

# **Expositions aux niveaux sonores élevés de la musique**

**Recommandations sur les niveaux acceptables**

**Janvier 2013**

## Sommaire

<b>SAISINES</b>	<b>3</b>
<b>Saisine du 30 aout 2010</b>	<b>3</b>
<b>- Saisine du 31 janvier 2012</b>	<b>6</b>
<b>GROUPE DE TRAVAIL</b>	<b>8</b>
<b>SYNTHESE ET RECOMMANDATIONS</b>	<b>9</b>
<b>EXPOSITIONS AUX NIVEAUX SONORES ELEVES DE LA MUSIQUE : RECOMMANDATIONS SUR LES SEUILS ACCEPTABLES</b>	<b>13</b>
<b>Objet de la saisine</b>	<b>13</b>
<b>Méthodes d'étude</b>	<b>13</b>
<b>Rappel de quelques notions acoustiques élémentaires</b>	<b>14</b>
<b>Réglementation actuelle pour les établissements ou locaux recevant du public et diffusant à titre habituel de la musique amplifiée : incompatibilité avec les valeurs de la législation du travail</b>	<b>15</b>
<b>Emergence de niveaux sonores très élevés dans les basses fréquences et leur dangerosité</b>	<b>16</b>
<b>Vulnérabilité des enfants et effets à long terme</b>	<b>19</b>
<b>Conclusions et recommandations</b>	<b>21</b>
<b>REFERENCES</b>	<b>25</b>

# Saisines

## Saisine du 30 aout 2010



Ministère de la Santé et des Sports

DIRECTION GÉNÉRALE DE LA SANTÉ

Sous-direction de la prévention des risques liés  
à l'environnement et à l'alimentation  
Bureau de l'environnement intérieur,  
des milieux de travail et des accidents de la vie courante  
DGS/SDEA/bureau EA2 - N° 237

Paris, le

30 AOU 2010

Personne chargée du dossier :  
Charlotte Bringer-Guérin  
Téléphone : 01.40.56.54 56  
Courriel : [charlotte.bringer-guerin@sante.gouv.fr](mailto:charlotte.bringer-guerin@sante.gouv.fr)

Le Directeur Général de la Santé

à

Monsieur le Président du Haut Conseil  
de la Santé Publique  
14 avenue Duquesne  
75350 Paris 07 SP

**Objet :** Expositions aux niveaux sonores élevés dans les basses fréquences de la musique –  
détermination d'un ou des indicateur(s) de référence et de valeurs sanitaires associées

**PJ :**

- Etude sur les mesures de niveaux sonores dans 25 discothèques d'Ile de France réalisée par le Pôle bruit régional Ile de France – version projet juillet 2010
- « La pondération « A » est-elle un indicateur pertinent de la nocivité des bruits de basses fréquences ? », Etude bibliographique, INRS CDU 612.014.45, Cahier des notes Documentaires n°144, 3<sup>ème</sup> trimestre 1991
- « The risks of amplified music for disc-jockeys working in night club », Puel and al, 2009

Les musiques actuelles ont fortement évolué ces dernières années : la contribution énergétique dans les basses fréquences des niveaux sonores élevés est plus importante qu'auparavant en raison d'une part d'une demande sociale et d'autre part de l'utilisation de systèmes de diffusion dans les fréquences entre 40 et 200 Hz.

Les personnes fréquentant les discothèques et salles de spectacle diffusant de la musique amplifiée sont exposées à des niveaux sonores élevés. En discothèque, les niveaux sonores moyens peuvent atteindre 100 à 110 dBA, avec des valeurs maximales de 115 à 120 dBA<sup>1</sup>. Lors de concerts de rock, les niveaux sonores moyens sont estimés à 105 dBA<sup>1</sup>. D'après l'analyse d'études concernant plus de 224 discothèques et 453 concerts, le niveau sonore moyen d'exposition du public en concerts, discothèques et soirées techno varie entre 95 et 100 dBA et le niveau sonore maximal peut dépasser 110 dBA<sup>2</sup>.

Le Pôle régional bruit d'Ile-de-France mène actuellement une étude portant sur les niveaux sonores diffusés dans 25 discothèques de la région et sur le niveau sonore dans les basses fréquences en particulier : les niveaux sonores moyens et maximaux exprimés en dBA et dBC ainsi qu'un indicateur de contribution des basses fréquences sont notamment mesurés. Pour l'ensemble des établissements, les niveaux sonores moyens exprimés en dBA et dBC sont estimés à 99,5 dBA et 111,5 dBC respectivement. Les niveaux sonores maximaux (niveau sonore équivalent mesuré pendant les 10

<sup>1</sup> Rapport Afsset « Indicateurs Bruit et Santé », 2004 .

<sup>2</sup> Evaluation du programme « Dose le son ! » Prévention des risques auditifs en Rhône-Alpes – année 2007-2008, novembre 2008, Observatoire Régional de la Santé Rhône-Alpes .

minutes les plus bruyantes) varient selon les établissements de 96 à 112 dBA et 106 à 126 dBC. L'écart moyen entre le niveau sonore exprimé en dBA et dBC est d'environ 12dB, ce qui traduit une forte contribution des basses fréquences. D'une façon générale, la contribution énergétique des basses fréquences est estimée à 91% de l'énergie sonore globale.

Il est démontré que l'exposition à des niveaux sonores élevés lors de l'écoute de musique amplifiée a des effets permanents sur l'audition (perte auditive, traumatismes sonores aigus) ou temporaires (acouphènes, fatigue auditive). Ainsi, l'AFSSET souligne dans son rapport « Impacts sanitaires du bruit » publié en 2004 que les expositions sonores les plus délétères en termes de santé publique (% de sujets exposés) et de pertes de sensibilité auditive statistiquement significatives sont les concerts de groupes, les discothèques et les baladeurs. Les sujets exposés au bruit présentent classiquement des pertes auditives dans les fréquences aiguës, puis si l'exposition au bruit excessif se poursuit, la déficience auditive initialement limitée aux aigus s'étend à la zone fréquentielle 1 000-2 000 Hz.<sup>3</sup>

Dans son étude bibliographique «La pondération « A » est-elle un indicateur pertinent de la nocivité des bruits de basses fréquences ? » (en pièce jointe), l'INRS met en évidence que la fonction auditive est plus altérée par des bruits riches en basses fréquences que par des bruits médiums ou aigus. En effet, les **bruits d'exposition riches en basses fréquences engendrent non seulement des atteintes auditives localisées à des fréquences basses mais aussi dans la plage des fréquences conversationnelles**. A titre d'exemple, une étude menée sur des pilotes d'avions montre ainsi que les individus exposés à des bruits de bandes d'octave centrés sur 63 Hz et de niveaux compris entre 110 et 120 dB, correspondant à 84-94 dBA, développaient une fatigue auditive (décalage temporaire des seuils) à 1000 Hz et 3000 Hz. Cette étude bibliographique conclut en particulier que la pondération A semble sous-estimer la nocivité des bruits riches en basses fréquences.

Une étude récente réalisée par le Dr Puel de l'université de Montpellier 1 montre que 76 % des disc jockeys (DJ) travaillant en discothèque ont des acouphènes. Parmi ces DJ, 64% se plaignent de sifflements correspondant à des fréquences aiguës (4000 à 8000 Hz), 28 % décrivent leurs acouphènes comme des bourdonnements à des fréquences graves entre 125 et 500 Hz, enfin 9% souffrent des deux types d'acouphènes. Les DJ inclus dans l'étude présentent des pertes auditives dans les fréquences aiguës pouvant atteindre 20dB HL à 6 000 Hz, pertes classiquement décrites chez les sujets exposés au bruit. Plus surprenant, des pertes auditives similaires sont également observées dans les fréquences graves, entre 125 et 500Hz. Les fréquences des acouphènes correspondent aux plages fréquentielles dans lesquelles prédominent les pertes auditives. Les mesures de niveau sonore réalisées pour quantifier l'exposition des DJ ont montrées des niveaux sonores très élevés dans les basses fréquences (116 et 114 dBZ à 63 et 125 Hz respectivement) pour un niveau sonore moyen exprimé de 98,7 dBA. Si l'encoche sur la bande de fréquence de 6000Hz est fréquente chez les sujets exposés au bruit, **les pertes auditives mises en évidence sur les fréquences graves constituent un phénomène nouveau, et résultent très probablement des niveaux sonores excessivement élevés dans les basses fréquences<sup>4</sup>**.

Ces études mettent en évidence la nécessité de prendre en compte l'impact sanitaire sur l'audition du public des niveaux sonores élevés dans les basses fréquences.

Or, actuellement, la réglementation pour la protection du public dans les lieux diffusant de la musique amplifiée codifiée à l'article R. 571-26 du code de l'environnement impose un niveau moyen de pression acoustique limité à 105 dBA ainsi qu'un niveau de crête de 120 dB. L'indicateur utilisé, le niveau sonore continu équivalent pondéré A, initialement conçu pour mesurer la « sensation d'intensité sonore » des bruits de faible intensité, ne prend pas en compte la contribution des basses fréquences. **Le niveau sonore continu équivalent pondéré A n'apparaît pas adapté pour prendre en compte les effets du bruit à des niveaux élevés dans les basses fréquences.**

<sup>3</sup> Le concours médical, Dossier Bruit, « L'excès de bruit altère la fonction auditive. Quels sont les symptômes ? R. Dauman », mars 2008

<sup>4</sup> Puel and al, « The risk of amplified music for DJ working in night club », 2009

Enfin, la limitation du niveau crête à 120 dB est contestée sur le terrain : d'une part, ce seuil est généralement dépassé dans la majorité des établissements diffusant de la musique amplifiée et cela même lorsque le niveau moyen de 105 dBA est respecté, d'autre part, cette valeur n'est pas fondée sur des critères sanitaires. Par ailleurs, le fait de dépasser le niveau de pression acoustique de 120dB crête n'est pas sanctionné par la réglementation.

Au vu de ce contexte, vous voudrez bien me faire part de vos conclusions sur :

- l'utilisation de la pondération « C » pour évaluer de façon pertinente les effets sur l'audition des bruits de basses fréquences.

Si l'utilisation de la pondération C s'avère inadaptée ou insuffisante, le développement d'un ou des indicateur(s) de niveau sonore prenant en compte la contribution des basses fréquences. Ces indicateurs seront adaptés au bruit généré par la musique amplifiée ou non amplifiée et devront être simples d'utilisation de façon à pouvoir être employés pour la réalisation d'actions d'inspection ;

- la pertinence de l'utilisation d'un niveau de pression acoustique crête et de sa limitation à 120 dB ;
- l'établissement d'une ou des valeur(s) de référence associées déterminant les niveaux en deçà desquels des effets sur l'audition sont écartés.

*Le Directeur Général de la Santé,*



Pr Didier HOUSSIN

## - Saisine du 31 janvier 2012



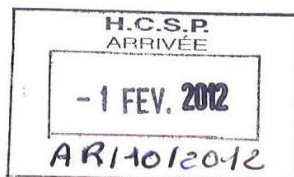
### MINISTÈRE DU TRAVAIL, DE L'EMPLOI ET DE LA SANTÉ

#### SECRETARIAT D'ÉTAT A LA SANTÉ

Direction générale de la Santé

Sous-direction « Prévention des risques liés à l'environnement et à l'alimentation » (EA)  
Bureau « Environnement intérieur, milieux de travail et accidents de la vie courante » (EA2)  
Charlotte Bringer-Guérin  
Ingénieur chargée des dossiers Bruit et Gestion locale des risques  
Tél. 01 40 56 54 56  
[charlotte.bringer-guerin@sante.gouv.fr](mailto:charlotte.bringer-guerin@sante.gouv.fr)

n° 25



Paris, le 31 JAN. 2012

Le Directeur Général de la Santé

à

Monsieur le Président du Haut  
Conseil de la Santé Publique

**Objet : Saisine rectificative – « Expositions aux niveaux sonores élevés dans les basses fréquences de la musique amplifiée – proposition d'indicateurs et de valeurs de gestion associées »**

PJ :

- Annexe : précisions sur certains éléments de contexte
- Saisine initiale « Expositions aux niveaux sonores élevés dans les basses fréquences de la musique – détermination d'un ou des indicateur(s) de référence et de valeurs sanitaires associées » en date du 30 août 2010

Je vous ai saisi le 30 août 2010 pour vous demander de déterminer un ou des indicateur(s) de référence, et des valeurs de gestion associées, en vue d'encadrer les expositions aux niveaux sonores élevés de la musique amplifiée dans les basses fréquences. Lors de la séance du 8 décembre 2010 de la commission spécialisée Risques liés à l'environnement, il est apparu nécessaire que les questions posées au HCSP soient précisées.

Afin de protéger l'audition du public, la réglementation actuelle prévoit le respect de deux valeurs limites des niveaux sonores : un niveau moyen de 105 dBA et un niveau crête de 120 dB.

Au vu de la littérature disponible et des mesures de niveaux sonores réalisées lors d'événements festifs (voir annexe), il apparaît d'une part, que les deux niveaux réglementaires ne sont pas cohérents, et d'autre part, que la mesure d'un niveau sonore pondéré « A » ne permet pas de prendre en compte la contribution importante des basses fréquences dans les musiques actuelles.

La réglementation en vigueur s'applique indifféremment quel que soient les publics et ne prend pas en compte de façon spécifique la population des enfants. Or il existe de plus en plus d'établissements proposant des spectacles pour enfants diffusant de la musique amplifiée à des niveaux sonores élevés. Les enfants constituant une population particulièrement sensible, la réponse à la saisine devra prendre en compte, aux côtés de la population adulte, la population des enfants.

La Direction Générale de la Santé propose de préparer une réglementation fondée sur l'utilisation d'un indicateur ou de la combinaison cohérente de plusieurs indicateurs associées à des valeurs limites.

Ces indicateurs pourraient être :

- un niveau sonore pondéré « A » exprimé en niveau moyen, la valeur réglementaire actuelle de 105 dBA pourrait être conservée ;
- un niveau sonore pondéré « C » exprimé en niveau moyen ;
- un niveau sonore pondéré « C » exprimé en niveau crête.

Au vu de ces précisions, vous voudrez bien me faire part de vos avis sur la nature du ou des indicateur(s) qui vous paraissent les plus pertinents afin de protéger le public exposé à de la musique amplifiée quelque soit la répartition en fréquence du spectre de la musique.

Par suite, ayant précisé ce ou ces indicateurs, vous proposerez **une ou des valeur(s) de gestion associée(s) à ce(s) indicateur(s) garantissant un niveau de risque acceptable pour le public** exposé notamment à des niveaux élevés dans les basses fréquences lors de manifestations diffusant de la musique amplifiée. Les valeurs de gestion proposées devront être adaptées à la population adulte ainsi qu'à celle des enfants. Si nécessaire, vous proposerez une ou des valeur(s) de gestion spécifique(s) à la population des enfants en précisant la ou les tranche(s) d'âge concernée(s).



*Le Directeur Général de la Santé,*

**Dr Jean-Yves GRALL**

## **Groupe de travail**

Suite à la saisine du secrétariat d'Etat à la santé du ministère du travail, de l'emploi et de la santé du 30 août 2010, puis de la saisine rectificative du 31 janvier 2012, un groupe de travail a été institué par la Commission Spécialisée Risques liés à l'Environnement (CSRE) du Haut Conseil de la santé publique (HCSP). Ce groupe s'est réuni pour la première fois le 14 mars 2012, puis le 18 avril 2012, le 2 juillet 2012, le 21 septembre 2012 et le 24 octobre 2012 pour examiner les termes de la requête et procéder à des études bibliographiques appropriées et pour répondre aux questions posées.

### Président du groupe de travail

Yves Cazals, Cnrs UMR7260, Aix-Marseille Université

### Membres du groupe de travail

Pierre Campo, Institut National de Recherche et de Sécurité pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles (INRS), Nancy

Agnès Job, Institut de recherche biomédicale des armées, Grenoble

Laurent Madec, Ecole des Hautes études en santé publique (EHESP), membre du HCSP (CSRE)

Jean-Luc Puel, Directeur de l'Institut des Neurosciences de Montpellier

### Coordination :

Kiran Ramgolam, coordonnatrice de la CSRE, secrétariat général du HCSP

### Présentation de la saisine par les commanditaires

Charlotte Bringer-Guérin, ministère en charge de la santé, Direction générale de la santé - Direction générale de la santé - Sous-direction "Prévention des risques liés à l'environnement et à l'alimentation" - Bureau "Environnement intérieur, milieux de travail et accidents de la vie courante" (EA2)

### Audition

Thomas Venet, acousticien à l'Institut National de Recherche et de Sécurité pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles (INRS) le 2 juillet 2012.

### ***Déclarations publiques d'intérêt***

Les membres du groupe de travail ont rempli une déclaration publique d'intérêt, et aucun conflit d'intérêt n'a été déclaré au HCSP.

## Synthèse et recommandations

**La saisine adressée au Haut Conseil de la Santé Publique (HCSP) lui demandait de :** « *déterminer la nature du ou des indicateurs les plus pertinents afin de protéger le public exposé à de la musique amplifiée quelle que soit la répartition en fréquence du spectre de la musique, puis de proposer une ou des valeurs de gestion associées à ces indicateurs garantissant un niveau de risque acceptable pour le public exposé. Si nécessaire il faudra proposer une ou des valeurs de gestion spécifiques à la population des enfants* ».

### Remarques préliminaires

La saisine concerne nommément la musique amplifiée. Cependant, toutes les connaissances montrent que **le caractère de dangerosité de niveaux sonores excessifs est indépendant de la nature culturelle des sons**. Les paramètres régissant la dangerosité sont le niveau sonore et la durée d'exposition avec des pondérations en fonction des fréquences acoustiques. En accord avec le champ d'application défini par la saisine : « quelle que soit la répartition en fréquence du spectre de la musique » et suivant les argumentations développées dans le présent rapport, les mesures préconisées par le HCSP s'appliquent à tout type de son, qu'il soit ou non musical.

Les indicateurs acoustiques les plus pertinents à considérer sont le niveau sonore et la durée d'exposition qui, ensemble, déterminent une quantité d'énergie acoustique absorbée par l'oreille ; c'est cette quantité d'énergie qui permet de déterminer la dangerosité d'une exposition sonore. C'est sur ces bases scientifiquement établies que sont fondées les normes internationales et nationales.

Ce rapport concerne uniquement les effets auditifs de niveaux sonores élevés. Les expositions aux niveaux sonores élevés peuvent également avoir des effets extra-auditifs physiologiques et psychologiques. Les données scientifiques sur les effets physiologiques extra auditifs portent essentiellement sur des effets cardiaques, circulatoires et de stress. Les données scientifiques sont nombreuses mais restent contradictoires ; lorsque des effets délétères sont observés ils sont assez faibles et il est impossible d'assurer qu'ils sont la conséquence des expositions et non d'autres facteurs associés. Par contre des effets psychologiques semblent clairement établis sur l'attention et les performances cognitives.

### Recommandations

Les normes internationales ont défini un seuil de dangerosité de 85 dB A pendant 8 heures qui, selon la règle d'égale énergie, associe une augmentation du niveau acoustique acceptable à des diminutions du temps d'exposition. Par exemple, si le temps d'exposition est divisé par deux, le niveau acceptable peut être doublé, c'est-à-dire augmenté de 3 dB, on obtient ainsi 88 dB A pour 4 heures, 91 dB A pour 2 heures, 94 dB A pour 1 heure ... Selon ce même principe, des sons très brefs (impulsionnels), de quelques fractions de secondes, mais de très forte intensité sonore comme les bruits d'explosion, sont aussi dangereux. Dans la réalité, les niveaux sonores sont le plus souvent fluctuants et pour cette raison les mesures acoustiques sont couramment moyennées sur quelques minutes. Or un son ayant un niveau moyen acceptable mesuré sur quelques minutes peut contenir des sons impulsionnels dangereux. C'est pourquoi des mesures complémentaires de niveaux crête sont associées aux mesures de ce niveau moyen.

Il est d'usage depuis des décennies d'utiliser une courbe de pondération en basses fréquences des niveaux acoustiques mesurés qui correspond bien à la sensibilité et à la fragilité de l'oreille : c'est la pondération A, qui s'exprime en dB A. Il reste important de mesurer les niveaux acoustiques avec une pondération plate pour toutes les fréquences, comme la pondération C, exprimée en dB C.

**Le HCSP recommande de conserver l'usage conjoint de ces deux mesures, la pondération A étant appropriée à des mesures moyennes sur des temps assez longs, la pondération C permettant de mesurer des niveaux crête lors de bruits impulsionnels.**

### ***Points particuliers de la saisine***

Un premier point concerne la réglementation actuelle pour les établissements ou locaux ouverts au public et diffusant habituellement de la musique amplifiée. Comme indiqué dans la section du rapport dédiée à cette réglementation, les valeurs en vigueur définies par l'article R.571-26 du code de l'environnement<sup>1</sup> ne sont pas associées à des durées d'exposition et sont considérées comme dangereuses selon les normes internationales et les normes nationales de protection contre le bruit. Il convient donc d'amender cette réglementation. Différents pays Européens ont des valeurs limites considérablement différentes. En Autriche le niveau est de 100 dB A pour une minute, soit 82 dB A pour 1 heure. En Allemagne le niveau est de 99 dB A pendant 30 minutes, soit 96 dB A pendant 1 heure, associé à un niveau crête de 135 dB C. En Suisse, le niveau est limité à 93 dB A pendant une heure, associé à un niveau crête de 125 dB A, mais des manifestations dont les immissions se situent à des niveaux supérieurs, dont 100 dB A sur une heure, sont autorisées (sauf pour les manifestations qui s'adressent essentiellement aux moins des 16 ans) moyennant des mesures d'accompagnement : surveillance stricte, information au public, moyens de protection et espace de récupération. En Belgique et en Suède le niveau est de 100 dB A sans considération de durée. En Italie le niveau est de 95 dB A sans considération de durée. En France le niveau est de 105 dB A sans considération de durée, associé à un niveau crête de 120 dB C. Sur la base de ces données et des normes de bruit au travail, le HCSP préconise d'utiliser la base internationale de **85 dB A pendant huit heures** qui, selon le principe d'égalité d'énergie, indique un niveau de 94 dB A pendant 1 heure, **en y associant un niveau crête de 120 dB C**. Ces préconisations se situent vers le milieu de la gamme des niveaux fixés par les pays Européens.

Un deuxième point est celui d'une considération particulière pour les basses fréquences. Le présent rapport montre que l'exposition aux basses fréquences a augmenté au cours des dernières années ; à des niveaux trop élevés celles-ci provoquent des pertes de sensibilité auditive, en particulier à des fréquences plus élevées. Ce point est intégré dans les préconisations faites ci-dessous.

Un troisième point concerne les enfants. Les données scientifiques disponibles n'indiquent pas de vulnérabilité accrue des enfants vis-à-vis de niveaux sonores excessifs, à l'exception des enfants nés prématurément qui sont plus vulnérables jusqu'au développement complet de leur oreille, lequel se situe entre six et neuf mois après la conception. Cependant, plusieurs données scientifiques récentes indiquent que l'exposition à des niveaux sonores élevés pendant la jeunesse peut conduire à une fragilité qui apparaîtra à un âge plus avancé.

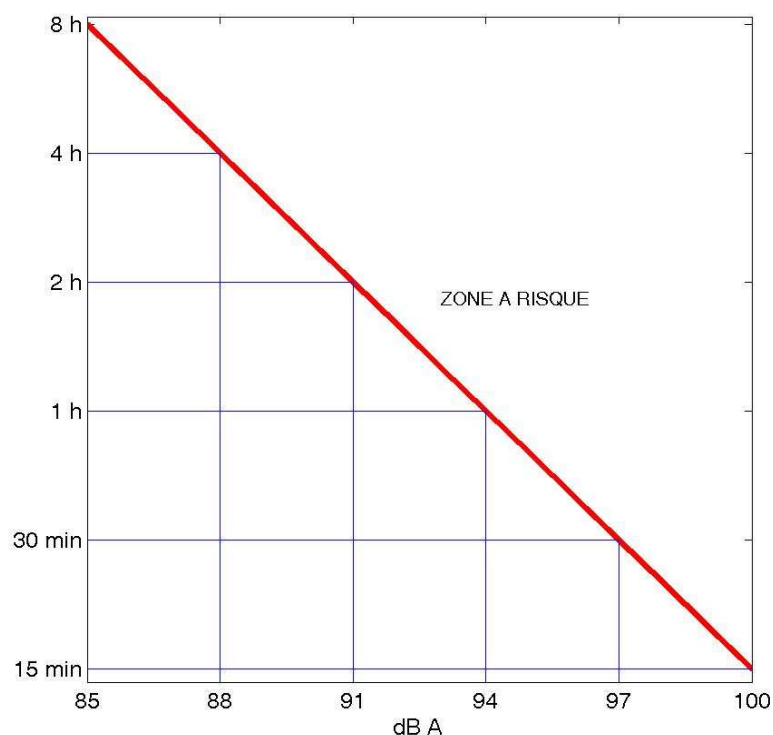
---

<sup>1</sup> Article R571-26 du code de l'environnement : En aucun endroit, accessible au public, de ces établissements ou locaux, le niveau de pression acoustique ne doit dépasser 105 dB (A) en niveau moyen et 120 dB en niveau de crête, dans les conditions de mesurage prévues par arrêté.

## Préconisations détaillées

Le HCSP préconise de se référer à la norme internationale de 85 dB pendant 8 heures mesurée en dB A et d'appliquer à partir de cette base la règle d'égale énergie pour définir des niveaux acceptables (figure 1).

Lorsque l'audience comprend des enfants, le responsable du site de diffusion acoustique doit réaliser ces deux mesures (niveau sonore et durée d'exposition) et s'assurer qu'elles restent dans les limites acceptables données dans ce graphique. Par exemple si une exposition sonore dure une heure, le responsable doit s'assurer que le niveau global ne dépassera pas 94 dB A, ou réciproquement que si le niveau global est de 94 dB A, la durée de l'exposition sera limitée à une heure. Le niveau crête ne devra jamais excéder 120 dB C.



**Figure 1 : Illustration du principe d'égale énergie : durée d'exposition sans protection « acceptable » selon l'intensité acoustique en dB A**

Pour des audiences d'adultes dans les sites dont la vocation est de diffuser de façon fréquente ou régulière des niveaux sonores élevés, le HCSP préconise qu'en plus du respect des valeurs limites proposées (niveau moyen pour une heure de 94 dB A et niveau crête maximum de 120 dB C), **soit installé un affichage continu du niveau sonore en dB A mesuré sur les dix dernières minutes**. Cet affichage devrait être **accompagné d'une information fixe** telle que : « limites de risque : 91dB/2 heures, 94dB/1 heure, 97 dB/30 minutes ... faites des pauses ». Le public ainsi informé pourra adapter son temps d'exposition aux niveaux sonores reçus, par exemple en faisant des pauses. Un affichage du graphique ci-dessus peut être un ajout bénéfique.

Le HCSP préconise aussi l'obligation de fournir une **zone de récupération auditive dans laquelle le niveau sonore n'excède pas 85 dB A**, et dont la surface soit d'au moins dix pour cent des surfaces du lieu de la manifestation.

Le HCSP préconise aussi qu'un **avertissement spécifique soit fourni concernant des dangers possibles pour les bébés des femmes enceintes lors des trois derniers mois de grossesse**, celles-ci pouvant fréquenter des lieux de musique amplifiée jusqu'à un stade avancé de la grossesse.

Le HCSP préconise aussi la **fourniture gratuite de protection pour les oreilles au public accédant à la manifestation**.

En accord avec les normes actuelles, le responsable de la manifestation doit procéder à des mesures acoustiques émises et en garder une trace pendant deux ans conformément à la **norme actuelle (NFS31-110)**. En vue de la mise en place d'un dispositif national de surveillance de l'exposition du public, le HCSP préconise que les relevés de mesures acoustiques soient systématiquement envoyées à l'ARS qui les conservera sous format électronique.

### **Remarques complémentaires**

Le HCSP préconise qu'un comité multi-professionnel de mise en œuvre de ces propositions soit constitué pour considérer et définir avec précision les domaines d'application couverts par les présentes propositions : quels sont précisément les lieux recevant du public concernés (par exemple, les studios d'enregistrement, les lieux destinés à des activités associatives, etc. ?). Ce comité pourra également définir plus précisément les modalités pour les dispositifs d'affichage et les zones de récupération, si besoin en les modulant en fonction des domaines d'activités et des situations.

Les recommandations de ce rapport doivent bien sûr s'appliquer aussi aux personnels exerçant leur profession dans des lieux diffusant des niveaux sonore élevés. Ce point particulier relève de la santé au travail.

Le HCSP préconise que, pour être comprises et acceptées, ces propositions soient associées à des campagnes d'information par exemple à l'occasion de la journée de l'audition ou de la semaine du son.

# **Expositions aux niveaux sonores élevés de la musique : Recommandations sur les seuils acceptables**

## ***Objet de la saisine***

Selon la saisine du 30 août 2010 du secrétariat d'Etat à la santé, les objectifs sont de déterminer un ou des indicateurs de référence et des valeurs de gestion associées en vue d'encadrer les expositions aux niveaux sonores élevés de la musique amplifiée dans les basses fréquences. Les objectifs précisés et étendus dans la saisine de 2012 sont de déterminer la nature du ou des indicateurs les plus pertinents afin de protéger le public exposé à de la musique amplifiée quelle que soit la répartition en fréquence du spectre de la musique, puis de proposer une ou des valeurs de gestion associées à ces indicateurs garantissant un niveau de risque acceptable pour le public exposé. Si nécessaire, il faudra proposer une ou des valeurs de gestion spécifiques à la population des enfants. Une annexe à cette saisine documente cinq points particuliers. Premièrement, l'existence de niveaux sonores élevés mesurés en discothèque et lors de festivals en plein air avec une forte contribution de l'énergie sonore dans les basses fréquences (faiblement pondérée dans les mesures réglementaires actuelles utilisant la pondération en dB A). Deuxièmement, le recueil de plaintes de parents quant à l'exposition à des niveaux sonores élevés d'enfants même très jeunes dans des parcs de loisirs et lors de divers spectacles. Troisièmement, une incohérence dans la réglementation des niveaux sonores acceptables relative aux lieux musicaux : un niveau crête de 120 dB systématiquement dépassé alors que le niveau équivalent en continu de 105 dB A est respecté. Quatrièmement, des effets sanitaires suspectés avec le risque émergent dû à l'évolution des techniques de diffusion musicale permettant des niveaux très élevés aux basses fréquences sans encadrement réglementaire. Cinquièmement, l'existence d'un projet de décret étendant le champ d'application actuel de diffusion en lieu clos à la diffusion en plein air et intégrant spécifiquement la population des enfants.

Lors de la première réunion du groupe de travail, ces objectifs ont été confirmés par C. Bringer-Guérin (Direction générale de la santé, Bureau "Environnement intérieur, milieux de travail et accidents de la vie courante") qui a présenté l'objet des saisines et les documents associés. Elle a aussi redéfini les constats qui ont amené la Direction générale de la santé à saisir le HCSP : l'exposition augmente chez les jeunes (18-25 ans) dont 81 % sont exposés au moins une fois par an à des niveaux sonores élevés et les jeunes enfants sont également exposés (Ref. circulaire du 23 décembre 2011 - Légifrance, Régl. lieux musicaux\_art R.571-25 à 30 du code de l'environnement).

## ***Méthodes d'étude***

Les études du groupe de travail ont tout d'abord consisté en une recherche de références bibliographiques de documents scientifiques pertinents aux questions posées par la saisine. Ces documents ont été sélectionnés à partir de bases bibliographiques scientifiques internationales classiques qui garantissent des publications expertisées pour acceptation par des spécialistes scientifiques internationaux. Après examen de ces références bibliographiques, des dizaines d'articles pertinents ont été sélectionnés et analysés. Le groupe s'est aussi référé à divers documents quant aux réglementations internationales déjà existantes concernant les mesures et normes de niveaux sonores. De

plus, il a considéré des données réglementaires plus particulièrement pertinentes aux objets de la saisine dans d'autres pays Européens.

### ***Rappel de quelques notions acoustiques élémentaires***

On rappelle d'abord un principe général fondé sur de nombreuses observations scientifiques et qui sous-tend toutes les réglementations internationales. Ce principe indique que les deux paramètres acoustiques importants pour estimer les risques auditifs liés à des niveaux sonores élevés sont le niveau d'intensité acoustique et le temps d'exposition. La règle reconnue et employée internationalement est celle d'égale énergie engendrant une égale dangerosité. Ainsi les règles internationales indiquent pour le bruit au travail de prendre en compte un seuil de dangerosité de 85 dB A pendant huit heures par jour et imposent de suivre le principe d'égale énergie : le niveau d'intensité sonore multiplié par le temps d'exposition reste constant. Si le niveau d'intensité sonore est deux fois plus élevé, soit 88 dB A (un doublement d'intensité sonore correspond à une augmentation de + 3dB sur l'échelle logarithmique des dB) le temps d'exposition seuil doit alors être divisé par deux, soit quatre heures par jour. Pour la très grande majorité des pays, le facteur de correction pour un doublement du temps d'exposition est de 3 dB, mais certains pays vont jusqu'à recommander une valeur de 5 dB (USA, Canada). Ce principe s'applique aussi au contenu en fréquence de l'exposition sonore, que l'intensité soit concentrée sur une bande de fréquence étroite ou large, la valeur à prendre en compte est l'intensité globale, c'est pourquoi quel que soit le contenu en fréquence, une seule mesure globale utilisant la pondération en dB A est utilisée comme norme internationale. Ceci implique aussi que ces mesures sont valides quels que soient les sons, bruits de travail ou sons de loisirs, le paramètre important est la quantité totale d'énergie acoustique. Ce principe indique aussi que des bruits même très brefs sont dangereux s'ils sont de très forte intensité acoustique, c'est le cas de bruits d'armes ou d'explosions. Dans l'application sur le terrain, des mesures d'intensité sonore, comme les niveaux acoustiques, sont le plus souvent assez fluctuants, il est recommandé de réaliser des mesures sur plusieurs minutes (niveau moyen) et aussi de réaliser des mesures des maximums instantanés (niveau crête). En effet, des niveaux moyens bas en dessous d'un seuil normatif peuvent contenir des niveaux instantanés dangereux.

Une question encore débattue concerne le niveau maximum acceptable pour des bruits impulsionnels dans une exposition dont on mesure le niveau moyen comme critère de dangerosité. La norme du standard international ISO 1999:1990 préconise un niveau tolérable de 140 dB C (Price, 1981 ; Von Gierke et al., 1982) et prévoit une surpondération possible de 5 dB. Cependant, la dangerosité dépend de façon complexe du nombre et des niveaux de ces pics transitoires d'intensité sonore ce qui a amené certains pays à instituer diverses règles. Ainsi au Danemark, la norme impose une surpondération de 5 dB lorsque les pics transitoires sont supérieurs à 115 dB A ou C plus d'une fois par minute. Cependant des travaux récents menés au Danemark (Aranda de Toro et al. 2011) suggèrent que le niveau moyen reste une bonne estimation. En France, en ce qui concerne le niveau sonore des pics transitoires, la valeur limite existante pour les lieux de loisirs est fixée à 120 dB SPL, alors que sur les lieux de travail elle est de 135 dB C, limite inférieure déclenchant la mise à disposition des protections.

Au-delà de ces mesures acoustiques élémentaires, de nombreuses autres règles de mesures plus complexes ont été développées pour quantifier plus précisément les niveaux d'exposition acoustique (voir par exemple le Rapport intermédiaire du GT Anses « Bruit et Santé » de juin 2011) cependant en vue d'une application de réglementation, ces mesures élémentaires restent le plus souvent le meilleur compromis.

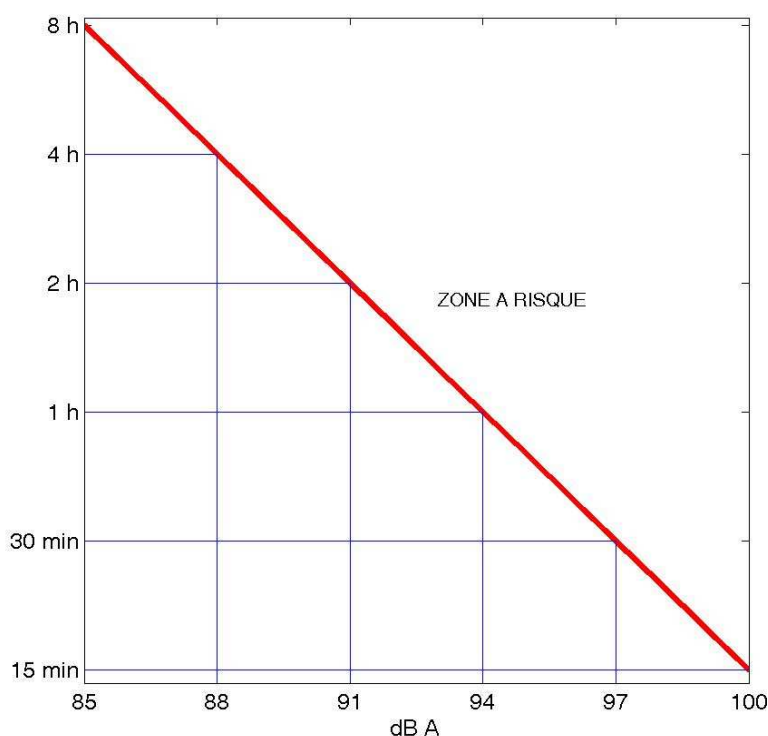
Un point supplémentaire est particulièrement pertinent à considérer.

Il est bien établi depuis de nombreuses années que des pauses dans les expositions à des niveaux sonores excessifs en diminuant la dangerosité (Kryter 1966, Clark et al. 1987). La durée efficace de ces pauses dépend de façon assez complexe des caractéristiques en fréquences et des niveaux des sons excessifs auxquels on a été exposé. Ainsi par exemple, une exposition à des basses fréquences de 330 à 600 Hz à 115 dB SPL pendant 10 minutes reste en deçà des critères de dangerosité si elle est suivie d'une période de repos sonore de 45 minutes. Mais pour une exposition à des sons de hautes fréquences de 3000 à 5000 Hz c'est un niveau de 95 dB SPL seulement qui requiert un repos sonore de 45 minutes pour rester en deçà du critère de dangerosité (Kryter et al, 1966).

### ***Réglementation actuelle pour les établissements ou locaux recevant du public et diffusant à titre habituel de la musique amplifiée : incompatibilité avec les valeurs de la législation du travail***

La règle actuelle est donnée par l'article R.571-26 (code de l'environnement) : « En aucun endroit, accessible au public, de ces établissements ou locaux, le niveau de pression acoustique ne doit dépasser 105 dB A en niveau moyen et 120 dB en niveau de crête, dans les conditions de mesurage prévues par arrêté ». On remarque que le niveau de 105 dB A n'est pas associé à un temps d'exposition. Or s'il est appliqué pendant dix minutes ou plus est nettement plus élevé que les niveaux réglementaires pour le bruit au travail indiqués par les normes internationales qui sont de 85 dB A pendant huit heures par jour (ISO 1999 :1990). Les normes européennes récemment révisées (Directive 2003/10/EC) indiquent également un niveau de 80 dB A pour les équipements acoustiques individuels portables (Cenelec Annual Report 2010). De même, le décret français n° 2006-892 du 19 juillet 2006 directement révisé dans l'alignement sur la directive européenne ramène la limite inférieure déclenchant l'action, c'est-à-dire la limite où des protections auditives doivent être proposées, de 85 à 80 dB A. Comme indiqué précédemment, il est très clairement établi que la dangerosité est indépendante de la « nature » des sons qu'ils soient musicaux ou non. La norme de 105 dB A apparaît donc clairement en contradiction avec les règles fondamentales qui régissent la dangerosité du bruit. Il convient donc de réaligner cette norme sur les autres déjà existantes. Le rapport d'information de l'assemblée nationale sur les nuisances sonores (n° 3592 juin 2011) propose aussi de modifier ces normes.

Suivant le principe d'égale énergie induisant une égale dangerosité indiqué plus haut et en se référant au niveau de 85 dB A pendant 8 heures, un niveau de 105 dB A requiert pour rester dans une zone sans risque une durée d'exposition maximale de 4 minutes environ (figure 1) . Il est évident que cette durée est quasiment incompatible avec les durées usuelles d'évènements de type spectacle proposés dans des établissements recevant du public et diffusant de la musique amplifiée. Comme pour les points suivants traités dans ce rapport, le groupe de travail propose des solutions tenant compte à la fois du niveau sonore diffusé et du temps d'exposition, associées à un affichage sur site de ces informations et aussi à une information des usagers sur la signification de ces affichages. Des propositions semblables ont été faites dans un rapport récent de l'Assemblée nationale sur les nuisances sonores (n° 3592 juin 2011).



**Figure 1 : Illustration du principe d'égalité d'énergie : durée d'exposition sans protection « acceptable » selon l'intensité acoustique en dB A**

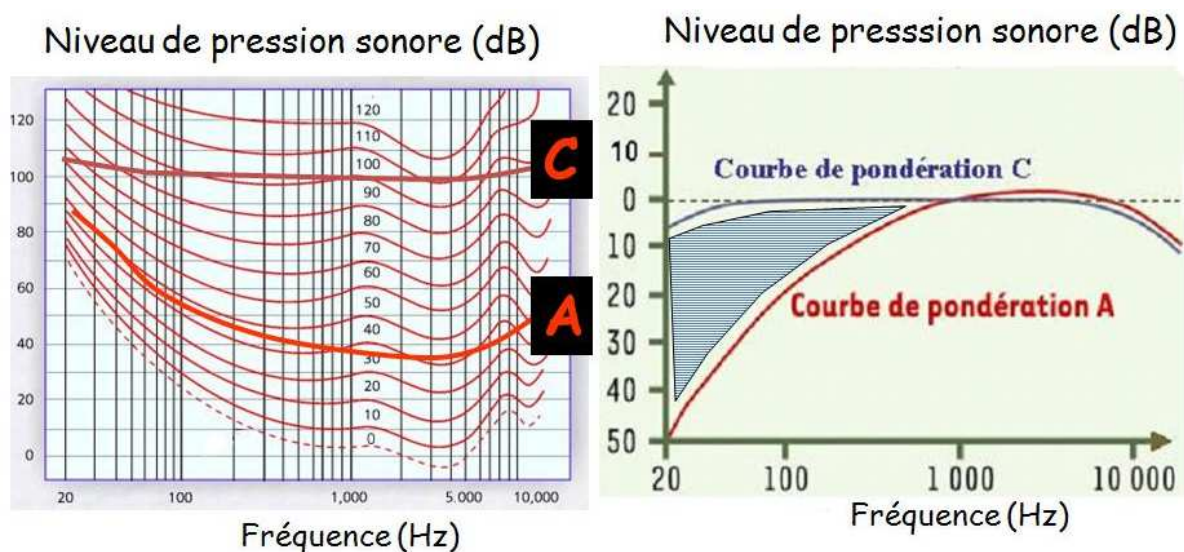
En ce qui concerne le niveau crête, il existe également une incohérence entre la législation du travail et la réglementation des lieux de loisirs. Une limite de 135 dB C donc tenant compte des basses fréquences a été instaurée par la législation du travail alors que pour les lieux de loisirs une limite de 120 dB C est recommandée (norme AFNOR NFS31-110).

### **Emergence de niveaux sonores très élevés dans les basses fréquences et leur dangerosité**

Il est incontestable qu'avec l'évolution des techniques de diffusion sonore tant au niveau individuel (écoutateurs) qu'au niveau collectif (haut parleurs), les intensités sonores dans les basses fréquences auditives se sont beaucoup élevées au cours des dernières décennies et leur énergie peut être souvent prédominante (Pôle Régional Bruit Ile de France, 2006, Observatoire régional de la santé Rhône-Alpes 2008, Potier et al. 2009). Cependant, le niveau sonore des basses fréquences est assez peu documenté en raison de l'emploi quasi exclusif de la pondération A dans les diverses études des niveaux sonores dans les lieux publics. Toutefois, plusieurs études indiquent des niveaux pouvant atteindre 120 dB ou plus en utilisant la pondération C qui n'atténue pas les basses fréquences (voir revue de littérature par l'Observatoire régional de la santé Rhône-Alpes 2008).

Traditionnellement, les niveaux sonores aux basses fréquences ont été négligés dans les normes précédemment établies et actuellement en vigueur, comme en témoigne l'usage répandu et très largement préconisé de la pondération en dB A qui sous-évalue ces fréquences pour des raisons de sensibilité différentielle de l'oreille entre basses fréquences et moyennes fréquences. Ainsi cette pondération atténue les fréquences inférieures à 1000

Hz avec une pente augmentant progressivement depuis 5 dB par octave vers 500 Hz à 10 dB par octave à l'entour de 30 Hz, les fréquences de 30 Hz étant ainsi atténuées de 40 dB. La sensibilité de l'oreille est variable selon les fréquences de sorte que deux sons de fréquence différente ayant la même intensité acoustique peuvent être perçus comme ayant une force sonore (sonie) différente (figure 2 : courbe ISO). La sonie d'un son croît régulièrement avec son intensité physique mais avec des pentes d'accroissement variables pour différentes fréquences. Depuis longtemps, on a construit des courbes d'iso-sonie indiquant pour chaque fréquence les niveaux acoustiques produisant des sonies équivalentes. Ces courbes obtenues pour des niveaux de 40, 70 et 100 dB SPL en comparaison à un son de référence d'une fréquence de 1000 Hz ont été approximées pour établir les pondérations A, B et C respectivement (fig 2 : courbes de pondération A et C). Ces pondérations permettent de mimer la variation de sensibilité de l'oreille humaine et ainsi d'approximer dans une seule mesure le niveau global de sonie de sons contenant diverses fréquences. Un objectif premier était d'estimer de façon chiffrée un niveau de gêne global pour des sons complexes. A la même époque, des mesures ont été réalisées sur les niveaux sonores minimums entraînant des surdités passagères mesurées deux minutes après la présentation de diverses fréquences. Ces courbes des niveaux acoustiques commençant à produire des surdités passagères pour différentes fréquences ont constitué les frontières de zone à risque pour la dangerosité des sons (Kryter et al. 1966, Botsford 1967) aussi appelée critère CHABA. Il s'est avéré que pour des expositions journalières de quelques heures, ces courbes étaient très proches de la pondération A qui a alors été considérée comme une mesure appropriée pour les critères de zone à risque.



**Figure 2 : courbe du champ auditif et de pondération acoustique**

Il y a sans doute d'autres arguments qui ont décidé de choisir ou au moins de conserver l'emploi de cette pondération A. Ceux-ci sont à situer dans le contexte général des observations établies depuis longtemps qui indiquent qu'un son d'une fréquence donnée induit des pertes de sensibilité maximales pour des fréquences similaires ou voisines. D'autre part, les pertes de sensibilité auditives sont assez variables selon les fréquences, l'oreille présentant une fragilité particulière à l'entour de 4000-6000 Hz de sorte qu'un audiogramme avec une perte auditive en encoche autour de cette fréquence est considérée comme le signe typique d'une exposition à des niveaux sonores excessifs. Dans le contexte des deux remarques précédentes, il a été observé que les sons de basse fréquence, même à des intensités sonores très élevées, n'engendrent pas de surdité à ces mêmes fréquences ou à des fréquences voisines, ou que celles-ci sont seulement passagères et de niveau

nettement moindre que celles induites par tous les sons de fréquence supérieures, ce qui semble valider l'emploi de la pondération A. Cependant l'enrichissement très important et presque exclusif, dans certain cas, des basses fréquences dans la musique de loisirs nous conduit à réétudier la littérature concernant les expositions exclusives aux basses fréquences.

Plusieurs études ont observé depuis longtemps que les basses fréquences à très forte intensité pouvaient induire des surdités permanentes mais sur des fréquences moyennes éloignées de plusieurs octaves. Ainsi Jerger et al. (1966) ont observé chez dix-neuf sujets humains qu'une exposition à 22 Hz à des niveaux de 119-144 dB SPL soit 69-94 dB A, il y avait 10 à 22 dB de perte de 3000 à 8000 Hz. Puis Cohen et al. (1972) ont étudié chez onze sujets humains l'effet de bruits large bande avec des pentes spectrales de +6, 0 et -6 dB par octave à un niveau de 100 dB A, le bruit avec un maximum d'énergie dans les basses fréquences induit des pertes de 250 à 8000 Hz assez semblables au bruit avec maximum d'énergie dans les fréquences élevées. Patterson et al. (1977) observent chez des sujets humains qu'une bande d'octave centrée sur 63 Hz et d'un niveau de 120 dB A pendant quatre heures produit des pertes maximales vers 1000-3000 Hz. Burdick et al. (1977) confirment ces observations chez des singes, une exposition à une bande d'octave centrée sur 63 Hz à 120 dB A induit une perte transitoire forte vers 2000 Hz et faible à 90 Hz. Burdick et al. (1978) développent ces données chez le chinchilla et indiquent qu'une bande d'octave centrée sur 63 Hz à 100, 110 et 120 dB SPL soit 74, 84 et 94 dB A pendant trois jours donnent pour 120 dB SPL des déficits auditifs temporaires de 43 dB vers 2000 Hz et des pertes permanentes de 16 dB vers 2000 Hz et de 11 dB à 1400 Hz. En comparaison une bande d'octave centrée sur 1000 Hz à 75, 85 et 95 dB A donne des pertes transitoires de 20, 45 et 61 dB à 1400 Hz, pour 95 dB A des pertes permanentes de 9 et 6 dB sont observées à 2000 et 1400 Hz. Donc à niveau égal calculé en dB A, une bande de bruit d'une octave à 63 Hz donne plus de pertes qu'une bande de bruit d'une octave à 1000 Hz. Par contre les niveaux SPL témoignaient bien d'une plus grande énergie acoustique reçue à l'exposition à 63 Hz (120 dB SPL versus 95dB SPL). Burdick et al. (1979) ont exposé des chinchillas à la combinaison d'une bande de bruit d'octave centrée sur 63 Hz et d'une autre centrée sur 1000 Hz les deux à 94 dB A, les deux expositions étaient soit simultanées soit successives, ils n'ont pas observé d'additivité des pertes. Mills et al. (1979) mesurent chez des humains l'effet d'une bande d'octave centrée à 500 Hz de 85 dB SPL et observe des déficits auditifs à des fréquences situées à environ une demi-octave au-dessus de la fréquence d'exposition mais aussi d'autres pertes vers 5500 Hz. Burdick (1979) décrit qu'une bande de bruit d'une octave centrée à 31 Hz et présentée à 120 dB SPL soit 81 dB A pendant trois jours induit une perte temporaire maximale de 36 dB à 4000 Hz et une perte permanente maximale de 13 dB à 2800 Hz. Ces observations sont corroborées par des études récentes (Raynal et al. 2006) indiquant que les pilotes de l'aéronautique, dont on sait qu'ils sont exposés à des basses fréquences très intenses, ne présentent pas particulièrement de pertes spécifiques sur les basses fréquences de leurs audiogrammes, les pertes siégeant essentiellement entre 3000 et 6000 Hz.

Ces effets délétères des basses fréquences sur des zones cochléaires codant tonotopiquement des fréquences plus élevées corroborent plusieurs travaux indiquant que des pertes cellulaires à l'apex de la cochlée ne produisent pas ou peu de pertes auditives sur les basses fréquences qui leur sont tonotopiquement associées (Schuknecht 1952, Bohne and Clark 1982, Altschuler et al. 1991), le codage des basses fréquences se fait tout le long de la cochlée par le passage de l'onde propagée.

Il est donc clairement établi que les basses fréquences inférieures à 500 Hz et jusqu'à 20 Hz (considéré comme la limite des infra-sons) peuvent détériorer la sensibilité auditive pour des niveaux à partir de 85 dB A environ.

## ***Vulnérabilité des enfants et effets à long terme***

Il est bien établi qu'il existe des périodes critiques durant le développement de l'oreille pendant lesquelles la cochlée (organe récepteur de l'audition) est plus vulnérable aux expositions aux bruits intenses que des cochlées adultes. Une revue des principaux aspects sur cette période critique et des dommages particuliers induits par des bruits durant cette période (Saunders et Chen 1982) indique des dommages accrus à divers niveaux dans la cochlée et aussi des répercussions néfastes dans les structures auditives cérébrales. Cependant, les mammifères chez lesquels ces observations ont été faites (rat, souris, hamster) naissent avec une oreille immature qui est directement exposée aux sons environnementaux (sans protection « maternelle »). Or chez l'homme, comme chez de nombreux autres mammifères, l'oreille est mature à la naissance puisque elle se développe durant les trois derniers mois de grossesse. La cochlée en développement est alors acoustiquement protégée par l'abdomen, l'utérus et le placenta qui atténuent considérablement l'énergie acoustique issue du milieu extérieur. Cette atténuation peut être de plusieurs dizaine de dB pour les fréquences aiguës mais elle est faible, voire inexistante, pour les fréquences basses (Richards 1992, Peters et al. 1993, Huang et al. 1997). Cependant, à notre connaissance, il n'existe pas de démonstration de traumatisme sonore durant la période critique prénatale chez l'homme.

Peu d'études épidémiologiques se sont intéressées aux effets auditifs des enfants exposés au bruit durant leur vie fœtale. Les études de Daniel et Laciak (1982), Lalande et al. (1986) et celle de Rocha et al. (2007) sont le plus souvent citées dans la littérature.

Daniel et Laciak, en 1982, ont réalisé deux études en une : une étude clinique et une étude expérimentale chez le cobaye. Au cours de l'étude clinique, des mesures audiométriques ont été réalisées chez 75 enfants âgés de 10 à 14 ans, nés de mères ayant travaillé pendant leur grossesse dans un atelier de tissage où le bruit ambiant avoisinait 100 dB. Sur cette population, 35 enfants présentaient des pertes auditives de 20 à 55 dB à 4 et 5 kHz, par rapport aux données audiométriques d'une population de référence du même âge. Dans cette étude, l'absence de tests audiométriques chez des enfants témoins (du même âge issus de mères ayant été peu ou pas exposées au bruit durant la grossesse), un taux de participation inconnu (rapport entre le nombre d'individus ayant participé à l'enquête épidémiologique et le nombre d'individus sollicités au départ de l'enquête), un délai de 10 à 14 ans entre l'évaluation audiométrique et l'exposition prénatale au bruit, l'absence de prise en compte d'autres facteurs d'exposition professionnelle ou extra-professionnelle et la méconnaissance des niveaux exacts et de spectre du bruit auquel la population a été exposée, diminuent considérablement la validité des résultats.

Lalande et al. (1986) ont examiné l'audition de 131 enfants, âgés de 4 à 7 ans, nés de mères exposées pendant leur grossesse à des ambiances bruyantes comprises entre 65 et 95 dB A. Les résultats de cette étude ont montré que la proportion d'enfants qui présentait une perte auditive significative d'au moins 10 dB, à 4 kHz, était 3 à 4 fois plus grande lorsque les mères avaient été exposées à un bruit dont le niveau sonore moyen calculé sur 9 mois était compris entre 85 et 95 dB A, comparée à celles ayant été exposées pendant 9 mois à un niveau sonore moyen compris entre 65 et 75 dB A. En dépit de l'utilisation par les auteurs de la pondération A qui atténue les basses fréquences, ces derniers soulignent le risque aggravant de la composante « basses fréquences » des bruits d'exposition de la mère dans l'apparition des déficits auditifs chez les enfants testés. Les principales faiblesses de cette étude sont l'erreur de mesure possible lors de la détection d'une perte auditive aussi minime que 10 dB chez des enfants et le délai de 4 à 7 ans entre l'évaluation audiométrique et l'exposition prénatale au bruit.

Enfin, Rocha et al. (2007) ont évalué à l'aide de mesures d'oto-émissions, en l'occurrence des produits de distorsions acoustiques, l'audition de 35 nouveau-nés âgés de moins de 6 mois, nés de mères ayant travaillé durant la quasi totalité de leur grossesse, soit

8 mois, dans une usine où les niveaux de bruit étaient compris entre 80 et 90 dB SPL. Parallèlement, les auteurs ont testé l'audition de 45 nouveau-nés dont les mères n'avaient pas été exposées à du bruit pendant la grossesse. Ces derniers étaient considérés comme témoins. Les résultats de cette étude montrent que l'exposition professionnelle de ces mères ne semble pas avoir affecté l'audition des nouveau-nés évaluée par la mesure des oto-émissions acoustiques. La mesure des oto-émissions acoustiques étant unanimement reconnue comme une technique plus sensible que l'audiométrie tonale classique pour mesurer les déficits auditifs dont l'origine est périphérique, il semble peu probable qu'il y ait eu un effet délétère de l'exposition de la mère sur l'audition des nouveaux-nés. Par ailleurs, aucune précision n'est donnée quant au spectre du bruit auquel la population a été exposée et le taux de participation à l'étude est inconnu. Il importe de souligner que le placenta et l'abdomen ont pu jouer leur rôle protecteur des fréquences aiguës, dont l'oreille reste la plus sensible, en faisant l'hypothèse d'intensité de basses fréquences raisonnables dans ce milieu industriel.

Par contre, bien sûr, dans le cas de naissance prématurée, l'oreille de l'enfant se développera en dehors de la protection maternelle et doit être particulièrement protégée (Graven 2000, Kellam et Bhatia 2008).

Chez l'homme, après la naissance, certaines parties de l'oreille continuent de se modifier durant le jeune âge, en particulier les caractéristiques de transmission de l'énergie acoustique par l'oreille moyenne (Hunter et al. 2008), mais ces modifications ne semblent pas avoir d'impact significatif sur la sensibilité auditive. Il n'y a pas de publication scientifique indiquant une plus grande vulnérabilité des enfants au traumatisme sonore. Il est extrêmement probable que si les enfants présentaient une vulnérabilité plus grande de nombreuses observations auraient été faites et des études auraient été menées comme pour la période critique.

Un point important assez récemment révélé est l'impact à long terme de traumatismes sonores dans un jeune âge comme indiqué dans le paragraphe ci-dessous.

Une étude de Gates et al. (2000) chez deux cent trois personnes suivies audiométriquement depuis un âge moyen de 64 ans sur plus de 15 ans, a montré que l'audition de sujets qui avaient eu des expositions à des bruit excessifs en accord avec une encoche audiométrique aux alentours de 3-6 kHz présentaient une détérioration auditive accrue avec l'âge indiquant des effets délétères à long terme d'un trauma sonore. Une aggravation similaire des déficits auditifs normalement induits par le vieillissement (presbyacousie) a été ensuite reproduite expérimentalement chez l'animal (Kujawa et Liberman 2006), il a été observé qu'un trauma acoustique chez de jeunes animaux produisait des détériorations du nerf auditif et un accroissement de la presbyacousie à un âge avancé. Des observations similaires ont été récemment confirmées par Campo et al. (2011) dans des études chez le rat indiquant qu'une exposition à un bruit traumatisant dans un jeune âge accroît les déficits induits par la presbyacousie.

## Conclusions et recommandations

Les recommandations indiquées ci-dessous constituent les réponses aux **objectifs définis par la mission** : « *déterminer la nature du ou des indicateurs les plus pertinents afin de protéger le public exposé à de la musique amplifiée quelle que soit la répartition en fréquence du spectre de la musique, puis de proposer une ou des valeurs de gestion associées à ces indicateurs garantissant un niveau de risque acceptable pour le public exposé. Si nécessaire il faudra proposer une ou des valeurs de gestion spécifiques à la population des enfants* ».

La saisine concerne nommément la **musique amplifiée**. Cependant, toutes les connaissances montrent que **le caractère de dangerosité de niveaux sonores excessifs est indépendant de la nature culturelle des sons**. Les paramètres régissant la dangerosité sont le niveau sonore et la durée d'exposition avec des pondérations en fonction des fréquences acoustiques. En accord avec le champ d'application défini par la saisine : « quelle que soit la répartition en fréquence du spectre de la musique » et suivant les argumentations développées dans le présent rapport les mesures préconisées par le groupe de travail s'appliquent à tout type de son, qu'il soit ou non musical.

Les indicateurs acoustiques les plus pertinents à considérer sont le **niveau sonore** et la **durée d'exposition** qui, ensemble, déterminent une quantité d'énergie acoustique absorbée par l'oreille, c'est cette quantité d'énergie qui permet de déterminer la dangerosité d'une exposition sonore. C'est sur ces bases scientifiquement établies que sont fondées les normes internationales et nationales.

Ce rapport concerne uniquement les effets auditifs de niveaux sonores élevés. Les expositions aux niveaux sonores élevés peuvent également avoir des effets extra-auditifs physiologiques et psychologiques. Les données scientifiques sur les effets physiologiques extra auditifs portent essentiellement sur des effets cardiaques, circulatoires et de stress. Les données scientifiques sont nombreuses mais restent contradictoires ; lorsque des effets délétères sont observés ils sont assez faibles et il est impossible d'assurer qu'ils sont la conséquence des expositions et non d'autres facteurs associés. Par contre des effets psychologiques semblent clairement établis sur l'attention et les performances cognitives.

En accord avec les données scientifiques, les normes internationales ont défini un seuil de dangerosité de 85 dB A pendant 8 heures qui, selon la règle d'égalité énergie, associe une augmentation du niveau acoustique acceptable à des diminutions du temps d'exposition. Par exemple, si le temps d'exposition est divisé par deux, le niveau acceptable peut être doublé, c'est-à-dire augmenté de 3 dB, on obtient ainsi 88 dB A pour 4 heures, 91 dB A pour 2 heures, 94 dB A pour 1 heure ... Selon ce même principe des sons très brefs (impulsionnels), de quelques fractions de secondes, mais de très forte intensité sonore comme les bruits d'explosion sont aussi dangereux. Dans la réalité, les niveaux sonores sont le plus souvent fluctuants et pour cette raison les mesures acoustiques sont couramment moyennées sur quelques minutes. Or un son ayant un niveau moyen acceptable mesuré sur quelques minutes peut contenir des sons impulsionnels dangereux. C'est pourquoi des mesures complémentaires de niveaux crête sont associées aux mesures de ce niveau moyen. Il est d'usage depuis des décennies d'utiliser une courbe de pondération en basses fréquences des niveaux acoustiques mesurés qui correspond bien à la sensibilité et à la fragilité de l'oreille : c'est la pondération A, qui s'exprime en dB A. Il est aussi important de conserver l'usage de mesurer avec une pondération plate pour toutes les fréquences, comme la pondération C, exprimée en dB C.

**Le HCSP recommande de conserver l'usage conjoint de ces deux mesures, la pondération A étant appropriée à des mesures moyennes sur des temps assez longs,**

## **la pondération C permettant de mesurer des niveaux crête lors de bruits impulsionnels.**

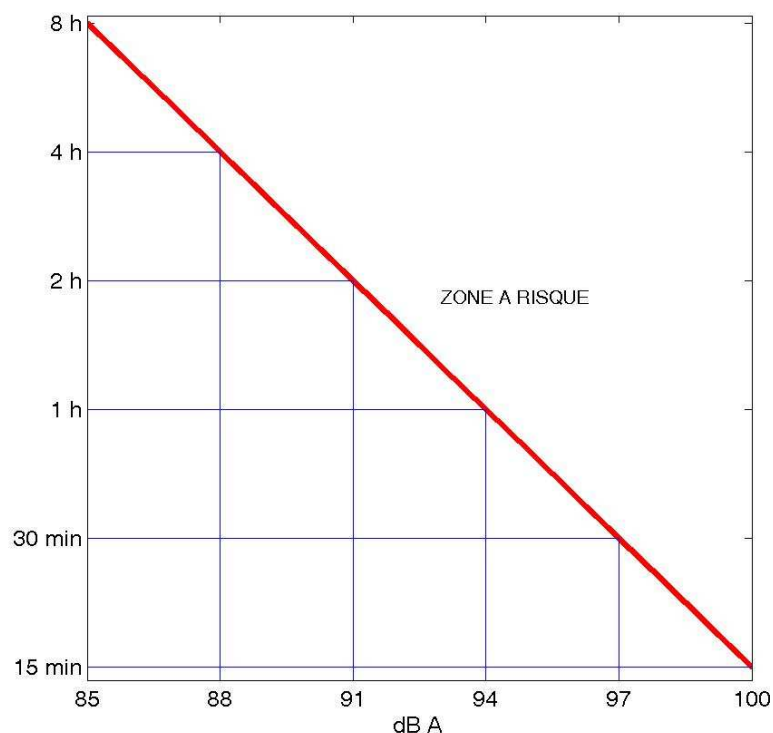
Un premier point concerne la réglementation actuelle pour les établissements ou locaux ouverts au public et diffusant habituellement de la musique amplifiée. Comme indiqué dans la section du rapport dédiée à cette réglementation, les valeurs en vigueur définies par l'article R.571-26 du code de l'environnement ne sont pas associées à des durées d'exposition et sont considérées comme dangereuses selon les normes internationales et les normes nationales de protection contre le bruit. Il convient donc d'amender cette réglementation. Différents pays Européens ont des valeurs limites considérablement différentes. En Autriche le niveau est de 100 dB A pour une minute, soit 82 dB A pour 1 heure. En Allemagne le niveau est de 99 dB A pendant 30 minutes, soit 96 dB A pendant 1 heure, associé à un niveau crête de 135 dB C. En Suisse, le niveau est limité à 93 dB A pendant une heure, associé à un niveau crête de 125 dB A, mais des manifestations dont les immissions se situent à des niveaux supérieurs, dont 100 dB A sur une heure, sont autorisées (sauf pour les manifestations qui s'adressent essentiellement aux moins des 16 ans) moyennant des mesures d'accompagnement : surveillance stricte, information au public, moyens de protection et espace de récupération. En Belgique et en Suède le niveau est de 100 dB A sans considération de durée. En Italie le niveau est de 95 dB A sans considération de durée. En France le niveau est de 105 dB A sans considération de durée, associé à un niveau crête de 120 dB C. Sur la base de ces données et des normes de bruit au travail, **le HCSP préconise d'utiliser la base internationale de 85 dB A pendant huit heures qui, selon le principe d'égalité d'énergie, indique un niveau de 94 dB A pendant 1 heure, en y associant un niveau crête de 120 dB C.** Ces préconisations se situent vers le milieu de la gamme des niveaux fixés par les pays Européens.

Un deuxième point est celui d'une considération particulière pour les basses fréquences. Le présent rapport montre que l'exposition aux basses fréquences a augmenté au cours des dernières années ; à des niveaux trop élevés celles-ci provoquent des pertes de sensibilité auditive, en particulier à des fréquences plus élevées. Ce point est intégré dans les préconisations faites ci-dessous.

Un troisième point concerne les enfants. Les données scientifiques disponibles n'indiquent pas de vulnérabilité accrue des enfants vis-à-vis de niveaux sonores excessifs, à l'exception des enfants nés prématurément qui sont plus vulnérables jusqu'au développement complet de leur oreille, lequel se situe entre six et neuf mois après la conception. Cependant, plusieurs données scientifiques récentes indiquent que l'exposition à des niveaux sonores élevés pendant la jeunesse peut conduire à une fragilité qui apparaîtra à un âge plus avancé.

**Le groupe de travail propose de se référer à la norme internationale de 85 dB pendant 8 heures mesurée en dB A et d'appliquer à partir de cette base la règle d'égalité d'énergie pour définir des niveaux acceptables (figure 1).**

Lorsque l'audience comprend des enfants le responsable du site de diffusion acoustique doit réaliser ces deux mesures (niveau sonore et durée d'exposition) et s'assurer qu'elles restent dans les limites acceptables données dans ce graphique. Par exemple si une exposition sonore dure une heure le responsable doit s'assurer que le niveau global ne dépassera pas 94 dB A, ou réciproquement que si le niveau global est de 94 dB A la durée de l'exposition sera limitée à une heure. Le niveau crête ne devra jamais excéder 120 dB C.



**Figure 1 : Illustration du principe d'égalité d'énergie : durée d'exposition sans protection « acceptable » selon l'intensité acoustique en dB A**

Pour des audiences d'adultes dans les sites dont la vocation est de diffuser de façon fréquente ou régulière des niveaux sonores élevés, il est proposé qu'en plus du respect de la norme actuelle (limitation à un niveau de 105 dB A et niveau crête maximum de 120 dB C), **soit installé un affichage continu du niveau sonore en dB A mesuré sur les dix dernières minutes**. Cet affichage devrait être **accompagné d'une information fixe** telle que : « limites de risque : 91dB/2 heures, 94dB/1 heure, 97 dB/30 minutes ... faites des pauses ». Le public ainsi informé pourra adapter son temps d'exposition aux niveaux sonores reçus, par exemple en faisant des pauses. Un affichage du graphique ci-dessus peut être un ajout bénéfique.

Le HCSP préconise aussi l'obligation de fournir une **zone de récupération auditive dans laquelle le niveau sonore n'excède pas 85 dB A**, et dont la surface soit d'au moins dix pour cent des surfaces du lieu de la manifestation.

Le HCSP préconise aussi qu'un **avertissement spécifique soit fourni concernant des dangers possibles pour les bébés des femmes enceintes lors des trois derniers mois de grossesse**, celles-ci pouvant fréquenter des lieux de musique amplifiée jusqu'à un stade avancé de la grossesse.

Le HCSP préconise aussi la fourniture gratuite de **protection pour les oreilles au public accédant à la manifestation**.

En accord avec les normes actuelles le responsable de la manifestation doit procéder à des mesures acoustiques émises et en garder une trace pendant deux ans conformément à la norme actuelle (NFS31-110). En vue de la mise en place d'un dispositif national de surveillance de l'exposition du public, le HCSP préconise que les relevés de mesures acoustiques soient systématiquement envoyés à l'ARS qui les conservera sous format électronique.

Le HCSP préconise qu'un comité multi-professionnel de mise en œuvre de ces propositions soit constitué pour considérer et définir avec précision les domaines d'application couverts par les présentes propositions : quels sont précisément les lieux recevant du public concernés (par exemple, les studios d'enregistrement, les lieux destinés à des activités associatives, etc. ?). Ce comité pourra également définir plus précisément les modalités pour les dispositifs d'affichage et les zones de récupération, si besoin en les modulant en fonction des domaines d'activités et des situations.

Les recommandations de ce rapport doivent bien sûr s'appliquer aussi aux personnels exerçant leur profession dans des lieux diffusant des niveaux sonore élevés. Ce point particulier relève de la santé au travail.

Le HCSP préconise que, pour être comprises et acceptées, ces propositions soient associées à des campagnes d'information par exemple à l'occasion de la journée de l'audition ou de la semaine du son.

## Références

- Association Française de Normalisation (AFNOR) référence NF S31-110 Novembre 2005, Acoustique - Caractérisation et mesurage des bruits de l'environnement - Grandeurs fondamentales et méthodes générales d'évaluation
- Altschuler R, Rafael Y, Prosen C, Dolan D, Moody D Acoustic stimulation and overstimulation in the cochlea : a comparison between basal and apical turns of the cochlea. In "Noise induced hearing loss", éditeurs Dancer A, Henderson D, Salvi R Hamernik R, Mosby Year Book 1991, pp60-72
- Anses, Note d'avancement GT "Bruit et santé" – juin 2012.
- Aranda de Toro MA, Ordonez R, Reuter K, Hammershoi D (2011) Is it necessary to penalize impulsive noise +5 dB due to higher risk of hearing damage ? J Acoust Soc Am, 129:3808-3817.
- Assemblée Nationale, Rapport d'information sur les nuisances sonores, rapport 3592, 28 juin 2011.
- Bohne BA, Clark WW (1982) Growth of hearing loss and cochlear lesion with increasing duration of noise exposure. In New perspectives on noise-induced hearing loss, ed. Hamernik RP, Henderson D, Salvi R, Raven Press), pp283-302.
- Botsford JH Simple method for identifying acceptable noise exposures. J Acoust Soc Am, 42:810-819.
- Burdick CK, Patterson JH, Mozo BT, Hargett CE Camp RT Jr. (1977) Threshold shifts in chinchillas exposed to low-frequency noise for nine days. J Acoust Soc Am 62:S95.
- Burdick CK, Patterson JH, Mozo BT, Camp RT Jr. (1978) Threshold shifts in chinchillas exposed to octave bands of noise centered at 63 and 1000 Hz for three days. J Acoust Soc Am. 64(2):458-466.
- Burdick CK (1979) Threshold shifts in chinchillas exposed to octave-band noise centered at 125 Hz for three days. J Acoust Soc Am 66:S63.
- Burdick CK, Mozo BT, Hargett CE (1979) Threshold shifts in chinchillas exposed to low- and high-frequency noise in combination. J. Acoust. Soc. Am. 65:S117
- Burdick CK (1980) Hearing loss in chinchillas exposed to octave bands of noise centered at 31.5 and 250 Hz. J Acoust Soc Am 67:S58-S59.
- Campo P, Damongeot A (1991) La pondération A est-elle un indicateur pertinent de la nocivité des bruits de basses frequencys ? Cahiers de notes documentaires 144, INRS Nancy.
- Campo P, Venet T, Rumeau C, Thomas A, Rieger B, Cour C, Cosnier F, Parietti-Winkler C. (2011) Impact of noise or styrene exposure on the kinetics of presbycusis. Hear Res. 280:122-32.
- Cenelec, European Committee for Electrotechnical Standardization, Annual report 2010.
- Code de l'environnement. Partie réglementaire. Livre V : Prévention des pollutions, des risques et des nuisances. Titre VII : Prévention des nuisances sonores. Chapitre Ier : Lutte contre le bruit. Section 2 : Activités bruyantes. Article R571-26.
- Cohen A, Anticaglia JR, Carpenter PL (1972) Temporary threshold shift in hearing from exposure to different noise spectra at equal dBA level. J Acoust Soc Am 51:503-507.
- Daniel T, Laciak J. [Clinical observations and experiments concerning the condition of the cochleovestibular apparatus of subjects exposed to noise in fetal li. 1982;103(4):313-8.
- Dennler G, Diener L, Müller W. (1898) The effect of noise on the fetoplacental unit (epidemiologic and experimental study). Z Gesamte Hyg. 1989 Dec;35(12):712-4.

Directive 2003/10/EC of European Parliament and of the Council of 6 February 2003 on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (noise) (17th individual Directive within the meaning of Article 16(1) of Directive 89/391/EEC). Official Journal of the European Communities. No L42/38, 15.2.2003, 2000.

Gates GA, Schmid P, Kujawa SG, Nam B, D'Agostino R. Longitudinal threshold changes in older men with audiometric notches. *Hear Res* 2000;141:220–228.

Graven SN. Sound and the developing infant in the NICU: conclusions and recommendations for care. *J Perinatol*. 2000 Dec;20(8 Pt 2):S88-93.

Griffiths SK, Pierson LL, Gerhardt KJ, Abrams RM, Peters AJ. Noise induced hearing loss in fetal sheep. *Hear Res*. 1994 Apr;74(1-2):221-30.

Huang X, Gerhardt KJ, Abrams RM, Antonelli PJ. Temporary threshold shifts induced by low-pass and high-pass filtered noises in fetal sheep in utero. *Hear Res*. 1997 Nov;113(1-2):173-81.

Hunter, L. L., Tubaugh, L., Jackson, A., et al. (2008). Wideband middle ear power measurement in infants and children. *J Am Acad Audiol*, 19, 309–324.

ISO 1999:1990 (1990). "Acoustics—determination of occupational noise exposure and estimation of noise-induced hearing impairment," International Organization for Standardization (ISO), Geneva, Switzerland.

Jerger J, Alford B, Coats A (1966) Effects of very low frequency tones on auditory thresholds. *J Speech and Hearing Research*, 9:150-160.

Kellam B, Bhatia J. (2008) Sound spectral analysis in the intensive care nursery: measuring high-frequency sound. *J Pediatr Nurs*. 23:317-323.

Kujawa SG, Liberman MC. Acceleration of age-related hearing loss by early noise exposure: evidence of a misspent youth. *J Neurosci*. 2006 Feb 15;26(7):2115-23.

Kryter KD, Ward WD, Miller JD, Eldredge DH (1966) Hazardous exposure to intermittent and steady-state noise. *J Acoust Soc Am* 39: 451-464.

Lalande NM, Héту R, Lambert J. Is occupational noise exposure during pregnancy a risk factor of damage to the auditory system of the fetus? *Am J Ind Med*. 1986;10(4):427-35.

Lataye R, Campo P (1996) Applicability of the Leq as damage risk criterion : an animal experiment. *J Acoust Soc Am*, 93:1621-1631.

Mills JH, Gilbert RM, Adkins WY (1979) Temporary threshold shifts in humans exposed to octave bands of noise for 16 to 24 hours. *J Acoust Soc Am*, 65:1238-1248.

Nielsen DW, Burnham J, Talley C. (1978) Squirrel monkey temporary threshold shift from 48-h exposures to low-frequency noise. *J Acoust Soc Am*. 64:478-484.

Observatoire Régional de la Santé Rhône-Alpes, 2008, "Dose le son" Prévention des risques auditifs en Rhône-Alpes.

Patterson JH, Burdick CK, Mozo BT, Camp RT Jr. (1977) Temporary threshold shifts in man resulting from four-hour exposures to octave bands of noise centered at 63 and 1000 Hz. *J Acoust Soc Am* 62:S95.

Peters AJ, Gerhardt KJ, Abrams RM, Longmate JA. Three-dimensional intraabdominal sound pressures in sheep produced by airborne stimuli. *Am J Obstet Gynecol*. 1993 Nov;169(5):1304-15.

Pierson LL, Gerhardt KJ, Abrams RM, Griffiths SK, Peters AJ. (1994) Effect of impulse noise on the auditory brainstem response of the fetal sheep and the adult ewe: case study. *Mil Med*. 159(11):676-80.

Pôle régional bruit, Ile de France, Bilan du réseau expérimental de déclaration des traumatismes sonores aigus, Ile de France 2004-2006 (<http://www.sante.gouv.fr/IMG/pdf/tsa06-2.pdf>)

Potier M, Hoquet C, Lloyd R, Nicolas-Puel C, Uziel A, Puel JL. (2009) The risks of amplified music for disc-jockeys working in nightclubs. *Ear Hear*. 2009 30(2):291-3. Price JR (1981)

Implications of a critical level in the ear for assessment of noise hazard at high intensities. *J Acoust Soc Am*, 69,171-177.

Raynal M, Kossowski M, Job A. Hearing in military pilots: one-time audiometry in pilots of fighters, transports, and helicopters. *Aviat Space Environ Med*. 2006 Jan;77(1):57-61.

Reeves MJ, Brandreth M, Whitby EH, Hart AR, Paley MN, Griffiths PD, Stevens JC. (2010) Neonatal cochlear function: measurement after exposure to acoustic noise during in utero MR imaging. *Radiology*. 257:802-9

Richards DS, Frentzen B, Gerhardt KJ, McCann ME, Abrams RM. Sound levels in the human uterus. *Obstet Gynecol*. 1992 Aug;80(2):186-90.

Rocha EB, Frasson de Azevedo M, Ximenes Filho JA. Study of the hearing in children born from pregnant women exposed to occupational noise: assessment by distortion product otoacoustic emissions. *Braz J Otorhinolaryngol*. 2007 May-Jun;73(3):359-69.

Saunders C, Chen C-S Sensitive periods of susceptibility to auditory trauma in mammals. *Environmental Health perspectives* 1982, 44:63-66

Schuknecht HF, Neff WD. Hearing losses after apical lesions in the cochlea. *Acta Otolaryngol*. 1952 Jun;42(3):263-74.

Von Gierke, H. E., Robinson, D. W., and Karmy, S. J. (1982). "Results of a workshop on impulse noise and auditory hazard," *J. Sound Vib*. 83(4), 579–584.