

INRS
Centre de Recherche
Avenue de Bourgogne, BP 27
54501 VANDOEUVRE

IET – RNPL

Note Scientifique et Technique NS 239

**Estimation du risque auditif attribuable à la musique
pour
les professionnels du monde du spectacle**

Par Léon THIERY

4 février 2004

Résumé

Une analyse bibliographique a été réalisée afin de préciser l'ampleur du risque auditif auquel sont soumis les professionnels du monde de la musique. Cette analyse a porté sur 29 publications internationales, publiées entre 1968 et 2003, en distinguant les groupes de professionnels suivants : les musiciens des orchestres symphoniques, les musiciens des orchestres « pop et rock » et les techniciens exposés à la musique amplifiée, ainsi que les employés des discothèques. Les données ont été analysées pour spécifier les profils professionnels, les niveaux de bruit et les pertes auditives constatées auprès de ces professionnels.

Dans le cas des musiciens des orchestres symphoniques, les résultats montrent qu'ils sont exposés plus de 20 h par semaine au bruit de la musique, durant toute leur carrière professionnelle, à des niveaux d'exposition sonore quotidienne qui sont compris entre 81 et 91 dB(A), niveaux variables selon les types d'instruments. Des pertes auditives ont été mises en évidence sur les fréquences audiométriques sensibles (3, 4 et 6 kHz) : comparativement à une population témoin de même âge, les pertes auditives médianes s'accroissent de 5 dB.

Dans le cas des musiciens des groupes « pop et rock », les résultats publiés sont très rares. Des mesures du bruit à proximité de la scène ont indiqué des niveaux $L_{Aeq,T}$ voisins de 100 dB(A) dans le cas de concerts en salles, mais pourraient excéder 115 dB(A) dans les très grands concerts en extérieur. Une estimation basée sur 20 concerts par an a montré que la dose annuelle de bruit équivaldrait à celle d'une exposition permanente à 96 dB(A). Toutefois les résultats de 5 études concernant les pertes d'audition de ces musiciens n'ont pas permis de confirmer l'ampleur de ce risque. Pour les techniciens, les seules données disponibles concernent les ingénieurs du son, et il a été montré qu'ils sont exposés, à la console de mixage, à des niveaux de bruit $L_{Aeq,T}$ proches de 100 dB(A).

Dans le cas des employés des discothèques, il a été montré que l'exposition sonore atteint des niveaux proches de 95 dB(A) durant 40 heures par semaine. L'audition de ces professionnels a fait l'objet d'une seule étude, qui a montré, parmi une population âgée de 24 ans en moyenne, 42 % d'atteintes auditives sur les fréquences audiométriques sensibles contre 14 % chez les témoins non exposés.

Cette analyse souligne le besoin d'études complémentaires sur le sujet et préconise différentes dispositions techniques, susceptibles de limiter le risque auditif auquel les professionnels de la musique sont exposés.

Table des matières

1. Introduction

2. MATERIEL ET METHODES

- 2.1. Sélection bibliographique
- 2.2. Méthode d'analyse des niveaux d'exposition sonore
- 2.3. Méthode d'analyse des pertes d'audition

3. MUSICIENS DES ORCHESTRES « SYMPHONIQUES »

- 3.1. Profils professionnels
- 3.2. Niveaux d'exposition sonore
- 3.3. Pertes d'audition
- 3.4. Discussion : estimation du risque auditif pour les musiciens des orchestres symphoniques

4. MUSICIENS ET PROFESSIONNELS EXPOSES A LA MUSIQUE AMPLIFIEE A FORTS NIVEAUX

- 4.1. Profils professionnels
- 4.2. Niveaux d'exposition sonore
 - 4.2.1. Exposition sonore des professionnels durant les concerts « pop et rock »
 - 4.2.2. Exposition sonore des employés des discothèques
- 4.3. Pertes d'audition
- 4.4. Discussion : estimation du risque auditif pour les professionnels exposés à la musique fortement amplifiée

5. PRECONISATIONS

6. Références

7. Liste des tableaux

1. INTRODUCTION

Les effets sur la santé de l'écoute de la musique à haut niveau sonore ont font l'objet de nombreuses études. Ainsi, Loth (1995) a-t-il pu recenser 160 publications internationales depuis 1970 et en déduire une typologie des données recensées par thème d'étude : 107 articles concernent les « musiques pop et rock » et 40 les « orchestres symphoniques », 150 articles concernent les auditeurs, 59 les musiciens et quelques articles les employés des lieux musicaux bruyants.

Plusieurs analyses bibliographiques (MRC Institute of Hearing Research (1986), Clark (1991), Axelsson (1996),...) ont dressé un état du risque auditif lié au mode de vie bruyant que nous connaissons aujourd'hui. Ces données sont suffisamment concluantes pour que, dans le domaine de la santé publique, des actions de prévention techniques et réglementaires aient été engagées afin d'éviter, notamment, que des jeunes deviennent handicapés auditif à vie au terme d'un concert rock (Hohmann, 1989 ; Morgon, 1997) et que les producteurs de spectacles soient condamnés par les tribunaux pour «négligence fautive dans l'organisation du spectacle » (Tribunal de grande instance de Marseille, 1997).

Dans le cadre de la législation relative à la lutte contre le bruit dans l'environnement, un décret limitant le bruit dans les locaux diffusant de la musique amplifiée et recevant du public a été adopté en 1998. Il vise à protéger l'audition du public qui fréquente les discothèques et à préserver un calme relatif pour les habitants riverains de ces établissements. En juin 2002, un bilan d'application de ce décret a été établi (CIDB, 2002). Ceci montre qu'un besoin s'est imposé : protéger la santé auditive des auditeurs contre « le processus de décibélisation » (Auffret et al, 1998), qui accompagne aujourd'hui trop fréquemment l'écoute de musiques électro-amplifiées.

Si on s'intéresse spécifiquement aux professionnels de la musique et du son, la durée de leur exposition à la musique étant nettement supérieure à celles des auditeurs, il est clair qu'ils sont exposés à un risque auditif, dont l'ampleur dépend des circonstances de l'exercice de leur métier.

Afin de préciser quelle est l'ampleur du risque auditif auquel sont soumis les professionnels du monde de la musique, une analyse bibliographique des publications internationales disponibles a été effectuée. Ce travail a été réalisé en distinguant, en premier lieu, les membres d'orchestres symphoniques des professionnels exposés au bruit dû à la musique électro-amplifiée, dans des concerts de toutes tailles et en discothèque. Les publications internationales ont été analysées sous trois aspects :

- niveaux de bruit auxquels sont exposés les professionnels de la musique,
- informations sur le déroulement et la durée de leurs carrières professionnelles,
- données relatives aux pertes auditives constatées auprès de ces professionnels.

2. MATERIEL ET METHODES

2.1. Sélection des données

La recherche bibliographique a été limitée aux données internationales publiées en langue anglaise ou française depuis 1968, en distinguant trois groupes de professionnels:

- les musiciens des orchestres « symphoniques » : cette appellation concerne des formations « classiques », n'employant pas d'amplification à fort niveau de la musique ;
- les musiciens des orchestres « pop et rock » : cette appellation (très schématique) évoque la musique amplifiée à de forts niveaux, jouée en salle, en discothèque, ou lors de grands concerts donnés en extérieur ;
- les techniciens exposés à la musique amplifiée : ceci concerne les ingénieurs du son et techniciens (éclairage, sécurité,...) durant les concerts ainsi que les employés des discothèques (barman, serveurs, disc-jockey, animateur).

Les données disponibles ont été sélectionnées sur des critères méthodologiques destinés à rendre comparables les résultats, tant dans le domaine de l'estimation des niveaux de bruit que celui des pertes d'audition. Les critères méthodologiques utilisés sont présentés ci-après. La sélection finale englobe 29 études, et les informations qui en ont été extraites se répartissent selon la typologie du tableau 1.

2.2. Méthode d'analyse des niveaux d'exposition sonore

Les données bibliographiques ont été analysées, sur le plan méthodologique, afin de tenter de contrôler la représentativité des mesurages dans deux directions :

- a) les conditions d'exposition des différents groupes de professionnels et la taille des échantillons contrôlés.

Ces conditions ont été décrites par les informations suivantes :

- effectifs des professionnels selon leur métier, nombre d'orchestres et de groupes de musiciens impliqués dans chaque étude,
- description des circonstances des mesures d'exposition : nombre de concerts et de morceaux de musique différents, type de concert, lieu d'exercice de la musique (taille de la salle, concert en extérieur).

b) la nature des mesurages et leur adéquation en vue d'estimer des niveaux d'exposition sonore quotidienne.

Parmi les types de mesures de bruit, ont été sélectionnées les mesures d'exposition. Quand les mesurages ont été effectués à l'aide d'un dosimètre (appareil autonome, doté d'un microphone porté par le professionnel), ceci a été spécifié. La durée des mesurages T a été notée également, afin de savoir si les niveaux acoustiques continus équivalents (notés $L_{Aeq,T}$) sont relatifs à plusieurs morceaux de musique ou à la durée d'un concert et si les répétitions ont été prises en compte. Quand le résultat de mesurage est représentatif d'une journée de travail, la valeur du niveau d'exposition sonore quotidienne, $L_{Ex,8h}$, a été notée.

Dans le cas des concerts en grande salle et en extérieur, les données disponibles sont rares et consistent généralement en des mesures d'ambiance, effectuées à une certaine distance de la scène. En l'absence de mesures d'exposition sonore des musiciens sur la scène, une estimation a été effectuée en appliquant une hypothèse sur la propagation acoustique dans le lieu du concert, sous réserve que la distance entre la scène et le point de mesure ait été mentionnée. Cette hypothèse est basée sur la pente de la décroissance du niveau sonore par doublement de distance à la source sonore (notée DL). Dans le cas des grands concerts en milieu extérieur, on a supposé qu'on était en champ libre (DL = 6 dB) ; dans les grandes salles de concert, 2 estimations sont données (DL = 2 dB et DL = 4 dB).

Les résultats des mesures d'exposition sonore ont été exprimés par la plupart des auteurs en employant la pondération fréquentielle « A ». Ceci simplifie la comparaison des résultats. Mais il a été montré que le dB(A) est insuffisant (Auffret, 1996) dans le cas de l'exposition à la musique électro-amplifiée à forts niveaux, compte tenu des possibilités actuelles d'amplification des sons en très basses fréquences. Dans le cas des grands concerts « rock », les niveaux sonores par bande fréquentielle ont été indiqués.

2.3. Méthode d'analyse des pertes d'audition

Dans les études relatives aux pertes d'audition d'origine professionnelle, plusieurs facteurs de confusion doivent être contrôlés, notamment l'absence d'antécédents ORL ou de pathologies auditives, et la presbycusie (perte auditive attribuable à l'effet de l'âge). Dans la plupart des études sélectionnées ici, le contrôle de l'effet de l'âge a été effectué à l'aide d'une population témoin externe, celle des normes AFNOR NF S 31-013 (1985) ou ISO 7029 (1984). L'usage de cette population, notée « Témoins ISO », facilite les comparaisons entre études, mais elle repose sur l'hypothèse de similitude des modes de vie entre population témoin et population exposée. Dans le cas des professionnels du monde du spectacle, cette hypothèse est discutable. Quelques études ont utilisé une population

témoin spécifique, parfois apparié sur l'âge et le sexe, ce qui accroît la fiabilité de l'interprétation des résultats (Morata, 1995). Pour chaque groupe de professionnel étudié, deux informations ont été reproduites : l'âge moyen du groupe, l'origine de la population témoin.

De nombreux auteurs ont fourni des résultats concernant les pertes d'audition aux fréquences audiométriques « sensibles » de 3, 4 et 6 kHz. Les résultats numériques reproduits ici portent sur cette plage de fréquences audiométriques, afin de faciliter les comparaisons entre études. Mais ce choix ne clôt pas le débat sur la pertinence d'autres indicateurs, notamment celui qui est fondé sur les pertes d'audition aux fréquences audiométriques comprises entre 8 kHz et 20 kHz (Johnson, 1986).

3. MUSICIENS DES ORCHESTRES « SYMPHONIQUES »

3.1. Profils professionnels

Plusieurs auteurs ont signalé que « les musiciens sont fidèles à la musique » durant toute leur vie et indiqué des durées d'exposition correspondant à des carrières complètes dans le métier de musicien : de 5 à 45 ans pour Karlsson (1983), 21 ans d'exposition moyenne pour Cudennec (1990), 24 ans pour Ostri (1989), 31 ans pour Johnson (1986). Ceci a été confirmé par des études signalant que l'âge des musiciens varie de 25 à plus de 70 ans (Royster, 1991 ; Richoux, 1998 ; Kähäri, 2001).

La durée hebdomadaire d'exposition a été signalée par 6 auteurs : 15 h par semaine pour Royster (1991), 21 h pour Cudennec (1990), de 20 à 30 h pour Fearn (1993), supérieure à 26 h pour Ostri (1989), 31 h pour Johnson (1986) et 38 h hebdomadaire pour Axelsson (1981). Fearn et Axelsson ont précisé que le travail personnel des musiciens avait été pris en compte, mais Johnson a signalé que cette durée dépendait des instruments et du nombre d'années de pratique, sans possibilité d'une généralisation aisée. Laitinen (2003) a évalué la durée annuelle du travail à 1300 h (environ 500 h en travail individuel et 800 h en concert et répétition en groupe) dans le cas d'un opéra comprenant des musiciens et des choristes.

3.2. Niveaux d'exposition sonore

L'exposition sonore des musiciens d'orchestres symphoniques a été mesurée dans 8 études sélectionnées ici. Leurs caractéristiques principales sont résumées dans le tableau 2. Dans 5 études, les mesures ont été effectuées par dosimétrie ; 2 études ont inclus des mesurages en point fixe, situés à proximité des musiciens. Ces données englobent plus d'une dizaine d'orchestres. Les mesurages ont été effectués durant des morceaux de musique et des concerts différents, avec des durées de mesurage comprises entre 20 min et 6 h.

Parmi ces 8 études, 6 donnent des résultats assez proches : Axelsson (1981), Jansson (1983), Royster (1991), Fearn (1993), Sabesky (1995) et Laitinen (2003) ont indiqué des niveaux de bruit $L_{Aeq,T}$ situés dans un intervalle compris entre 84 et 94 dB(A). Ces auteurs s'accordent pour signaler que l'exposition au bruit est moindre dans le cas des violons, violoncelles ; supérieure pour les cuivres, flûtes, percussions. Une étude indique des résultats nettement supérieurs : Cudennec (1990) a mentionné des niveaux $L_{Aeq,T}$ moyens de 100 dB(A), mais il s'agit d'un orchestre militaire dans lequel les instruments les plus bruyants - gros cuivres et percussions - ont une place plus importante que dans les orchestres classiques. Fearn (1975) a fourni des résultats inférieurs, mais les circonstances des mesures sont peu détaillées, ce qui réduit la possibilité d'interprétation des résultats.

Il paraît donc possible de résumer ces résultats : les musiciens des orchestres symphoniques sont exposés à des niveaux de bruit $L_{Aeq,T}$ généralement situés entre 84 et 94 dB(A). Si l'on rapproche ces niveaux avec une durée hebdomadaire de travail avec l'orchestre estimée proche de 20 h (cf. 3.2), ceci conduit à estimer des niveaux d'exposition sonore quotidienne compris entre 81 et 91 dB(A).

3.3. Pertes d'audition

Les pertes d'audition de musiciens d'orchestres symphoniques ont fait l'objet de 8 études qui englobent près de 1000 musiciens. Leurs caractéristiques et les résultats principaux ont été résumés dans deux tableaux, en fonction du type d'indicateur de l'audition utilisé : le tableau 3 regroupe 5 études fournissant le pourcentage des musiciens dont les pertes auditives dépassent un seuil spécifié ; le tableau 4 regroupe 4 études estimant le déficit auditif induit par le bruit (selon le modèle ISO 1999) aux fréquences 3000, 4000 et 6000 Hz.

Les études mentionnées au tableau 3 ont utilisé des méthodes différentes, ce qui interdit la possibilité d'une comparaison globale des résultats. Fearn (1989) a utilisé un critère d'atteinte auditive spécifique (basé sur les pertes à 3, 4 et 6 kHz comparées à la perte à 2 kHz) et montré que 43 % des musiciens sont atteints, contre 24 % chez des témoins non musiciens de même âge moyen (soit environ 35 ans). Avec le même critère d'atteinte auditive, cet auteur a montré (Fearn, 1993) des pourcentages d'atteintes auditives plus élevés chez les musiciens professionnels que chez les musiciens étudiants. Toutefois, les effectifs des populations étudiées étant très faibles (environ 30 musiciens), cet auteur a signalé que ses résultats devaient inciter à poursuivre les études. Cudennec (1990) a mis en évidence des pertes auditives chez 49 % des musiciens d'un orchestre militaire, mais l'interprétation de ce résultat est difficile, en l'absence d'une référence issue d'une population témoin. Les études de Axelsson (1981) et Kähäri (2001) ont porté sur les mêmes orchestres. Toutefois, la première de ces 2 études est de type transversal ; la seconde est une étude épidémiologique longitudinale, car 56 musiciens étudiés en 1981 ont pu être revus 16 ans plus tard, à 50 ans d'âge

moyen. Kähäri (2001) a montré que l'aggravation des pertes d'audition de ce groupe, durant 16 ans, est restée normale, compte tenu de l'accroissement de l'âge des musiciens.

Les 4 études mentionnées au tableau 4 sont du même type et leurs résultats sont disponibles sous la même forme, celle des niveaux d'audition mesurés aux différentes fréquences audiométriques dans des classes d'âge identiques. Dans le tableau 4, pour faciliter la comparaison des résultats de ces études, 3 classes d'âge ont été choisies (centrées sur les âges de 35, 45, 55ans) et les résultats ont été reproduits selon le mode utilisé par Royster : estimation des déficits auditifs induits par le bruit (DIB) médians, à l'aide des pertes auditives initiales des musiciens en soustrayant les pertes auditives de la population témoin ISO de même âge moyen. Les estimations s'appliquent aux DIB médians dans les études de Karlsson (1983) et Ostri (1989), ainsi que dans la norme ISO 1999. Par contre, Johnson (1986) et Royster (1991) ont fourni les valeurs moyennes et non les médianes des pertes auditives, ce qui entraîne une majoration de quelques dB (Karlsson, 1983) du DIB estimé, indiqué au tableau 4. Compte tenu de ces remarques, les résultats de ces 4 études sont très semblables et montrent que les musiciens professionnels ont un déficit auditif induit par le bruit voisin de 5 dB (en valeur médiane) aux fréquences audiométriques de 3, 4 et 6 kHz.

3.4. Discussion : estimation du risque auditif pour les musiciens des orchestres symphoniques

Les études analysées ici montrent que les musiciens des orchestres symphoniques sont des professionnels qui restent attachés à la musique toute leur vie. Des mesures de type dosimétrie ont permis d'évaluer précisément leur exposition au bruit. Durant les concerts et répétition, ils sont exposés à des niveaux de bruit $L_{Aeq,T}$ qui dépassent fréquemment 85 dB(A) et quelques fois 95 dB(A). Ces niveaux de bruit dépendent du type d'instrument : les violons, contrebasses sont moins bruyants que les cuivres, flûtes, percussion. Si la durée hebdomadaire d'exposition des musiciens est supposée égale à 20 h, ce qui est un minimum d'après toutes les études fournissant cette précision, on peut rapporter à 40 h les résultats pour fournir une estimation en terme de niveau d'exposition sonore quotidienne, $L_{EX,8h}$, comparable aux seuils réglementaires. Cette estimation est comprise entre 81 et 91 dB(A) et confirme que beaucoup, parmi les musiciens des orchestres symphoniques, sont exposés par la musique à un niveau sonore qui excède le premier niveau d'action fixé par la réglementation à $L_{EX,8h} = 85$ dB(A).

Les études relatives aux pertes auditives des musiciens montrent des résultats contrastés. Ceci n'est pas surprenant car les pertes d'audition restent localisées sur les fréquences audiométriques « sensibles » de 3000, 4000 et 6000 Hz, et très liées à l'âge des musiciens. La signification statistique des pertes d'audition mesurées dépend des populations témoins choisies. En l'absence de population témoin, plusieurs résultats annonçant des pourcentages d'atteintes auditives supérieurs à 50 % sont difficiles à interpréter autrement qu'en terme d'alerte et demandent confirmation. Par contre plusieurs

études ont montré, comparativement à la population des témoins ISO, des déficits auditifs induits par le bruit de la musique estimés voisins de 5 dB HL. On en conclut qu'un risque auditif existe, qui a été mis en évidence sur les fréquences 3, 4 et 6 kHz dans l'étude de population de musiciens d'âge limité à 60 ans, et dont l'ampleur est voisine de 5 dB HL. Il faut souligner que cette estimation du $DIB_{0,50}$ est une valeur médiane, qui correspond donc à 50 % de la population. Les études analysées ici ont portées sur des effectifs trop réduits pour estimer les effets de la musique sur d'autres quantiles de population, notamment la partie de population la plus fragile. Ceci ne peut plus être négligé depuis le signalement, pour un musicien travaillant depuis 24 ans comme percussionniste d'orchestre, d'une surdité de niveau indemnisable selon le tableau 42 des maladies professionnelles (Longueville, 1997). Ceci rejoint les conclusions d'une récente analyse bibliographique sur ce sujet (Palin, 1994), concluant à la nécessité de poursuivre les études afin de mieux quantifier le risque auditif auquel les musiciens professionnels sont exposés.

4. MUSICIENS ET PROFESSIONNELS EXPOSES A LA MUSIQUE AMPLIFIEE A FORTS NIVEAUX

Les données bibliographiques ont été analysées en distinguant l'exposition à la musique amplifiée à forts niveaux lors de concerts et en discothèque. Les résultats concernent les professions suivantes : musicien et ingénieur du son pour les concerts ; disc-jockey, barman et agent de sécurité en discothèque. La sélection bibliographique réalisée ici regroupe 16 publications fournissant des indications sur l'exposition de ces professionnels au bruit et 6 sur leur audition.

4.1. Profils professionnels

La durée de la carrière de ces professionnels de la musique amplifiée a été spécifiée dans 3 études. Axelsson (1995) a pu interroger à deux reprises, en 1975 puis en 1991, un groupe de professionnels exposés à la musique « pop et rock ». En 1975, l'étude initiale regroupait 65 professionnels (58 musiciens, 3 ingénieurs du son, 3 disc-jockeys et 1 animateur). En 1991, Axelsson a pu retrouver 53 membres de ce groupe, soit 82 % de la population initiale. Il a constaté alors que 13 personnes avaient changé de profession et que 40 étaient toujours des professionnels actifs dans le monde du spectacle, 16 ans plus tard. La durée d'exposition moyenne à la musique de ces 40 professionnels était alors de 27 années et leur âge moyen de 41 ans. Rintelman (1968) a étudié 42 jeunes musiciens, âgés de 20 ans environ : ils faisaient partie de groupes professionnels depuis 3 ans en moyenne. Scheirman (1989) a signalé que les ingénieurs du son, chargés de sonoriser les grands concerts avec des systèmes très puissants, avaient couramment, 10, 15 et même 20 ans d'expérience professionnelle dans la mise en oeuvre de tels équipements.

La durée hebdomadaire d'exposition à la musique a été spécifiée, pour les musiciens, dans 4 études : 18 heures par semaine (Axelsson, 1977), de 20 à 25 heures, répétitions comprises (Axelsson, 1995), entre 20 et 30 heures (Fearn, 1993), 11 heures par semaine (Rintelman, 1968). Concernant les employés des discothèques, Tan (1990) a signalé que dans 5 discothèques de Hong Kong, les 97 barmans et disc-jockeys travaillaient 8 heures par jour, 6 jours par semaine ; Lee (1999) a étudié 43 employés de 5 discothèques de Singapour qui travaillent 40 h par semaine.

4.2. Niveaux d'exposition sonore

L'analyse des données d'exposition professionnelle à la musique amplifiée à fort niveau a été réalisée en distinguant les métiers et les circonstances des spectacles. Les études concernant les musiciens et ingénieurs du son durant les concerts sont résumées dans le tableau 5. Les études concernant les employés des discothèques sont résumées dans le tableau 6.

4.2.1. Exposition sonore des professionnels durant les concerts « pop et rock »

Les mesures de bruit mentionnées dans le tableau 5 ont concerné 37 groupes de musiciens, pour des concerts donnés dans des circonstances différentes : en discothèque, dans des salles de capacité inférieure ou supérieure à 1000 places, en extérieur. Dans le cas des études de Fearn (1975) et Rintelman (1968), la nature des mesurages permet de dire qu'il s'agit de mesures d'exposition des musiciens. Plusieurs auteurs (Caruel, 1995 ; Dibble, 1997 ; Cavanaugh, 1989, Rumeau, 1994) ont réalisé des mesures à la console de mixage, et on peut considérer qu'elles reflètent l'exposition au bruit de l'ingénieur du son qui pilote la console.

Pour les grands concerts en extérieur, aucune mesure sur scène n'est disponible, et les mesures de bruit publiées restent très rares. C'est pourquoi le tableau 5 regroupe toutes les informations qu'il a été possible de collecter concernant le bruit des grands concerts, même lorsque les emplacements de mesurage étaient situés à des distances de la scène comprises entre 30 et 200 m. Le manque de données concernant le niveau d'exposition sonore des musiciens a contraint à estimer un niveau minimum du bruit près de la scène, à partir des résultats obtenus à une distance spécifiée, compte tenu du lieu du concert. Ces estimations ont été effectuées selon les hypothèses suivantes : pour les concerts donnés dans de grandes salles (Axelsson, 1996), les salles ont été supposées de qualité acoustique acceptable (valeur la décroissance DL du niveau sonore par doublement de distance à la source comprise entre 2 et 4 dB(A)) ; pour les concerts donnés en extérieur (Cavanaugh, 1989 ; Rumeau, 1994), on a supposé des conditions de propagation en champ libre (DL égal à 6 dB(A)). Compte tenu de la complexité des systèmes de sonorisation de grands concerts, et de leurs possibilités d'émission du bruit (Scheirman, 1989) on notera que ces estimations n'ont pas de valeur

autre qu'indicative, d'autant plus que les musiciens disposent sur scène de retours de son, réglés spécifiquement pour leurs besoins.

L'allure spectrale de la musique lors des concerts de « rock » a été mentionnée par quelques auteurs. Rintelmann (1968) a indiqué des niveaux de pression acoustique compris entre 95 et 100 dB pour toutes les bandes d'octaves s'étendant de 63 Hz à 1000 Hz, traduisant un spectre plat. Avec une intégration sur des durées excédant 1h30, Caruel (1995) a indiqué des niveaux équivalents compris entre 97 et 101 dB pour les bandes d'octaves de 31 à 250 Hz. Dibble (1997) a montré qu'avec les systèmes récents de sonorisation, les spectres pouvaient ne plus être plats mais présenter un maximum dans les basses fréquences, avec un niveau pouvant atteindre 120 dB à 63 Hz, excédant de plus de 20 dB les niveaux des bandes de fréquences médium et aiguë. Dans ces conditions, la pondération fréquentielle « A » devient insuffisante, car elle est inadaptée à l'étude des effets des bruit de niveaux très élevés dans les bandes de fréquences inférieures à 100 Hz. Mais la plupart des études sélectionnées ici ne mentionnent que des niveaux sonores exprimés avec la pondération fréquentielle « A ».

Les résultats du tableau 5 montrent que l'exposition sonore des musiciens sur scène, mesurée pour des concerts donnés il y a environ 25 ans en petites salles (Fearn, 1975 ; Rintelmann, 1968) atteint des niveaux proches de 100 dB(A). Récemment, des concerts donnés dans des salles de grande taille ont fait l'objet de mesurage. Caruel (1995) a montré que lors d'un concert, les niveaux sonores continus équivalents mesurés durant plus de 1h30 sur les côtés de la scène atteignaient 97 et 98 dB(A). 10 groupes de musiciens ont été étudiés par Axelsson (1996) : mesurés à des distances comprises entre 5 et 35 m de la scène, les niveaux sonores - $L_{Aeq}(3\text{ h})$ - varient de 97 à 110 dB(A). Si ces mesures sont employées pour estimer le bruit sur scène, il est possible de considérer que les musiciens seraient exposés à des niveaux excédant 105 dB(A). Lors de concerts en plein air, Scheirman (1989) a indiqué que le niveau sonore pouvait atteindre 124 dB(A) au premier rang des spectateurs, dans le cas des systèmes de sonorisation les plus performants, utilisés pour de très grands concerts. Les autres indications de niveaux sonores ne permettent pas de quantifier l'exposition à proximité de la scène durant les concerts en extérieur. Elles fournissent des estimations du niveau de bruit sur scène qui excèdent très largement 100 dB(A) : de 111 à 119 dB(A) selon Cavanaugh (1989), de 112 à 116 dB(A) selon Rumeau (1994). Scheirman (1989) et Goethe (1992) ont montré que plusieurs milliers d'auditeurs de concerts en extérieur pouvaient être exposés à des niveaux excédant 110 dB(A). Ces données font apparaître de grandes différences selon les concerts et les circonstances, et incitent à considérer que les niveaux acoustiques continus équivalents auxquels seraient exposés les musiciens des groupes « pop et rock » seraient compris entre 100 et 110 dB(A) durant les concerts en salle, et s'élèveraient à plus de 115 dB(A) durant les concerts en extérieur.

Les niveaux acoustiques continus équivalents auxquels sont exposés les ingénieurs du son durant les concerts ont été mesurés directement à la console de mixage dans quelques études. Cavanaugh

(1989) a montré qu'à une console de mixage placée à 30 m de la scène, les niveaux variaient de 95 à 103 dB(A), selon le concert et selon la position durant le concert de l'intervalle de mesure. Rumeau (1994) a indiqué un résultat de 98 dB(A) mesuré à une console de mixage placée à 50 m de la scène. Caruel (1995) a indiqué un $L_{Aeq}(165 \text{ mn})$ de 97 dB(A). Dibble (1997) a mesuré les niveaux acoustiques continus équivalents à la console de mixage durant dix concerts donnés en salle et en extérieur ; il a indiqué 101 et 98 dB(A) comme niveau moyen.

Cette analyse conduit aux résultats suivants :

- Lors de concerts dans des salles de petite capacité, les musiciens des groupes pop et rock seraient exposés à des niveaux sonore $L_{Aeq,T}$ voisins de 100 dB(A).
- Durant les concerts donnés dans de très grandes salles ou en extérieur, l'exposition sonore des musiciens des groupes pop et rock, n'a pas fait l'objet de mesures publiées. Les quelques résultats disponibles et les estimations des niveaux sur scène réalisées à partir de mesures effectuées à une certaine distance aboutissent aux résultats suivants : dans le cas des concerts donnés dans de grandes salles, il paraît très probable que les $L_{Aeq,T}$ sur scène excèdent 105 dB(A) ; dans le cas des concerts en extérieur, les $L_{Aeq,T}$ sur scène seraient supérieurs à 115 dB(A).
- Les ingénieurs du son, qui commandent la table de mixage des concerts, peuvent être exposés à cet emplacement à des niveaux sonores $L_{Aeq,T}$ compris entre 95 et 103 dB(A), alors que la table de mixage se situe généralement au milieu de la salle (ou au fond si la salle est petite) et à une distance de 30 à 50 m de la scène lors des concerts en plein air.

4.2.2. Exposition sonore des employés des discothèques

Le tableau 6 montre que l'exposition sonore quotidienne des employés des discothèques a été évaluée dans 89 discothèques. Parmi les 7 études citées, 5 ont été réalisées par des mesures dosimétriques (Bickerdike, 1980 ; Tan, 1990 ; Fleming, 1996 ; Gunderson, 1997 ; Lee, 1999). Dans ces conditions, les mesurages reflètent bien l'exposition des employés et la plupart de ces résultats ont été pondérés par la durée effective de travail pour exprimer le résultat en niveau d'exposition sonore quotidienne, $L_{Ex,d}$. Le tableau 6 montre que le niveau $L_{Ex,d}$ des barmans, disc-jockeys et des autres employés est compris entre 90 et 96 dB(A). Dans 2 autres études (Bisio, 1993 ; Rumeau, 1994), les mesures ont été effectuées sur la piste de danse, lieu le plus bruyant des discothèques, et indiquent des niveaux de 94 à 105 dB(A).

4.3. Pertes d'audition

Le tableau 7 résume les caractéristiques de 6 études décrivant les pertes d'audition des professionnels exposés à la musique fortement amplifiée, qui englobent près de 300 personnes. Rintelmann (1968) a étudié l'audition de 42 musiciens étudiants âgés d'environ 19 ans, sans réussir à

mettre en évidence de différences significatives entre ces musiciens et des témoins. Axelsson (1977), en ayant considéré comme atteinte auditive significative la présence d'une perte excédant le seuil de 20 dB à une fréquence audiométrique comprise entre 3 et 6 kHz, a montré que 30 % des membres d'un groupe de 83 professionnels étaient atteints. Il a calculé l'aggravation moyenne des pertes d'audition sur les fréquences sensibles (3, 4, 6 kHz) entre deux groupes de musiciens d'âge moyen 22,5 ans et 30,5 ans et trouvé un écart proche de 6 dB HL. Ce résultat peut être rapproché du résultat suivant : le même indicateur appliqué aux témoins ISO 1999 (ou NF S 31-013) montre que la presbycousie n'accroît pas de plus de 3 dB HL les pertes auditives entre ces deux groupes d'âge. Cette étude incite donc à considérer qu'un risque existe.

Fearn a réalisé deux études, en 1989 puis en 1993. Cet auteur a conclu la première étude par la mise en évidence d'un risque en précisant que l'effectif (41 musiciens) était trop faible pour quantifier précisément le niveau du risque. Dans la seconde étude, il a étudié une population plus nombreuse (75 musiciens) en employant un critère d'atteinte auditive spécifique. Basé sur la forme de l'audiogramme, ce critère dépend de la profondeur de « l'encoche » audiométrique aux fréquences 3, 4 ou 6 kHz, comparée à la perte audiométrique à 2 kHz. La présence et l'importance de cette « encoche » sont largement reconnues comme caractéristiques des pertes d'audition professionnelle (NF S 31-013 ; Thiéry, 1990). Fearn a montré qu'avec ce critère d'atteinte auditive, 31 % des musiciens âgés de 16 à 30 ans étaient atteints. Ce pourcentage s'élève à 73 % chez les musiciens de plus de 30 ans, mais l'effectif de ce groupe d'âge n'est que de 11, ce qui réduit la fiabilité du résultat.

Axelsson (1995) a réalisé un suivi longitudinal sur 16 ans d'une population de 40 musiciens et de techniciens suédois exposés à la musique amplifiée. Cette étude a permis d'apprécier l'aggravation des pertes d'audition en 16 ans, exprimée par le pourcentage des personnes dont les pertes d'audition aux fréquences 3, 4, 6 et 8 kHz dépassent respectivement les seuils de 25 dB HL et 35 dB HL. Axelsson a montré que le pourcentage d'atteintes au seuil de 25 dB est passé de 5 à 18 %, alors que le pourcentage d'atteintes au seuil de 35 dB est passé de 0 à 11 % en 16 ans. Pour interpréter cette aggravation, localisée sur les fréquences audiométriques sensibles (de 3 à 8 kHz), l'auteur a pris en compte la presbycousie et tiré la conclusion suivante : la progression des pertes d'audition reste modérée, compte tenu de l'effet de presbycousie.

Une étude récente (Lee, 1999) a porté sur l'audition de 43 employés de discothèques âgés de 24 ans et ayant travaillé environ 2 ans en discothèque, comparée à des témoins non exposés de même âge. Aux fréquences de 4 ou 6 kHz et avec le seuil de perte de 30 dB HL, il a trouvé 42 % d'atteinte dans la population des employés contre 14 % chez les témoins.

4.4. Discussion : estimation du risque auditif pour les professionnels exposés à la musique fortement amplifiée

Pour les employés des discothèques, barmans, disc-jockeys et autres employés, il a été montré que l'exposition sonore atteint des niveaux proches de 95 dB(A) durant 40 heures par semaine. Lorsque ces conditions d'exposition au bruit se prolongent durant des années, le risque d'atteinte auditive devient certain. La seule étude recensée ici ayant porté sur l'audition de cette population a mis en évidence un risque d'atteinte auditive sur les fréquences sensibles de 4 et 6 kHz, qui incite à renouveler de telles études pour confirmer l'ampleur du risque auditif auquel sont soumis les employés des discothèques. Par contre, la présence des symptômes qui précèdent généralement l'apparition de pertes d'audition permanentes a été nettement mise en évidence par Gunderson (1997).

Pour les techniciens des concerts de musique « pop et rock », les seules indications disponibles concernent les ingénieurs du son. Placés à la commande de la table de mixage, à des distances comprises entre 15 et 50 m de la scène, les niveaux acoustiques continus mesurés à ces emplacements sont proches de 100 dB(A). Pour les ingénieurs du son, le risque auditif dépend de la fréquence de l'exposition à des concerts. On notera que le seuil réglementaire de bruit de 90 dB(A) pour 40 h d'exposition équivaut à 4 h hebdomadaire d'exposition à 100 dB(A), soit un concert par semaine. L'organisation des concerts pop et rock implique d'autres professionnels : éclairagistes, électriciens, agents de sécurité. L'exposition sonore de ces personnes n'est pas évoquée dans les données analysées, mais il est très probable que parmi ces techniciens, certains sont exposés à des niveaux sonores supérieurs à ceux des ingénieurs du son. Pour l'ensemble des métiers techniques indispensables à la mise en oeuvre des concerts, le risque auditif paraît certain dès que les techniciens participent à un concert en moyenne chaque semaine.

Pour les musiciens des groupes « pop et rock », il paraît très probable que les niveaux sonores sur la scène croissent avec la taille du public des concerts et la puissance acoustique installée. Dans les salles de petites tailles, il a été possible de mesurer les niveaux sonores sur scène et de montrer qu'ils sont voisins de 100 dB(A). Pour les concerts dans de grandes salles et en extérieur, seuls sont disponibles deux résultats de mesure directe de bruit à proximité de la scène. Les autres données ne fournissent que des estimations. Ceci amène à considérer que le bruit sur la scène excéderait probablement 105 dB(A) dans le cas des concerts en grandes salles et 115 dB(A) en extérieur.

Avec de tels niveaux sonores sur scène, le risque auditif pour les musiciens dépend de la durée cumulée à moyen terme de l'exposition. Or le nombre n'est pas connu des concerts donnés durant, par exemple, une année. Quant au profil professionnel à long terme des musiciens, la seule étude précisant ce point a montré que l'on pouvait exercer le métier de musicien de groupe pop et rock durant 26 ans (Axelsson, 1995).

La dose d'énergie acoustique que reçoivent les musiciens des groupes « pop et rock » n'est donc pas connue. Toutefois un niveau minimum de risque peut être indiqué à l'aide d'une comparaison basée sur la relation d'équivalence entre le niveau et la durée que décrit la norme ISO 1999. Supposons

qu'un groupe de musiciens donne 20 concerts par an et que chaque concert expose le groupe durant 4 heures à un niveau $L_{Aeq,T}$ de 110 dB(A). La dose d'énergie acoustique reçue en 80 heures par an est équivalente à celle d'un travailleur qui serait exposé en permanence tout au long de l'année à un niveau sonore de 96 dB(A). Le risque auditif paraît certain, même si son amplitude reste très imprécise.

La conclusion précédente serait plus fiable si les données audiométriques confirmaient nettement la présence d'un tel risque. Or les études analysées ici montrent une aggravation des pertes localisée sur la plage des fréquences audiométriques « sensibles » de 3, 4 et 6 kHz, mais sa valeur semble relativement limitée compte tenu de l'effet de presbyacousie. C'est ce que souligne le suivi audiométrique longitudinal réalisé par Axelsson (1995) durant 16 ans, mais cet auteur précise « ne pas avoir d'explication satisfaisante de la résistance auditive des musiciens à la musique fortement amplifiée ». Dans plusieurs des études analysées ici, les protocoles et les caractéristiques des populations témoins limitent l'interprétation des résultats audiométriques. Les résultats incitent à la prudence et demandent confirmation par des études appliquant des protocoles épidémiologiques adaptés (Morata, 1995).

5. PRECONISATIONS

Les employés des discothèques (barmans et disc-jockeys), les musiciens des orchestres symphoniques, les musiciens et les divers techniciens des concerts « pop et rock » semblent généralement exposés à des niveaux sonores qui excèdent le seuil de 85 dB(A) en moyenne quotidienne sur 8 h. Il paraît donc souhaitable que ces catégories de personnels bénéficient en premier lieu des dispositions du Code du Travail prévues dans ce cas, compte tenu des caractéristiques du monde des intermittents du spectacle. Ces dispositions sont les suivantes :

- faire l'objet d'un mesurage de l'exposition sonore,
- bénéficier d'une surveillance médicale incluant un contrôle audiométrique,
- être sensibilisé à la possibilité d'utilisation de protecteurs individuels contre le bruit,
- être informé et formé sur les risques dus à l'exposition sonore et sur les moyens de prévenir ces risques.

La définition et la mise en oeuvre de programmes techniques de réduction de l'exposition sonore paraissent indispensables pour les discothèques et les concerts « pop et rock ». En effet, même si une quantification précise des niveaux sonores et des durées d'exposition des professionnels concernés reste souhaitable, il faut considérer comme quasiment certaine la probabilité que leur exposition sonore quotidienne moyenne excède le seuil de 90 dB(A).

Dans les discothèques, une limitation réglementaire du bruit émis a été adoptée en 1998 (Décret n°98-1143 du 15/12/98). Il s'agit d'un décret du Ministre de l'Environnement qui s'appuie sur la loi cadre relative à la lutte contre le bruit adoptée en 1992. Il spécifie que « le niveau de pression acoustique ne doit dépasser, en aucun endroit accessible au public, 105 dB(A) en niveau moyen et 120 dB en niveau crête », spécification qui s'accompagne d'une obligation de mesurage du bruit, tant à l'intérieur qu'à l'extérieur des discothèques (voir l'arrêté d'application du 15/12/98). Les employés des discothèques seraient les premiers bénéficiaires d'une réduction du bruit émis dans ces lieux. Mais le critère défini pour les auditeurs ne peut garantir le maintien de l'exposition sonore des barmans et disc-jockeys en dessous de 90 dB(A) en moyenne quotidienne, alors que pour ces personnels, le Code du Travail est applicable. L'exposition sonore des employés des discothèques doit donc être mesurée et contrôlée par la mise en oeuvre de dispositions techniques visant la réduction de l'exposition, notamment lors de la conception et de l'aménagement des locaux (Auffret, 1996 et 1998 ; Garcin, 1999 ; Lidou, 1996). Signalons que la Suisse a adopté une réglementation (Conseil fédéral Suisse, 1996) limitant l'émission sonore à 100 dB(A), exprimé en $L_{Aeq}(1\text{ h})$ et mesuré « à l'endroit où le public est le plus fortement exposé », sous réserve d'une dérogation accordée si le public de la discothèque est averti qu'il peut y subir des atteintes auditives.

Durant les concerts de musique « pop et rock », le contrôle et la limitation du bruit émis paraissent s'imposer, tant à cause des dégâts auditifs constatés chez les auditeurs (Meyer-Bisch, 1996 ; CNA, 1989) que des estimations des niveaux sonores « reçus » par les musiciens et les techniciens. Alors que le contrôle de l'impact du bruit dans l'environnement des concerts de plein air paraît de plus en plus s'imposer, il offre une occasion d'intégrer « la gestion du bruit » du concert sous tous ses aspects à l'aide de dispositifs techniques réellement à la hauteur des puissances installées et des budgets engagés. Des systèmes performants de mesure du bruit, d'enregistrement et de gestion des équipements techniques de sonorisation ont déjà été proposés (Cann, 1989 ; Griffiths, 1989) afin de gérer de façon objective le contrôle du bruit émis durant ces concerts et son impact. Les ingénieurs du son qui commandent les tables de mixage devraient pouvoir disposer de moyens techniques adaptés au mesurage en continu des niveaux $L_{Aeq,T}$ du bruit reçu en des points définis, notamment sur la scène et au niveau des premiers rangs du public.

Le réglage du niveau du bruit émis durant un concert reste à discuter. Axelsson (1995) a signalé « ne pas avoir de réponse satisfaisante à la question de savoir qui prend la décision de fixer les niveaux sonores durant les concerts : le public, les musiciens, l'ingénieur du son ? ». Or la présence avait été signalée (Meyer-Bisch, 1997) d'intérêts contradictoires à ce sujet, entre les organisateurs de spectacles, les producteurs, les collectivités soucieuses de la quiétude du voisinage et de la sécurité du public, les musiciens et les techniciens. Dans ces conditions, l'ingénieur du son n'a pas nécessairement la liberté de réduire suffisamment le bruit émis. Pour permettre à terme de clarifier ce point, il paraîtrait souhaitable que ces personnes disposent de données de référence. Elles pourraient être constituées à partir de mesures de bruit réalisées durant divers types de concerts en

vue d'estimer le bruit reçu par les auditeurs du concert, par les musiciens, par les techniciens et par le voisinage.

Cette analyse montre enfin que des besoins d'études et de recherches subsistent pour quantifier précisément les risques auditifs des salariés du monde du spectacle. Loth (1995) et le Medical Research Council (1986) soulignaient déjà que les résultats disponibles étaient souvent imprécis du fait de modalités expérimentales très variables ou d'échantillons insuffisamment représentatifs et que des recherches dotées de protocoles expérimentaux rigoureux restaient nécessaires. L'analyse bibliographique réalisée ici permet de spécifier quelques domaines sur lesquels des connaissances plus précises seraient utiles :

- les profils professionnels et les niveaux d'exposition sonore des musiciens et de tous les techniciens des concerts de musique amplifiée,
- les caractéristiques acoustiques des concerts, mesurées simultanément sur scène, dans le public, dans l'environnement,
- les pertes d'audition des employés des discothèques et des musiciens et techniciens des concerts de musique amplifiée.

De plus un domaine de recherche plus fondamental a été signalé : l'élaboration d'indicateurs de risques adaptés aux bruits de niveaux très élevés et de très basses fréquences, autour de 63 Hz. Mais sans attendre que toutes les interrogations soient levées, des mesures de prévention individuelles et collectives s'imposent.

6. REFERENCES

Décret n° 98-1143 du 15 décembre 1998, relatif aux prescriptions applicables aux établissements ou locaux recevant du public et diffusant à titre habituel de la musique amplifiée, à l'exclusion des salles dont l'activité est réservée à l'enseignement de la musique et de la danse.

Auffret M. (1996). Réussir l'aménagement des locaux destinés aux musiques amplifiées. *Echo Bruit, CIDB (Ed.)*, Paris, 76-77, sept. 96, 32-35.

Auffret M. (1998). Prévention des traumatismes sonores des musiques électro-amplifiées. *Acoustique et Techniques*, 16, 37-43.

Axelsson A. (1996). Recreational exposure to noise and its effects. *Noise Control Eng*, 44, 3, 127-134.

Axelsson A., Eliasson A., Israelsson B. (1995). Hearing in pop/rock musicians: a follow-up study. *Ear and Hearing*, 16, 3, 245-253.

Axelsson A., Lindgren F. (1981). Hearing in symphony classical orchestral musicians. *Acta Otolaryngologica, supplementum 377*, 3-74.

Axelsson A., Lindgren F. (1977a). Does pop music cause hearing damage ? *Audiology*, 16, 432-437.

Axelsson A., Lindgren F. (1977b). Factors increasing the risk for hearing loss in 'pop' musicians. *Scand Audiol*, 6, 127-131.

Bickerdike J., Ward R., Gregory A. (1980). An evaluation of hearing damage risk to attenders at discotheques. Department of the Environment Contract Co. DGR 481/99.

Bisio G., Rubatto G. (1993). On discotheque noise. *Inter-Noise 93, Leuven*, 1075-1078.

Caruel E., Pardonnet R. (1995). Mesurages de bruit dans une salle de type Zenith. *Compte rendu de mesure et d'analyse N/CIMPE - 95/1137/AB/B, INRS (Ed.)*, Paris, 7 p.

Cann R.C. (1989). Controlling concert sound level emissions : the design and development of in-house sound level management systems. *Congrès Inter-Noise 89*, 763-766.

Cavanaugh W.J. (1989) Residential neighbors and outdoor concert facilities, are they compatible ? A case study of the Great Woods Center for the Performing Arts. *Congrès Inter-Noise 89, INCE (Ed.)*, 767-772.

CIDB (2002). Dossier « lieux musicaux ». *Echo Bruit, CIDB (Ed.)*, Paris. Partie I, n° 99, 16-33 ; partie II, n° 99.2, 7-43.

Clark W. (1991). Noise exposure from leisure activities: a review. *J. Acoust. Soc. Am.* 90, 1, 175-181.

Conseil fédéral suisse (1996). Ordonnance sur la protection contre les nuisances sonores et les rayons laser, lors de manifestations, du 24 janvier 1996. RO 1996.

Cudennec Y., Fratta A., Poncet J.L., Rondet P., Buffe P. (1990). Effets de la musique de forte intensité chez les musiciens de la Garde Républicaine. *Ann. Oto-Laryngol.* 107, 393-400.

Décret n° 98-1143 du 15 décembre 1998. Décret relatif aux prescriptions applicables aux établissements ou locaux recevant du public et diffusant à titre habituel de la musique amplifiée, à l'exclusion des salles dont l'activité est réservée à l'enseignement de la musique et de la danse.

Dibble K. (1997). Low frequency noise propagation from modern music making. *Journal of Low Frequency and Vibration*, 16, 1, 1-12.

Fearn R.W. (1993). Hearing loss in musicians. *Journal of Sound and Vibration*, 163, 2, 372-378.

- Fearn R.W., Hanson D.R. (1989). Hearing levels of student and professional musicians. *Journal of Sound and Vibration*, 133, 1, 173-176.
- Fearn R.W. (1975). Level measurements of music. *Journal of Sound and Vibration*, 43, 3, 588-591.
- Fleming C. (1996). Assessment of noise exposure level of bar staff in discotheques. *Applied Acoustics*, 49, 1, 85-94.
- Garcin M., Franic I. (1999). Conception architecturale des lieux de répétition, des discothèques et des lieux de diffusion de musiques amplifiées. *Echo Bruit, CIDB (Ed.)*, Paris, 88, 59-65.
- Goethe C.J., Cynkier I., Lind M.L., Blomberg R., Svenson E.B., Ytterlind A. (1992). Exposure to noise by electronic amplified music-rock concerts carry a risk of hearing damage. *Läkartidningen (Stockholm)*, 89, 43, 3579-3580. (Article en suédois, cité par Loth).
- Griffiths J. (1989). Sound control at British open air pop concerts. *Congrès Inter-Noise 89, INCE (Ed.)*, 739-744.
- Gunderson E., Molinie J., Catalano P. (1997). Risks of developing noise-induced hearing loss in employees of urban music clubs. *American Journal of Industrial Medicine*, 31, 75-79.
- Hohmann B. (1989). Les limites du niveau sonore pour les concerts de rock. *Lucerne, Caisse nationale suisse d'assurance en cas d'accident (Ed.)*. *Bulletin CNA*, 37, 2-4.
- Jansson E., Karlsson K. (1983). Sound levels recorded within the symphony orchestra and risk criteria for hearing loss. *Scand. Audiol.*, 12, 215-221.
- Johnson D.W., Aldridge J. (1986). Extended high frequency hearing sensitivity, a normative threshold study in musicians. *Ann. Otol. Rhinol. Laryngol.*, 95, 196-202.
- Kähäri K.R., Axelsson A., Hellström P.A., Zachau G. (2001) Hearing development in classical orchestral musicians. A follow-up study. *Scand. Audiol.*, 30, 141-149.
- Karlsson K., Lundquist P.G., Olaussen T. (1983). The hearing of symphony orchestra musicians. *Scand. Audiol.*, 12, 257-264.
- Laitinen H.M., Toppila E.M., Olkinuora P.S., Kuisma K. (2003). Sound exposure among the Finnish National Opera personnel. *Appl. Occup. Environ. Hyg.* 18 (3), 177-182.
- Lee L.T. (1999) A study of the noise hazard to employees in local discotheques. *Singapore Med. J.* 40(9), 571-574.
- Lidou M., Coqblin C., Desrosiers B., Girault P., Sautreau J.L. (1996). Volumes : guide de l'acoustique des lieux de musique amplifiées. *IRMA (Ed.)*
- Longueville J.M. (1996). Les maladies professionnelles des musiciens. *Arch. Mal. Prof.*, 58 (5), 667-669.
- Loth D., Menguy C., Teyssou M. (1995). Effets sur la santé de l'écoute de la musique à haut niveau sonore. *UFR Lariboisière - St Louis, Université Paris VII.*
- Medical Research Council Institute of Hearing Research (1986). Damage to hearing arising from leisure noise. *British Journal of Audiology*, 20, 157-164.
- Meyer-Bisch C. (1996). Epidemiological evaluation of hearing damage related to strongly amplified music (personal cassette players, discotheques, rock concerts) : high definition audiometric survey on 1364 subjects. *Audiology*, 35, 121-142.

- Meyer-Bisch C. (1997). Musique et prévention du risque auditif. Conférence de consensus, 4-5 avril 1997, Les prémontrés. Nancy, CESART (Ed.).
- Morata T.C., Lemasters G.K. (1995). Epidemiologic considerations in the evaluation of occupational hearing loss. *Occupational Medicine : State of the Art Reviews*, 10, 3, 641-656.
- Morgon A. (Service ORL, Hôpital E. Herriot, Lyon) Communication personnelle. 1997.
- Norme ISO 1999 (1990). Acoustique - Détermination de l'exposition au bruit en milieu professionnel et estimation du dommage auditif induit par le bruit. Genève, Organisation internationale de normalisation (Ed.), 18 p.
- Norme NF EN ISO 7029 (2000). Acoustique – Distribution statistique des seuils d'audition en fonction de l'âge. AFNOR (Ed.), 14 p.
- Norme NF S 31-013 (1985). Acoustique - Evaluation de l'exposition au bruit en milieu professionnel et estimation du déficit auditif, induit par le bruit, de populations exposées. Paris, AFNOR (Ed.), 29 p.
- Ostri B., Eller N., Dahlin E., Skylv G. (1989). Hearing impairment in orchestral musicians. *Scand. Audiol.*, 18, 243-249.
- Palin S.L. (1994). Does classical music damage the hearing of musicians ? A review of the literature. *Occup. Med.* 44, 130-136.
- Richoux C., Loth D., Teyssou M. (1998). Conséquences auditives de l'exposition sonore de musiciens d'orchestres de musique classique. Documents pour le médecin du travail, INRS (Ed.), Paris, 76, 351-357.
- Rintelmann W., Borus J.F. (1968). Noise-induced hearing loss and rock and roll music. *Arch. Otolaryng.*, 88, 57-65.
- Royster J.D., Royster L.H., Killion M.C. (1991). Sound exposures and hearing thresholds of symphony orchestra musicians. *J. Acoust. Soc. Am.*, 89, 6, 2793-2803.
- Rumeau M., Migot M. (1994). Campagne de mesures relative aux lieux de loisirs bruyants. Rapport n° 19/93, Paris, Laboratoire Central de la Préfecture de Paris (Ed.), 153 p.
- Sabesky I.J., Korczynski R.E. (1995). Noise exposure of symphony orchestra musicians. *Appl. Occup. Environ. Hyg.*, 10, 2, 131-135.
- Scheirman D.W. (1989). How loud is too loud ? An overview of touring concert sound systems, and likely future developments. *Congrès Inter-Noise 89, INCE (Ed.)*, 751-756.
- Tan T.C., Tsang H.C., Wong T.L. (1990). Noise surveys in discotheques in Hong Kong. *Industrial Health*, 28, 37-40.
- Thiéry L., Meyer Bisch C., Steunou M.T., Luong S.B. (1990). Evaluation épidémiologique d'un indicateur de risque auditif dans une population exposée à des bruits partiellement impulsifs et de niveaux compris entre 87 et 90 dB(A). *Archives des Maladies Professionnelles*, 51, 8, 575-585.
- Tribunal de grande instance de Marseille (1997). Jugement rendu le 1/9/97 condamnant les producteurs d'un concert du groupe U2 à indemniser un spectateur victime d'un accident auditif (cité par Libération, 16/9/97).

7. Liste des tableaux

Tableau 1 : Typologie des informations extraites de l'analyse bibliographique réalisée

Tableau 2 : Exposition sonore des musiciens des orchestres symphoniques : résultats principaux.

Tableau 3 : Pertes d'audition des musiciens des orchestres symphoniques : résultats principaux des études dénombrant le pourcentage des atteintes auditives excédant les seuils de 15 ou 20 dB de perte

Tableau 4 : Déficit auditif induit par le bruit estimé à l'aide du modèle de la norme ISO 1999 pour les musiciens des orchestres symphoniques

Tableau 5 : Exposition sonore des musiciens des groupes pop et rock durant les concerts : résultats principaux .

Tableau 6 : Exposition sonore des employés des discothèques : résultats principaux .

Tableau 7 : Pertes d'audition des musiciens et professionnels exposés à la musique amplifiée à fort niveau.

Type de musique	Profession	Lieu d'exposition	Nombre d'études fournissant des informations sur :	
			Exposition sonore	Pertes d'audition
Musique non amplifiée	Musicien	Orchestre symphonique	8	9
Concert et musique fortement amplifiée	Musicien	Concert « Rock-Pop » en salle	3	5
	Musicien	Concert « Rock-Pop » en extérieur	0	
	Ingénieur du son	Concert « Rock-Pop » en salle	2	
	Ingénieur du son	Concert « Rock-Pop » en extérieur	3	
		Mesures diverses durant des concerts	5	
	Barman, disc-jockey, serveur	Discothèque	8	1

Tableau 1 : Typologie des informations extraites de l'analyse bibliographique réalisée.

Auteur date pays	Nombre d'orchestres, (circonstances)	Musiciens	Résultats des mesures d'exposition sonore	Spécifications sur les conditions de mesurage
Fearn 1975 Grande Bretagne	1 orchestre symphonique. 1 salle de concert		a) LAeq,T = 79 dB(A) (Cuivres) b) LAeq,T = 75 dB(A) (Cordes) c) LAeq,T = 97 dB(A) (Cors)	7 morceaux de musique classique a) Dosimétrie b) A 2 m des instruments c) A 2 m des instruments
Axelsson 1981 Suède	2 orchestres, 2 salles de concert	139 musiciens Tous instruments	LAeq,T = (83 - 92) dB(A) LEx,d = (79 - 88) dB(A)	Mesures à proximité des instruments
Jansson 1983 Suède	3 orchestres symphoniques (3 concerts et 2 ballets)	Musiciens Tous instruments	LAeq,T = 93 dB(A) pour 21 positions plus exposées (Cor, Trompette, Flute,...) LAeq,T = 89 dB(A) pour 21 positions moins exposées (Violon, Violon alto, Percussion,...)	13 morceaux différents 42 mesures fixes, à 30-50 cm de l'oreille LAeq,T mesurés durant (20 mn - 40 mn) (L10 - L90) = de 20 à 35 dB(A) ; L50 < 85 dB(A)
Cudennec 1990 France	1 orchestre militaire (En répétition)	73 musiciens	LAeq,T = 100 dB(A) Percussions = (106 - 108) dB(A) Petits cuivres = (104 - 112) dB(A)	
Royster 1991 USA	1 orchestre symphonique.	59 musiciens Tous instruments	LAeq,T moyen = 90 dB(A) Ect = 5 dB(A) Expo. > 90 : cuivres, bassons, cors, flutes, percussions Expo. < 90 : violoncelle, harpe, piano LEx,d moyen = 85 dB(A)	68 dosimétries LEx,d : estimé sans le travail personnel
Fearn 1993 Grande Bretagne	Divers orchestres (En concert et pratique individuelle)	Tous instruments	LAeq,T = 84 à 93 dB(A) (84 : violon ; >90 : gros cuivre)	19 dosimétries Durée de mesure des LAeq,T : de 30 mn à 1h30
Sabesky 1995 Canada	1 orchestre symphonique. (En concert, en fosse d'orchestre, en répétition)	67 musiciens Tous instruments	LAeq,T moyen = 90 dB(A) Ect = 3 dB(A) (Concert = 87, 89, 92 dB(A) ; Fosse d'orchestre = 90, 91 dB(A) ; Répétitions = 89, 91 dB(A)) Expo. > 90 : cuivres, bassons et près des percussions Expo. < 90 : violon, alto LEx,d = (82 - 90) dB(A)	50 dosimétries Durée des mesures = de 2 h 30 mn à 6 h. 18 morceaux différents LEx,d : estimé sans le travail personnel
Laitinen 2003 Finlande	1 opéra (En concert, en répétition de groupe et individuelle)	75 musiciens 50 choristes	LAeq(an) = 86 dB(A) (violon) ; LAeq(an) = de 92 à 95 (flûte, cuivres, percussions) LAeq(an) = de 92 à 94 dB(A) pour les choristes	6 morceaux de musique classique et travail individuel Evaluation du LAeq(an) : par le planning annuel de l'orchestre 87 dosimétries pour les musiciens 66 dosimétries pour les choristes

Tableau 2 : Exposition sonore des musiciens des orchestres symphoniques : résultats principaux

Auteur date pays	Nombre d'orchestre	Musiciens Nombre, âge	Résultats sur les pertes auditives	Précisions sur les critères d'atteinte auditive
Axelsson 1981 Suède	2 orchestres	139 musiciens	Audition normale avant 50 ans Audition anormale après 50 ans	Critère d'atteinte auditive : Perte > 20 dB sur une fréquence (entre 3, 4, 6 ou 8 kHz)
Fearn 1989 Grande Bretagne		23 musiciens Age moyen = 35 ans (de 26 à 50 ans)	43 % des musiciens ont des pertes auditives du niveau du critère utilisé ; 24 % chez les témoins, non musiciens	Critère d'atteinte auditive bilatérale : HL*(3,4) - HL(2) > 15 dB ou HL(6) - HL(2) > 20 dB Population témoin interne de même âge, non musiciens (n = 62)
Cudenec 1990 France	1 orchestre militaire	73 musiciens	49 % des musiciens ont des pertes auditives du niveau du critère utilisé	Critère d'atteinte auditive : Perte > 10 dB à 2 kHz ou Perte > 20 dB à 4 ou 8 kHz
Fearn 1993 Grande Bretagne		a) 11 musiciens professionnels (31 ans ou plus) b) 64 musiciens étudiants (de 16 à 30 ans)	a) 73 % des musiciens ont des pertes auditives du niveau du critère utilisé b) 31 % des musiciens ont des pertes auditives du niveau du critère utilisé	Critère d'atteinte auditive (bilatérale) : HL(3,4) - HL(2) > 15 dB ou HL(6) - HL(2) > 20 dB
Kähäri 2001 Suède		56 musiciens, déjà étudiés par Axelsson (1981), revus 16 ans plus tard. Age moyen = 50 ans	Aggravation des pertes d'audition durant 16 ans : normale, compte tenu de l'âge	Pertes auditives sur les fréquences 3, 4, 6 et 8 kHz Témoins ISO

* HL : Déficit auditif mesuré par audiométrie (Hearing level)

Tableau 3 : Pertes d'audition des musiciens des orchestres symphoniques : principaux résultats des études dénombrant le pourcentage de musiciens dont les pertes auditives dépassent un critère d'atteinte spécifique.

Auteur date pays	Nombre d'orchestre	Musiciens Nombre, âge	Estimations des déficits auditifs induits par le bruit, DIB*	Précisions sur les critères d'atteinte auditive
Karlsson 1983 Suède	5 orchestres symphoniques	392 musiciens Age moyen = 40 ans (de 20 à 69 ans)	DIB (3,4,6 kHz) par classe d'âge : - à 35 ans (n = 107) DIB (346) = 6 dB - à 45 ans (n = 94) DIB (346) = 4 dB - à 55 ans (n = 90) DIB (346) = 0 dB	Pathologies et autres antécédents exclus HL** médians ; Témoins : Spoor *** Estimation du DIB par DIB = Musiciens (HL médian) - Témoins ISO (HL médian) Conclusion de l'auteur : pas d'effet significatif
Johnson 1986 USA	1 orchestre	60 musiciens Age moyen = 43 ans (de 24 à 64 ans)	DIB (3,4,6 kHz) par classe d'âge : - à 35 ans (n = 11) DIB (346) = 7 dB - à 45 ans (n = 14) DIB (346) = 8 dB - à 55 ans (n = 14) DIB (346) = 3 dB	Témoins spécifiques (n = 30) et témoins de Spoor HL moyens ; Estimation du DIB par DIB = Musiciens (HL moyen) - Témoins ISO (HL médian) Conclusion de l'auteur : pas d'effet significatif
Ostri 1989 Danemark	1 orchestre symphonique de théâtre (en fosse d'orchestre)	96 musiciens Ages médians : - Hommes = 44.5 ans (n = 80) - Femmes = 40.5 ans (n = 16)	DIB (3,4,6 kHz) par classe d'âge : - à 35 ans (n = 16) DIB (346) = 7 dB - à 45 ans (n = 20) DIB (346) = 4 dB - à 55 ans (n = 19) DIB (346) = 0 dB	Pathologies et antécédents exclus ; HL médians ; Témoins ISO ; Estimation du DIB par DIB = Musiciens (HL médian) - Témoins ISO (HL médian) 51 % des musiciens ont une perte > 20 dB, à une fréquence (entre 500 Hz et 8 kHz) Conclusion de l'auteur : le risque existe
Royster 1991 USA	1 orchestre symphonique	59 musiciens Age moyen = 52 ans (de 30 à 70 ans)	DIB (3,4,6 kHz) par classe d'âge : - à 35 ans (n = 12) DIB (346) = 5 dB - à 45 ans (n = 12) DIB (346) = 10 dB - à 55 ans (n = 13) DIB (346) = 5 dB	Pathologies et antécédents : non spécifiés HL moyens ; Témoins ISO ; DIB calculé par l'auteur : DIB = Musiciens (HL moyen) - Témoins ISO (HL médian) Conclusion de l'auteur : besoin d'études complémentaires

* DIB : Déficit auditif induit par le bruit, estimé selon le modèle de la norme ISO 1999, après soustraction de l'effet de l'âge ; il s'agit ici de la valeur du DIB médian de la population

** HL : Déficit auditif global, mesuré par audiométrie (Hearing level)

*** Population témoin de Spoor : très semblable aux témoins ISO (écarts inférieurs à 2 dB aux fréquences de 3, 4 et 6 kHz)

Tableau 4 : Déficit auditif induit par le bruit estimé à l'aide du modèle de la norme ISO 1999 pour les musiciens des orchestres symphoniques

Auteur date pays	Nombre de groupes et de musiciens	Circonstances	Mesures de bruit : Position des mesurage et résultat	Spécifications sur les conditions de mesurage et estimations près de la scène
Fearn 1975 Gde Bretagne	1 groupe	Salle = discothèque	Mesures sur scène près des musiciens: L _{Aeq,T} = (97-100) dB(A)	Dosimétrie et sonométrie sur scène, près des musiciens
Rintelmann 1968 USA	6 groupes, dont 2 très connus, 42 musiciens	Salles < 1000 places	Mesures à 3 m de la scène : Niveau moyen = (97-103) dB(A)	44 morceaux de musique 165 mesures sonométriques (dB SPL*) Mesures par octaves : de 95 à 100 dB SPL entre 63 Hz et 1kHz
Axelsson 1996 Suède	10 groupes très connus	Salles >1000 places	Estimation** : L _{Aeq,T} >> 100 dB(A)	Mesures effectuées à des distances des haut-parleurs comprises entre 5 et 35 m, transformées pour estimer le L _{Aeq} à 5 m en supposant que les salles sont de qualité acoustique moyenne (DL*** de 2 à 4 dB). Estimations : L _{Aeq,T} = 105 à 109 dB(A)
Caruel 1995 France	1 groupe	Salle >1000 places	a) Mesures sur les côtés de la scène L _{Aeq,T} = 97 et 98 dB(A) b) Mesure à la console de mixage L _{Aeq,T} = 97 dB(A)	a) Sur les côtés de la scène : Mesures par octaves : 100 dB SPL de 31 à 250 Hz b) Console de mixage située à 30 m de la scène
Dibble 1997 Gde Bretagne	10 groupes (rock, pop, rap, house)	a) 6 Concerts en salles b) 4 Concerts en extérieur	a) Mesurage à la console de mixage L _{Aeq,T} = 101 dB(A) b) Mesurage la console de mixage, L _{Aeq,T} = 98 dB(A)	Mesures par 1/3 d'octave (musique « rave ») : 120 dB SPL à 63 Hz, mais moins de 100 dB SPL à plus de 125 Hz.
Cavanaugh 1989 USA	2 groupes	Concerts en extérieur	a) Mesurage à la console de mixage, L _{Aeq,T} = 95 à 103 dB(A) b) Estimation près de la scène L _{Aeq,T} >> 100 dB(A)	a) Console de mixage située à 30 m de la scène b) Mesures à 30 m de la scène transformées pour estimer le L _{Aeq,T} à 5 m en supposant des conditions de propagation en champ libre (DL = 6 dB) : estimation à environ 5 m de la scène L _{Aeq,T} = 111 à 119 dB(A)
Goethe 1992 Suède	2 groupes	Concerts en extérieur	Estimation près de la scène L _{Aeq,T} >> 100 dB(A)	Mesurage qui concerne le public : « Estimation qui concerne « de 4000 à 6000 personnes sur 13700 auditeurs : L _{Aeq,T} > 110-114 dB(A) ».
Rumeau 1994 France	5 groupes très connus	Concerts en extérieur	a) Mesurage à la console de mixage, L _{Aeq,T} = 98 dB(A) b) Estimation près de la scène L _{Aeq,T} >> 100 dB(A)	a) Console de mixage située à 50 m de la scène b) Mesures effectuées à 200 m de la scène (L _{Aeq,T} = de 88 à 92 dB(A)) L'estimations du L _{Aeq,T} près de la scène suppose des conditions de propagation en champ libre (DL = 6 dB) : Estimation à environ 10 m de la scène L _{Aeq,T} = 112 à 116 dB(A)
Scheirman 1989 USA	Pas de groupe Etude de systèmes de sonorisation	Sonorisation de concerts en extérieur	Mesure au premier rang de spectateur : L _{Aeq,T} = 124 dB(A) Mesure à 60 m de la scène : L _{Aeq,T} = 110 dB(A)	Etude des caractéristiques techniques des systèmes de sonorisation de très grands concerts.

* dB(SPL) : niveau sonore par bande d'octave ; les valeurs ont permis de calculer le niveau global, exprimé en dB(A).

** Quand les points de mesure sont très éloignés de la scène, aucune indication de l'exposition n'est possible.

Seule une estimation du niveau de bruit près de la scène, basée sur les spécifications de conditions de mesurage, a été indiquée.

*** DL : décroissance du niveau sonore par doublement de distance à la source.

Tableau 5 : Mesurages du bruit durant des concerts pop et rock : estimations de l'exposition pour les musiciens et les ingénieurs du son pilotant la console de mixage

Auteur date pays	Nombre de discothèques	Employés	Résultats des mesures d'exposition sonore	Spécifications sur les conditions de mesurage
Bickerdike 1980 Grande Bretagne	40 discothèques	Quelques employés	LAeq(40H) = 96 dB(A)	Dosimétrie Etude concernant surtout les habitués des discothèques
Tan 1990 Hong Kong	5 discothèques	97 employés : Barman et Disc-jockey (19 employés par discothèque en moyenne)	LEx,d en dB(A) : - Barman : 94.3 ± 1.9 dB(A) - Disc Jockey : 94.1 ± 1.6 dB(A) - Piste danse : 96.7 ± 1.8 dB(A)	- Dosimétrie et Sonomètre intégrateur - Mesures par bandes d'octave (125 Hz à 8 kHz) : L max à 125 et 500 Hz (100 et 98 dB)
Bisio 1993 Italie	12 discothèques	Non spécifié	LAeq,T = 99 dB(A), Ect = 5.8 dB(A) (L10 - L90) < 12 dB(A)	15 enregistrements Conclusion : bruit permanent, sans pauses
Rumeau 1994 France	3 discothèques	Non spécifié	LAeq,T = (98-101) dB(A) L1 = (103-109) dB(A) L10 = (100-105) dB(A) L90 = (88-93) dB(A) (L10 - L90) = 12 dB(A)	Points de mesure fixes, situés de 3 à 5 m des enceintes L1 = Niveau de bruit dépassé pendant 1 % du temps L10 = Niveau de bruit dépassé pendant 10 % du temps L90 = Niveau de bruit dépassé pendant 90 % du temps Conclusion : discothèques toujours bruyantes, sans pause
Fleming 1996 Grande Bretagne	16 discothèques	Les barman	LEx,d = 93.2 dB(A), Ect = 4.5 dB(A)	16 dosimétries (un barman par établissement) et LAeq,T reconstitué (si dosimétrie refusée) LEx,d reconstitué par analyse du travail
Gunderson 1997 USA	8 discothèques	Les barman	LAeq,T = (92-100) dB(A)	Dosimétries réitérées 3 fois par discothèque (n = 25)
Lee 1999 Singapour	5 discothèques	40 employés : 10 barman, 7 disc-jockey, 10 serveurs, 5 caissiers, 8 agents de sécurité	LEx,d moyen : - Barman : 91.3 dB(A) - Disc-jockey : 95.0 dB(A) - Serveurs : 93.0 dB(A) - Caissiers : 90.3 dB(A) - Agents de sécurité : 89.6 dB(A)	40 dosimétries Durée de mesure = durée du travail, soit 5 h en moyenne (de 3.6 à 6.9 h)

Tableau 6 : Exposition sonore des employés des discothèques : résultats principaux .

Auteur date pays	Nombre de groupes	Musiciens et professionnels étudiés	Résultats sur les pertes auditives	Précisions sur les critères d'atteinte auditive
Rintelmann 1968 USA	6 groupes, dont 2 connus nationalement	42 musiciens de groupes rock, (étudiants de 19 ans)	HL* moyens (moyennes arrondies par multiples de 5 dB) Fréquences = de 125 Hz à 8kHz	Antécédents et pathologies ORL exclus Population témoin spécifique (n = 10) Conclusion de l'auteur : pas de différence significative entre musiciens et témoins.
Axelsson 1977a, 1977b Suède	Plusieurs groupes internationaux (anglais et suédois)	83 personnes Age moyen = 26.5 ans Professions = - musicien (n = 69) - ingénieur du son (n = 5) ; disc-jockey (n = 4) ; directeurs (n = 4) ; animateur (n = 1)	- 30 % d'atteintes significatives (soit 25 personnes sur 83) - Comparaisons entre 2 classes d'âge [30.5 ans (n=42)] / [22.5 ans (n=41)] : les HL (3, 4 et 6 kHz) moyens s'aggravent de 5 à 7 dB	Antécédents et pathologies ORL exclus Contrôle de l'effet de l'âge par témoins (Spoor**) Critère d'atteinte auditive : Perte > 20 dB sur une oreille et une fréquence (entre 3, 4, 6 ou 8 kHz) Conclusion de l'auteur : un risque significatif existe de perte d'audition neurosensorielle par exposition à la musique rock
Fearn 1989 Grande Bretagne	Plusieurs groupes et des musiciens étudiants	41 musiciens répartis en 2 groupes d'âge : - de 20 à 25 ans (n = 32) - de 26 à 50 ans (n = 9)	Risque significatif pour ces musiciens	Contrôle de l'effet de l'âge par témoins non musiciens appariés Conclusion de l'auteur : un risque existe, mais l'effectif est trop faible pour quantifier précisément son niveau
Fearn 1993 Grande Bretagne	Plusieurs groupes et des musiciens étudiants	75 musiciens répartis en 2 groupes d'âge : groupe a : de 16 à 30 ans (n = 64) groupe b : plus de 30 ans (n = 11)	groupe a : 31 % d'atteintes (20 musiciens sur 64) groupe b : 73 % d'atteintes (8 musiciens sur 11)	Pas de population témoin Critère d'atteinte auditive (bilatérale) : HL(3,4) - HL(2) > 15 dB ou HL(6) - HL(2) > 20 dB
Axelsson 1995 Suède	Plusieurs groupes. Musiciens et techniciens	40 musiciens et techniciens, suivis durant 16 ans : - Etude initiale (1975) (n = 40) : Age = 25.7 ans, exposition = 10.3 ans - Seconde étude (1991) (n = 40) : Age = 41.1 ans, exposition = 26.6 ans	Accroissement du nombre d'atteinte auditives excédant un seuil (calculé sur la moyenne des HL aux fréquences 3, 4, 6, 8 kHz) dans la population, en 16 ans : a) HL > 25 dB : de 5 % à 18 % b) HL > 35 dB : de 0 % à 11 %	Parmi la population de musiciens déjà examinée en 1975 (Axelsson 1977a,b), 53 personnes ont pu être réexaminée 16 ans plus tard, dont 40 sont toujours musiciens professionnels. Pathologie ORL exclue et absence d'exposition notoire au bruit hors de la musique. Bilan de l'auteur : l'audition reste proche de normale
Lee 1999 Singapour	Employés de discothèques	43 employés (serveurs, barman, caissiers, disc-jockey, technicien, agents de sécurité) Age moyen = 23.9 ± 6 ans Durée moyenne d'exposition = 2 ans	Pourcentage d'atteintes auditives : - employés de discothèques : 42 % - témoins : 14 %	Critère d'atteinte auditive : Perte > 30 dB sur une oreille et à une fréquence de 4 ou 6 kHz. Population témoin de 37 personnes (appariées sur âge, sexe)

* HL : Déficit auditif mesuré par audiométrie (Hearing level)

** Population témoin de Spoor : très semblable aux témoins ISO (écarts inférieurs à 2 dB aux fréquences de 3, 4 et 6 kHz)

Tableau 7 : Pertes d'audition des musiciens et professionnels exposés à la musique amplifiée à fort niveau.