

Méfais et recommandations de l'exposition à la musique sur le système auditif des jeunes

Lalla Maghnia Benbouali

Master en Audiologie Clinique et Thérapie Auditive

Tuteur : Dr. Joaquín Vidal

saera

Date de remise : 08-02-2023

Table des matières

I-	Sommaire	2
II-	Résumé	3
III-	Introduction	4
IV-	Physiologie de l'oreille.....	5
	1- L'oreille externe.....	5
	2- L'oreille moyenne	6
	3- L'oreille interne	6
V-	Le son	8
	1- Caractéristique d'une onde acoustique	8
VI-	Le bruit	9
	1- Définition du bruit	9
VII-	Caractéristique d'un écouteur et casque audio	9
VIII-	Les dispositifs d'écoute	9
IX-	Matériels et méthodes	10
	1- Approche de recherche	10
	2- Méthode et stratégie de collecte de données	10
	3- critère d'inclusion	11
	4- critère d'exclusion	11
X-	Résultats	12
XI-	Discussion	15
XII-	Conclusion	16
	Bibliographie	17
	Annexe	19

Résumé

Cette étude permettra de montrer qu'une exposition accrue et prolongée au bruit fort de loisir, chez les jeunes, peut engendrer des risques auditifs et proposera des recommandations et pistes concrètes pour une meilleure prévention et les traitements possibles en cas de traumatisme sonore.

Mots clés : Perte auditive due à la musique, exposition à la musique, perte auditive induite par le bruit chez les jeunes

Introduction

Avec le progrès de la technologie, le développement des dispositifs audio individuels tels les lecteurs de musique et des téléphones portables, les pratiques et habitudes d'écoutes des jeunes d'aujourd'hui ont changés allant à l'utilisation d'écouteurs, de casque de façon quotidienne soit pour faire leur devoir scolaires, pour s'endormir, en prenant les transports, pour ne pas déranger autrui, s'ajoutant à cela les visites prolongées dans les lieux de loisirs bruyants tels que les concerts ou les boîtes de nuits. Il est vrai que la musique est un plaisir mais elle peut malheureusement devenir un danger, les modes d'écoute prolongés à forte intensité délivré directement à l'oreille par des casques ou des écouteurs et une accessibilité aux appareils d'écoute portables avec une utilisation incontrôlée exposent les jeunes à un risques élevée de surdité traumato-sonores précoces endommageant ainsi les structures de leur oreille interne.

Les jeunes, peu ou mal informés, sur les conséquences d'une mauvaise santé auditive sont à risque d'avoir une dégradation de leur oreille par exposition aux sons forts et répétées, le port d'une prothèse auditive ou l'implantation d'un implant cochléaire sera inévitable. Ce type de perte auditive est classé comme une perte auditive neurosensorielle avec atteinte endocochléaire se présentant en général de manière bilatérale, progressive (ou soudaine) et irréversible. Selon un constat établi par l'OMS en 2019 à savoir que près de 50% des personnes âgées de 12 à 35ans, soit 1,1 milliard de jeunes risque une déficience auditive due à une exposition prolongée et excessive des sons trop forts. L'audition est un sens fragile qui subit l'attaque du temps de manière irréversible si on ne prend pas les devants en matière de prévention.

Connaitre les risques liés à une écoute prolongé et forte de la musique permettra la nécessité de se protéger afin de profiter d'une écoute musicale sécuritaire.

Physiologie de l'oreille

Dans un premier temps, afin de comprendre à quel point les bruits forts peuvent endommager l'audition, un rappel sur le fonctionnement de l'appareil auditif s'impose.

L'oreille est un organe capable de capter des sons dans une gamme de fréquence audible allant de 20 à 20 KHz et percevoir des sons d'intensité différentes allant de 0 à 120 dB.

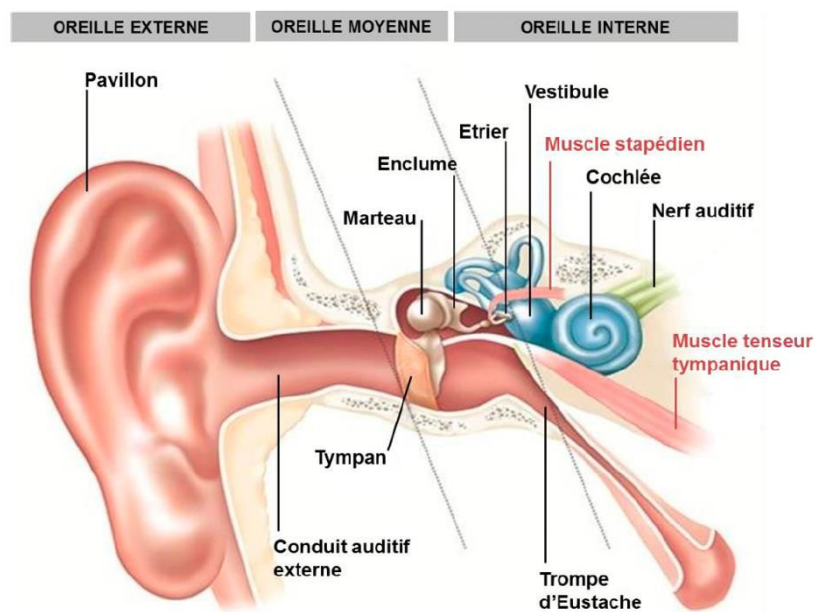


Figure 1. Anatomie de l'oreille

Source :

<https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.inrs.fr%2Fdms%2Finrs%2FPublication%2FEL2015-002-P2018-095-01%2Fns362.pdf&psig=AOvVaw3Us0qOQwvYd1MNEFZV0trR&ust=1675890020428000&source=images&cd=vfe&ved=0CA4QjhxFwoTCJCC04qohP0CFQAAAAAdAAAAABAD>

Le système auditif périphérique est constitué d'un appareil de transmission (oreille externe et oreille moyenne) et d'un appareil de transduction (oreille interne).

1- L'oreille externe

Constitué du pavillon auriculaire et du méat auditif externe (CAE) dont la longueur est de l'ordre de 2,5 cm, il a pour rôle de capter les sons venus de l'extérieur sous forme de vibrations acoustique.

2- L'oreille moyenne

Composée du tympan et par une chaîne de trois petits os mobile articulés entre eux (osselets) : le marteau, l'enclume et l'étrier, et de muscles et de ligaments.

Elle a pour rôle de transmettre les vibrations de l'oreille externe au milieu liquidien de la cochlée par l'intermédiaire de la fenêtre ovale. L'oreille moyenne agit comme un amplificateur de son, un égalisateur de pression et une protection de l'oreille contre les bruits de haute intensité empêchant leur entrée dans l'oreille interne, cette dernière fonction est assurée par le muscle stapédien qui en se contractant augmente la rigidité de la chaîne tympano-ossiculaire réduisant ainsi la transmission sonore vers l'oreille interne à savoir que ce mécanisme de protection est épuisable s'il est trop sollicité.

3- L'oreille interne

C'est le cœur du système auditif, elle transforme l'énergie mécanique en impulsions électrique pour être transmise au cerveau via le nerf vestibulo-cochléaire VIII.

L'oreille interne est constituée de deux systèmes sensoriels situés dans la partie pétreuse de l'os temporal : **le vestibule**, composé du saccule, de l'utricule et des canaux semi-circulaires, sont ceux qui donnent l'information de l'équilibre, de la position de la tête dans l'espace et de **la cochlée** ou limaçon, c'est l'organe de l'audition. Tous deux ont en commun une physiologie de liquide de l'oreille interne.

La cochlée, situé en avant du vestibule, est constituée d'un ensemble de trois tubes enroulés en spirale et remplis de liquides :

- Les rampes tympanique et vestibulaire remplies de périlymphe.

- Le canal cochléaire, rempli par l'endolymphe, est tapissé par la membrane basilaire, dans sa partie inférieure, sur laquelle repose l'organe sensoriel récepteur : l'organe de Corti, qui contient à peu près 30 000 cellules ciliées qui s'étendent de la base jusqu'au sommet de la cochlée. Le diamètre du canal diminue de la base vers le sommet. Chaque cellule ciliée code pour une fréquence particulière. Les plus aiguës sont codées par les cellules à la base de la cochlée, et les plus graves à son apex : c'est ce qu'on appelle la tonotopie cochléaire.

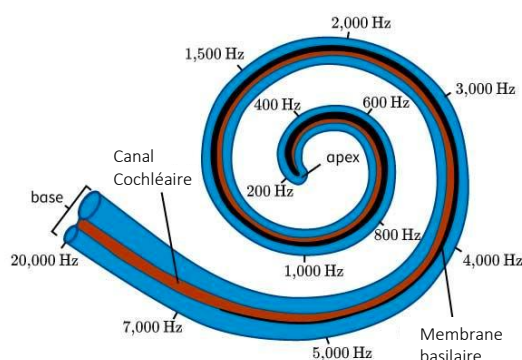


Figure 2. Carte tonotopique de la cochlée

<https://www.chegg.com/homework-help/questions-and-answers/use-image-answer-question-basilar-membrane-cochlea-shaped-stiffer-base-apex-allows-basilar-q71062661>

Les vibrations arrivées au niveau de l'oreille interne, via la fenêtre ovale, se propagent sous la forme d'une onde provoquant la mise en mouvement des liquides et des différentes membranes qui constituent la cochlée induisant une tension dans les cils des cellules de Corti, ce mouvement activera la formation d'un signal nerveux, qui sera transmis au cerveau par le biais du nerf auditif.

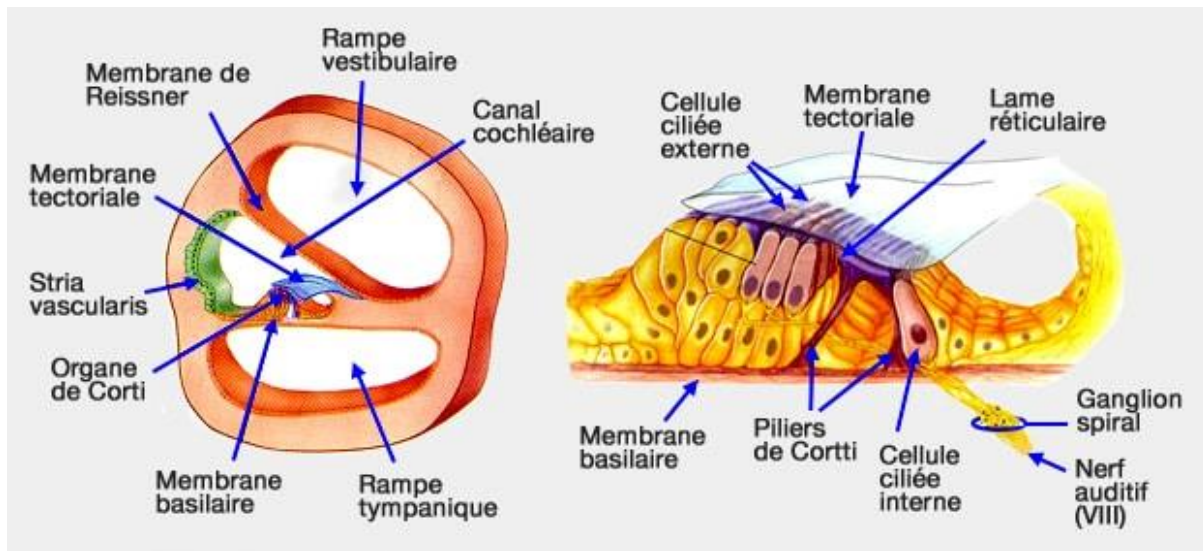


Figure 3. Coupe transversale de la cochlée et organe de Corti
Source : <http://www.vetopsy.fr/sens/audition/oreille-interne.php>

La cochlée permet d'une part de recueillir les vibrations qui lui parviennent et de les analyser en fonction de leur fréquence pour les orienter vers les cellules ciliées correspondantes. Elle transforme aussi l'énergie vibratoire en influx nerveux. Dans les surdités avec atteinte de la cochlée, le malentendant n'entendra pas certains sons par manque d'amplification et aura des problèmes d'intelligibilité, faute d'analyse.

Le son

Le son est un phénomène acoustique qui représente de minuscules vibrations de molécules de l'air qui nous entoure. Ces vibrations se propagent dans toutes les directions, dans l'air, sous formes d'ondes sonores jusqu'à l'oreille qui constitue le point de départ de la stimulation auditive.

1- Caractéristique d'une onde acoustique

Le son est caractérisé par trois paramètres principaux :

1-1 La fréquence : exprimé en hertz (Hz) correspond au nombre de vibrations par seconde. Un cycle complet est formé de zone de haute et de basse pression. S'il y'en a peu on entend grave et inversement s'il y'en a beaucoup on entend aigu.

1-2 L'intensité : mesuré en décibel (dB) correspond à l'amplitude de pression. L'amplitude indique si le son est fort ou faible. Un seuil d'audibilité chez un sujet normo-entendant se situe à 0 dB. Le seuil de douleur se situe aux environs de 120 dB.

1-3 La durée : exprimé en seconde (S), correspond à la longueur du signal dans le temps.

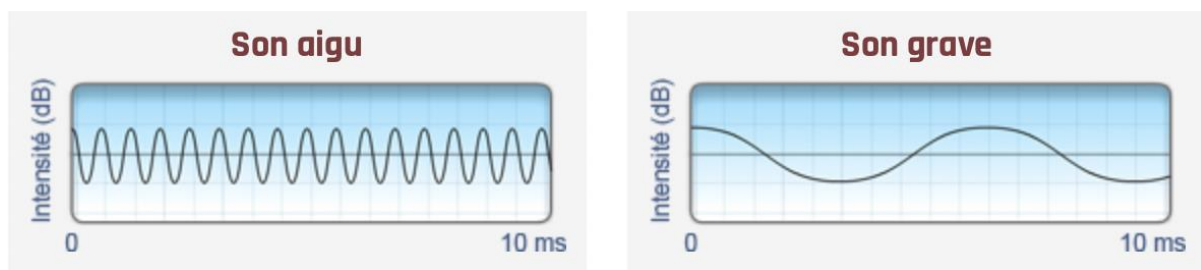


Figure 4. Caractéristique du son
<https://www.cochlea.org/entendre>

Le bruit

1- Définition du bruit

Le bruit est un phénomène acoustique qui provoque une sensation auditive désagréable ou gênante non désiré. Un bruit est notamment un son de composition spectrale complexe sans harmonie. Un bruit se distingue d'un son par ses caractéristiques spectrales et temporelles complexes.

Caractéristique d'un écouteur et casque audio

Les principales caractéristiques techniques d'un casque audio sont :

1- Sa réponse en fréquence : correspond à sa bande passante. Il s'agit de l'étendue de spectre de fréquence que le casque peut reproduire.

2- L'impédance : mesuré en ohm (Ω) exprime la résistance du casque au courant électrique qui le traverse.

3- La sensibilité : paramètre mesuré en décibel (dB) traduit le niveau sonore (SPL) maximal qu'un casque peut fournir à partir d'une puissance donnée.

4- La distorsion harmonique : c'est un pourcentage qui quantifie la différence entre un signal d'entrée et un signal de sortie.

Les dispositifs d'écoute

Deux types de dispositifs les plus utilisés sont :

1- Les casques : se place contre les oreilles, grâce à ses coussinets ils isolent les sons venus de l'extérieur. Certains sont équipés de réducteur de bruit offrant une isolation complète des sons extérieurs qui ne nécessitent pas une augmentation du volume sonore.

2- Les écouteurs classiques : sont plus petits, se placent à l'intérieur du conduit auditif. Ces écouteurs ont tendance à laisser rentrer les sons environnants alors une tendance à monter le volume risquant d'abîmer l'audition.

3- Les écouteurs intra-auriculaire : la différence avec les écouteurs classique est qu'ils ont une meilleure isolation au bruit ambiant grâce à leur embout en silicone mais d'un autre côté ils créent une sensation de gêne dans l'oreille et permettent le développement de germes à cause du manque d'aération dans le conduit.

Matériels et méthodes

1- Approche de recherche

Dans cette étude, une approche de recherche bibliographique/documentaire a été utilisée avec utilisation d'informations qualitative tiré de source de la littérature scientifique existante dans le but de démontrer qu'une écoute de son à volume important chez les jeunes pendant une longue période à forte intensité induit des troubles auditives avec les effets et répercussions négatives que cela engendre afin de tirer les bonnes habitudes d'écoutes.

2- Méthode et stratégie de collecte de données

La présente étude a suivi les directives du système PRISMA pour la collecte des différents articles et analyse des données à l'aide de critères d'inclusion et d'exclusion.

La recherche d'article et de travaux de recherche pertinent a été faite en cherchant des mots clés comme : Perte auditive due à la musique, exposition à la musique, perte auditive induite par le bruit chez les jeunes, bruits et perte auditive chez les jeunes, perte auditive dû aux bruits ou induite par la musique chez les jeunes sur les sites de PubMed, *noise and health*, journal de l'*Acoustical Society of America*, *the hearing journal* et une recherche faite également sur *Google Scholar* et autres a permis d'isoler des informations qui ont rapport avec le sujet choisit.

Les articles et les travaux de recherche qui datent de 2008 jusqu'à présent ont été pris en compte ainsi que les articles et les travaux qui révèlent des informations sur la perte auditive dû aux bruits, par exemple les causes, les symptômes, le traitement et prévention.

Le but est de montrer qu'une exposition prolongée et répété aux bruits forts peut causer une surdité en exposant les solutions pour s'en protéger.

Les résumés, conclusions des articles sont lus pour voir s'ils apportent des informations intéressantes ou pas au sujet.

Les articles gardés, assemblés seront analysés pour en tirer les informations intéressantes à l'étude.

14 articles sont inclus dans cette étude.

Les articles/documents en littérature française, anglaise ont été sélectionné avec utilisation de l'outil Google traduction.

3- Critère d'inclusion

Les articles/documents qui apportent une information pertinente au sujet étudié.

4- Critère d'exclusion

Sont exclus les articles/documents qui ne sont pas en rapport avec le sujet, dont l'information n'est pas crédible, ceux qui sont en rapport avec le bruit environnemental, le bruit en milieu de travail (usine, militaire...).

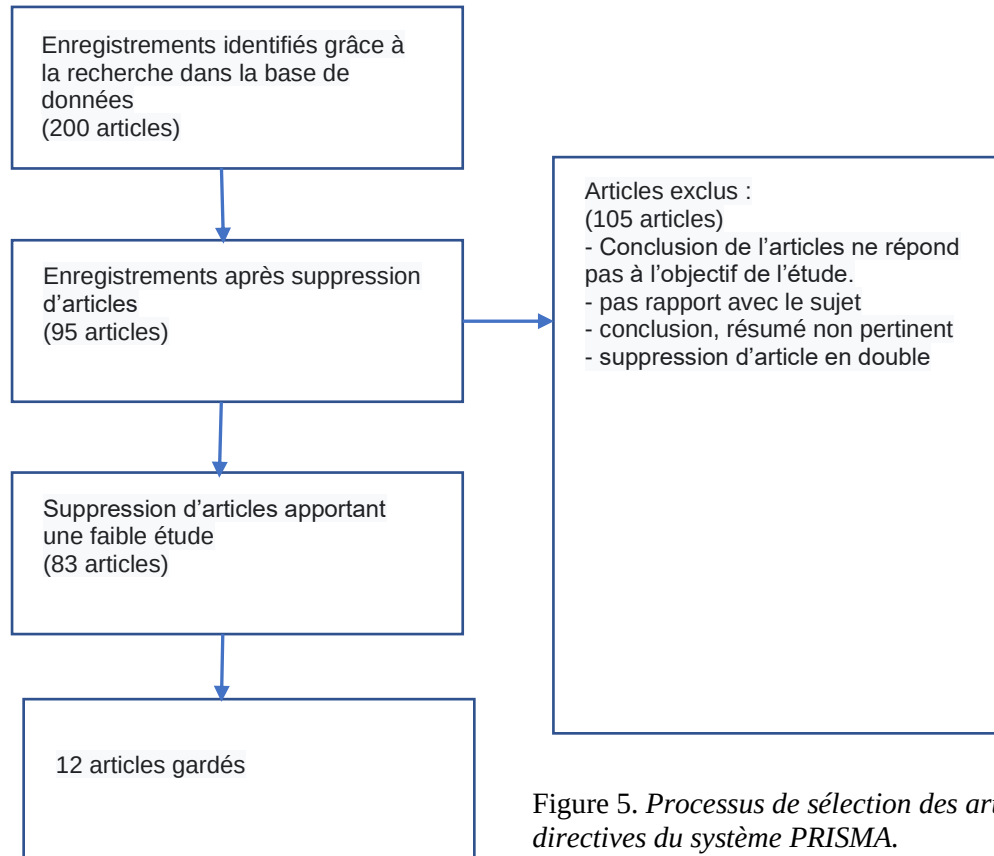


Figure 5. *Processus de sélection des articles selon les directives du système PRISMA.*

- Après analyse, plusieurs sources documentaires mettent l'accent sur un véritable fléau qu'est la perte d'audition chez les jeunes induite par le bruit élevé et prolongé dû à l'utilisation de casque et d'écouteur. Une récente étude publiée en novembre 2022 par la revue scientifique *BMJ Global Health* estime que 0,67 à 1,35 milliard de jeunes dans le monde pourraient être à risque de perdre l'audition suite à des pratiques d'écoute dangereuses. Elle pointe du doigt les gouvernements pour qu'ils mettent en place des normes pour limiter la puissance de sortie des appareils d'écoutes et un plan de prévention sur les pratiques d'écoutes sûres.

- L'étude de Valeria Gomes da Silva et al. (2017) a permis de montrer qu'une exposition à la musique amplifiée provoque une altération des cellules cochléaires.

- Une étude menée par AlQahtani et al. (2022) rappelle qu'une exposition à un niveau de bruit de 60 dB pendant plus de 60min peut entraîner une perte auditive provisoire alors qu'une exposition au bruit à une intensité de 85dB pendant au moins 8h par jour développe une perte auditive permanente.

- Une audiométrie tonale comme moyen de test traditionnel pour contrôler son audition des dangers d'une exposition au bruit fort ne permet pas d'identifier une perte précoce, la lésion est asymptomatique les otoémissions acoustiques transitoire (OEAT) et de produit de distorsion (OEAPD) permettent de diagnostiquer les lésions au niveau de la cochlée de manière précoce limitant les séquelles auditives (Montoya et al., 2008).

- Les signes d'alertes auditives sont une oreille « cotonneuse », des acouphènes et une fatigue auditive (un décalage temporaire du seuil de l'audition (*TTS, temporary threshold shift*) et une difficulté de compréhension en milieu bruyant, sont les signes précoces le plus souvent enregistré chez ceux qui s'exposent à une écoute élevée de musique, ces signes peuvent survenir seul ou en combinaison les uns avec les autres (Le Clercq et al., 2016). Ces troubles peuvent être temporaire ou permanent.

- L'utilisation d'appareil d'écoute portable avec surexposition au son endommage la structure interne de la cochlée et plus précisément les cellules ciliées externe, la strie vasculaire et les structures cellulaire de soutien (Cory DF Portnuff, 2016).

- Selon Kim et al. 2009, une encoche sur la fréquence de 4Khz avec baisse du seuil auditif est observée chez les utilisateurs d'appareil d'écoute portable dont l'utilisation est excessive indiquant l'impact sur l'audition.

En cas de non traitement, l'impact augmente, l'encoche augmente en largeur et en profondeur avec une destruction importante de cellules ciliées.

- Selon le journal de l'*Acoustical Society of America* apparue en Juin 2021, les smartphones utilisés pour l'écoute personnelle peuvent produire des sorties sonores minimales de l'ordre de 84 à 92 dB(A) qui avec une exposition répétée peuvent provoquer une perte auditive. Le niveau de sortie d'écoute varie en fonction de la combinaison de l'appareil d'écoute et des casques ou écouteurs.

- Les jeunes pour assurer l'audibilité de la musique dans un environnement bruyant ont tendance à augmenter le niveau sonore jusqu'à disparition du bruit de fond (Cory DF Portnuff, 2016).

- Les conséquences d'une exposition à une énergie sonore intense ne s'arrêtent pas seulement à des dégâts au niveau auditif, tel une hyperacousie (sensibilité d'écoute), une diplacousie (qui est une différence d'écoute entre les deux oreilles), le bruit provoque également des troubles extra-auditifs, c'est-à-dire qu'il impacte sur l'ensemble de l'organisme avec des troubles du sommeil, trouble du rythme cardiaque, hypertension, stress, altération des performances cognitives, difficulté de concentration...

Ces troubles diffèrent d'une personne à une autre en raison d'une sensibilité interindividuelle variable.

- Les professionnels des soins auditifs en évaluant les utilisateurs d'écouteurs et de casques sur leur habitude d'écoute peuvent les conseiller sur une écoute sécuritaire.

- La prévention est la meilleure option qui permet de préserver l'ouïe, contre les risques accrus qu'enregistre les jeunes ces dernières années quant à leur manière de s'exposer à des sons forts sans prendre de précautions (Hussain et al., 2018).

Le journal de l'*Acoustical Society of America* donne quelques consignes quant à une utilisation adéquate de transducteur : une limitation du temps d'exposition et de l'intensité sonore en réglant l'intensité à un volume confortable inférieur à 50% de l'intensité maximale

de sortie de l'appareil d'écoute, en choisissant des casques avec la fonction de supprimeur ou limiteur de bruit réduisant le niveau de bruit ambiant afin de permettre une écoute plus sûrs.

Ce même journal suggère que les fabricants place des étiquettes d'avertissement avec la mention « l'utilisation de système d'écoute cause une perte auditive » comme pour les étiquettes d'avertissements sur les paquets de cigarettes pour faire prendre conscience aux utilisateurs du danger

- Comme moyens de prévention supplémentaire, un bilan auditif régulier permettra de détecter précocement une perte induite par l'exposition à un son fort dans le cas où celle-ci est latente. Le port de protection auditive permettra de réduire l'intensité du son. Le port d'un casque audio à réducteurs de bruits est un bon moyen pour écouter la musique à conditions de ne pas élever le volume pendant de longue heure.

En cas d'écoute prolongée, faire des pauses afin de laisser à l'oreille le temps de récupérer. Dans le cas où des acouphènes persistent après exposition à un son nocif une consultation chez un médecin spécialiste, ORL, audiologiste, est requise.

Une exposition répétée au son fort induira une dégénérescence des cellules ciliées, la perte auditive sera permanente, un recours à un appareillage sera indispensable.

Ces méfaits du bruits forts sur l'ouïe et l'organisme représentent un coût social pour l'individu et pour la société.

Discussion

Les jeunes s'exposent à des sons désirés qui peuvent contenir une énergie acoustique suffisamment élevée induisant des effets négatifs sur la santé auditive et extra-auditive soit de manière permanente ou provisoire. Basner et al., estime que 17% à 29% des jeunes utilisateurs d'appareil d'écoute à travers le monde risque une perte auditive induite par le bruit très élevés alors qu'en 2008 le comité scientifique des risques sanitaires émergents et

nouveaux (SCENIHR) estimait entre 5% à 10% le nombre de jeunes risquant une perte auditive due au bruit, dans le journal de l'*Acoustical Society of America* parue en Juin 2021.

Le journal de l'*Acoustical Society of America* indique que les utilisateurs de système audio personnel qui écoutent généralement pendant de nombreuses heures par jour dépassent les limites recommandées mondialement qui est de l'ordre de 70 dB(A).

La perte auditive provoquée par le bruit se caractérise par le fait qu'elle peut passer inaperçue, elle conduit en général une perte sur les hautes fréquences qui est moins perçue ou signaler qu'une perte auditive à basse fréquence mais lorsque découverte tardivement les dommages seront bien installés.

Les cellules ciliées de l'organe de Corti sont les cibles privilégiées du bruit, l'exposition prolongée à des niveaux de bruits intenses détruit de façon graduelle ou brutale, les cellules ciliées de l'oreille interne. Elle conduit progressivement à une surdité, dite de perception, qui est irréversible, l'oreille ne pourra pas se réparer. Dans ce cas, la chirurgie n'est d'aucun secours. Le recours est soit à la mise en place de prothèse auditive qui se contente d'amplifier l'acuité résiduelle, il ne restitue pas la fonction auditive dans son ensemble ou bien la mise en place chirurgicale d'un implant cochléaire qui restitue artificiellement certaines fréquences endommagées dans la cochlée.

Conclusion

L'oreille est un organe très fragile dont il faudra prendre soin depuis l'enfance pour ne pas avoir de problème auditif à l'âge adulte. Les jeunes d'aujourd'hui ne sont pas bien informés ou sous-estime les risques auditifs et extra-auditif néfastes que peut engendrer une écoute musicale excessive sur leur santé et leur bien-être si on dépasse un seuil d'écoute de 85 dB sur une période de 8h sans prendre de pause. L'écoute doit être faite de manière responsable est modérée pour ne pas altérer la capitale auditive propre à chaque personne.

L'altération auditive dû au bruit, résultant du vécu propre à chacun, si découverte précocement pourra être corrigé dans les temps dans le cas où les effets nuisibles du bruit sont détectés tardivement préconisant un mauvais pronostique de récupération dû à une destruction irréversible des cellules ciliées pouvant nécessiter des aides auditives pour faire face à des problèmes tels que la perte auditive ou des acouphènes.

Le son fort induit par les écouteurs, casque, les discothèques ... sont des facteurs de risque de perte d'audition. Du fait de leur manque d'informations, les jeunes s'adonnent à l'écoute exagéré de musique sans aucune protection. Les habitudes d'écoutes doivent changer, on peut pour cela éviter de s'exposer pendant de longue période à un haut volume sonore ou encore ces appareils d'écoute doivent être sécurisés en réduisant leur niveau de sortie maximale à des valeurs raisonnables.

La Perte auditive induite par le bruit fort peut être latente, un dépistage régulier et précoce par utilisation d'OEA est nécessaire.

Bibliographie

- AlQahtani, A. S., Alshammari, A. N., Khalifa, E. M., Alnabri, A. A., Aldarwish, H. A., Alshammari, K. F., Alshammari, H. F., & Almudayni, A. M. (2022). Awareness about the relation of noise induced hearing loss and use of headphones at Hail region. *Annals of medicine and surgery*, 73. <https://doi.org/10.1016/j.amsu.2021.103113>
- Dillard, L. K., Arunda, M. O., Lopez-Pérez, L., Martinez, R. X., Jimenez, L., & Chabha, S. (2022). Prevalence and global estimates of unsafe listening practices in adolescents and young adults: a systematic review and meta-analysis. *BMJ Global Health*, 7(11). <http://dx.doi.org/10.1136/bmjgh-2022-010501>
- Fink, D., & Mayes, J. (2021). Unsafe at any Sound: hearing loss and Tinnitus in personal audio system users. *Acoustical Society of America*, 43. <https://doi.org/10.1121/2.0001452>
- Gomes da Silva, V., Augusto Costa Pires de Oliveira, C., Tauil, P. L., Monteiro de Castro Silva, I., & Luiz Lopes Sampaio, A. (2017). Amplified music exposure carries risks to hearing. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 93, 117-122. <https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2016.12.023>
- Hussain, T., Chou, C., Zettner, E., Torre, P., Hans, S., Gauer, J., Markgraf, M., & Nguyen, Q. T. (2018). Early Indication of Noise -Induced Hearing Loss in Young Adult Users of Personal Listening Devices. *Annals of Otology, Rhinology & Laryngology*, 127(10), 703-709. <https://doi.org/10.1177/0003489418790284>
- Kim, M. G., Hong, S. M., Shim, H. J., Kim, Y. D., Cha, C. I., & Yeo, S. G. (2009). Hearing Threshold of Korean Adolescents Associated with the Use of Personal Music Players. *Yonsei Medical Journal*, 50(6), 771-776. <https://doi.org/10.3349/ymj.2009.50.6.771>
- le Clercq, Carlijn, M. P., Ingen, V., Gijs, Ruytjens, Liesbet, Schroeff, V. D., & Marc, P. (2016). Music-induced Hearing Loss in Children, Adolescents, and Young Adults: A

systematic review and Meta-analysis. *Otology & Neurotology*, 37(11), 1208-1216.

<https://doi.org/10.1097/MAO.0000000000001163>

Levey, S., Fligor, B. J., Cutler, C., Harushimana, I. (2013). Portable music player users:

Cultural differences and potential dangers. *Noise and health*, 15(66), 296-300.

<https://doi.org/10.4103/1463-1741.116553>

Liang, M., Zhao, F., French, & D., Zheng, Y. (2012). Characteristics of noise-canceling

headphones to reduce hazard for MP3 users. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 131(6). <https://doi.org/10.1121/1.4707457>

Mayes, J. L., & Fink, D. (2021). Personal audio system use can harm auditory health. *The*

Journal of the Acoustical Society of America, 149(4).

<https://doi.org/10.1121/10.0004735>

Montaya, F. S., Ibargüen, A.M., Vences, A. R., del Rey, A. S., Fernandez, J. M. S., (2008).

Evaluation of cochlear function in normal- hearing young adults exposed to MP3 player noise by analyzing transient evoked otoacoustic emissions and distortion products. *J otolaryngol Head neck Surg*, 37(5), 718-24.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19128682/>

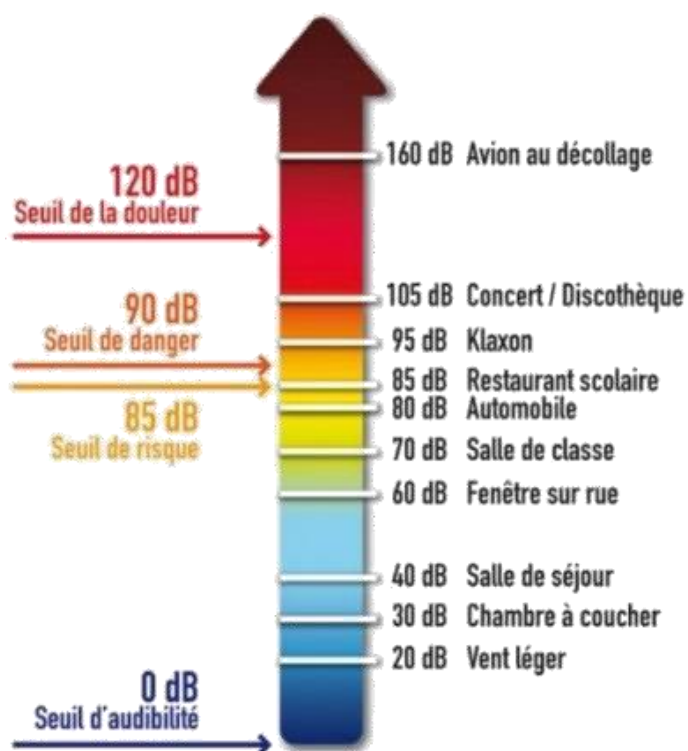
Portnuff, C. (2016). Reducing the risk of music-induced hearing loss from overuse of

portable listening devices: understanding the problems and establishing strategies for improving awareness in adolescents. *Dovepress*, 7, 27-

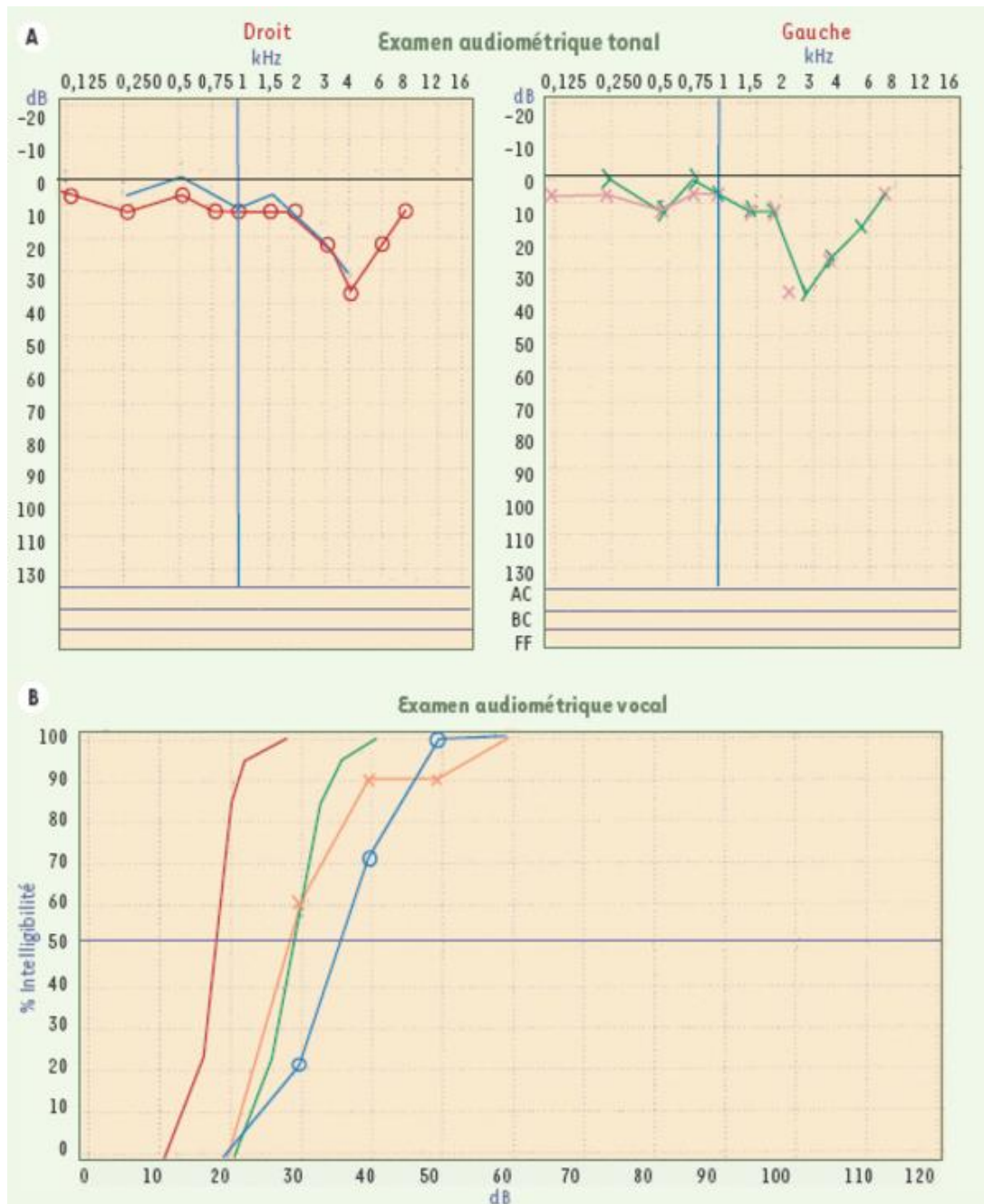
35.<https://doi.org/10.2147/AHMT.S74103>

Annexe

L'échelle des décibels est une échelle logarithmique (non linéaire) c'est-à-dire que pour chaque incrément de 10 décibels, la puissance du son est multipliée par 10.



Annexe A



Annexe B

A. Examen audiométrique tonal objectivant une atteinte bilatérale et symétrique sous la forme d'une encoche centrée à 4 kHz, à droite, et à 3 kHz, à gauche.

B. Examen audiométrique vocal montrant une altération modérée de l'intelligibilité des 2 côtés (courbe orange : oreille gauche ; courbe bleue : oreille droite).