



HAL
open science

Utilité d'une audiométrie vocale dans le bruit pour l'évaluation des capacités auditives du militaire exposé au bruit

Noé Vertongen

► To cite this version:

Noé Vertongen. Utilité d'une audiométrie vocale dans le bruit pour l'évaluation des capacités auditives du militaire exposé au bruit. Médecine humaine et pathologie. 2021. dumas-03468716

HAL Id: dumas-03468716

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03468716>

Submitted on 7 Dec 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

U.F.R. DES SCIENCES MEDICACLES

Année 2021

Thèse n°122

Thèse pour l'obtention du

DIPLÔME D'ÉTAT DE DOCTEUR EN MÉDECINE

SPÉCIALITÉ MÉDECINE GÉNÉRALE

Présentée et soutenue publiquement le 13 octobre 2021

Par Monsieur Noé VERTONGEN

Née le 21 juillet 1995 à Saint-Nazaire (44)

**Utilité d'une audiométrie vocale dans le bruit pour l'évaluation
des capacités auditives du militaire exposé au bruit**

Sous la direction du Médecin en chef ANDÉOL Guillaume

Membres du jury :

Madame la Professeure Valérie FRANCO-VIDAL

Présidente

Monsieur le Professeur Jérôme NEVOUX

Juge et rapporteur

Monsieur le Professeur Paul AVAN

Juge

Monsieur le Professeur Yves MONTARIOL

Juge

Monsieur le Professeur Guillaume ANDÉOL

Juge et directeur

ÉCOLE DU VAL DE GRÂCE – Paris

**À Monsieur le médecin général Guillaume PELÉE de SAINT
MAURICE**

Directeur de l'École du Val-de-Grâce
Professeur agrégé de l'Ecole du Val-de-Grâce
Chevalier de la Légion d'Honneur
Chevalier dans l'Ordre National du Mérite
Chevalier dans l'Ordre des Palmes Académiques

À Monsieur le médecin chef des services Jean-François GALLET

Directeur-adjoint de l'École du Val-de-Grâce
Chevalier de l'Ordre National de la Légion d'Honneur
Chevalier de l'Ordre National du Mérite
Chevalier de l'Ordre du Mérite maritime

À NOTRE PRESIDENTE DE JURY

Madame la Professeure Valérie FRANCO-VIDAL

Professeure d'ORL et de Chirurgie cervico-faciale

Service d'Oto-rhino-laryngologie, de Chirurgie cervico-faciale et d'ORL
pédiatrique

Unité Otologie et Oto-neuro-chirurgie

Centre François-Xavier Michelet

Professeure des Universités – Praticienne Hospitalière

*Vous nous faites l'honneur de présider notre jury de thèse et nous vous en
remercions.*

Soyez assuré de notre profond respect et de notre considération la plus sincère.

À NOTRE DIRECTEUR DE THESE

Monsieur le Professeur Guillaume ANDÉOL

Praticien professeur agrégé de recherche en Neurosciences et Sciences
Cognitives

Médecin-chef du Département Action et Cognition en situation opérationnelle
Unité Perception

Institut de Recherche Biomédicale des Armées

*Je vous remercie infiniment pour votre confiance, votre aide et votre implication
dans ce travail.*

J'espère avoir l'occasion de travailler avec vous par la suite.

À NOS ASSESSEURS

Monsieur le Professeur Jérôme NEVOUX

Professeur d'ORL et de Chirurgie cervico-faciale
Service d'ORL et chirurgie cervico-odonto-faciale
Hôpital Bicêtre

Professeur des Universités – Praticien Hospitalier

Vous nous avez fait l'honneur d'être le rapporteur de notre thèse, puis de siéger dans notre jury.

Nous vous exprimons nos sincères remerciements pour tout l'intérêt que vous avez porté à notre travail

Monsieur le Professeur Paul AVAN

Professeur de biophysique et traitement de l'image
Directeur de l'équipe biophysique neurosensorielle du laboratoire NEURO-DOL
Université Clermont Auvergne

Directeur du Centre de Recherche et d'Innovation en Audiologie Humaine

Institut de l'Audition

Professeur des Universités – Praticien Hospitalier

*Vous nous faites l'honneur de siéger dans notre jury.
Soyez assuré de notre sincère reconnaissance, de tous nos remerciements, et
notre profond respect.*

Monsieur le Professeur Yves MONTARIOL

Professeur Associé du Département de Médecine Générale

Université de Bordeaux

Médecin généraliste à Pessac

*Vous nous faites l'honneur de siéger dans notre jury.
Soyez assuré de toute notre reconnaissance pour votre investissement au sein du
département de médecine générale, et pour avoir accepté de siéger dans ce jury.*

○...ALLEZ OU LA PATRIE ET L'HUMANITE ○
VOUS APPELLENT SOYEZ Y TOUJOURS
PRETS A SERVIR L'UNE ET L'AUTRE ET S'IL
LE FAUT SACHEZ IMITER CEUX DE VOS
GENEREUX COMPAGNONS QUI AU MEME POSTE
SONT MORTS MARTYRS DE CE DEVOUEMENT
INTREPIDE ET MAGNANIME
QUI EST LE VERITABLE ACTE DE FOI
DES HOMMES DE NOTRE ETAT.

BARON PERCY

CHIRURGIEN EN CHEF DE LA GRANDE ARMÉE
○ AUX CHIRURGIENS SOUS-AIDES. 1811 ○

REMERCIEMENTS

Au personnel de l'antenne médicale de Cazaux, et particulièrement la Médecin principal Laura BAREAU, sans qui le recueil de données n'aurait pas été possible. Ils m'ont fait découvrir la médecine d'unité à mon entrée dans l'internat, merci pour tout.

Au personnel de l'antenne médicale de Poitiers, et particulièrement la Médecin principal Catherine RIVET, qui m'a offert le temps d'écrire cette thèse, m'ont permis de m'autonomiser très vite, et constitue une fin mémorable à cet internat, merci pour ces 6 mois.

À ma maman, mon papa, sans qui je ne serai pas là aujourd'hui, merci d'avoir fait de moi celui que je suis, de m'avoir transmis vos valeurs qui m'ont poussé jusque-là.

À mes petites sœurs Juliette, Marthe et Flore, j'espère avoir été le modèle attendu, et en espérant vous inspirer pour la suite.

À mes grands-parents et particulièrement en ce moment ma mamie Viviane, merci pour votre gentillesse, merci de veiller sur moi.

À Mounia, mon amour, merci de partager ma vie depuis 8 ans, merci pour ta présence et ton soutien infaillible.

À Alexandre, merci de cette amitié qui dure, aux week-ends et aux soirées ensemble.

À Charles, merci de cette amitié qui nous lie malgré l'éloignement, à toute ces années dans cette sacrée sale Boîte. Merci également à Christine.

À Luc, merci pour cette amitié, ces soirées et ces voyages. Merci également à Lisa

À Bidou pour tes mêmes réguliers et ton humour, merci

À tous les Sexy BOYS, merci pour votre humour, les discussions, et les réponses toujours pertinentes.

À mes Co-internes, Anne-Claire, Jules, Jaouan, Nina, Thomas, Solène, Charlotte, Estelle, Claire et tous les autres croisés durant ces 3 ans, merci pour ces pauses café, les soirées à Bordeaux, et l'ambiance de travail inoubliable.

Au Médecin en chef Christophe GRAMOND, pour son engagement envers les internes militaires de Bordeaux, et pour avoir été une grande source de motivation extrinsèque tout au long de l'internat.

À tous les médecins qui ont contribué à ma formation pendant cet internat, et en particulier le Médecin en chef PY, le Médecin en chef LAMBAN, la docteure SERDA, la docteure CARLES, le docteur MORAND, le docteur RAULT, la docteure PETIT, le docteur PELONI, le docteur CUGUILLIERE, le docteur SALLES, la docteure AUZOU, le docteur DALL'ANESE, la docteure DABYSING, la docteure BEAU, le docteur YOUSSEF, la docteure LO, la docteure TUTURAS, je vous remercie infiniment pour vos enseignements, votre gentillesse, et votre confiance.

À toute les équipes médicales, paramédicales et administratives que j'ai côtoyé pendant ces 3 ans, merci de votre confiance et de votre bonne humeur.

TABLE DES MATIÈRES

Abréviations	11
Introduction	12
Matériels et Méthodes	18
Résultats	22
Discussion	26
Conclusion	30
Bibliographie	31
Annexes	33
- Annexe 1 : <i>Questionnaire d'évaluation de l'exposition au bruit</i>	33
- Annexe 2 : <i>Tableau de classement du niveau d'exposition au bruit</i>	34

ABRÉVIATIONS

VMP : Visite Médicale Périodique

dB HL : Decibel Hearing Level

BAB : Bouchon Anti-Bruit

CCI : Cellules Ciliées Internes

VRPN : Visite Révisionnelle du Personnel Naviguant

TSA : Traumatisme Sonore Aigu

IRBA : Institut de Recherche Biomédicale des Armées

FEN : Fiche Emploi-Nuisances

dB SPL : Decibel Sound Pressure Level

Utilité d'une audiométrie vocale dans le bruit pour l'évaluation des capacités auditives du militaire exposé au bruit.

Introduction :

Les militaires sont des sujets particulièrement exposés aux bruits impulsionnels (tir d'arme) et continus (moteurs d'engins), tous deux facteurs de risque de développer des pertes auditives dues au bruit. (1). Les pertes auditives et les acouphènes sont ainsi les deux plus fréquentes pathologies reconnues en lien avec le service chez les anciens combattants américains (2).

L'évaluation et le suivi de l'audition des militaires sont donc un enjeu important pour les armées occidentales. En France, lors des visites médicales périodiques (VMP), le suivi auditif du militaire est réalisé par des audiométries tonales liminaires par voie aérienne. Ces audiométries sont réalisées tous les 2 ans avant 35 ans puis tous les 4 ans (3). L'audiométrie tonale liminaire permet d'évaluer l'acuité auditive d'un individu, matérialisée par les seuils de détection de sons purs pour un ensemble de fréquences testées. L'unité de mesure est le décibel Hearing Level (noté dB HL). Zéro dB HL correspond à l'intensité moyenne à laquelle un son pur d'une fréquence donnée est perçu dans une population de normo-entendants. L'audiométrie est réalisée dans une cabine audiométrique, avec un casque à deux écouteurs, et un opérateur sélectionnant secrètement les fréquences et intensités soumises au sujet. En pratique, l'intensité est augmentée de 5 en 5 dB HL jusqu'à la réponse du sujet, selon la méthode dite du « seuil ascendant ». Les fréquences sont testées dans l'ordre suivant : 1000 puis 2000, 4000, 6000, 8000, 1000 (double détermination), 500 et 250 Hz. L'acuité auditive de chaque oreille, évaluée par les résultats de l'audiométrie tonale, est symbolisée par un chiffre romain (de I. à V.), fonction de la plage audiométrique dans laquelle s'inscrit le seuil le plus bas dans un diagramme réglementaire (4). Le coefficient attribué au sigle O du SIGYCOP (entre 1 et 6), traduit l'acuité globale des deux oreilles, et est déterminé par la lecture d'un tableau à double entrée réglementaire (4). Ce sigle O, comme tous les sigles du SIGYCOP, détermine l'aptitude à servir dans l'armée et dans sa spécialité, de tout militaire.

Ainsi, l'audiométrie tonale joue un rôle prépondérant pour l'évaluation de l'aptitude des militaires. Sur le long terme, les militaires subissent les effets combinés de l'accumulation des expositions sonores à risque, mais aussi de l'âge, entraînant le développement progressif de pertes auditives. La prévention primaire de ces troubles nécessite d'identifier ces expositions à

risque via les mesures d'exposition professionnelle au bruit régie par les normes ISO 9612 : 2009, mais aussi de réduire leur impact, notamment via les mesures de réduction du bruit ambiant et le port de protecteurs individuels contre le bruit.

Les audiométries tonales réalisées périodiquement lors des VMP jouent également un rôle majeur dans la prévention secondaire des pertes auditives des militaires, via le dépistage précoce des élévations de seuils auditifs aux plus hautes fréquences. En effet, ce sont les régions cochléaires codant pour les hautes fréquences qui sont les premières agressées par les expositions sonores, métaboliques ou chimiques à risque (5). Ainsi, les audiométries tonales permettent de surveiller au cours du temps l'audition, de détecter les premiers signes de perte auditive, d'en suivre l'évolution, et de renforcer si besoin les mesures de protection, par exemple en imposant une double protection auditive obligatoire pour les activités de tirs (Bouchon anti-bruit (BAB) et casque antibruit).

En cours de carrière ou de contrat, les textes réglementaires précisent que l'exploration audiométrique tonale donnant un classement $O > 3$, peut être complétée par une exploration audiométrique vocale dans le silence (4). Lorsque l'intensité, pour laquelle sont atteints les 100% d'intelligibilité, est au maximum de 50 dB, un classement $O = 3$ peut être retenu.

Une audiométrie vocale dans le silence n'est donc classiquement réalisée qu'en consultation spécialisée d'ORL, lorsque existe déjà un handicap fonctionnel ou des pertes à l'audiométrie tonale importantes impliquant un classement $O > 3$ et compromettant les aptitudes du militaire. Malgré la prépondérance de l'audiométrie tonale pour l'évaluation de l'aptitude et la prévention secondaire des troubles auditifs dans l'armée française, il apparaît que le lien entre capacité auditive usuelle dans la vie quotidienne et professionnelle (communication, perception de l'environnement) et audiométrie tonale est remis en question (6).

Une explication proposée à une divergence entre une audiométrie tonale normale et des déficits auditifs repose en partie sur des expérimentations réalisées chez l'animal. Ainsi, Liberman et Kujawa ont montré que des expositions sonores entraînant une élévation temporaire des seuils d'apparition de signaux électrophysiologiques auditifs sont responsables au niveau histologique de la destruction d'une grande partie des synapses entre les cellules ciliées internes et les fibres afférentes du nerf auditif (7, 8).

Rappelons que dans la cochlée, les cellules sensorielles auditives se répartissent entre les cellules ciliées externes qui jouent le rôle d'amplificateur cochléaire et les cellules ciliées internes (CCI) qui sont le lieu de la mécano-transduction où la stimulation acoustique est codée en potentiels d'action transmis le long des fibres nerveuses du nerf auditif. Environ une dizaine de fibres auditives afférentes font synapse au niveau d'une CCI. Ces fibres auditives peuvent

être différenciées selon l'intensité de la stimulation acoustique à laquelle elles répondent. Ainsi, il existe des fibres à seuil bas, à seuil moyen et à seuil haut (9).

Les synaptopathies cochléaires observées chez l'animal toucheraient surtout les fibres auditives afférentes à seuil haut, responsable de l'encodage des signaux supraliminaire de forte intensité, et épargneraient les fibres à seuil bas, codant pour les sons de faible intensité (7). Il semblerait que les synapses avec les fibres à seuil bas soient plus résistantes du fait d'une mécanique cellulaire différente liée au métabolisme mitochondrial (10). Par extrapolation à l'homme, l'existence de ces synaptopathies chez des animaux à seuils auditifs normaux laisse envisager l'existence de lésions auditives chez des individus ayant connu des épisodes d'exposition à des bruits d'un niveau suffisant pour avoir provoqué une élévation uniquement temporaire de leurs seuils auditifs.

Ces lésions auditives cachées seraient principalement supraliminaire, c'est-à-dire concernant les stimulations acoustiques d'intensité supérieure au seuil de détection (11). Or, par définition, chez l'individu considéré comme sain, l'audiométrie tonale liminaire n'active que les synapses avec les fibres à seuil bas, du fait de l'utilisation de sons aux limites de l'audibilité.

Dans la littérature, ces lésions synaptopathiques sont appelées « lésions auditives cachées » ou « pertes auditives cachées » (en anglais, « hidden hearing loss »), car elles ne seraient pas détectées par l'audiométrie tonale liminaire (8, 12). Or, au quotidien, les sons d'intensité moyenne ou haute dominent l'environnement sonore, et sont impliqués dans les fonctions auditives écologiques de communication et de perception de l'espace.

L'existence de ces synaptopathies est une hypothèse expliquant en partie la variabilité interindividuelle des capacités auditives, notamment des capacités de localisation auditive (6), de détections de modulation de fréquence, de codage temporelle (13, 14), et in fine d'intelligibilité de la parole dans le bruit (13, 15-17). En environnement bruyant, les fibres à seuil bas seraient saturées par le bruit et l'analyse des signaux de parole reposerait alors essentiellement sur l'analyse de l'activité des fibres à seuil haut. La principale conséquence fonctionnelle attendue serait donc les troubles de l'intelligibilité de la parole dans le bruit, avec un impact médico-économique qui reste inconnu, mais qui pourrait être majeur.

Néanmoins, il n'existe pas à l'heure actuelle de diagnostic de synaptopathies cochléaires chez l'homme, notamment car l'analyse histologique des synapses CCI/nerf auditif est impossible chez l'humain ante mortem. Plusieurs études ont tout de même tenté d'évaluer la présence de synaptopathies cochléaires chez l'humain au moyen de tests électrophysiologiques (électrocochléographie) et comportementaux (audiométrie vocale dans le bruit ; mesure des capacités de codage temporel), en se basant sur une estimation du risque de synaptopathies en fonction de l'exposition au bruit.

L'électrocochléographie est une piste privilégiée. Elle permet de mesurer le signal électrique correspondant à l'activité synaptique au niveau des synapses CCI/nerf auditif : l'onde I. Chez l'animal l'amplitude de l'onde I est directement proportionnelle au nombre de synapses indemnes (18). Cependant, chez l'humain la grande variabilité inter-individuelle dans l'amplitude de l'onde I rend cette mesure peu exploitable (19).

Néanmoins, une étude de Liberman a mis en évidence une différence significative entre deux groupes d'exposition au bruit différente pour un score d'intelligibilité de la parole dans le bruit et au niveau de l'électrocochléographie (15), mais cette étude portait sur un nombre réduit d'individus et avait donc avec une puissance limitée.

À l'inverse, une étude de Prendergast sur un plus grand effectif, ne retrouvait pas de différence significative entre les personnes exposées ou non pour une série de mesures dont l'électrocochléographie et les capacités de codage temporel (16), qui jouerait un rôle pour la compréhension de la parole dans le bruit (20).

Plus récemment, des travaux de 2017 sur 35 motocyclistes militaires français normo-entendants, ont objectivé une corrélation significative entre l'ancienneté de l'exposition au bruit et les capacités de codage temporel, et les performances à l'identification de consonnes dans le bruit (13).

Finalement, les résultats des différentes études divergent, ne sont pas toujours significatifs, et l'existence de ces pertes auditives cachées chez l'humain fait encore débat (21). La difficulté à évaluer l'exposition au bruit d'une personne alors qu'il n'y a pas d'examen de référence peut expliquer ces résultats divergents. Les questionnaires peuvent manquer de précisions et d'objectivité, et à l'inverse les variables objectives prises isolément ne tiennent pas compte de l'ensemble des expositions des individus.

De plus, contrairement aux études chez l'animal, l'estimation du risque de synaptopathies chez l'humain est le plus souvent recherchée par rapport à leur exposition au bruit, ce qui ne permet pas de savoir avec certitude si les individus ont subi ou non une élévation temporaire de leurs seuils auditifs.

D'autres facteurs responsables de différences individuelles dans les mesures audiolinguistiques peuvent également intervenir comme les variabilités inter-individuelles d'effort mental produit lors des mesures supraliminaires d'intelligibilité de la parole dans le bruit (22).

À cause de l'absence de consensus et du peu d'études à ce sujet, il n'y a pas de donnée épidémiologique concernant ces synaptopathies chez l'humain, et pas de traitement.

Si elles sont confirmées, les niveaux d'exposition aux bruits nécessaires à l'apparition de ces lésions synaptiques chez l'humain ne sont pas connus. Les militaires étant fréquemment exposés à des bruits impulsionnels ou continus importants, et le suivi de leur audition reposant

uniquement sur des audiométries tonales, ces résultats s'ils sont confirmés chez l'humain, peuvent faire craindre une incidence élevée de ces synaptopathies dans la population militaire. L'enjeu pour l'armée américaine des pertes auditives cachées est évoqué dans une conférence de 2017 du Department of Defense Hearing Center of Excellence, rappelant les conséquences potentielles sur la santé, mais aussi sur les performances opérationnelles des militaires exposés, et appelant à intensifier les recherches sur le sujet (23).

Les différents types d'audiométries vocales dans le bruit (24) semblent être actuellement les examens les plus pertinents pour étudier l'existence de synaptopathies cochléaires chez l'humain de fait de leur première conséquence attendue, à savoir les troubles de l'intelligibilité de la parole en environnement bruyant.

Dans le Service de santé des armées, l'audiométrie vocale dans le bruit n'est pas utilisée lors des VMP. Cet examen non invasif et peu contraignant paraît pourtant plus adapté pour étudier les capacités auditives réelles attendues et mises en jeu dans l'activité professionnelle (communication et localisation auditive en environnement bruyant), malgré des résultats d'audiométrie tonale normaux. De plus, cet examen serait particulièrement pertinent vu les données récentes de la littérature sur l'existence possible des synaptopathies cochléaires.

La question est donc de savoir si, dans la population militaire, l'audiométrie tonale suffit à prédire les performances auditives écologiques, et donc s'il est possible d'inférer en partie les performances en audiométrie vocale dans le bruit à partir des audiométries tonales.

Par ailleurs, il est possible que du fait des synaptopathies cochléaires à audiométrie tonale normale, l'audiométrie vocale dans le bruit se détériore plus rapidement que l'audiométrie tonale chez les personnes exposées au bruit.

Ainsi, les principaux objectifs de la présente étude sont de déterminer dans une population de militaires exposés au bruit :

- Si l'audiométrie vocale dans le bruit peut être prédite par les résultats de l'audiométrie tonale.
- Si conformément à son utilisation en prévention secondaire, une dégradation de l'audiométrie tonale est observée avec les années d'exposition au bruit.
- Si une telle dégradation est observable à l'audiométrie vocale dans le bruit, et si cette dégradation est plus rapide que pour l'audiométrie tonale chez les plus exposés au bruit.
- Si la réalisation d'une audiométrie vocale dans le bruit en antenne médicale lors d'une VMP est envisageable pour les militaires français.

Matériels et méthodes :

Participants

Soixante-et-onze personnes ont participé à cette étude (77 ont été recrutés mais 6 sont parties sans attendre). Du 2 janvier au 1er juin 2019, tous les militaires français exposés professionnellement au bruit selon leur Fiche Emploi Nuisance, consultant à la 186e antenne médicale de Cazaux pour la réalisation de leur VMP, ou de leur visite révisionnelle du personnel navigant (VRPN), se sont vu proposer systématiquement de participer à l'étude.

Les critères d'exclusions étaient les antécédents de traumatisme sonore aigu (TSA), de chirurgie tympanique, et l'existence d'une dyslexie pour ne pas perturber les performances à l'audiométrie vocale. Les volontaires se voyaient remettre un formulaire de consentement à signer et un questionnaire (Annexe 1). Soixante-dix-sept personnes ont signé le consentement et remplis le questionnaire, et 71 ont réalisé l'audiométrie vocale dans le bruit. Les résultats de 6 personnes n'ont pas été inclus dans les analyses du fait de leur antécédent de chirurgie de l'oreille moyenne ou de traumatisme sonore aigu. L'âge des 65 personnes restantes était compris entre 20 et 58 ans (moyenne = 34, médiane = 31).

Le protocole de l'étude a reçu un avis favorable du Comité de protection des personnes sud-ouest et outre-mer II. Le travail présenté fait partie d'un projet en cours comportant d'autres tests auditifs comportementaux et électrophysiologiques, dans d'autres antennes médicales et à l'Institut de recherche biomédicale des armées (IRBA).

Il a été choisi de présenter ici les données recueillies les plus pertinentes au regard de l'objectif de cette étude.

Évaluation de l'exposition au bruit

Un classement arbitraire des niveaux d'exposition en fonction des données recueillies a permis de séparer les 65 participants en 2 sous-groupes de 25 et 40 sujets, entre les moins exposés et les plus exposés au bruit. Ce classement tenait compte principalement de l'exposition professionnelle au bruit quantifiée selon les normes ISO dans les Fiche-Emploi-Nuisance (FEN) de chaque participant, corrigée ensuite en fonction des données recueillies dans le questionnaire (Annexe 1), telles que d'éventuelles anciennes professions à forte exposition sonore, les activités à risque extra-professionnelles comme le tir sportif, la chasse, les sports motorisés, la pratique régulière d'un instrument de musique, l'écoute fréquente de médias à

volume élevé, et une fréquence importante de sorties en boîtes de nuit et à des concerts (Annexe 3).

L'âge moyen du groupe de plus faible exposition était de 33 ans, contre 34 ans pour le groupe de plus haute exposition (Figure 1), la différence n'était pas significative ($t = -0,57$; $p = 0,57$).

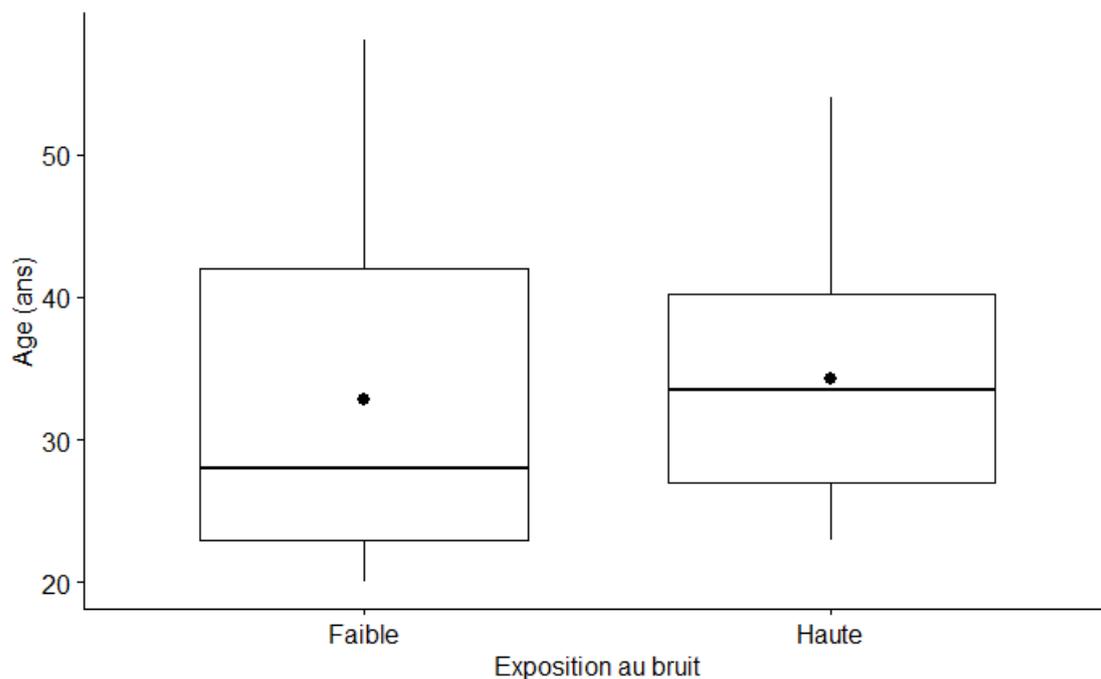


Figure 1. Répartition des âges entre les deux groupes d'exposition au bruit (faible et haute). Les boîtes représentent l'intervalle entre le deuxième et le troisième quartile, le segment noir représente la médiane, le point noir représente la moyenne. Les moustaches s'étendent jusqu'aux valeurs extrêmes.

Audiométries tonales liminaires

Les audiométries tonales liminaires étaient classiquement prévues dans le cadre de la visite du participant. Elles consistaient en une audiométrie tonale avec un casque d'écoute audiométrique TDH39, dans une cabine insonorisée aux normes, évaluant le seuil liminaire d'audition par voie aérienne pour des sons purs, par pas de 5 dB HL, pour les fréquences 250, 500, 1000, 2000, 4000, 6000 et 8000Hz, selon la méthode des seuils ascendants (Hughson et Westlake -1944). Elles étaient réalisées par un auxiliaire sanitaire.

Identification de consonnes dans le bruit

Après l'audiométrie tonale liminaire, le participant effectuait le test de reconnaissance de consonnes dans le bruit (14). À l'aide d'un casque Sennheiser® HD 280 pro, 48 logatomes de

type CvCvCv (Consonne-voyelle-Consonne-voyelle- Consonne-voyelle) prononcés par un locuteur féminin ont été présentés aux sujets dans un bruit non stationnaire présentant des modulations spectrales (modulations régulières d'une largeur d'un filtre cochléaire normal) et temporelles (modulation sinusoïdale d'amplitude de 8 Hz, 100%) avec un rapport signal sur bruit de -10 dB.

Ces CvCvCv consistaient en trois enregistrements de 16 consonnes de la langue française (C= /p, t, k, b, d, g, f, s, ʃ, v, z, ʒ, l, m, n, r/), systématiquement présentés avec la voyelle /a/. La durée moyenne des logatomes était de 1272 ± 113 ms. Le bruit utilisé avait un spectre identique à celui des logatomes. Le niveau de stimulation était égal à 65 Decibel Sound Pressure Level (noté dB SPL).

Pour chaque test, les 40 logatomes ont été présentés dans un ordre aléatoire. À chaque essai, le sujet devait indiquer la consonne qu'il pensait avoir perçue en cliquant sur la case correspondante sur une matrice comportant les 16 consonnes différentes. Aucun retour sur la justesse de la réponse n'était fourni, aucune correction de la réponse par le participant n'était possible.

Le score d'identification correspondait au pourcentage de réponses correctes.

Le test était répété deux fois pour l'oreille droite puis, après une pause de 5 minutes, deux fois pour l'oreille gauche, pour un total de 4 scores d'identification portant sur 4 séries aléatoires de 40 logatomes, 2 pour chaque oreille. La durée estimée de ce test complet est de 12 minutes au total. Le niveau de réponse au hasard est fixé à 6.25% correct (16 possibilités /C/ de réponse). L'utilisation de consonnes, au lieu de mots (Test de Lafon, NU-6), permet d'éviter certains biais (suppléance mentale, impact des connaissances sémantiques ou linguistiques).

Statistiques

Les corrélations non paramétriques (dite de Spearman) ont été utilisées pour l'analyse statistique des relations entre les différentes variables étudiées du fait de la distribution asymétrique des seuils audiométriques bornée à 0 dB HL (la plupart des opérateurs militaires ne testent pas des intensités inférieures à 0 dB HL lors des audiométries). Le coefficient de Spearman calculé ainsi, représenté par la lettre R, compris entre -1 et 1, permet de mettre en évidence des corrélations entre deux variables statistiques, estimant si la relation peut être décrite par une fonction monotone, croissante ou décroissante selon le signe du coefficient de Spearman.

Plus le coefficient se rapproche de -1 ou 1, plus la tendance est monotone entre les 2 variables.

Dans les figures présentées en résultats, les droites bleues correspondent aux droites de régression entre les valeurs représentées en abscisse et en ordonnée. Cependant du fait de l'évaluation de la significativité de la corrélation entre les variables par une corrélation non paramétrique, une divergence entre l'aspect visuel de la corrélation via la droite de régression et la significativité de la corrélation de Spearman est possible (pente élevée sans significativité statistique).

Résultats :

Relation entre l'audiométrie tonale et l'âge, selon le niveau d'exposition au bruit

Les figures 2 et 3 représentent les seuils audiométriques (en dB HL), en fonction de l'âge des participants (en année), pour les différentes fréquences testées (250, 500, 1000, 2000, 4000, 6000, et 8000 Hz), pour les 2 sous-groupes d'exposition au bruit (faible et haute), pour l'oreille gauche (Figure 2), et pour l'oreille droite (Figure 3).

Pour l'oreille gauche, une corrélation positive significative a été observée entre la dégradation des seuils audiométriques pour les hautes fréquences (4000, 6000 et 8000 Hz) et l'âge, pour les deux groupes d'exposition au bruit (R compris entre 0,37 à 0,57 ; $p < 0,005$).

Pour l'oreille droite, la même corrélation n'a été significative que dans le groupe de haute exposition au bruit et à 8000 Hz ($R = 0,44$, $p = 0,005$), suggérant qu'une haute exposition au bruit participe à dégrader les seuils audiométriques avec l'âge.

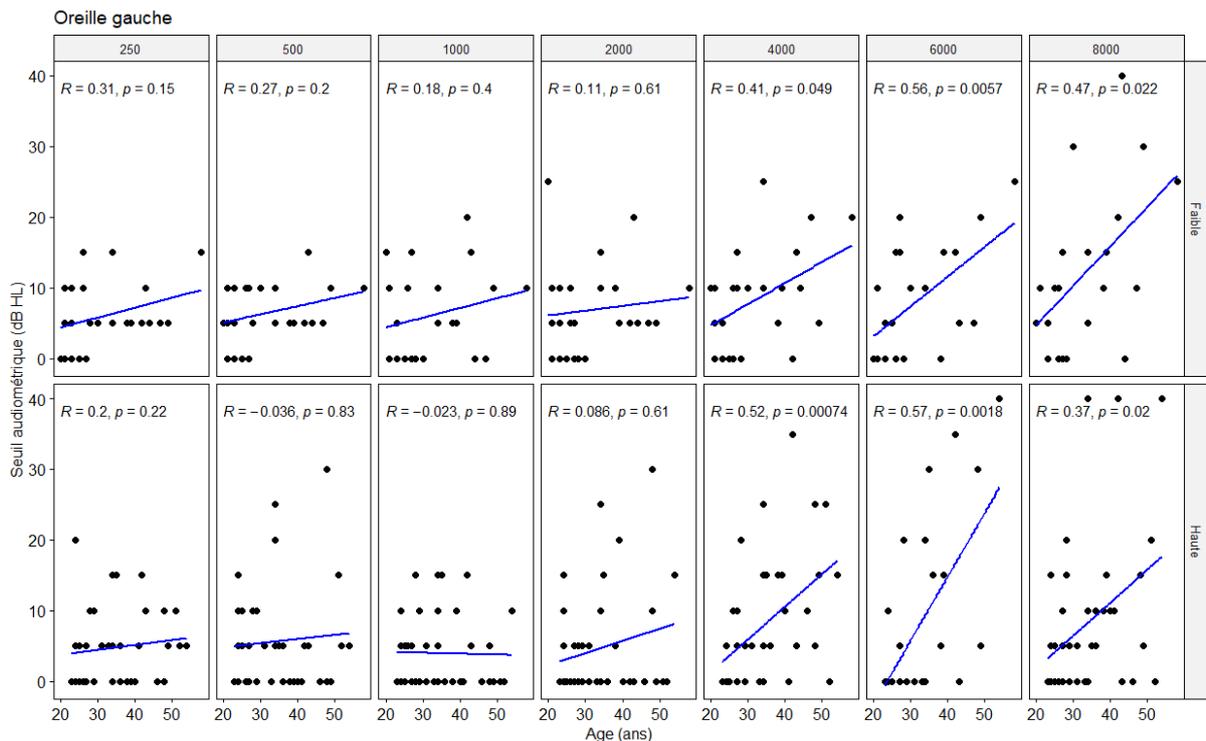


Figure 2 : Seuil audiométrique de l'oreille gauche en fonction de l'âge pour les fréquences d'octave de 250 à 8000 Hz pour les participants dont l'exposition au bruit est faible (ligne supérieure) ou haute (ligne inférieure). La droite en bleu correspond à la droite de régression, le coefficient de corrélation de Spearman et son degré de significativité sont indiqués en haut de chaque cadre. Dans chaque cadre, un point noir correspond à un participant.

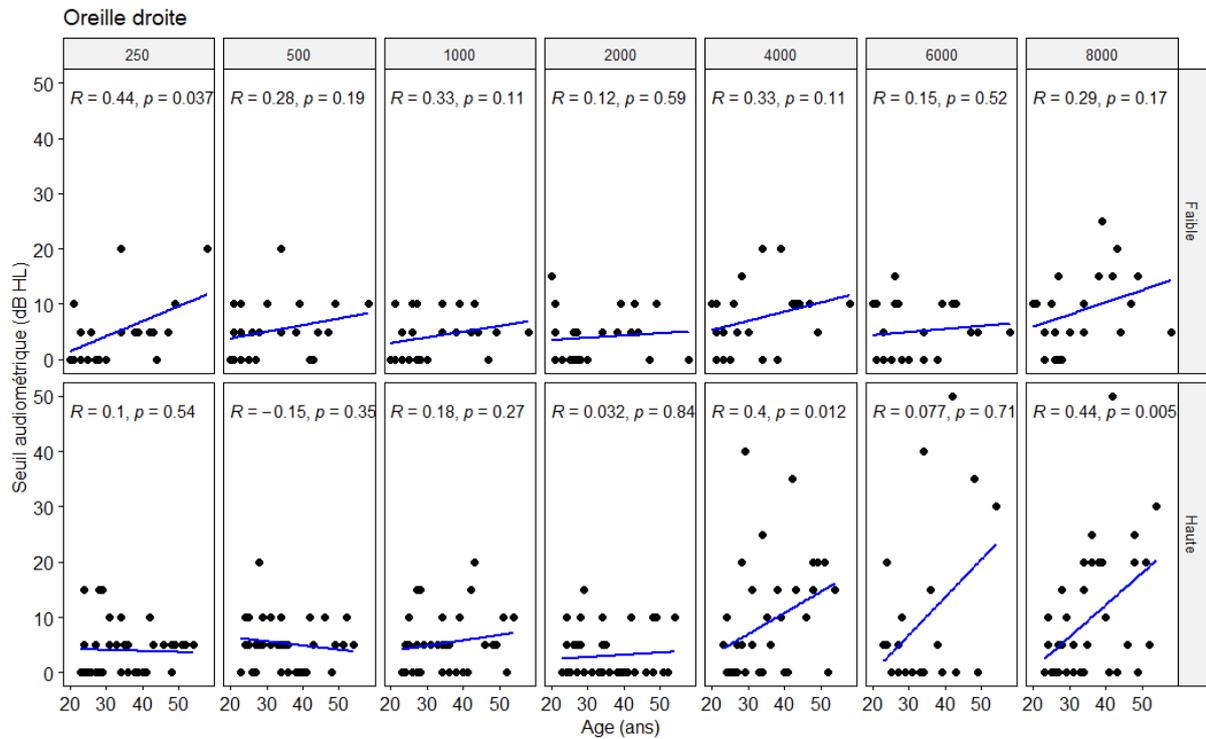


Figure 3: Seuil audiométrique de l'oreille droite en fonction de l'âge pour les fréquences d'octave de 250 à 8000 Hz pour les participants dont l'exposition au bruit est faible (ligne supérieure) ou haute (ligne inférieure). La droite en bleue correspond à la droite de régression, le coefficient de corrélation de Spearman et son degré de significativité sont indiqués en haut de chaque cadre. Dans chaque cadre, un point noir correspond à un participant.

Relation entre l'audiométrie vocale dans le bruit et l'âge, selon le niveau d'exposition au bruit

Les figures 4 et 5 représentent les scores à l'audiométrie vocale dans le bruit (en pourcentage), en fonction de l'âge des participants (en année), pour les 2 sous-groupes d'exposition au bruit (faible et haute), pour l'oreille gauche (Figure 4), et pour l'oreille droite (Figure 5).

Aucune corrélation significative n'a été observée pour les deux oreilles, et pour les deux niveaux d'exposition au bruit (R compris entre $-0,012$ et $0,022$, non significatifs).

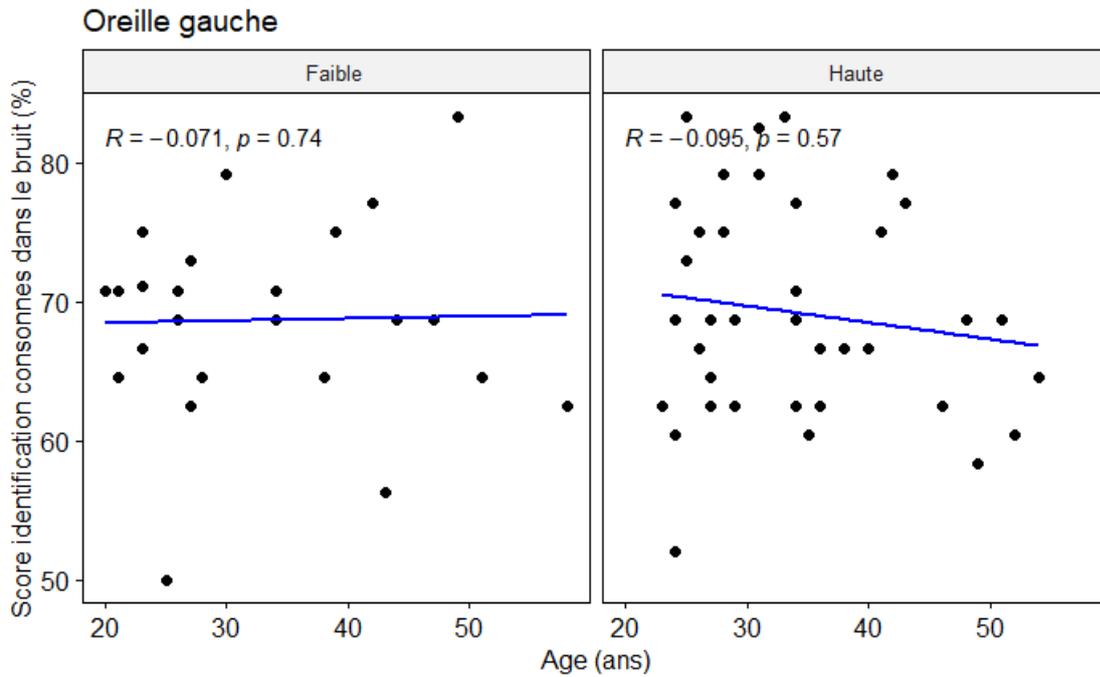


Figure 4 : Score d'identification de consonnes présentées dans le bruit (RS/B = -10 dB) à l'oreille gauche en fonction de l'âge pour les participants dont l'exposition au bruit est faible (cadre de gauche) ou haute (cadre de droite). La droite en bleue correspond à la droite de régression, le coefficient de corrélation de Spearman et son degré de significativité sont indiqués en haut de chaque cadre. Dans chaque cadre, un point noir correspond à un unique participant.

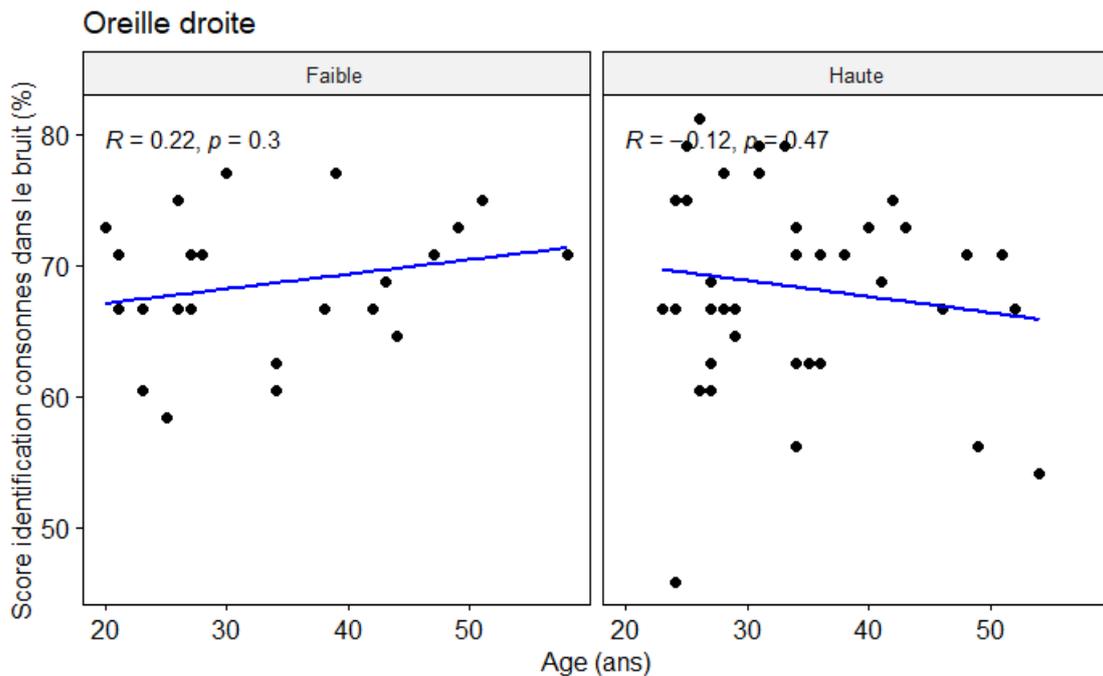


Figure 5 : Score d'identification de consonnes présentées dans le bruit (RS/B = -10 dB) à l'oreille droite en fonction de l'âge pour les participants dont l'exposition au bruit est faible (cadre de gauche) ou haute (cadre de droite). La droite en bleue correspond à la droite de régression, le coefficient de corrélation de Spearman et son degré de significativité sont indiqués en haut de chaque cadre. Dans chaque cadre, un point noir correspond à un unique participant.

Relation entre audiométrie vocale dans le bruit et audiométrie tonale

La figure 6 représente les scores à l'audiométrie vocale dans le bruit (en pourcentage), en fonction des seuils mesurés à l'audiométrie tonale (en dB HL), pour les différentes fréquences testées (250, 500, 1000, 2000, 4000, 6000, et 8000 Hz), pour l'oreille droite et gauche.

Aucune corrélation significative n'a pu être mise en évidence, quelle que soit l'oreille ou la fréquence testée (R compris entre -0,2 et 0,18, non significatifs)

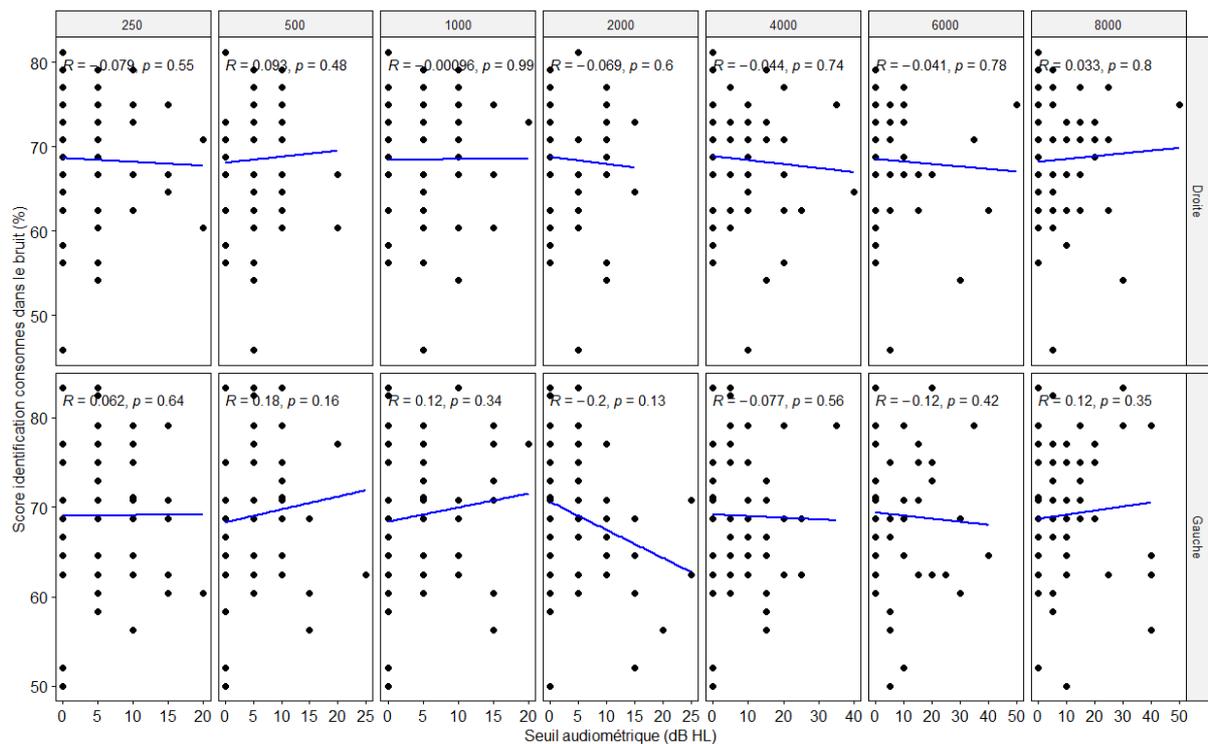


Figure 6 : Score d'identification de consonnes présentées dans le bruit (RS/B = -10 dB) en fonction du seuil audiométrique pour les fréquences d'octave de 250 à 8000 Hz à l'oreille droite (ligne supérieure) et à l'oreille gauche (ligne inférieure). La droite en bleu correspond à la droite de régression, le coefficient de corrélation de Spearman et son degré de significativité sont indiqués en haut de chaque cadre. Dans chaque cadre, un point représente un participant.

Discussion :

Notre étude était entreprise dans le but de déterminer si l'audiométrie vocale dans le bruit pouvait être prédite par les résultats de l'audiométrie tonale dans une population de militaires exposés au bruit.

L'étude devait aussi permettre d'apporter des arguments supplémentaires concernant l'hypothèse de l'existence des synaptopathies cochléaires chez l'humain.

L'approche choisie a été la réalisation d'une audiométrie tonale et d'une audiométrie vocale dans le bruit chez des militaires volontaires exposés au bruit, tout en estimant leur risque supposé de synaptopathie cochléaire en fonction de leur exposition au bruit et de leur âge : l'existence de synaptopathie induite par le bruit devait se traduire par une corrélation entre l'âge et les erreurs en audiométrie vocale dans le bruit dans le groupe de sujets fortement exposés au bruit, mais non dans le groupe faiblement exposé. L'exposition au bruit relative a été déterminée à l'aide de leur exposition professionnelle et d'un questionnaire portant sur leur exposition extra-professionnelle afin de ne pas sous-estimer certaines expositions.

Absence de relation entre audiométrie tonale et audiométrie vocale dans le bruit

Nos résultats confirment d'autres études en population militaire (13, 25), en montrant une absence de corrélation entre la mesure des seuils en audiométrie tonale et les performances de reconnaissance de consonnes dans le bruit.

Plusieurs explications peuvent être proposées à cette absence de corrélation.

D'abord, plusieurs études suggèrent que la compréhension de la parole dans le bruit peut dépendre de facteurs cognitifs comme la motivation et l'effort d'écoute, mais également la mémoire de travail verbale (pour revue, voir Peelle, 2018). Ces facteurs ne sont pas évalués par l'audiométrie tonale.

Par ailleurs, l'audiométrie tonale étant une évaluation comportementale de l'audition, elle peut être elle-même influencée par l'attention ou le niveau d'éveil de l'auditeur.

Ainsi, il existe plusieurs sources de variabilité d'ordre cognitive qui pourraient concourir à l'absence de corrélation observée dans cette étude entre audiométrie tonale et vocale dans le bruit (26).

Ensuite, les audiométries tonales réalisées en antenne médicale présentent des limites d'ordre méthodologiques concourant à rendre plus difficile la mise en évidence de corrélation. En effet,

les seuils audiométriques sont bornés à 0 dB HL du fait des habitudes en antenne médicale. Étendre la portée des mesures aurait probablement permis de différencier certains seuils auditifs nuls (entre -10, -5 ou 0 dB HL) parmi les participants. De plus, les audiométries tonales souffrent également d'être en partie opérateur dépendant, malgré un protocole de réalisation à suivre.

La variabilité dans l'audiométrie vocale dans le bruit n'est pas expliquée par le niveau d'exposition évaluée par questionnaire.

L'absence de corrélation entre les audiométries tonale et vocale dans le bruit observée dans la présente étude aurait pu être expliquée par la présence de synaptopathies cochléaires. Cette pathologie entraînerait des pertes auditives cachées non décelables à l'audiométrie tonale, mais responsable de troubles de l'intelligibilité dans le bruit (15).

Néanmoins, notre étude n'a pas identifié d'argument en faveur de l'hypothèse des synaptopathies cochléaires. En effet, nous n'avons pas mis en évidence de corrélation entre l'audiométrie vocale dans le bruit et l'âge dans le groupe à l'exposition que nous avons considérée comme élevée.

Du fait d'une dose de bruit reçue croissante avec l'âge, nous avons fait l'hypothèse que dans ce groupe, le développement de synaptopathies devait se traduire par une détérioration de l'audiométrie vocale dans le bruit avec l'âge. Cependant, cette dégradation n'a pas été observée. Dans une précédente étude, Liberman (15) avait comparé un groupe de 22 participants fortement exposés au bruit à 12 autres plus faiblement exposés, et avait mis en évidence de meilleurs scores d'identification de mots dans le bruit pour les plus faiblement exposés. Cependant, contrairement à notre étude, tous les participants étaient jeunes et ceux exposés avaient tous une exposition similaire de type écoute musicale.

Les résultats de l'étude menée par Vannson (13) constataient chez 35 militaires exposés au bruit une dégradation significative des capacités de codage temporel et d'identification de consonnes dans le bruit, selon l'ancienneté de leurs expositions. Cette exposition était relativement homogène, car ils s'agissaient tous de motocyclistes.

Nos résultats corroborent plutôt ceux de Prendergast (16), portant sur 138 participants, qui n'avait pas retrouvé de différence significative dans les capacités de codage temporel entre des groupes exposés au bruit ou non. À noter que dans cette dernière étude, les groupes d'exposition étaient inhomogènes.

L'homogénéité dans les groupes pourrait donc être une piste pour expliquer les différences observées entre les études.

Cette absence de résultats en faveur de l'hypothèse des synaptopathies cochléaires doit néanmoins être modérée par plusieurs limites méthodologiques et systémiques.

Tout d'abord, les méthodologies varient entre les études pour estimer l'exposition au bruit des participants, entre questionnaires, ou variable objective isolée (ancienneté d'une exposition professionnelle).

Un questionnaire, même s'il permet une représentation plus fidèle de l'exposition au bruit d'un individu, est limité par la subjectivité nécessaire au moment de l'évaluation de cette exposition. Utiliser une ou plusieurs variables objectives permet de s'affranchir de cette problématique et facilite la reproductibilité des travaux menés, mais expose au risque d'une évaluation infidèle de l'exposition réelle au bruit. Notre étude ne prenait en compte que l'intensité et la fréquence d'exposition au bruit, et ne distinguait pas les différents types de bruit (impulsionnel, continu, de loisir, professionnel...) auxquels étaient exposés les participants, avec peut-être des risques de synaptopathies différents.

En dehors de difficultés méthodologiques, certains obstacles systémiques existent.

Malgré une estimation la plus fidèle possible des expositions sonores à laquelle des individus sont exposés, il est difficile d'évaluer avec précision les agressions induites. Les travaux sur modèle animal de Kujawa et Liberman observaient des lésions synaptiques à la suite d'élévations transitoires des seuils auditifs, alors que les différentes études sur l'humain ne comportent pas de certitude quant à la survenue de telles agressions.

Plusieurs facteurs confondants peuvent aussi intervenir.

Ainsi, il est constaté que chez d'anciens militaires ayant souffert de traumatisme crânien léger lors d'explosion, sans lésion auditive clinique séquellaire, une audiométrie tonale normale peut être compatible avec des déficits fonctionnels de communication dans le bruit (27). De même les variations inter-individuelles de sensibilité aux agressions sonores, mal connues et peu étudiées, complexifient aussi les comparaisons.

Enfin, l'environnement acoustique n'est pas toujours maîtrisé. Les expositions professionnelles quantifiées sont parfois généralisées à tout un ensemble de postes malgré des conditions d'emplois pouvant varier, et avec une observance peu contrôlable des mesures de protection (BAB, casque). Les expositions extra-professionnelles ont une responsabilité croissante dans la survenue de pertes auditives (28), et leur quantification et impact sont probablement sous-estimés.

Devant ces résultats divergents concernant les synaptopathies cochléaires et l'enjeu majeur des pertes auditives cachées chez l'humain, de nouvelles études sur le sujet sont attendues.

Des études longitudinales plus puissantes avec de plus grands effectifs seront nécessaires pour dégager un consensus en observant l'impact du temps sur les performances audiométriques pour différentes expositions au bruit, et peut-être objectiver les élévations temporaires de seuils auditifs supposées à risque de synaptopathies cochléaires. Ces études longitudinales permettront surtout de prendre en compte les différences de susceptibilités individuelles au bruit, probablement en partie d'origine génétique (29).

Des mesures électrophysiologiques complémentaires plus objectives que l'audiométrie tonale classique (otoémissions, électrocochléographie) dont certaines ont également l'avantage d'être rapide à réaliser (otoémissions), pourraient aussi être étudiées en population militaire. L'audiométrie très haute fréquence (> 8000 Hz) pourrait être un biomarqueur global intéressant pour déceler les premiers dommages auditifs chez les personnes exposées avant qu'ils ne soient visibles à l'audiométrie classique (21). Les très hautes fréquences n'ayant pas d'impact sur l'attribution du sigle « O », leur évaluation aurait l'avantage d'avertir le sujet des conséquences concrètes de son exposition sans conséquence sur son aptitude. Une prévention primaire renforcée pourrait être mise en place chez les sujets à l'audiométrie très haute fréquence altérée.

Conclusion :

Cette étude montre qu'il n'est pas possible de prédire les performances à l'audiométrie vocale dans le bruit à partir des résultats à l'audiométrie tonale liminaire dans une population de militaires.

La compréhension de la parole dans le bruit étant une capacité cruciale pour de nombreux militaires, il serait opportun de la surveiller par des mesures périodiques à l'aide d'audiométries vocales dans le bruit.

Notre étude montre qu'il n'y a pas d'obstacle technique au développement de moyens d'évaluation peu coûteux, et à l'utilisation courante de l'audiométrie vocale dans le bruit en antenne médicale.

Bibliographie :

1. Yong JS, Wang DY. Impact of noise on hearing in the military. *Mil Med Res.* 2015 Feb 25;2:6.
2. Annual Benefits Report, Fiscal Year 2012. Department of Veteran Affairs. 2012.
3. Arrêté du 20 décembre 2012 relatif à la détermination et au contrôle de l'aptitude médicale à servir du personnel militaire (J.O. 18 janvier 2013).
4. Arrêté du 29 mars 2021 relatif à la détermination du profil médical d'aptitude en cas de pathologie médicale ou chirurgicale (J.O. 8 avril 2021).
5. Fettiplace R, Nam JH. Tonotopy in calcium homeostasis and vulnerability of cochlear hair cells. *Hear Res.* 2019 May; 376:11-21.
6. Ruggles D, Bharadwaj H, Shinn-Cunningham BG. Normal hearing is not enough to guarantee robust encoding of suprathreshold features important in everyday communication. *Proc Natl Acad Sci USA.* 2011 Sep, 108 (37) 15516-15521.
7. Liberman MC. Auditory-nerve response from cats raised in a low-noise chamber. *J Acoust Soc Am.* 1978 Feb; 63(2): 442-55.
8. Kujawa SG, Liberman MC. Adding insult to injury: cochlear nerve degeneration after « temporary » noise-induced hearing loss. *J Neurosci Off J Soc Neurosci.* 2009 Nov 11; 29(45):14077-85
9. Ashmore J. Cochlear outer hair cell motility. *Physiol Rev.* 2008 Jan; 88(1): 173-210
10. Liberman MC, Kujawa SG. Cochlear synaptopathy in acquired sensorineural hearing loss: Manifestations and mechanisms. *Hear Res.* 2017 Jun;349:138-147.
11. Léger AC, Moore BC, Lorenzi C. Abnormal speech processing in frequency regions where absolute thresholds are normal for listeners with high-frequency hearing loss. *Hear Res.* 2012 Dec;294(1-2):95-103.
12. Furman, AC, Kujawa SG, Liberman MC. Noise-induced cochlear neuropathy is selective for fibers with low spontaneous rates. *J Neurophysiol.* 2013 Aug;110(3):577-86.
13. Vannson E. Vers un complément à l'audiométrie tonale pour le suivi auditif du militaire. *Med Armees.* 2019.47;4
14. Grose JH, Buss E, Hall JW 3rd. Loud Music Exposure and Cochlear Synaptopathy in Young Adults: Isolated Auditory Brainstem Response Effects but No Perceptual Consequences. *Trends Hear.* 2017 Jan-Dec;21:2331216517737417.
15. Liberman MC, Epstein MJ, Cleveland SS, Wang H, Maison SF. Toward a Differential Diagnosis of Hidden Hearing Loss in Humans. *PLoS One.* 2016 Sep 12;11(9):e0162726.
16. Prendergast G, Millman RE, Guest H, Munro KJ, Kluk K, Dewey RS, et al. Effects of noise exposure on young adults with normal audiograms II: Behavioral measures. *Hear Res.* 2017 Dec;356:74-86.

17. Füllgrabe C, Moore BC, Stone MA. Age-group differences in speech identification despite matched audiometrically normal hearing: contributions from auditory temporal processing and cognition. *Front Aging Neurosci.* 2015 Jan 13;6:347.
18. Sergeyenko Y, Lall K, Liberman MC, Kujawa SG. Age-related cochlear synaptopathy: an early-onset contributor to auditory functional decline. *J Neurosci.* 2013 Aug 21;33(34):13686-13694
19. Plack CJ, Léger A, Prendergast G, Kluk K, Guest H, Munro KJ. Toward a Diagnostic Test for Hidden Hearing Loss. *Trends Hear.* 2016 Sep 7;20:2331216516657466.
20. Lorenzi C, Gilbert G, Carn H, Garnier S, Moore BC. Speech perception problems of the hearing impaired reflect inability to use temporal fine structure. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2006 Dec 5;103(49):18866-9.
21. Bramhall N, Beach EF, Epp B, Le Prell CG, Lopez-Poveda EA, Plack CJ, et al. The search for noise-induced cochlear synaptopathy in humans: Mission impossible? *Hear Res.* 2019 Jun;377:88-103.
22. Gagné JP, Besser J, Lemke U. Behavioral Assessment of Listening Effort Using a Dual-Task Paradigm. *Trends Hear.* 2017 Jan;21:2331216516687287.
23. Tepe V, Smalt C, Nelson J, Quatieri T, Pitts K. Hidden Hearing Injury: The Emerging Science and Military Relevance of Cochlear Synaptopathy. *Mil Med.* 2017 Sep;182(9):e1785-e1795.
24. Shub DE, Makashay MJ, Brungart DS. Predicting Speech-in-Noise Deficits from the Audiogram. *Ear Hear.* 2020 Jan/Feb;41(1):39-54.
25. Phatak SA, Sheffield BM, Brungart DS, Grant KW. Development of a Test Battery for Evaluating Speech Perception in Complex Listening Environments: Effects of Sensorineural Hearing Loss. *Ear Hear.* 2018 May/Jun;39(3):449-456.
26. Peelle JE. Listening Effort: How the Cognitive Consequences of Acoustic Challenge Are Reflected in Brain and Behavior. *Ear Hear.* 2018 Mar/Apr;39(2):204-214.
27. Saunders GH, Frederick MT, Arnold M, Silverman S, Chisolm TH, Myers P. Auditory difficulties in blast-exposed Veterans with clinically normal hearing. *J Rehabil Res Dev.* 2015;52(3):343-60.
28. Fink D. Non-occupational noise exposure in the United States: A review. *J Acoust Soc Am.* 2021;149:A124.
29. Grondin Y, Bortoni ME, Sepulveda R, Ghelfi E, Bartos A, Cotanche D, et al. Genetic Polymorphisms Associated with Hearing Threshold Shift in Subjects during First Encounter with Occupational Impulse Noise. *PLoS One.* 2015 Jun 29;10(6):e0130827.

Annexes :

Annexe 1 : *Questionnaire d'évaluation de l'exposition au bruit. Ce questionnaire explorant les expositions professionnelles et extra-professionnelles au bruit était complété par le participant puis par le médecin vu en VMP ou VRPN pour les dernières questions.*

FICHE DE RENSEIGNEMENT

Nom Prénom

Age :

Année d'entrée dans l'armée :

Spécialité :

Métier (s) avant l'armée :

Prenez-vous des médicaments (oui/non) :

Si oui, lesquels ?

.....

Avez-vous déjà diagnostiqué une perte d'audition, ou autre trouble associé (acouphènes, otites répétées) (oui/non) :

Si oui, lesquels ?

.....

Avez-vous été diagnostiqué d'un traumatisme sonore aigu (oui/non) :

Avez-vous déjà eu une douleur dans l'oreille suite à un bruit intense (par exemple tir) (oui/non) : Si oui, à quelle oreille :

Et à quelle occasion :

.....

.....

Avez-vous déjà eu un sifflement dans l'oreille suite à un bruit intense (par exemple tir) (oui/non) : Si oui, à quelle oreille :

Et à quelle occasion :

.....

.....

Avez-vous déjà eu une difficulté à entendre suite à un bruit intense (par exemple tir) (oui/non): Si oui, à quelle oreille :

Et à quelle occasion :

.....

.....

Êtes-vous dyslexique (oui/non) ? :

Avez-vous déjà travaillé dans un environnement bruyant (oui/non)?

Si oui, Pouvez-vous détailler quand, le lieu et pendant combien de temps ?

.....
.....

Portiez-vous des protections auditives ?

Avez-vous des loisirs bruyants, par exemple la course automobile ou le tir ?

Si oui, pendant combien de temps et à quelle fréquence ?

.....

Est-ce que vous jouez d'un instrument de musique ?

Si oui,

Quel instrument ?

Depuis quel âge ?

Combien de temps par semaine (heures) ?

Quel genre de musique ?

Combien de temps passez-vous à écouter de la musique par semaine ?

Sous casque ? Quelle sorte de casque ?

A quel volume ?

Type de lecteur ?

Allez-vous en boîte de nuit ? Aux concerts ?

A quel âge avez-vous commencé ?

A quelle fréquence ?

Portez-vous des protections auditives ? De quelle sorte ?

.....

CAZAUX, le Signature :

Partie réservée au médecin
Tabac (PA) :
Exposition au Bruit inscrite sur la FEN (intensité, durée, fréquence) :
Exposition au Bruit réelle selon le patient, si différente de la FEN :
Protections portées :
Si PN, appareils et heures de vol sur ensemble de la carrière :

Signature du médecin :

Annexe 2 : Tableau de classement du niveau d'exposition au bruit. Ce tableau montre comment a été déterminé le classement des participants entre les 2 groupes de niveau d'exposition au bruit.

Sexe	Age	Antécédent de profession exposée au bruit avant l'armée	Loisir bruyant régulier (Tir sportif, chasse, sports motorisés)	Pratique régulière à risque d'un instrument de musique	Fréquente écoute de musique à volume élevé	Fréquentes sorties en boîte de nuit et/ou concert sans protections	Exposition professionnelle au bruit actuelle	Niveau retenu d'exposition au bruit totale
F	23	Non	Non	Non	Non	Oui	Faible	Faible
H	34	Non	Non	Non	Oui	Non	Faible	Faible
H	47	Non	Non	Non	Non	Oui	Faible	Faible
H	43	Non	Non	Non	Non	Oui	Faible	Faible
F	21	Non	Non	Non	Oui	Non	Faible	Faible
H	39	Non	Non	Non	Non	Non	Faible	Faible
H	25	Non	Non	Non	Non	Non	Faible	Faible
H	58	Non	Non	Non	Non	Non	Faible	Faible
H	44	Non	Non	Non	Non	Non	Faible	Faible
H	27	Non	Non	Non	Oui	Non	Faible	Faible
H	34	Oui	Non	Non	Non	Non	Faible	Faible
H	20	Non	Oui	Non	Non	Non	Faible	Faible
H	27	Oui	Non	Non	Non	Non	Faible	Faible
H	23	Non	Oui	Non	Non	Non	Faible	Faible
H	26	Oui	Non	Non	Non	Non	Faible	Faible
H	38	Oui	Non	Non	Non	Non	Faible	Faible
F	21	Non	Non	Non	Oui	Non	Faible	Faible
H	23	Non	Non	Oui	Oui	Non	Faible	Faible
H	26	Non	Non	Non	Non	Non	Faible	Faible
H	21	Non	Non	Non	Oui	Non	Faible	Faible
H	42	Non	Non	Non	Non	Non	Faible	Faible
H	28	Non	Non	Non	Non	Non	Faible	Faible
H	49	Oui	Non	Non	Non	Non	Faible	Faible
F	51	Oui	Non	Oui	Non	Non	Faible	Faible
H	30	Non	Oui	Oui	Non	Non	Faible	Faible
H	24	Non	Non	Non	Non	Oui	Haute	Haute
H	23	Non	Oui	Non	Oui	Oui	Faible	Haute
H	34	Non	Non	Non	Non	Non	Haute	Haute
H	49	Non	Non	Non	Non	Non	Haute	Haute
H	24	Non	Non	Non	Oui	Non	Haute	Haute
H	34	Non	Oui	Non	Oui	Oui	Faible	Haute
H	26	Non	Non	Non	Non	Oui	Haute	Haute
F	27	Non	Non	Non	Non	Non	Haute	Haute
H	38	Non	Non	Non	Non	Non	Haute	Haute
H	25	Non	Non	Non	Non	Non	Haute	Haute
H	48	Oui	Oui	Oui	Oui	Non	Faible	Haute
H	48	Oui	Non	Oui	Oui	Non	Faible	Haute
H	43	Non	Non	Oui	Oui	Oui	Faible	Haute
F	34	Non	Non	Non	Non	Oui	Haute	Haute
H	42	Non	Non	Non	Non	Non	Haute	Haute
H	24	Oui	Non	Non	Oui	Oui	Haute	Haute

H	28	Non	Non	Non	Non	Non	Haute	Haute
H	25	Non	Oui	Non	Non	Non	Haute	Haute
H	24	Non	Non	Non	Non	Oui	Haute	Haute
H	54	Non	Non	Oui	Non	Oui	Haute	Haute
H	29	Non	Non	Oui	Non	Non	Haute	Haute
H	35	Non	Non	Non	Oui	Non	Haute	Haute
H	52	Non	Non	Oui	Non	Oui	Haute	Haute
H	27	Non	Non	Non	Non	Non	Haute	Haute
H	36	Non	Oui	Non	Non	Non	Haute	Haute
H	36	Non	Non	Oui	Non	Non	Haute	Haute
H	27	Non	Non	Non	Non	Oui	Haute	Haute
H	29	Non	Non	Non	Oui	Non	Haute	Haute
H	46	Non	Non	Non	Non	Non	Haute	Haute
H	27	Non	Non	Non	Non	Oui	Haute	Haute
H	28	Non	Non	Oui	Non	Non	Haute	Haute
H	26	Non	Non	Non	Non	Non	Haute	Haute
H	41	Non	Non	Oui	Oui	Non	Haute	Haute
H	39	Non	Non	Non	Non	Oui	Haute	Haute
H	51	Non	Oui	Non	Non	Oui	Haute	Haute
H	31	Non	Non	Oui	Oui	Non	Haute	Haute
H	34	Non	Non	Non	Non	Oui	Haute	Haute
H	40	Non	Non	Non	Oui	Non	Haute	Haute
H	33	Non	Non	Non	Non	Non	Haute	Haute
H	31	Non	Non	Non	Non	Non	Haute	Haute

SERMENT MÉDICAL

Au moment d'être admis à exercer la médecine, je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité.

Mon premier souci sera de rétablir, de préserver ou de promouvoir la santé dans tous ses éléments, physiques et mentaux, individuels et sociaux.

Je respecterai toutes les personnes, leur autonomie et leur volonté, sans aucune discrimination selon leur état ou leurs convictions. J'interviendrai pour les protéger si elles sont affaiblies, vulnérables ou menacées dans leur intégrité ou leur dignité. Même sous la contrainte, je ne ferai pas usage de mes connaissances contre les lois de l'humanité.

J'informerai les patients des décisions envisagées, de leurs raisons et de leurs conséquences. Je ne tromperai jamais leur confiance et n'exploiterai pas le pouvoir hérité des circonstances pour forcer leurs consciences.

Je donnerai mes soins à l'indigent et à quiconque me les demandera.

Je ne me laisserai pas influencer par la soif du gain ou la recherche de la gloire.

Admis dans l'intimité des personnes, je tairai les secrets qui me sont confiés. Reçu à l'intérieur des maisons, je respecterai les secrets des foyers et ma conduite ne servira pas à corrompre les mœurs.

Je ferai tout pour soulager les souffrances. Je ne prolongerai pas abusivement les agonies. Je ne provoquerai jamais la mort délibérément.

Je préserverai l'indépendance nécessaire à l'accomplissement de ma mission. Je n'entreprendrai rien qui dépasse mes compétences. Je les entretiendrai et les perfectionnerai pour assurer au mieux les services qui me seront demandés.

J'apporterai mon aide à mes confrères ainsi qu'à leurs familles dans l'adversité.

Que les hommes et mes confrères m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses : que je sois déshonoré et méprisé si j'y manque.

Utilité d'une audiométrie vocale dans le bruit pour l'évaluation des capacités auditives du militaire exposé au bruit.

L'audiométrie tonale est prépondérante dans le suivi auditif des militaires français. Le lien entre capacité auditive en environnement réel et audiométrie tonale est pourtant remis en question. De précédentes études ont observé une importante variabilité dans les compréhensions de parole dans le bruit parmi de jeunes normo-entendants. Cette variabilité inter-individuelle pourrait être expliquée par le fait qu'une exposition à de forts niveaux de bruit entraîne l'apparition de synaptopathies cochléaires sans provoquer d'élévation permanente des seuils audiométriques. Ainsi, l'audiométrie tonale réalisée en visite médicale périodique pourrait être doublement limitée : d'une part en tant que mesure de prévention secondaire et d'autre part en tant que mesure des capacités auditives. Pour évaluer si l'audiométrie tonale suffit à prédire la compréhension de la parole dans le bruit de militaires exposés régulièrement au bruit, et apporter des arguments sur l'existence des synaptopathies cochléaires chez l'humain, nous avons réalisés une audiométrie tonale et une audiométrie vocale dans le bruit, chez 65 militaires. Ils étaient exposés professionnellement au bruit et leur risque de synaptopathie cochléaire était estimé selon leur niveau d'exposition au bruit et leur âge. Nos résultats montrent une absence de corrélation entre les seuils mesurés en audiométrie tonale et le score en audiométrie vocale dans le bruit. Par ailleurs, les résultats en audiométrie vocale dans le bruit ne se dégradent pas plus vite avec l'âge chez les personnes les plus exposées au bruit, peut-être du fait de susceptibilité individuelle différente. Des études longitudinales prenant compte des nombreux facteurs confondants dont la susceptibilité individuelle seront nécessaires pour mettre en évidence la synaptopathie cochléaire en population militaire. Nos résultats suggèrent que la réalisation périodique d'audiométries vocales dans le bruit pourrait améliorer le suivi de l'audition des militaires.

Mots clés : Audition. Bruit. Suivi. Militaire. Audiométrie tonale. Audiométrie vocale dans le bruit. Synaptopathie cochléaire.

Utility of speech audiometry in noise to estimate hearing of soldier with occupational noise exposure.

Pure tone audiometry is the main method used to monitor the hearing of French military personnel. However, the link between hearing ability in a real environment and pure tone audiometry has been questioned. Previous studies have reported significant variability in speech understanding in noise among young normal-hearing individuals. This inter-individual variability could be explained by the fact that high noise levels exposure would lead to the development of cochlear synaptopathies without causing a permanent rise in audiometric thresholds. Therefore, pure tone audiometry conducted at the periodic medical check-up could be doubly limited: on the one hand as a secondary prevention measure and on the other hand as a measure of hearing ability. To assess whether pure tone audiometry is sufficient to predict speech understanding in noise in military personnel regularly exposed to noise, and to provide evidence for the existence of cochlear synaptopathies in humans, we performed pure tone audiometry and speech audiometry in noise, in 65 soldiers. They all had an occupational noise exposure, and their risk of cochlear synaptopathy was estimated according to their level of noise exposure and their age. Our results show a lack of correlation between the thresholds measured in pure tone audiometry and the score in speech audiometry in noise. Furthermore, the results of speech audiometry in noise do not deteriorate more rapidly with age in the most noise-exposed population, possibly because of different individual susceptibility. Longitudinal studies considering the many confounding factors, including individual susceptibility, will be needed to demonstrate cochlear synaptopathy in the military population. Our results suggest that periodic voice audiometry in noise could improve the monitoring of hearing in military personnel.

Keywords : Hearing. Noise. Monitoring. Military. Pure tone audiometry. Speech audiometry in noise. Cochlear synaptopathy.