approche multidimensionnelle combinant santé au travail, acoustique de l'environnement,

pédagogie et phoniatrie. Cette complexité multifactorielle exige un dispositif de recherche capable de saisir simultanément les différentes dimensions du problème et leurs interactions.

Dans le contexte marocain, les disparités entre milieu urbain et rural renforcent encore cette complexité. Ces différences suggèrent que les profils de risque sont distincts entre les deux milieux et que les stratégies préventives ne seront pas nécessairement identiques. Une étude comparative rigoureuse est indispensable pour documenter ces différences et orienter les décisions de politique préventive. C'est pour répondre à l'ensemble de ces besoins (documentaires, préventifs, cliniques et politiques) que la présente étude a été conçue et conduite.

MÉTHODES

La présente section détaille l'ensemble du dispositif méthodologique mis en œuvre pour répondre aux objectifs de recherche formulés. Elle décrit successivement le type et le design de l'étude, la population étudiée, les variables mesurées, les outils et matériels utilisés, les protocoles de collecte des données et les procédures d'analyse statistique.

4.1. Type et design de l'étude

La présente recherche adopte un design transversal analytique, inscrit dans une démarche multidimensionnelle de santé au travail. Ce type de design, bien adapté aux objectifs descriptifs et comparatifs de l'étude, permet d'analyser des associations entre des facteurs d'exposition et des indicateurs de santé à un moment donné, sans nécessiter de suivi dans le temps. Il présente l'avantage de la faisabilité opérationnelle dans un contexte d'étude de terrain tout en permettant d'obtenir des données représentatives de la situation à un moment précis du parcours professionnel des participants.

L'originalité méthodologique réside dans l'intégration simultanée de plusieurs niveaux d'analyse complémentaires et de sources de données distinctes : des mesures acoustiques objectives de l'environnement scolaire, une évaluation audiométrique standardisée, et une batterie d'instruments psychométriques validés. Cette approche multisources permet de dépasser les limites inhérentes à chaque méthode prise isolément et de construire une vision intégrée du phénomène étudié.

4.2. Population étudiée

L'étude a été réalisée auprès d'enseignants du primaire exerçant dans des établissements publics situés dans la région du Souss-Massa (Maroc). Cette région a été choisie pour la diversité de ses contextes géographiques (agglomération urbaine d'Agadir, milieu rural des provinces de Taroudant et de Tiznit) et la représentativité de ses conditions d'enseignement. Au total, quatre-vingts enseignants ont participé à l'étude : cinquante-six exerçant en milieu urbain et vingt-quatre en milieu rural.

4.2.1. Description des établissements scolaires participants

La présente étude a été conduite dans dix établissements scolaires du primaire répartis dans différentes localités de la région du Souss-Massa et de ses environs (Voir Annexe A). Ces établissements ont été sélectionnés de façon à constituer un échantillon représentatif des

deux contextes géographiques d'exercice étudiés (urbain et rural), en tenant compte de la diversité des configurations architecturales, des effectifs et des conditions acoustiques rencontrées sur le terrain. La sélection a reposé sur des critères d'accessibilité, de disponibilité des enseignants à participer et de représentativité des conditions d'exposition acoustique caractéristiques de chaque milieu (Voir Tableau 1).

Tableau 1.

Présentation des dix établissements participants et nombre d'enseignants investigués

N°	Nom de l'établissement	Localisation	Milieu	Enseignants investigués	Caractéristiques acoustiques principales
1	**École Al Mobadara**	Tikiouine, Agadir	**Urbaine**	9 enseignants	Effectifs élevés (38–44 élèves/classe), forte réverbération (béton+carrelage), bruit extérieur lié au trafic urbain dense.
2	**Groupe Scolaire Al Hanane**	Agadir	**Urbaine**	9 enseignants	Établissement privé, bâtiment multi-étages (vitrage important), SNR défavorable dans les couloirs et espaces collectifs.
3	**Groupe Scolaire Jassani Privé**	Inezgane	**Urbaine**	9 enseignants	Bâtiment récent à façade vitrée, salles de classe à parois lisses, réverbération modérée à élevée, proximité axe routier.
4	**Institution Al Inbiaat Privée**	Agadir	**Urbaine**	9 enseignants	Établissement de grande capacité, halls et couloirs réverbérants, effectifs importants, bruit de fond élevé en récréation.
5	**École Ichraq Aït Melloul**	Aït Melloul	**Urbaine**	10 enseignants	Bâtiment public semi-rural/péri-urbain, parois en parpaings non traités, réverbération marquée, classes chargées.
6	**École Hassan Eddakhil**	Ouled Teima	**Urbaine**	10 enseignants	Établissement public de taille moyenne, espace de cour important, niveaux sonores élevés lors des récréations, RT modéré.
7	**Unité Scolaire Aït Ouafqa**	Tafraout	Rurale	6 enseignants	Effectifs réduits (18–24 élèves/classe), matériaux locaux (pierre+enduit lisse), réverbération notable, isolement phonique limité.

8	**École Sahel-Annexe IFRDA**	Région de Tiznit	Rurale	6 enseignants	Petite école rurale, locaux modestes à parois dures, absence de traitement acoustique, bruit de vent et d'environnement naturel.
9	**Secteur Scolaire Okba Bneu Nafie**	Ouled Dahou	Rurale	6 enseignants	École publique, classes à effectifs faibles à moyens, bâtiment présentant une réverbération non négligeable liée aux matériaux.
10	**Groupe Scolaire Primaire Takadom**	Chtouka	Rurale	6 enseignants	Établissement rural isolé, environnement calme (faible bruit extérieur), mais conditions acoustiques internes défavorables (parois dures, RT élevé).

Note. Les caractéristiques acoustiques sont issues de l'observation directe lors des mesures et de la documentation photographique. Les effectifs d'enseignants investigués correspondent aux participants ayant satisfait à l'ensemble des critères d'inclusion et ayant fourni leur consentement éclairé.

4.2.2. Profils acoustiques et architecturaux des établissements

Les dix établissements retenus présentent des profils architecturaux et acoustiques contrastés qui reflètent fidèlement la diversité des conditions d'enseignement observées dans la région. Cette diversité est précisément ce qui permet à l'étude de capturer l'éventail des situations d'exposition rencontrées par les enseignants du primaire marocain.

Les six établissements urbains sont localisés à Agadir, Inezgane et Aït Melloul, ainsi qu'à Ouled Teima pour l'École Hassan Eddakhil. Ils se caractérisent par des effectifs par classe sensiblement plus élevés que leurs homologues ruraux, avec une moyenne de 38 à 44 élèves par groupe pédagogique. Sur le plan architectural, la majorité de ces établissements sont construits avec des matériaux à fort coefficient de réverbération : murs en parpaings ou en béton enduit, sols carrelés, plafonds en dalle bétonnée, et pour certains d'entre eux (Groupe Scolaire Jassani Privé, Institution Al Inbiaat Privée) des façades largement vitrées. Ces caractéristiques contribuent à des temps de réverbération élevés dans les salles de classe et, plus encore, dans les espaces collectifs (halls, cantines, couloirs). La proximité d'axes routiers à trafic dense aggrave par ailleurs le bruit de fond extérieur pénétrant dans les locaux, notamment à l'École Al Mobadara (Tikiouine) et au Groupe Scolaire Al Hanane (Agadir).

Les quatre établissements ruraux sont dispersés sur un territoire étendu : l'Unité Scolaire Aït Ouafqa à Tafraout et L'école Sahel-Annexe IFRDA (province de Tiznit), le Secteur Scolaire Okba Bneu Nafie à Ouled Dahou et le Groupe Scolaire Primaire Takadom à Chtouka. Ces établissements se distinguent par des effectifs nettement moindres (18 à 26 élèves par classe en moyenne), un environnement sonore extérieur plus calme, et des bâtiments construits majoritairement avec des matériaux locaux (pierre taillée, parpaings, enduits lisses).

Si l'absence de bruit extérieur intense représente un avantage relatif, elle ne compense pas les déficits acoustiques intrinsèques de ces locaux : les surfaces dures non traitées génèrent une réverbération parfois plus élevée que dans certains établissements urbains de construction récente, dégradant l'intelligibilité de la parole et imposant un effort d'écoute aux enseignants.

Il convient de signaler que la diversité architecturale et contextuelle des dix établissements étudiés constitue un atout méthodologique majeur, en permettant de distinguer les effets liés à l'intensité de l'exposition acoustique de ceux liés à la nature des matériaux de construction et aux conditions d'effectif. Cette diversité renforce la validité externe des résultats obtenus.

4.2.3. Répartition géographique et représentativité de l'échantillon

La carte de répartition des dix établissements participants illustre une couverture géographique cohérente avec les objectifs de l'étude. Les six établissements urbains couvrent les principales villes et communes péri-urbaines de la région (Agadir, Inezgane, Aït Melloul, Ouled Teima), tandis que les quatre établissements ruraux représentent des contextes géographiques distincts allant du milieu atlasique (Tafraout) aux plaines agricoles (Chtouka, Ouled Dahou) et aux zones rurales semi-arides.

Cette répartition garantit que les résultats ne sont pas le reflet d'un seul type d'établissement ou d'une seule localité, mais traduisent une réalité diversifiée et représentative des conditions d'enseignement dans la région du Souss-Massa. Elle permet par ailleurs de contrôler, au moins partiellement, les effets de la localisation géographique spécifique sur les résultats acoustiques et audiologiques, en attribuant les différences observées davantage au contexte urbain/rural qu'à une caractéristique particulière d'un établissement isolé.

4.2.4. Effectifs d'enseignants investigués par établissement

Le nombre d'enseignants investigués dans chaque établissement a été déterminé en fonction de l'effectif total d'enseignants présents, du nombre de ceux ayant rempli les critères d'inclusion et accepté de participer, et de la disponibilité des créneaux horaires permettant la réalisation des évaluations audiométriques sans perturber le déroulement des cours. Comme indiqué dans le Tableau 1, cet effectif varie de six enseignants à 10 enseignants, cette variabilité reflétant les différences de taille et d'effectif total des établissements.

La répartition finale retient 56 enseignants dans les six établissements urbains (70 % de l'effectif total) et 24 enseignants dans les quatre établissements ruraux (30 %), pour un total de 80 participants éligibles.

Cette répartition, bien que non strictement proportionnelle à la densité d'enseignants dans chaque milieu, est compatible avec les objectifs comparatifs de l'étude et garantit une puissance statistique suffisante pour les analyses comparatives entre groupes.

4.2.5. Critères d'inclusion

Ont été inclus les enseignants répondant à l'ensemble des critères suivants : exercer au

niveau primaire dans un établissement public de la région au moment de l'enquête ; consentir librement et de manière éclairée à participer à l'étude ; ne pas présenter d'antécédents ORL significatifs susceptibles de biaiser les résultats auditifs ; ne pas présenter de pathologie neurologique ou systémique connue pouvant affecter les fonctions auditives ; et ne pas avoir d'antécédent d'exposition professionnelle à un environnement industriel fortement bruyant.

4.2.6. Critères d'exclusion

Ont été exclus les enseignants présentant une perte auditive diagnostiquée d'étiologie clairement non professionnelle, les sujets sous traitement médicamenteux ototoxique au moment de l'enquête et les enseignants exerçant à temps partiel inférieur à 50 % du temps réglementaire. Ces critères visent à constituer un groupe homogène pour lequel les variations observées peuvent être raisonnablement attribuées au contexte professionnel scolaire.

4.3. Variables étudiées

4.3.1. Variables individuelles

L'âge, le sexe et l'ancienneté professionnelle constituent les variables individuelles fondamentales. L'ancienneté est particulièrement importante car elle constitue un indicateur indirect de la dose d'exposition cumulée au bruit scolaire. Les antécédents ORL, l'exposition sonore extra-professionnelle (écouteurs, loisirs bruyants) et le tabagisme ont été documentés comme variables potentiellement confondantes.

4.3.2. Variables professionnelles

Le volume hebdomadaire d'enseignement, la discipline enseignée, l'intensité d'utilisation vocale autoévaluée, le nombre moyen d'élèves par classe et la perception subjective de la charge de travail constituent les principales variables professionnelles, permettant de caractériser les conditions d'exercice et d'estimer certains aspects de l'exposition acoustique et vocale.

4.3.3. Variables environnementales

La localisation géographique de l'établissement (urbain ou rural) constitue la principale variable comparative. Les mesures acoustiques objectives (niveaux sonores, temps de réverbération, rapport signal/bruit) constituent des variables environnementales continues permettant une caractérisation quantitative des conditions d'exposition.

4.4. Documentation visuelle et caractérisation architecturale

Une documentation photographique systématique des établissements a été réalisée afin de contextualiser les conditions d'exposition et de permettre une analyse qualitative des facteurs architecturaux. Les photographies concernaient les salles de classe, les couloirs, les cours, les cantines et les halls. Cette documentation a permis d'identifier, pour chaque établissement, les facteurs architecturaux susceptibles d'influencer la propagation sonore et d'expliquer les caractéristiques acoustiques mesurées.

4.5. Matériel et outils de collecte des données

4.5.1. Matériel acoustique

Les mesures acoustiques ont été réalisées à l'aide d'un sonomètre de classe 2 conforme à la norme IEC 61672-1, équipé d'une fonction d'enregistrement continu des niveaux sonores (Leq, Lpeak, L10, L90) et d'une analyse spectrale en tiers d'octave. La calibration du matériel a été vérifiée avant et après chaque session de mesure à l'aide d'un calibreur acoustique de référence.

4.5.2. Matériel audiologique

Les évaluations audiométriques ont été réalisées avec un audiomètre portable calibré annuellement selon la norme ISO 8253-1, équipé d'un casque TDH-39 avec coques atténuatrices. Les examens ont été conduits dans l'espace le plus calme disponible dans chaque établissement. L'audiométrie vocale dans le bruit a été réalisée à l'aide du logiciel COMPASS (Widex), permettant la présentation de listes de mots monosyllabiques dans un bruit de parole multilocuteur calibré.

4.5.3. Instruments psychométriques

Quatre instruments psychométriques validés ont été utilisés : la Vanderbilt Fatigue Scale (VFS) adaptée pour la fatigue auditive subjective ; le SSQ-12 pour les difficultés de compréhension dans des situations complexes ; le Tinnitus Handicap Inventory adapté (THI) pour les acouphènes ; et le Voice Handicap Index en dix items (VHI-10) pour la santé vocale. Une échelle de Likert en cinq points adaptée des recommandations OMS (2018) et du modèle de Lazarus et Folkman (1984) a permis d'évaluer le retentissement psychosocial. L'ensemble de ces instruments a fait l'objet d'une adaptation linguistique en français et en arabe dialectal marocain selon les procédures de Beaton et al. (2000).

4.6. Protocoles de mesure acoustique

4.6.1. Cartographie sonore

Une cartographie sonore complète de chaque établissement a été réalisée sur au moins deux journées scolaires distinctes. Les mesures ont été effectuées dans toutes les zones fréquentées par les enseignants lors de différentes situations pédagogiques (cours magistral, travail de groupe, évaluation), lors des transitions entre cours et pendant les pauses. La durée minimale d'enregistrement par mesure était de dix minutes.

4.6.2. Mesure de la réverbération acoustique

La réverbération acoustique de chaque local a été estimée selon une procédure inspirée de la norme ISO 3382-2. Un signal impulsionnel de niveau connu a été produit dans chaque local, et la décroissance temporelle du niveau sonore a été enregistrée. Le temps de réverbération T20 (extrapolé à RT60) a été calculé à trois positions différentes et moyenné pour chaque espace.

4.6.3. Calcul du rapport signal/bruit

Le SNR a été mesuré en situation réelle d'enseignement. Le niveau de la voix de l'enseignant a été mesuré à un mètre de distance, simultanément avec le niveau de bruit ambiant lors de brèves pauses naturelles dans le discours. Le SNR a ensuite été calculé comme la différence arithmétique entre ces deux niveaux, exprimée en dB(A).

4.7. Construction de l'indice composite de vulnérabilité auditive professionnelle

4.7.1. Justification et principes

La construction d'un indice composite de vulnérabilité auditive professionnelle (IVAP) s'inscrit dans une logique d'évaluation intégrée qui dépasse les limites des mesures unidimensionnelles. L'objectif est de synthétiser en un score global la multidimensionnalité de l'état de vulnérabilité auditive des enseignants, en intégrant les dimensions auditives objectives, les symptômes fonctionnels subjectifs, les atteintes vocales et les retentissements psychosociaux.

4.7.2. Dimensions et pondération

L'IVAP a été construit à partir de six dimensions, chacune standardisée sur une échelle de 0 à 5 : résultats audiométriques (audiométrie tonale et vocale) ; fatigue auditive (VFS) ; difficultés de compréhension dans le bruit (SSQ-12) ; santé vocale (VHI-10) ; stress professionnel et fatigue mentale (échelle Likert) ; et présence et retentissement des acouphènes (THI adapté). Le score global, somme des six sous-scores, est exprimé sur 30 points.

4.7.3. Niveaux de vulnérabilité

Sur la base du score IVAP global, les participants ont été classés en trois niveaux : faible (score < 10/30), modéré (score 10-20/30) et élevé (score > 20/30). Ces seuils ont été déterminés a priori sur la base des données de la littérature et de l'expérience clinique.

4.8. Analyse statistique

4.8.1. Analyse descriptive

Les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide d'IBM SPSS Statistics (version 26) et Microsoft Excel. Des statistiques descriptives ont été calculées pour l'ensemble des variables : moyennes et écarts-types pour les variables continues ; effectifs et pourcentages pour les variables catégorielles. La normalité a été testée par le test de Shapiro-Wilk.

4.8.2. Analyse comparative

Des comparaisons entre les groupes urbain et rural ont été effectuées pour toutes les variables d'intérêt. Le test du chi-deux de Pearson a été utilisé pour les variables catégorielles. Pour les variables continues normalement distribuées, le test t de Student a été appliqué ; pour les variables non normales, le test de Mann-Whitney a été préféré. Le seuil de significativité a été fixé à $\alpha = 0,05$ et les résultats sont présentés avec leurs intervalles de confiance à 95 %.

4.8.3. Analyse multivariée

Une régression logistique binaire multiple a été conduite afin d'identifier les facteurs indépendamment associés à un niveau élevé de vulnérabilité auditive professionnelle (IVAP > 20). Les variables introduites comprenaient l'âge, l'ancienneté, le niveau d'exposition sonore moyen, la taille des classes, les scores de fatigue vocale, le milieu géographique et le sexe. La qualité d'ajustement a été évaluée par le test d'Hosmer-Lemeshow et le coefficient de Nagelkerke.

RÉSULTATS

La présentation des résultats suit l'organisation des objectifs spécifiques de recherche, en progressant des mesures les plus objectives vers les indicateurs les plus subjectifs. Chaque illustration est accompagnée d'une analyse et d'une interprétation permettant de situer les données dans leur contexte théorique et de préparer la discussion.

5.1. Caractéristiques générales de la population étudiée

La population étudiée se compose de quatre-vingts enseignants du primaire, répartis entre cinquante-six exerçant en milieu urbain et vingt-quatre en milieu rural. Le Tableau 2 et la Figure 1 présentent leurs principales caractéristiques sociodémographiques et professionnelles

Tableau 2.

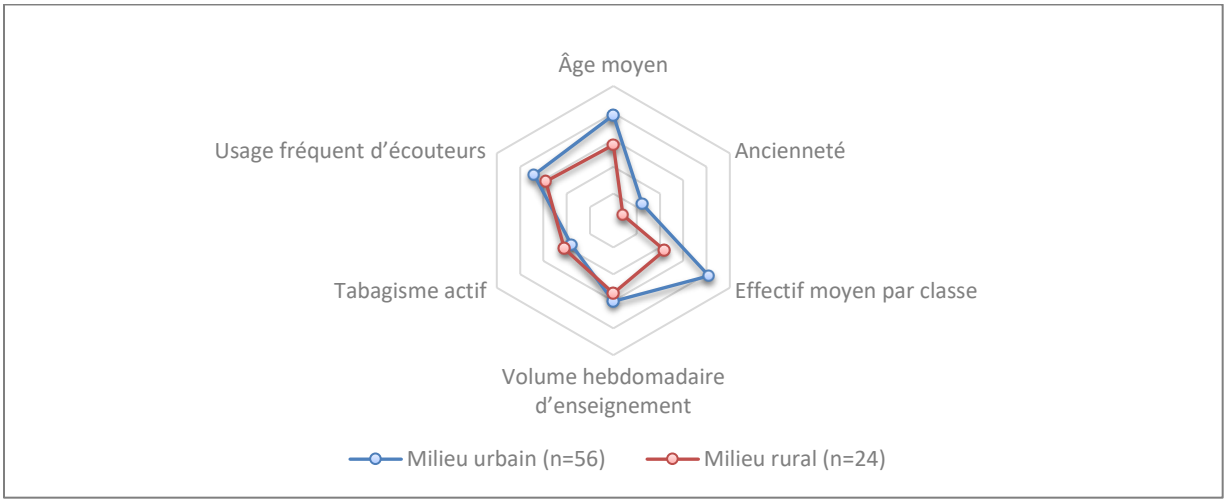
Caractéristiques sociodémographiques et professionnelles de la population étudiée

Variables	Milieu urbain (n=56)	Milieu rural (n=24)
Âge moyen ± ET (années)	39,2 ± 7,4	28,1 ± 5,9
Ancienneté ± ET (années)	12,3 ± 6,8	4,1 ± 3,2
Femmes (n / %)	35 / 63 %	14 / 58 %
Hommes (n / %)	21 / 37 %	10 / 42 %
Effectif moyen par classe	41 élèves	22 élèves
Volume hebdomadaire d'enseignement	30 heures	27 heures
Tabagisme actif (%)	18 %	21 %
Usage fréquent d'écouteurs (%)	34 %	29 %

Note. ET : écart-type. L'usage d'écouteurs concerne une utilisation régulière à volume élevé.

Figure 1.

Profil de risque professionnel des enseignants selon le milieu d'exercice



Les enseignants du milieu urbain sont en moyenne plus âgés (39,2 vs 28,1 ans, $p < 0,001$) et présentent une ancienneté professionnelle nettement supérieure (12,3 vs 4,1 ans, $p < 0,001$). Cette différence d'ancienneté, liée en partie aux pratiques d'affectation dans la fonction publique marocaine, implique une différence considérable dans la dose d'exposition cumulée au bruit scolaire. Les classes urbaines présentent des effectifs moyens nettement plus élevés (41 vs 22 élèves), facteur directement déterminant du niveau sonore produit en classe.

5.2. Caractérisation acoustique des établissements scolaires

L'évaluation des conditions acoustiques constitue une étape fondamentale de cette recherche, dans la mesure où elle permet d'objectiver le niveau d'exposition sonore auquel les enseignants sont quotidiennement confrontés. Les analyses présentées ci-après portent sur les principaux indicateurs acoustiques mesurés dans les établissements étudiés, notamment les niveaux sonores, les temps de réverbération et les rapports signal/bruit, afin de comparer les environnements urbains et ruraux.

5.2.1. Niveaux sonores par espace

L'analyse des niveaux sonores vise à déterminer dans quelle mesure les différents espaces scolaires respectent les recommandations internationales en matière de confort acoustique. Les valeurs enregistrées, comme le montre le Tableau 3, permettent d'identifier les zones les plus exposées au bruit et d'apprécier l'ampleur des dépassements observés dans chaque milieu.

Tableau 3.

Niveaux sonores moyens (Leq dB(A)) par espace scolaire et conformité aux normes

Espace scolaire	Urbain dB(A)	Rural dB(A)	Norme dB(A)	Dépassement urbain
Salle de classe	62	56	≤ 35	+27 dB
Couloir de circulation	71	63	≤ 45	+26 dB
Hall d'entrée	74	66	≤ 45	+29 dB
Cantine scolaire	79	72	≤ 50	+29 dB
Salle polyvalente	76	68	≤ 50	+26 dB
Cour de récréation	85	72	≤ 55	+30 dB

Note. Valeurs de référence : OMS (2018) et ANSI S12.60 (2010).

Les résultats révèlent un dépassement systématique et considérable des normes dans tous les espaces étudiés. En milieu urbain, les dépassements varient de 26 à 30 dB(A), ce qui, sur l'échelle logarithmique du décibel, correspond à des niveaux d'énergie acoustique plusieurs centaines de fois supérieurs aux valeurs recommandées. La cour de récréation (85 dB(A)) et la cantine (79 dB(A)) constituent les zones d'exposition les plus préoccupantes. En milieu rural, si les niveaux sont systématiquement inférieurs, ils demeurent largement au-dessus des recommandations, confirmant que le risque acoustique ne se limite pas au milieu urbain.

5.2.2. Temps de réverbération acoustique

Au-delà de l'intensité sonore, la qualité acoustique d'un espace dépend également de sa capacité à limiter la persistance des sons. Le temps de réverbération constitue ainsi un indicateur essentiel pour évaluer les conditions de communication et l'intelligibilité de la parole dans les établissements scolaires étudiés. Les résultats des mesures du temps de réverbération sont présentés dans le Tableau 4.

Tableau 4.

Temps de réverbération (RT60 en secondes) mesuré dans chaque espace scolaire

Espace scolaire	Urbain (s)	Rural (s)	Valeur recommandée (s)	Multiplicateur urbain
Salle de classe	1,10	0,80	≤ 0,60	× 1,8
Couloir de circulation	1,90	1,50	≤ 1,00	× 1,9
Hall d'entrée	2,30	1,80	≤ 1,00	× 2,3
Cantine scolaire	2,70	2,10	≤ 1,20	× 2,3
Salle polyvalente	3,00	2,40	≤ 1,20	× 2,5

Note. Le multiplicateur indique de combien la valeur mesurée dépasse la valeur recommandée.

Les temps de réverbération dépassent uniformément les recommandations dans tous les espaces. La salle polyvalente urbaine atteint 3,00 secondes, soit 2,5 fois la valeur recommandée. Ces valeurs élevées s'expliquent par l'utilisation généralisée de matériaux réverbérants (béton lisse, carrelage, vitrage) et l'absence de traitement acoustique dans l'ensemble des établissements étudiés.

5.2.3. Rapport signal/bruit et intelligibilité

La compréhension de la parole en milieu scolaire dépend largement du rapport entre la voix de l'enseignant et le bruit ambiant. L'étude du rapport signal/bruit ; comme le montre le Tableau 5, permet ainsi d'apprécier les conditions réelles de communication pédagogique et les contraintes auditives auxquelles les enseignants sont exposés dans leurs activités quotidiennes.

Tableau 5.

Rapport signal/bruit (SNR en dB) et conditions d'intelligibilité par espace

Espace scolaire	SNR urbain (dB)	SNR rural (dB)	Seuil optimal	Qualification urbaine
Classe - cours magistral	+8	+10	≥ +15	Insuffisant
Classe - travail de groupe	+2	+5	≥ +15	Très insuffisant
Couloir (surveillance)	-2	+3	≥ +10	Critique
Cantine (surveillance)	-4	-1	≥ +10	Très critique
Cour de récréation	-3	+2	≥ +10	Critique

Note. Un SNR négatif signifie que le bruit ambiant dépasse le niveau de la voix de l'enseignant.

Dans les espaces collectifs de surveillance, le SNR devient négatif en milieu urbain, signifiant que la communication orale y devient fonctionnellement impossible sans effort phonatoire extrême. Même lors des cours magistraux, situation la plus favorable, le SNR de +8 dB reste en deçà du seuil optimal de +15 dB, imposant en permanence une vigilance auditive et vocale accrue.

5.3. Résultats audiométriques

Après avoir caractérisé l'environnement acoustique des établissements, il convient d'examiner l'état de la fonction auditive des participants à travers les évaluations audiométriques réalisées. Les mesures objectives, présentées dans le Tableau 6, permettent de déterminer si l'exposition chronique au bruit scolaire s'accompagne d'altérations auditives détectables et de comparer les performances auditives selon le milieu d'exercice.

Tableau 6.

Seuils auditifs moyens (dB HL) par fréquence et par milieu géographique

Fréquence (Hz)	Milieu urbain (dB HL)	Milieu rural (dB HL)	Limite normalité	Interprétation
500	10 ± 4,2	5 ± 3,1	≤ 20	Normal
1 000	15 ± 5,1	10 ± 4,0	≤ 20	Normal
2 000	15 ± 5,3	10 ± 4,2	≤ 20	Normal
4 000	20 ± 6,8	15 ± 5,5	≤ 20	Limite (urbain)
8 000	35 ± 8,4	20 ± 6,1	≤ 20	Atteinte subclinique (urbain)

Note. Moyenne ± écart-type. Critère de normalité OMS : seuil moyen ≤ 20 dB HL.

Les seuils auditifs restent globalement dans les limites de la normalité pour l'ensemble des participants. Cependant, en milieu urbain, le seuil moyen à 8 000 Hz atteint 35 dB HL, soit 15 dB au-dessus de la limite de normalité OMS, et le seuil à 4 000 Hz se situe exactement à cette limite. Cette distribution fréquentielle, prédominant sur les hautes fréquences, est cohérente avec la signature audiométrique classique d'une exposition chronique au bruit. L'absence de déficit cliniquement significatif dans la population étudiée ne doit pas être interprétée comme l'absence de vulnérabilité auditive : elle reflète les limites de l'audiométrie conventionnelle pour détecter les atteintes synaptiques précoces.

5.4. Fatigue auditive (Vanderbilt Fatigue Scale)

Les mesures audiométriques ne permettent pas toujours de rendre compte de l'ensemble des difficultés ressenties par les individus exposés au bruit. Pour cette raison, l'étude a également évalué la fatigue auditive subjective (Voir le Tableau 7), laquelle reflète l'effort d'écoute et la charge cognitive mobilisés dans les situations de communication quotidiennes.

Tableau 7.

Distribution des niveaux de fatigue auditive (VFS) selon le milieu géographique

Niveau de fatigue auditive	Milieu urbain (n / %)	Milieu rural (n / %)	Total (n / %)
Faible (score 0-16)	10 / 17 %	7 / 28 %	17 / 20 %
Modéré (score 17-33)	21 / 38 %	8 / 32 %	29 / 36 %
Élevé (score 34-50)	25 / 45 %	10 / 40 %	35 / 44 %

Note. Test du chi-deux : p = 0,041.

Les résultats mettent en évidence une prévalence élevée de la fatigue auditive dans les deux milieux, avec 83 % des enseignants urbains et 72 % des ruraux présentant des niveaux modérés ou élevés. En milieu urbain, 45 % des participants rapportent une fatigue auditive élevée, proportion significativement supérieure à celle observée en milieu rural (40 %, p = 0,041). Ces données, cohérentes avec le modèle FUEL, reflètent une mobilisation prolongée et intensive des ressources cognitives centrales allouées aux processus de décodage auditif dans un environnement dégradé.

5.5. Difficultés de compréhension dans le bruit (SSQ-12)

La compréhension de la parole dans un environnement bruyant représente l'une des fonctions auditives les plus sollicitées chez les enseignants. L'analyse des résultats du SSQ-12 permet d'évaluer la perception qu'ont les participants de leurs capacités de communication dans des situations d'écoute complexes et écologiquement représentatives de leur activité professionnelle. C'est ainsi que le Tableau 8 récapitule ces résultats.

Tableau 8.

Résultats du SSQ-12 : proportion d'enseignants rapportant des difficultés de compréhension

Niveau de difficulté	Milieu urbain (%)	Milieu rural (%)	Valeur p
Compréhension satisfaisante (SSQ ≥ 7/10)	12 %	34 %	< 0,001
Difficultés modérées (SSQ 4-6,9/10)	45 %	38 %	0,12
Difficultés importantes (SSQ < 4/10)	43 %	28 %	0,008

Les résultats du SSQ-12 constituent l'une des données les plus significatives de cette étude. Seulement 12 % des enseignants urbains rapportent une compréhension satisfaisante dans les situations écologiques évaluées, contre 34 % en rural. À l'inverse, 43 % des enseignants urbains présentent des difficultés importantes, témoignant d'une gêne fonctionnelle substantielle dans les situations d'écoute quotidiennes. La coexistence de ces difficultés avec des audiogrammes globalement normaux illustre précisément la Hidden Hearing Loss décrite par Kujawa et Liberman (2009).

5.6. Santé vocale (VHI-10)

L'exposition au bruit scolaire n'affecte pas uniquement l'audition. En raison de la nécessité de maintenir une communication efficace dans un environnement sonore dégradé, les enseignants sont également susceptibles de développer des troubles vocaux. Les résultats présentés dans le tableau 9 permettent d'apprécier l'ampleur de cette dimension souvent associée aux contraintes acoustiques professionnelles.

Tableau 9.

Prévalence des symptômes vocaux selon le milieu géographique

Symptôme vocal	Milieu urbain (%)	Milieu rural (%)	Valeur p
Fatigue vocale en fin de journée	75 %	35 %	< 0,001
Enrouement fréquent	60 %	20 %	< 0,001
Effort vocal perçu important	85 %	55 %	< 0,001
Douleurs ou tensions laryngées	42 %	15 %	0,002
Nécessité de forcer la voix	78 %	48 %	0,001

Les données relatives à la santé vocale révèlent une prévalence considérablement plus élevée en milieu urbain pour tous les symptômes. La prévalence de l'enrouement fréquent (60 % vs 20 %) et des douleurs laryngées (42 % vs 15 %) indique que les atteintes vocales ne se limitent pas à une fatigue fonctionnelle transitoire mais témoignent, pour une proportion significative des enseignants urbains, d'atteintes organiques en cours de constitution. Ces résultats illustrent de manière saisissante l'ampleur de l'effet Lombard dans les classes urbaines et ses conséquences à long terme.

5.7. Prévalence et caractéristiques des acouphènes (THI adapté)

Les acouphènes constituent un symptôme fréquemment associé à une surcharge ou à une fragilisation du système auditif. Leur étude (Voir Tableau 10) apporte un éclairage complémentaire sur les manifestations fonctionnelles susceptibles d'apparaître avant même l'émergence d'une perte auditive objectivable par les examens audiométriques classiques.

Tableau 10.

Distribution de la fréquence des acouphènes selon le milieu géographique

Fréquence des acouphènes	Milieu urbain (%)	Milieu rural (%)	Valeur p
Jamais ou très rarement	44 %	71 %	< 0,001
Occasionnels (quelques fois/mois)	34 %	20 %	0,021
Fréquents (plusieurs fois/semaine)	14 %	7 %	0,043
Permanents ou quasi-permanents	8 %	2 %	0,038

La prévalence totale des acouphènes est de 56 % en milieu urbain contre 29 % en milieu rural ($p < 0,001$). Plus préoccupant, 8 % des enseignants urbains déclarent des acouphènes permanents. Les acouphènes constituent un indicateur clinique précoce de surcharge du système auditif, pouvant précéder toute modification audiométrique mesurable. Dans ce contexte, leur prévalence élevée chez les enseignants urbains suggère que ces derniers se trouvent dans une phase précoce de vulnérabilité auditive, compatible avec une synaptopathie cochléaire débutante.

5.8. Effet de l'ancienneté professionnelle sur la vulnérabilité auditive

La durée d'exposition au bruit représente un facteur déterminant dans l'apparition des troubles auditifs liés à l'activité professionnelle. L'analyse présentée dans le tableau ci-dessous vise à explorer l'influence de l'ancienneté professionnelle sur les différents indicateurs de vulnérabilité auditive observés chez les enseignants.

Tableau 11.

Relation entre ancienneté professionnelle et principaux indicateurs de vulnérabilité

Tranche d'ancienneté	n	Fatigue audit. élevée (%)	Difficultés bruit (%)	Acouphènes (%)
< 5 ans	18	15 %	20 %	18 %
5-10 ans	14	28 %	30 %	29 %
10-20 ans	28	35 %	45 %	44 %
> 20 ans	20	65 %	66 %	70 %

Note. Test de Kruskal-Wallis pour l'association avec l'ancienneté : $p < 0,001$ pour les trois indicateurs.

La relation entre ancienneté et indicateurs de vulnérabilité révèle une progression quasi-monotone, particulièrement suggestive d'un effet d'accumulation des expositions. Les enseignants ayant plus de vingt ans d'ancienneté présentent une prévalence de fatigue auditive élevée (65 %), de difficultés dans le bruit (66 %) et d'acouphènes (70 %) quatre fois supérieure à celle des enseignants ayant moins de cinq ans d'expérience. Cette progression est parfaitement cohérente avec le modèle de synaptopathie cochléaire cumulative de Kujawa et Liberman.

5.9. Retentissement psychosocial

Les conséquences du bruit scolaire dépassent largement le cadre des seules fonctions auditives et vocales. Elles peuvent également affecter le bien-être psychologique, la qualité de vie professionnelle et les capacités de récupération des enseignants. Le Tableau 12 expose l'ampleur de ces répercussions psychosociales dans les deux contextes étudiés.

Tableau 12.

Scores moyens des indicateurs psychosociaux selon le milieu géographique (échelle 1-5)

Indicateur psychosocial	Milieu urbain (moy. ± ET)	Milieu rural (moy. ± ET)	Valeur p
Fatigue auditive globale perçue	3,85 ± 0,72	2,91 ± 0,68	< 0,001
Stress professionnel perçu	4,10 ± 0,81	3,35 ± 0,74	< 0,001
Fatigue mentale liée au travail	4,25 ± 0,76	3,40 ± 0,71	< 0,001
Irritabilité professionnelle	3,95 ± 0,83	3,10 ± 0,77	< 0,001
Qualité du sommeil (inversé)	3,60 ± 0,91	2,85 ± 0,82	0,001

Note. Score de qualité du sommeil inversé : un score élevé indique une mauvaise qualité du sommeil.

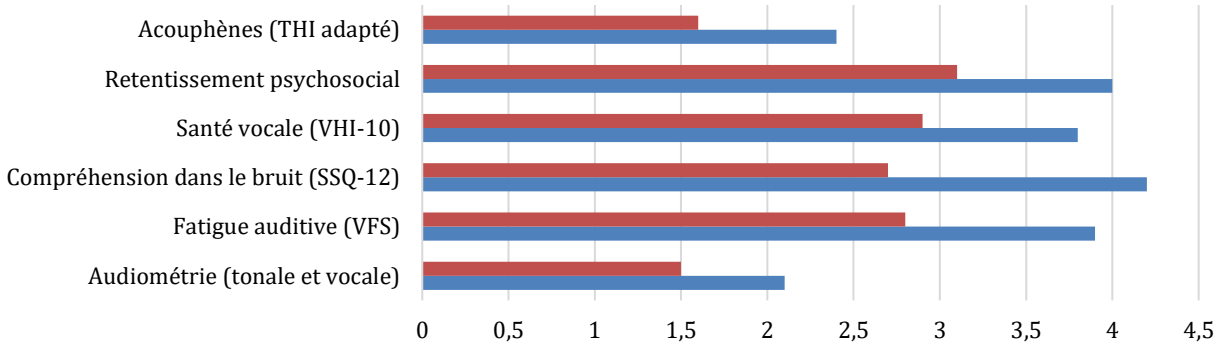
L'ensemble des indicateurs psychosociaux présente des scores significativement plus élevés en milieu urbain. La fatigue mentale liée au travail atteint 4,25 sur 5 dans le groupe urbain, témoignant d'un niveau d'épuisement cognitif particulièrement préoccupant. La dégradation de la qualité du sommeil, souvent sous-estimée, souligne que les effets de l'exposition chronique au bruit se prolongent au-delà du temps de travail, réduisant les capacités de récupération et alimentant un cercle potentiellement vicieux d'accumulation de la fatigue.

5.10. Indice composite de vulnérabilité auditive professionnelle (IVAP)

Afin d'obtenir une vision globale du phénomène étudié, les différents indicateurs recueillis ont été intégrés dans un indice composite de vulnérabilité auditive professionnelle. Cet outil synthétique permet d'évaluer simultanément les dimensions auditives, vocales et psychosociales, et de comparer le niveau global de vulnérabilité entre les enseignants des milieux urbain et rural. Autrement dit, l'indice composite de vulnérabilité auditive professionnelle constitue la synthèse la plus intégrée des résultats de cette étude, comme le montrent la figure 2 et le tableau 13, permettant une lecture globale et multidimensionnelle de l'état de vulnérabilité des enseignants.

Figure 2.

Comparaison des scores par dimension de l'IVAP selon le milieu géographique



	Audiométrie (tonale et vocale)	Fatigue auditive (VFS)	Compréhension dans le bruit (SSQ-12)	Santé vocale (VHI-10)	Retentissement psychosocial	Acouphènes (THI adapté)
Milieu rural	1,5	2,8	2,7	2,9	3,1	1,6
Milieu urbain	2,1	3,9	4,2	3,8	4	2,4

Tableau 13.

Score global IVAP et distribution des niveaux de vulnérabilité

Indicateur	Milieu urbain	Milieu rural
Score global IVAP moyen (/ 30)	20,4	12,6
Vulnérabilité faible (IVAP < 10) (%)	7 %	25 %
Vulnérabilité modérée (IVAP 10-20) (%)	60 %	63 %
Vulnérabilité élevée (IVAP > 20) (%)	33 %	12 %

Note. Valeur p pour la comparaison des scores IVAP moyens : $p < 0,001$ (test de Mann-Whitney).

Le score IVAP moyen de 20,4/30 en milieu urbain contraste nettement avec celui de 12,6/30 en milieu rural. Un tiers des enseignants urbains (33 %) atteignent le seuil de vulnérabilité élevée, contre seulement 12 % de leurs homologues ruraux. L'analyse par dimension révèle que la compréhension dans le bruit (4,2/5) et le retentissement psychosocial (4,0/5) constituent les composantes les plus altérées chez les enseignants urbains, soulignant que les atteintes les plus immédiatement ressenties concernent les capacités fonctionnelles complexes plutôt que les seuils audiométriques de base.

DISCUSSION

La discussion qui suit vise à interpréter les résultats obtenus à la lumière des données de la littérature internationale, à en préciser les implications théoriques et pratiques, et à en évaluer la portée et les limites. Elle est organisée selon une logique progressive, allant de l'interprétation des résultats individuels vers une synthèse globale proposant un modèle explicatif intégré et des recommandations préventives fondées sur les données.

6.1. Un environnement acoustique profondément défavorable

Le premier résultat fondamental de cette étude est la documentation objective du caractère profondément défavorable des conditions acoustiques dans les établissements scolaires étudiés. Les dépassements systématiques des normes internationales, de l'ordre de 26 à 30 dB(A) en milieu urbain, ne constituent pas des anomalies ponctuelles mais révèlent une réalité structurelle généralisée, cohérente avec les résultats des études internationales de référence (Shield & Dockrell, 2004 ; Klatte et al., 2013).

Cependant, certaines spécificités du contexte marocain méritent d'être soulignées. Les temps de réverbération mesurés (jusqu'à 3,0 secondes en milieu urbain) sont nettement supérieurs aux valeurs rapportées dans la plupart des études européennes, témoignant d'un état acoustique des bâtiments scolaires particulièrement dégradé. Cette réverbération excessive, combinée à des niveaux sonores déjà importants, génère des rapports signal/bruit parfois négatifs dans les espaces collectifs : la voix de l'enseignant est littéralement noyée dans le bruit ambiant, et la communication orale y devient fonctionnellement impossible sans un effort phonatoire extrême. Ces données acoustiques constituent le fondement objectif sur lequel reposent toutes les manifestations fonctionnelles documentées dans l'étude.

6.2. La dissociation audiométrie-fonctionnement : le Hidden Hearing Loss confirmé

Le résultat le plus saillant et le plus fondamentalement important de cette étude est la dissociation massive observée entre l'intégrité relative des seuils audiométriques tonaux et l'ampleur des difficultés fonctionnelles rapportées. Cette dissociation (88 % des enseignants urbains rapportent des difficultés importantes dans le bruit malgré des audiogrammes globalement normaux) confirme de manière éclatante la pertinence clinique du concept de Hidden Hearing Loss dans la population enseignante.

Le cadre explicatif fourni par les travaux de Kujawa et Liberman (2009) est ici d'une pertinence remarquable. La dégénérescence des synapses entre cellules ciliées internes et fibres du nerf auditif à seuil élevé se traduit précisément par des difficultés de compréhension dans le bruit, sans affecter les seuils audiométriques tonaux, testés en conditions silencieuses et ne nécessitant pas l'activation de ces fibres à seuil élevé. Ce mécanisme explique remarquablement bien la dissociation observée. La relation dose-effet entre ancienneté et indicateurs de vulnérabilité confirme le caractère progressif et cumulatif de ces atteintes synaptiques.

Cette interprétation a des implications majeures pour la pratique clinique et les politiques de surveillance médicale. Elle démontre que l'audiogramme tonal, seul outil de dépistage auditif couramment utilisé en médecine du travail, est fondamentalement insuffisant pour évaluer la santé auditive des enseignants. Une batterie étendue incluant audiométrie vocale dans le bruit et questionnaires fonctionnels validés (SSQ-12, VFS) doit constituer le standard de référence pour le dépistage auditif professionnel dans cette population.

6.3. L'effet Lombard et la surcharge vocale : un cercle vicieux documenté

La très haute prévalence des symptômes vocaux documentée (75 % de fatigue vocale et 60 % d'enrouement fréquent en milieu urbain) illustre de manière saisissante les conséquences de l'effet Lombard dans les classes marocaines. Confrontés à des niveaux sonores élevés, les enseignants augmentent involontairement et continuellement l'intensité de leur voix, soumettant les structures laryngées à une contrainte biomécanique chronique.

La prévalence d'enrouement fréquent (60 % en urbain) est particulièrement préoccupante, indiquant des modifications organiques en cours de constitution susceptibles d'évoluer vers des lésions laryngées nécessitant une intervention phoniatrique ou chirurgicale. Ces données sont cohérentes avec les estimations de Vilkman (2004) sur la prévalence des troubles vocaux chez les enseignants. Le caractère systémique de la relation entre environnement acoustique et santé vocale mérite d'être souligné : un enseignant contraint de forcer sa voix produit lui-même un niveau sonore plus élevé qui augmente le bruit global dans la classe, incitant les élèves à parler plus fort et générant une spirale d'escalade sonore bien documentée dans la littérature.

6.4. Le retentissement psychosocial : le bruit comme stresseur chronique

Les scores élevés de stress professionnel, de fatigue mentale et d'irritabilité, significativement plus importants en milieu urbain, confirment que l'impact du bruit scolaire dépasse largement la sphère auditive pour affecter en profondeur le bien-être psychologique des enseignants. Le modèle transactionnel du stress de Lazarus et Folkman (1984) offre un cadre interprétatif utile : l'environnement acoustique scolaire peut être conceptualisé comme un stresseur chronique qui excède régulièrement les ressources d'adaptation, générant une réponse de stress persistante. À terme, l'activation chronique du système de réponse au stress entraîne un épuisement des mécanismes de régulation se traduisant par l'irritabilité, les troubles du sommeil et les manifestations d'épuisement professionnel documentés.

La dégradation de la qualité du sommeil observée chez les enseignants urbains est particulièrement importante. Le sommeil est le principal mécanisme de récupération cognitive et sa perturbation crée un cercle vicieux dans lequel la fatigue accumulée réduit les ressources disponibles le lendemain, rendant l'enseignant plus vulnérable aux effets du bruit lors de la journée suivante. Ce mécanisme d'accumulation à travers la perturbation du sommeil est l'un des processus par lesquels l'exposition chronique au bruit peut

progressivement dégrader la santé globale et les performances professionnelles des enseignants bien au-delà des seuls effets auditifs.

6.5. Différences urbain/rural : vers une prévention différenciée

La comparaison entre milieux urbain et rural révèle non seulement des différences quantitatives mais des configurations qualitativement distinctes appelant des stratégies préventives différenciées. En milieu urbain, la vulnérabilité est principalement déterminée par la combinaison d'une exposition acoustique intense et continue, d'effectifs importants et d'une ancienneté permettant l'accumulation des effets. En milieu rural, le risque est moindre en intensité mais réel, avec une réverbération parfois importante liée aux matériaux de construction et une infrastructure acoustique moins bien maintenue.

En milieu urbain, la priorité absolue devrait être accordée à la réduction des effectifs par classe, à l'amélioration acoustique des espaces collectifs et aux programmes de dépistage fonctionnel régulier pour les enseignants les plus anciens. En milieu rural, l'accent devrait davantage porter sur le traitement acoustique lors des rénovations et sur la formation à la prévention vocale dès l'entrée dans la profession. Ces différences impliquent que les investissements préventifs doivent être orientés de manière ciblée selon le contexte géographique pour maximiser leur impact.

6.6. Implications pour la politique de santé au travail dans l'éducation nationale

Les résultats de cette étude ont des implications directes et urgentes pour la politique de santé au travail dans l'éducation nationale marocaine. Trois orientations stratégiques méritent d'être développées en priorité.

En premier lieu, l'intégration d'une évaluation audiologique fonctionnelle dans le protocole de médecine du travail des enseignants constitue une nécessité immédiate. Cette évaluation devrait inclure, au minimum, une audiométrie vocale dans le bruit, le SSQ-12 pour les difficultés de compréhension et une évaluation de la santé vocale par le VHI-10. Une fréquence de dépistage de deux à trois ans, augmentée chez les enseignants présentant une ancienneté élevée ou exerçant dans des établissements acoustiquement défavorables, permettrait une détection précoce des atteintes.

En second lieu, l'amélioration de l'environnement acoustique des établissements scolaires doit être érigée en priorité de politique éducative. Les mesures les plus efficaces incluent l'installation de faux-plafonds acoustiques absorbants, la pose de revêtements de sol souples, la mise en place de panneaux absorbants dans les espaces collectifs et l'isolation phonique des fenêtres. Ces interventions, dont le coût est modeste, ont démontré leur efficacité pour réduire la réverbération et améliorer significativement les conditions acoustiques.

En troisième lieu, la formation initiale et continue des enseignants doit intégrer des modules spécifiques de sensibilisation à la

santé vocale et auditive. La connaissance de l'effet Lombard, des techniques de gestion économique de la voix et des signes précoces d'atteinte auditive constitue un bagage professionnel essentiel que les enseignants devraient acquérir dès leur formation initiale.

6.7. Limites de l'étude et perspectives de recherche

La présente étude comporte plusieurs limites méthodologiques qui doivent être explicitement reconnues. La taille d'échantillon (n = 80) et la concentration géographique dans la région du Souss-Massa limitent la généralisabilité des résultats à l'ensemble de la population enseignante marocaine. Le design transversal ne permet pas d'établir de relations causales. L'absence de mesures objectives de la synaptopathie cochléaire (potentiels évoqués auditifs du tronc cérébral, électrocochléographie) constitue une limite pour la confirmation directe de l'hypothèse mécanistique centrale.

En dépit de ces limites, cette étude présente une rigueur méthodologique certaine et constitue, à notre connaissance, la première étude marocaine consacrée spécifiquement à la vulnérabilité auditive professionnelle des enseignants du primaire avec une approche multidimensionnelle. Les perspectives ouvertes sont nombreuses : études longitudinales sur l'évolution des seuils auditifs au cours de la carrière, évaluation de l'efficacité des interventions acoustiques sur les indicateurs de santé, validation de l'IVAP sur des populations plus larges, et extension de la démarche à d'autres catégories de personnels scolaires.

CONCLUSION GÉNÉRALE

La présente étude avait pour ambition d'analyser, dans une perspective multidimensionnelle et comparative, l'impact de l'exposition au bruit scolaire sur la vulnérabilité auditive professionnelle des enseignants du primaire dans la région du Souss-Massa. Au terme de ce travail, cinq contributions scientifiques originales peuvent être dégagées.

La première contribution est la documentation objective et systématique des conditions acoustiques dans les établissements scolaires de la région. Les niveaux sonores excédant les recommandations de 26 à 30 dB(A) selon les espaces en milieu urbain et les temps de réverbération atteignant deux à trois fois les valeurs préconisées, établissent de manière irréfutable l'existence d'un risque acoustique professionnel objectif dans l'enseignement primaire marocain.

La deuxième contribution, sans doute la plus fondamentale, est la mise en évidence de la dissociation entre l'intégrité des seuils audiométriques tonaux et l'ampleur des difficultés fonctionnelles rapportées. La prévalence très élevée de difficultés de compréhension dans le bruit (88 % en milieu urbain) chez des participants dont l'audiogramme est normal constitue une confirmation empirique, dans une population enseignante marocaine, du concept de Hidden Hearing Loss. Ce résultat démontre l'insuffisance fondamentale de l'audiogramme tonal comme seul outil de dépistage dans cette population.

La troisième contribution est la documentation de la relation dose-effet entre ancienneté

professionnelle et indicateurs de vulnérabilité. La progression quasi-linéaire des symptômes avec l'ancienneté confirme le caractère cumulatif et progressif des effets de l'exposition acoustique et souligne l'urgence d'une intervention préventive précoce.

La quatrième contribution est la comparaison systématique des profils de vulnérabilité entre milieux urbain et rural, qui révèle deux configurations de risque qualitativement distinctes nécessitant des stratégies préventives différenciées. Le milieu urbain, avec un score IVAP moyen de 20,4/30 et un tiers des enseignants en vulnérabilité élevée, constitue la priorité d'intervention la plus urgente.

La cinquième contribution est la construction et la validation préliminaire de l'indice composite de vulnérabilité auditive professionnelle (IVAP), outil synthétique novateur pour la caractérisation multidimensionnelle de la santé auditive en contexte professionnel, potentiellement transposable à d'autres contextes.

Sur le plan pratique, ces résultats plaident avec force pour trois orientations prioritaires : la mise en place systématique de programmes de dépistage auditif fonctionnel dans l'éducation nationale, incluant audiométrie vocale dans le bruit et questionnaires psychométriques validés ; l'amélioration des conditions acoustiques des établissements, en particulier des espaces collectifs ; et l'intégration de modules de sensibilisation à la santé vocale et auditive dans les formations des enseignants.

En définitive, ce travail témoigne que la santé auditive des enseignants est un enjeu de santé publique qui touche directement la qualité de vie professionnelle d'une population nombreuse et, in fine, la performance globale du système éducatif. La préservation du confort communicationnel des enseignants doit être érigée en priorité partagée par les acteurs de la santé au travail, de l'éducation nationale et de l'aménagement scolaire.

RÉFÉRENCES

ANSI. (2010). *ANSI S12.60: Acoustical performance criteria, design requirements, and guidelines for schools,* Part 1: Permanent schools. American National Standards Institute.

Basner, M., Babisch, W., Davis, A., Brink, M., Clark, C., Janssen, S., & Stansfeld, S. (2014). Auditory and non-auditory effects of noise on health. *The Lancet*, *383*(9925), 1325-1332.

Beaton, D. E., Bombardier, C., Guillemin, F., & Ferraz, M. B. (2000). Guidelines for the process of cross-cultural adaptation of self-report measures. *Spine*, *25*(24), 3186-3191.

Clark, W. W., & Bohne, B. A. (1999). Effects of noise on hearing. *JAMA*, *281*(17), 1658-1659.

Davis, H., & Koenig, A. (2003). Measuring hearing disability and handicap: The Vanderbilt Fatigue Scale development. *Journal of the American Academy of Audiology, 14*(6), 323-334.

Dawes, P., & Munro, K. J. (2017). The validity and reliability of the SSQ-12. *International Journal of Audiology, 56*(4), 236-244.

Eggermont, J. J. (2015). Animal models of auditory cortex reorganization after noise overexposure and hearing loss. Hearing Research, 324, 45-53.

Evans, G. W., & Lepore, S. J. (2007). Non-auditory effects of noise on children: A critical review. *Children's Environments, 10*(1), 31-51.

Hornsby, B. W. Y. (2013). The effects of hearing aid use on listening effort and mental fatigue. *Ear and Hearing*, *34*(5), 523-534.

International Organization for Standardization. (2010). ISO 3382-2 : Acoustics Measurement of room acoustic parameters. ISO.

Jacobson, B. H., Johnson, A., Grywalski, C., Silbergleit, A., Jacobson, G., Benninger, M. S., & Newman, C. W. (1997). The Voice Handicap Index (VHI): Development and validation. *American Journal of Speech-Language Pathology*, *6*(3), 66-70.

Klatte, M., Bergström, K., & Lachmann, T. (2013). Does noise affect learning? A short review on noise effects on cognitive performance in children. *Frontiers in Psychology, 4*, 578.

Kristiansen, J., Persson, R., Lund, S. P., Shibuya, H., & Nielsen, P. M. (2011). Effects of classroom acoustics and self-reported noise exposure on teachers' stress and disturbance caused by noise. *International Archives of Occupational and Environmental Health, 84*(7), 779-790.

Kujawa, S. G., & Liberman, M. C. (2009). Adding insult to injury: Cochlear nerve degeneration after temporary noise-induced hearing loss. *Journal of Neuroscience, 29*(45), 14077-14085.

Lane, H., & Tranel, B. (1971). The Lombard sign and the role of hearing in speech. *Journal of Speech and Hearing Research, 14*(4), 677-709.

Lazarus, R. S., & Folkman, S. (1984). Stress, appraisal, and coping. Springer.

Liberman, M. C. (2017). Noise-induced and age-related hearing loss: New perspectives and potential therapies. F1000Research, 6, 927.

Maslach, C., Schaufeli, W. B., & Leiter, M. P. (2001). Job burnout. *Annual Review of Psychology, 52*(1), 397-422.

Nelson, D. I., Nelson, R. Y., Concha-Barrientos, M., & Fingerhut, M. (2005). The global burden of occupational noise-induced hearing loss. *American Journal of Industrial Medicine, 48*(6), 446-458.

Newman, C. W., Jacobson, G. P., & Spitzer, J. B. (1996). Development of the Tinnitus Handicap Inventory. *Archives of Otolaryngology-Head & Neck Surgery, 122*(2), 143-148.

NIOSH. (1998). *Criteria for a recommended standard: Occupational noise exposure*. DHHS (NIOSH) Publication No. 98-126.

Noble, W., & Gatehouse, S. (2004). Interaural asymmetry of hearing loss, Speech, Spatial and Qualities of Hearing Scale (SSQ) disabilities, and handicap. *International Journal of Audiology, 43*(2), 100-114.

Picard, M., & Bradley, J. S. (2001). Revisiting speech interference in classrooms. *Audiology, 40*(5), 221-244.

Pichora-Fuller, M. K., Kramer, S. E., Eckert, M. A., Edwards, B., Hornsby, B. W. Y., Humes, L. E., & Wingfield, A. (2016). Hearing impairment and cognitive energy: The FUEL framework. Ear and Hearing, 37(Suppl 1), 5S-27S.

Plack, C. J., Barker, D., & Prendergast, G. (2014). Perceptual consequences of 'hidden' hearing loss. Trends in Hearing, 18, 1-11.

Rantala, L., & Hakala, S. (2010). Acoustic conditions and voice in the schools of northeastern Finland. *Logopedics Phoniatrics Vocology, 35*(3), 122-128.

Rantala, L., & Hakala, S. (2015). Voice problems and occupational exposure to noise among teachers. *Folia Phoniatrica et Logopaedica, 67*(3), 117-124.

Sato, H., & Bradley, J. S. (2008). Evaluation of acoustical conditions for speech communication in working elementary school classrooms. *Journal of the Acoustical Society of America, 123*(4), 2064-2077.

Shield, B., & Dockrell, J. E. (2004). External and internal noise surveys of London primary schools. *Journal of the Acoustical Society of America, 115*(2), 730-738.

Shield, B., & Dockrell, J. E. (2008). The effects of environmental and classroom noise on the academic attainments of primary school children. *Journal of the Acoustical Society of America, 123*(1), 133-144.

Szklo, M., & Nieto, F. J. (2014). *Epidemiology: Beyond the basics* (3rd ed.). Jones & Bartlett Learning.

Vilkman, E. (2004). Occupational safety and health aspects of voice and speech

professions. *Folia Phoniatrica et Logopaedica, 56*(4), 220-253.

World Health Organization. (2018). Environmental noise guidelines for the European region. WHO Regional Office for Europe.

World Health Organization. (2021). World report on hearing. WHO.

ANNEXES

Les annexes contiennent une fiche signalétique des établissements scolaires investiguées, ainsi que l'ensemble des instruments de mesure utilisés dans cette étude, les normes acoustiques de référence, le formulaire de consentement éclairé et la fiche de collecte des données individuelles. Ces documents sont présentés dans leur version définitive telle qu'elle a été utilisée lors de la collecte des données sur le terrain.

Annexe A : Fiche signalétique des établissements scolaires investigués

Cette annexe présente les photos et les coordonnées GPS des établissements scolaires retenus dans le cadre de l'étude. Les écoles ont été sélectionnées de manière à représenter différents contextes géographiques de la région du Souss-Massa ainsi que plusieurs configurations d'exposition acoustique. La diversité des établissements investigués permet de comparer les conditions environnementales et professionnelles rencontrées par les enseignants exerçant en milieu urbain et rural.

N°	Établissement scolaire	Milieu/ Localisation	Photos des établissements	Coordonnées GPS
1	École Al Mobadara	Urbain/Tikiouine, Agadir		https://goo.gl/maps/WzRguRX5uT9Hwmrv7
2	Groupe Scolaire Al Hanane	Urbain/Agadir		https://maps.app.goo.gl/oVXPrL5aAgzQjFATA
3	Groupe Scolaire Jassani Privé	Urbain/Inezgane		https://share.google/nMQoyXOsE1Gh7zpxL
4	Institution Al Inbiaat Privée	Urbain/Agadir		https://share.google/wwtxiuRhI5DgTGzbd

5	École Ichraq Aït Melloul	Urbain/Aït Melloul		https://share.google/c1HsEZhjEt074wiYo
6	École Hassan Eddakhil	Urbain/Ouled Teima		https://maps.app.goo.gl/GhCwC5TjfSeoYwQR6
7	Unité Scolaire Aït Ouafqa-Tafraout	Rural/Tafraout		https://maps.app.goo.gl/y9wC3RNySj4dx4wG8
8	École Sahel-Annexe IFRDA	Rural/Région Tiznit	 	https://maps.google.com/?q=29.573977,-9.918896
9	Secteur Scolaire Okba Ibn Nafie	Rural/Ouled Dahou		https://maps.app.goo.gl/iCcnNKJXcmHGtjzE6
10	Groupe Scolaire Primaire Takadom	Rural/Chtouka		https://maps.app.goo.gl/CASyJPjpZqEgDNEh9

Annexe B : Questionnaire de fatigue auditive (Vanderbilt Fatigue Scale adaptée)

Instrument adapté de la Vanderbilt Fatigue Scale (Davis & Koenig, 2003 ; Pichora-Fuller et al., 2016) pour l'évaluation de la fatigue auditive et de l'effort d'écoute chez des adultes exposés au bruit professionnel chronique. La version utilisée a fait l'objet d'une adaptation linguistique en français et en arabe dialectal marocain selon les procédures recommandées par Beaton et al. (2000).

Instructions au participant :

Les questions suivantes portent sur votre expérience auditive dans le cadre de votre travail d'enseignant. Pour chaque affirmation, indiquez à quelle fréquence vous avez ressenti ce qui est décrit au cours des quatre dernières semaines de travail, en cochant la case correspondante.

Échelle de réponse : 0 = Jamais | 1 = Rarement (1 fois/mois) | 2 = Parfois (1 fois/semaine) | 3 = Souvent (plusieurs fois/semaine) | 4 = Très souvent (presque chaque jour) | 5 = Toujours (chaque jour)

N°	Énoncé	0	1	2	3	4	5
1	Je me sens fatigué(e) d'avoir écouté et essayé de comprendre à la fin d'une journée de classe.	☐	☐	☐	☐	☐	☐
2	J'ai du mal à suivre une conversation quand plusieurs élèves parlent en même temps.	☐	☐	☐	☐	☐	☐
3	Je dois faire un effort important pour comprendre ce que disent mes élèves en classe.	☐	☐	☐	☐	☐	☐
4	Après ma journée de travail, j'ai besoin de silence ou de calme pour récupérer.	☐	☐	☐	☐	☐	☐
5	J'éprouve de la fatigue à cause du niveau sonore dans mon établissement scolaire.	☐	☐	☐	☐	☐	☐
6	Je perds le fil de ce que je suis en train d'expliquer à cause du bruit de la classe.	☐	☐	☐	☐	☐	☐
7	En fin de semaine de travail, mes capacités d'écoute me semblent réduites par rapport au lundi.	☐	☐	☐	☐	☐	☐
8	Le bruit dans mon école m'empêche de me concentrer correctement sur mon enseignement.	☐	☐	☐	☐	☐	☐
9	Je dois répéter mes consignes plusieurs fois parce que les élèves ne m'entendent pas clairement.	☐	☐	☐	☐	☐	☐
10	Je ressens une sensation de plénitude, de pression ou de bourdonnement dans les oreilles après le travail.	☐	☐	☐	☐	☐	☐

Note. **Score total : /50. Niveaux de fatigue auditive : Faible = 0-16 | Modéré = 17-33 | Élevé = 34-50. Un score ≥ 34 indique une fatigue auditive significative nécessitant une évaluation audiologique approfondie.**

Annexe C: Questionnaire SSQ-12 (Speech, Spatial and Qualities of Hearing Scale)

Version courte adaptée du SSQ original (Noble & Gatehouse, 2004 ; Dawes & Munro, 2017). Cet instrument international évalue les capacités auditives perçues dans des situations écologiques de la vie quotidienne, en particulier dans les environnements bruyants ou complexes. Il a été démontré sensible aux atteintes de type synaptopathie cochléaire non détectables par l'audiométrie tonale conventionnelle.

Instructions au participant :

Pour chaque situation décrite ci-dessous, évaluez vos capacités auditives en entourant un chiffre de 0 à 10, où 0 signifie que vous n'y arrivez pas du tout ou que vous n'essayez plus, et 10 signifie que vous y arrivez parfaitement et sans effort.

Échelle : 0 = N'y arrive pas du tout ———————————————————————— 10 = Y arrive parfaitement

N°	Situation décrite	Votre score (0 à 10)
1	Comprendre ce que dit un élève quand plusieurs autres parlent en même temps dans la salle de classe.	
2	Suivre une conversation dans un couloir bruyant, lors d'une récréation ou dans un espace collectif.	
3	Comprendre ce que dit un élève placé à l'autre bout de la classe, sans qu'il parle fort.	
4	Participer à une réunion pédagogique ou une discussion en groupe dans un environnement bruyant.	
5	Comprendre quelqu'un qui vous parle depuis l'extérieur de la salle de classe, à travers une porte ou une fenêtre.	
6	Localiser l'origine d'un son dans la classe (par ex. savoir de quel élève provient une remarque ou un bruit).	
7	Distinguer deux voix similaires dans un groupe d'élèves sans les voir parler.	
8	Suivre une conversation téléphonique professionnelle lorsqu'il y a du bruit autour de vous.	
9	Évaluer la distance d'une source sonore (par ex. un élève qui parle fort dans le couloir).	
10	Identifier le contenu d'une conversation se déroulant à quelques mètres de vous dans un espace bruyant.	
11	Comprendre clairement la parole dans un grand espace scolaire comme un hall d'entrée ou une cantine.	
12	Avoir l'impression que les sons que vous entendez sont naturels et clairs, sans déformation ni distorsion.	

***Note.* Score moyen = somme des scores / 12. Interprétation : ≥ 7/10 = compréhension satisfaisante | 4-6,9/10 = difficultés modérées | < 4/10 = difficultés importantes. Un score moyen < 7/10 chez un individu à audiogramme normal est évocateur d'une Hidden Hearing Loss ou d'un déficit de traitement auditif central.**

Annexe D : Questionnaire sur les acouphènes (THI adapté)

Version simplifiée et adaptée du Tinnitus Handicap Inventory (Newman et al., 1996). Cet instrument évalue la présence, les caractéristiques et le retentissement fonctionnel des acouphènes. Les acouphènes constituent un indicateur précoce de surcharge du système auditif, souvent précurseur d'atteintes synaptiques cochléaires.

Partie 1 : Présence et caractérisation des acouphènes

Question	Réponse (cochez)
1. Avez-vous des acouphènes (bourdonnements, sifflements, tintements, sonneries dans les oreilles ou la tête) ?	☐ Oui ☐ Non → Si Non, passez directement au Questionnaire D
2. Si oui, depuis combien de temps ?	☐ < 6 mois ☐ 6 mois-1 an ☐ 1-5 ans ☐ > 5 ans
3. À quelle fréquence surviennent-ils ?	☐ Rarement ☐ Parfois ☐ Souvent ☐ En permanence
4. Dans quel côté les entendez-vous ?	☐ Oreille droite ☐ Oreille gauche ☐ Les deux ☐ Dans la tête
5. Ces acouphènes apparaissent-ils surtout après votre journée de travail ou en fin de semaine ?	☐ Oui, principalement ☐ Non, pas de lien apparent ☐ Incertain
6. Quelle est l'intensité subjective de vos acouphènes ?	☐ Légère ☐ Modérée ☐ Forte ☐ Très forte

Partie 2 : Retentissement fonctionnel des acouphènes

Pour chaque affirmation, répondez : Oui (2 points) / Parfois (1 point) / Non (0 point)

N°	Affirmation	Oui (2)	Parfois (1)	Non (0)
1	À cause de vos acouphènes, avez-vous du mal à vous concentrer pendant que vous enseignez ?	☐	☐	☐
2	Les acouphènes vous empêchent-ils de vous endormir ou perturbent-ils votre sommeil ?	☐	☐	☐
3	Vous sentez-vous irritable ou de mauvaise humeur à cause de vos acouphènes ?	☐	☐	☐
4	Les acouphènes nuisent-ils à votre qualité de vie professionnelle de façon générale ?	☐	☐	☐
5	Avez-vous des difficultés à entendre ou à comprendre vos élèves à cause de vos acouphènes ?	☐	☐	☐
6	Les acouphènes vous causent-ils de l'anxiété ou du stress ?	☐	☐	☐
7	Cherchez-vous à éviter les situations bruyantes à cause de vos acouphènes ?	☐	☐	☐

Note. **Score Partie 2 : /14. Interprétation : 0-4 = retentissement léger | 5-9 = modéré | 10-14 = important. Un score ≥ 5 nécessite une évaluation audiologique complète incluant des tests de traitement auditif.**

Annexe E : Voice Handicap Index - 10 items (VHI-10)

Version courte et validée du Voice Handicap Index (Jacobson et al., 1997), adaptée à l'évaluation de l'impact des troubles vocaux chez les enseignants en contexte de surcharge phonatoire professionnelle. Le VHI-10 est recommandé comme outil de dépistage des troubles vocaux en médecine du travail dans les professions de la voix.

Instructions :

Ces questions portent sur l'impact de vos éventuelles difficultés vocales sur votre vie professionnelle quotidienne. Pour chaque affirmation, cochez le chiffre qui correspond le mieux à la fréquence à laquelle vous avez vécu cette situation au cours des quatre dernières semaines.

Échelle : 0 = Jamais | 1 = Presque jamais (1-2 fois par mois) | 2 = Parfois (plusieurs fois par mois) | 3 = Presque toujours (plusieurs fois par semaine) | 4 = Toujours (quotidiennement)

N°	Énoncé	0	1	2	3	4
1	Ma voix me fatigue lorsque j'enseigne durant une longue période.	☐	☐	☐	☐	☐
2	Ma voix est rauque ou enrouée en fin de journée de classe.	☐	☐	☐	☐	☐
3	Je dois forcer ma voix pour être suffisamment entendu(e) dans ma classe.	☐	☐	☐	☐	☐
4	Je ressens des tensions, des douleurs ou une gêne dans la gorge après avoir beaucoup parlé.	☐	☐	☐	☐	☐
5	Mon problème vocal me gêne dans l'exercice de mon travail d'enseignement.	☐	☐	☐	☐	☐
6	Mon état vocal est imprévisible : je ne sais pas comment sera ma voix en arrivant en classe.	☐	☐	☐	☐	☐
7	Je suis frustré(e) ou gêné(e) quand on me demande de répéter ce que j'ai dit.	☐	☐	☐	☐	☐
8	L'état de ma voix me préoccupe ou génère en moi du stress.	☐	☐	☐	☐	☐
9	Les élèves me demandent de répéter parce qu'ils n'entendent pas bien ce que je dis.	☐	☐	☐	☐	☐
10	Je ressens de l'inconfort ou de la gêne lorsque je dois parler fort dans un environnement bruyant.	☐	☐	☐	☐	☐

Note. **Score total : /40. Interprétation : 0-10 = impact minimal | 11-20 = impact léger (surveillance recommandée) | 21-30 = impact modéré (consultation phoniatrique conseillée) | 31-40 = impact sévère (consultation phoniatrique urgente).**

Annexe F : Échelle de retentissement psychosocial

Instrument construit à partir des recommandations OMS (2018) sur les effets non auditifs du bruit et des dimensions du modèle transactionnel du stress de Lazarus et Folkman (1984). Il évalue les conséquences psychosociales de l'exposition chronique au bruit professionnel scolaire.

Instructions :

Pour chaque affirmation, indiquez dans quelle mesure elle correspond à ce que vous ressentez dans le cadre de votre travail d'enseignant au cours des quatre dernières semaines, en cochant le chiffre approprié.

Échelle : 1 = Pas du tout | 2 = Un peu | 3 = Modérément | 4 = Beaucoup | 5 = Extrêmement

N°	Énoncé	1	2	3	4	5
1	Je ressens du stress lié au niveau sonore dans mon établissement scolaire.	☐	☐	☐	☐	☐
2	Le bruit dans mon école me fatigue mentalement au cours de la journée de travail.	☐	☐	☐	☐	☐
3	Je me sens irritable ou de mauvaise humeur à cause du bruit dans mon environnement de travail.	☐	☐	☐	☐	☐
4	Le bruit de l'école interfère avec la qualité de mon sommeil ou ma récupération le soir.	☐	☐	☐	☐	☐
5	Je trouve difficile de maintenir ma concentration sur mes tâches professionnelles à cause du bruit.	☐	☐	☐	☐	☐
6	Le bruit dans mon école réduit ma satisfaction au travail et mon engagement professionnel.	☐	☐	☐	☐	☐
7	Je rentre chez moi épuisé(e) après une journée de classe, en grande partie à cause du bruit ambiant.	☐	☐	☐	☐	☐
8	J'ai parfois l'impression d'être « au bout du rouleau » en raison des conditions acoustiques de mon établissement.	☐	☐	☐	☐	☐

Note. **Score total : /40. Interprétation : 8-18 = retentissement psychosocial faible | 19-29 = modéré (surveillance recommandée) | 30-40 = important (intervention préventive ou soutien psychologique conseillé).**

Annexe G : Fiche individuelle de collecte des données

Identifiant participant (code) : _____ **Date d'évaluation : ___/___/_____**

A. Données socio-démographiques et professionnelles

Variable	Valeur
Établissement (code anonymisé)	
Milieu géographique	☐ Urbain ☐ Rural
Âge (années révolues)	
Sexe	☐ Masculin ☐ Féminin
Ancienneté professionnelle totale (années)	
Ancienneté dans l'établissement actuel (années)	
Niveau(x) enseigné(s)	☐ CP ☐ CE1 ☐ CE2 ☐ CM1 ☐ CM2 ☐ Plusieurs niveaux
Nombre moyen d'élèves par classe	
Volume hebdomadaire d'enseignement (heures)	
Antécédents ORL significatifs	☐ Non ☐ Oui - préciser : _____
Traitement ototoxique en cours	☐ Non ☐ Oui - préciser : _____
Tabagisme	☐ Non-fumeur ☐ Ancien fumeur ☐ Fumeur actif
Usage fréquent d'écouteurs (≥ 3h/semaine, volume élevé)	☐ Non ☐ Oui
Activité professionnelle bruyante antérieure	☐ Non ☐ Oui - préciser : _____
Pratique de loisirs bruyants	☐ Non ☐ Oui - préciser : _____

B. Résultats audiométriques (dB HL)

	500 Hz	1 000 Hz	2 000 Hz	4 000 Hz	8 000 Hz	Moy. 500-4kHz	Interprétation
OD							
OG							

Note. **Interprétation selon les critères OMS : Normal ≤ 20 dB HL | Léger 21-40 | Modéré 41-60 | Sévère 61-80 | Profond > 80 dB HL.**

C. Résultats audiométrie vocale dans le bruit

Score de reconnaissance de mots (65 dB SPL dans bruit de parole, SNR = 0 dB) : _____ %

Interprétation : ☐ Normal (≥ 80 %) | ☐ Légèrement réduit (60-79 %) | ☐ Nettement réduit (< 60 %)

D. Résultats des questionnaires psychométriques

Questionnaire	Score obtenu	Score maximum	Niveau / Catégorie
VFS - Fatigue auditive		50	☐ Faible ☐ Modéré ☐ Élevé
SSQ-12 - Compréhension dans le bruit		10 (moy.)	☐ Satisfaisante ☐ Difficultés mod. ☐ Difficultés imp.
THI adapté - Retentissement acouphènes		14	☐ Léger ☐ Modéré ☐ Important
VHI-10 - Santé vocale		40	☐ Minimal ☐ Léger ☐ Modéré ☐ Sévère
Retentissement psychosocial		40	☐ Faible ☐ Modéré ☐ Important

E. Score IVAP global

Dimension IVAP	Sous-score (/5)
Audiométrie (tonale + vocale)	
Fatigue auditive (VFS)	
Compréhension dans le bruit (SSQ-12)	
Santé vocale (VHI-10)	
Retentissement psychosocial	
Acouphènes (THI adapté)	
SCORE IVAP TOTAL (/ 30)	

Niveau de vulnérabilité : ☐ Faible (< 10) ☐ Modéré (10-20) ☐ Élevé (> 20)

Annexe H : Formulaire de consentement éclairé

FORMULAIRE DE CONSENTEMENT LIBRE ET ÉCLAIRÉ À LA PARTICIPATION À UNE ÉTUDE DE RECHERCHE

Titre de l'étude :

Exposition au bruit scolaire et vulnérabilité auditive professionnelle des enseignants du primaire au Maroc : Approche multidimensionnelle comparative entre milieux urbain et rural dans la région Souss Massa.

Responsable de l'étude :

Lhoucine Jakani- SAERA. School of Advanced Education Research and Accreditation

Nature et objectifs de l'étude

Cette étude a pour objectif d'analyser l'impact de l'environnement sonore scolaire sur votre santé auditive et vocale professionnelle, en comparant les résultats obtenus en milieu urbain et en milieu rural. Elle comprend :

- Une mesure des niveaux sonores dans votre établissement à l'aide d'un appareil de mesure acoustique ;
- Un examen audiométrique standardisé (test de l'audition) réalisé par un audioprothésiste qualifié ;
- La complétion de plusieurs questionnaires portant sur votre santé auditive, vocale et votre bien-être professionnel. L'ensemble de cette évaluation dure environ quarante-cinq minutes.

Bénéfices attendus

Votre participation contribue à la production de connaissances scientifiques susceptibles d'améliorer les conditions de travail des enseignants marocains et de conduire à la mise en place de programmes de prévention adaptés. À titre personnel, vous recevrez les résultats de votre évaluation audiologique individuelle, accompagnés d'un commentaire explicatif et, si nécessaire, d'une recommandation de suivi.

Confidentialité et anonymat

Toutes les données recueillies dans le cadre de cette étude sont strictement confidentielles et anonymes. Un code d'identification numérique est utilisé à la place de votre nom. Vos données ne seront en aucun cas transmises à votre employeur, à votre administration ou à toute autre personne tierce. Seules des données agrégées et entièrement anonymisées seront utilisées dans les publications scientifiques issues de cette étude.

Liberté de participation

Votre participation à cette étude est entièrement volontaire. Vous pouvez à tout moment, et sans avoir à vous justifier, retirer votre consentement et cesser votre participation, sans que cela n'entraîne aucune conséquence pour vous sur le plan professionnel ou personnel.

Déclaration du participant

Je soussigné(e) _____, enseignant(e) à l'établissement _____, déclare :

- Avoir été informé(e) de manière claire, complète et compréhensible des objectifs, de la nature, des bénéfices attendus et des contraintes de cette étude ;
- Avoir eu la possibilité de poser toutes les questions que je souhaitais et d'avoir reçu des réponses satisfaisantes ;
- Accepter librement et volontairement de participer à cette étude de recherche ;
- Pouvoir retirer mon consentement à tout moment sans préjudice.

Date : ___/___/_____

Signature du participant : _____

Signature du chercheur : _____

Annexe I : Normes et recommandations acoustiques de référence

Le tableau ci-dessous résume les principales normes et recommandations acoustiques utilisées comme valeurs de référence dans cette étude pour l'évaluation des environnements scolaires.

Norme / Source	Paramètre	Valeur recommandée	Application
OMS (2018)	Niveau de bruit de fond en classe	≤ 35 dB(A)	Salles de classe occupées
ANSI S12.60 (2010)	Niveau de bruit de fond	≤ 35 dB(A)	Espaces d'enseignement
ANSI S12.60 (2010)	Temps de réverbération (RT60)	≤ 0,60 s	Salles de classe < 283 m³
ISO 3382-2 (2010)	Temps de réverbération	Selon volume	Tous types de locaux
OMS (2018)	SNR recommandé	≥ +15 dB	Intelligibilité optimale de la parole
Directive UE 2003/10/CE	Valeur d'action inférieure	80 dB(A) × 8h/j	Recommandation de protection auditive
Directive UE 2003/10/CE	Valeur d'action supérieure	85 dB(A) × 8h/j	Protection auditive obligatoire
BIAP (02/1)	Surdité légère	20-40 dB HL (moy.)	Audiométrie diagnostique
NIOSH (1998)	Niveau d'action recommandé	85 dB(A) × 8h/j	Prévention surdité professionnelle

Note. **Les valeurs d'action de la Directive européenne 2003/10/CE et de NIOSH sont données à titre de référence comparative. Elles s'appliquent formellement à la prévention de la surdité professionnelle industrielle, mais fournissent un cadre normatif utile pour contextualiser les niveaux d'exposition documentés dans cette étude.**

Annexe J : Glossaire des principaux termes audiologiques utilisés

Ce glossaire définit les principaux termes techniques utilisés dans ce mémoire, afin de faciliter la compréhension des mécanismes auditifs décrits.

Terme	Définition
Acouphène	Perception auditive subjective d'un son (bourdonnement, sifflement, tintement) en l'absence de toute source sonore externe.
Audiométrie tonale	Évaluation des seuils auditifs par fréquences pures, réalisée en conditions silencieuses. Exprimée en dB HL.
Audiométrie vocale dans le bruit	Évaluation de la reconnaissance de mots en présence d'un bruit de fond calibré ; plus sensible que l'audiométrie tonale pour détecter les synaptopathies cochléaires.
dB(A)	Décibel pondéré A, unité de mesure du niveau sonore tenant compte de la sensibilité fréquentielle de l'oreille humaine.
Effet Lombard	Augmentation involontaire et réflexe du niveau vocal en présence d'un bruit ambiant élevé.
Hidden Hearing Loss	Perte auditive fonctionnelle dans le bruit, non détectable à l'audiométrie tonale conventionnelle ; liée à une synaptopathie cochléaire.
IVAP	Indice de Vulnérabilité Auditive Professionnelle ; indice composite créé dans cette étude, intégrant six dimensions de la santé auditive professionnelle (score /30).
Leq	Niveau sonore équivalent continu : énergie sonore moyenne sur une durée donnée, exprimée en dB(A).
Listening Fatigue	Fatigue auditive cognitive résultant d'un effort prolongé pour comprendre la parole dans des conditions d'écoute dégradées.
RT60 / T60	Temps de réverbération : durée (en secondes) nécessaire pour qu'un son décroisse de 60 dB après extinction de sa source.
SNR (Signal-to-Noise Ratio)	Rapport signal/bruit : différence en dB entre le niveau du signal utile (voix) et le niveau du bruit de fond.
Synaptopathie cochléaire	Dégénérescence des synapses entre cellules ciliées internes et fibres du nerf auditif, induite par l'exposition au bruit, sans destruction des cellules ciliées.
TTS	Déplacement temporaire des seuils auditifs consécutif à une exposition sonore ; réversible en quelques heures à quelques jours.
VFS	Vanderbilt Fatigue Scale : questionnaire validé d'évaluation de la fatigue auditive subjective.
VHI-10	Voice Handicap Index, version 10 items : questionnaire validé d'évaluation de l'impact des troubles vocaux sur la qualité de vie.