La protection individuelle contre le bruit en agriculture

C. LAGUË

Département de génie rural, FSAA, Université Laval, Québec, PQ, Canada G1K 7P4. *Reçu le 10 décembre 1991; accepté le 23 juin 1992.*

Laguë, C. 1992. **La protection individuelle contre le bruit en agriculture.** Can. Agric. Eng. **34**:287-290. Les notions fondamentales sur la propagation du son et sur la détermination du niveau des signaux sonores sont rappelées. Les caractéristiques typiques de deux dispositifs de protection individuelle contre le bruit particuliers, les bouchons d'oreilles et les coquilles supra-auriculaires, sont présentées. En général, ces dispositifs offrent une protection maximale contre des sons dont la fréquence est supérieure à 2000 Hz. Deux exemples pratiques sont présentés afin d'expliciter la démarche permettant de déterminer le degré de protection offert par l'utilisation de ces dispositifs pour des bruits dont on connaît la distribution spectrale du niveau sonore. Il est recommandé que des mesures sur la distribution spectrale et le niveau des bruits soient conduites pour la plupart des équipements bruyants utilisés sur les fermes canadiennes, ainsi que sur les caractéristiques d'atténuation sonore des divers dispositifs individuels de protection contre le bruit disponibles sur le marché, afin de déterminer le dispositif le plus approprié dans chacun de ces cas. Les résultats de ces études devraient être communiqués aux producteurs et aux travailleurs agricoles afin de les inciter à adopter les mesures de protection recommandées.

Fundamental laws of sound propagation and for the determination of sound pressure are reviewed. Typical characteristics of two individual hearing protection devices (ear plugs and ear muffs) are presented. These devices generally offer a maximum level of protection for sounds having a frequency greater than 2000 Hz. Two practical examples are used in order to demonstrate a method for determining the level of protection associated with these devices for sounds for which the spectral distribution of noise intensity is known. It is recommended that such measurements of noise levels be conducted for most of the agricultural machines, machine combinations, and other noisy equipment used on Canadian farms, and also on the acoustical characteristics of the various individual hearing protection devices available on the market, in order to select the most appropriate protection device for each case. Farmers and agricultural workers should be informed of the results of such studies so that they can adopt and use the recommended protection devices.

INTRODUCTION

Les producteurs et travailleurs agricoles oeuvrant sur les fermes modernes sont quotidiennement exposés à de nombreuses sources de bruit: tracteurs et autres machines aratoires, convoyeurs, compresseurs, ventilateurs, pompes à vide, etc. Lorsque le niveau de ces bruits et/ou que la période d'exposition des travailleurs à ceux-ci augmentent, il peut en résulter une détérioration progressive, indolore et permanente de leur acuité auditive (Suggs 1988; Turnquist et al. 1973). Lors du Salon international de la machinerie agricole tenu à Montréal en 1988, une équipe du CLSC Arthur-Caux de Laurier-Station (Québec) a conduit une série de tests audiométriques informels sur des agriculteurs visitant le salon. Plus de 50% des producteurs agricoles ainsi testés présentaient, à des degrés divers, une perte d'acuité auditive vraisemblablement causée par des expositions répétées à des bruits de niveaux excessifs.

Il existe trois façons d'atténuer le niveau des bruits auxquels sont exposés les travailleurs agricoles: la réduction du bruit à la source, l'installation de barrières acoustiques entre la source de bruit et les personnes exposées et l'utilisation de dispositifs de protection individuelle contre le bruit par les travailleurs (Mulholland 1985). Cette note technique porte sur les différents dispositifs de protection individuelle et sur leur efficacité à réduire l'amplitude des bruits atteignant l'oreille.

NOTIONS FONDAMENTALES

Le son, dont les bruits ne constituent qu'une manifestation particulière indésirable et gênante, est un phénomène physique caractérisé par la propagation de déformations à l'intérieur d'un milieu matériel. Ces déformations se propagent sous la forme d'ondes sonores qui se différencient par leur vitesse, leur fréquence et leur amplitude (Harris 1979). L'amplitude d'une onde sonore s'exprime généralement en fonction des différences maximales de pression interne à l'intérieur du milieu où l'onde se propage. Ainsi, la pression totale en un point situé à l'intérieur du champ de propagation d'une onde sonore transmise dans l'air varie en fonction du temps selon:

$$P(t) = P_{atm} + p(t) \quad (1)$$

où:

$P(t)$ = pression totale au point considéré à l'instant t (kPa),
P_{atm} = pression atmosphérique moyenne à ce point (kPa),
$p(t)$ = $p_0 \sin(2\pi ft)$,
p_0 = amplitude de l'onde sonore (kPa),
f = fréquence de l'onde sonore (Hz), et
t = temps (s).

On utilise une échelle logarithmique en décibels (dB) pour exprimer l'amplitude d'une onde sonore. Le niveau sonore en dB est relié à l'amplitude correspondante de l'onde sonore par la relation (Cheremisinoff et Cheremisinoff 1977):

$$N = 20 \log\left(\frac{p_{rms}}{p_{réf}}\right) \qquad (2)$$

où:

N = niveau sonore de l'onde (dB),

$p_{réf}$ = pression de référence = 20 x 10^{-9} kPa;

$$p_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T [\,p(t)\,]^2 dt}$$

p_{rms} = amplitude rms de l'onde sonore (kPa), and

T = période de l'onde sonore (s).

Un niveau sonore égal à 0 dB correspond à l'amplitude la plus faible perceptible par l'oreille humaine à des fréquences comprises entre 500 et 5000 Hz. L'amplitude d'un signal sonore double lorsque le niveau sonore, tel que déterminé à l'aide de l'éq. 2, augmente d'une valeur de 6 dB; de même, une augmentation de 20 dB est équivalente à un décuplement de l'amplitude du signal sonore.

La plupart des sons, et donc des bruits, sont composés d'ondes sonores ayant des fréquences différentes. Afin de pouvoir les analyser, on a divisé le spectre des fréquences audibles par l'oreille humaine (compris entre 20 et 20000 Hz) en un certain nombre de gammes, appelées octaves, dont les fréquences centrales sont de 32, 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 et 16000 Hz. La plupart des sonomètres modernes permettent de mesurer les amplitudes individuelles des signaux de fréquences différentes qui composent un son particulier.

La réponse de l'oreille humaine n'est pas la même sur toute l'étendue du spectre des fréquences audibles; elle est maximale pour des ondes sonores dont la fréquence est comprise entre 500 et 5000 Hz et décroît de chaque côté de cette plage centrale (Lescouflair 1979). Afin de tenir compte de ce phénomène et d'obtenir une meilleure évaluation du niveau sonore tel que perçu par l'être humain, il est nécessaire de pondérer les niveaux sonores absolus (exprimés en dB) à l'aide d'une échelle correspondant à la courbe de réponse de l'oreille humaine. L'échelle la plus utilisée à cette fin est celle du réseau pondérateur A; les niveaux sonores ainsi corrigés sont alors exprimées en dB(A).

DISPOSITIFS DE PROTECTION INDIVIDUELLE CONTRE LE BRUIT

Les dispositifs de protection individuelle contre le bruit comprennent tous les appareils destinés à réduire le niveau des ondes sonores au niveau de l'oreille. De ces dispositifs, les plus utilisés en agriculture ainsi que dans l'industrie sont de deux types: ceux qui sont insérés à l'intérieur du canal auditif (dispositifs intra-auriculaires ou bouchons d'oreille) et ceux qui enferment totalement l'oreille externe à l'intérieur d'une coquille hermétique (dispositifs supra-auriculaires ou coquilles) (Lescouflair 1979; Nixon 1979).

Les bouchons d'oreille sont fabriqués en plusieurs modèles et à partir de plusieurs matériaux (plastique, caoutchouc, silicone, coton ou laine minérale). La figure 1 présente une courbe typique d'atténuation du bruit obtenue à l'aide de bouchons d'oreille en fonction de la fréquence des ondes sonores. Ce type de dispositif de protection est plus efficace pour des ondes de haute (>1000 Hz) que de basse fréquence. L'atténuation sonore maximale offerte par ce type de dispositif s'élève à environ 35 dB pour des ondes sonores de fréquence supérieure À 8000 Hz. à cause de la grande variabilité dans la dimension, la forme et la courbure du canal auditif humain, il peut être difficile de trouver des bouchons d'oreille s'adaptant parfaitement à son oreille. Or, un bouchon d'oreille mal ajusté peut entraîner de l'inconfort, des irritations, voire même des infections. De plus, ses caractéristiques d'atténuation du bruit ne seront pas aussi bonnes si le bouchon d'oreille n'obture pas complètement le canal auditif.

Les protecteurs supra-auriculaires sont constitués de deux coquilles rigides recouvrant complètement chacune des oreilles et retenues ensemble par un arceau. Une courbe typique d'atténuation du bruit par un dispositif de ce type est également présentée à la Fig. 1. Ces dispositifs sont aussi plus efficaces à haute qu'à basse fréquence et leurs caractéristiques d'atténuation sont meilleures que celles des bouchons d'oreille pour la plupart des fréquences. Une atténuation sonore maximale de l'ordre de 45 dB peut ainsi être obtenue pour des sons dont la fréquence est comprise entre 2000 et 4000 Hz. Des coussins souples faits de plastique ou de caoutchouc mousse fixés en bordure des coquilles et s'appuyant sur les parois du crâne assurent à ces dispositifs une très bonne étanchéité sonore.

Il est également possible d'utiliser simultanément des bouchons d'oreille et des coquilles afin de réduire encore plus le niveau des bruits. On obtient alors une atténuation sonore ayant l'allure générale illustrée à la Fig. 1. La valeur maximale de l'atténuation ainsi obtenue atteint environ 55 dB pour des fréquences supérieures à 2000 Hz.

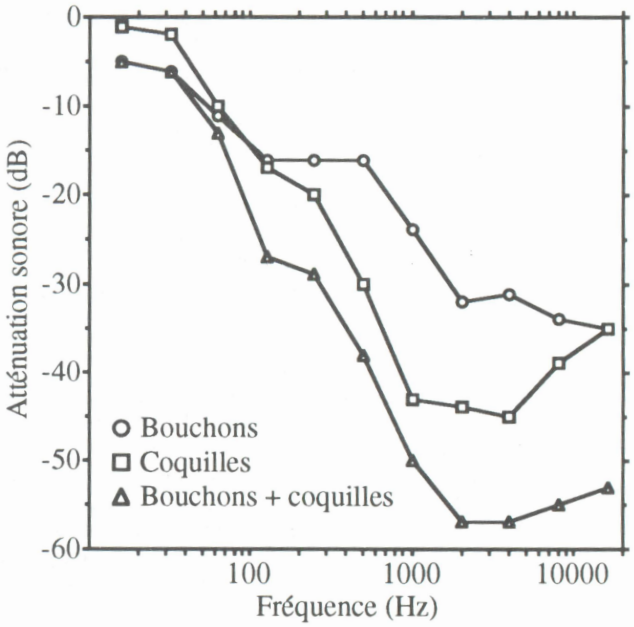

Fig. 1. Courbes d'atténuation sonore caractéristiques pour divers dispositifs de protection individuelle contre le bruit [adapté de Nixon (1979) et de Lescouflair (1979)].

EXEMPLES D'APPLICATIONS

Afin de déterminer le degré de protection offert par un dispositif de ce type, il est d'abord nécessaire de procéder à une analyse spectrale du bruit dont on désire se protéger. L'atténuation sonore procurée par le dispositif de protection

envisagé en est ensuite soustraite afin d'obtenir la distribution en fréquence du bruit ainsi affaibli perçu par l'oreille.

Cette démarche est illustrée aux Figs. 2 et 3 pour deux sources de bruit différentes rencontrées couramment sur la ferme; soient une scie à chaîne et un tracteur agricole. Les niveaux sonores perçus par les opérateurs de ces machines ont été obtenues de la littérature (Suggs 1988). Pour chaque machine, les distributions spectrales du niveau sonore atténué ont été établis pour chacun des trois dispositifs de protection individuelle contre le bruit (i.e. bouchons d'oreille, coquilles et port combiné de bouchons et de coquilles). Pour ce faire, nous avons soustrait, pour chacune des fréquences centrales des différents octaves, la valeur de l'atténuation sonore correspondant au dispositif de protection utilisé (i.e. Fig. 1) du niveau sonore de l'équipement considéré. Les courbes correspondant à un niveau sonore pondéré de 90 dB(A) pour les différents octaves, soit le niveau maximal permissible pour une période d'exposition quotidienne maximale de 8 heures au Québec et en Ontario, sont également présentées sur les deux figures à titre de référence.

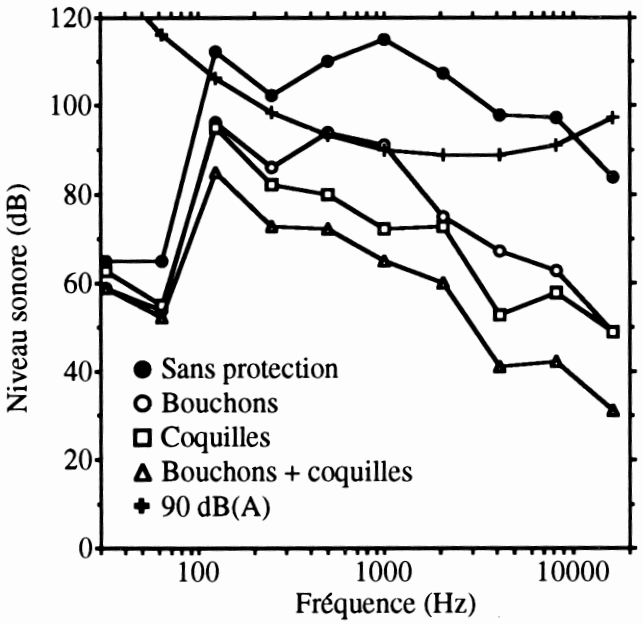

Fig. 2. Bruit produit par une scie à chaîne.

À partir de ces courbes de distribution des niveaux sonores générés par les équipements (avec ou sans protection) par octave, il est possible de calculer le niveau sonore résultant pour l'ensemble du spectre selon (Irwin et Graf 1979):

$$N_t = 10 \log \left[\sum_{i=1}^{n} 10^{0,1 N_i} \right] \qquad (3)$$

où:

N_t = niveau sonore résultant (dB(A)),

n = nombre total d'octaves considérés, et

N_i = niveau sonore mesuré pour l'octave i (dB(A)).

La scie à chaîne (Fig. 2) produit des bruits dont le niveau par octave dépasse 90 dB(A) pour des fréquences comprises entre 100 et 10000 Hz environ et son niveau sonore global, tel que déterminé au moyen de l'éq. (3), atteint 116,5 dB(A). L'utilisation de bouchons d'oreilles permet d'abaisser les niveaux sonores à des niveaux inférieurs à 90 dB(A) pour la presque totalité du spectre audible, sauf une étroite bande comprise entre 500 et 1000 Hz. Pour cette machine particulière, il serait donc préférable d'utiliser des coquilles ou encore des coquilles en conjonction avec des bouchons d'oreille puisqu'alors les bruits de toutes fréquences provenant à l'oreille de l'opérateur se situent sous la barre des 90 dB(A). Les niveaux sonores globaux perçus par un opérateur utilisant chacun de ces dispositifs de protection s'élèvent à 94,25 dB(A) (bouchons d'oreille), 82,79 dB(A) (coquilles) et 73,54 dB(A) (bouchons et coquilles). Ces divers dispositifs procurent ainsi une atténuation du niveau sonore de la scie à chaîne variant entre 22,25 et 42,96 dB(A), ce qui correspond à une importante réduction de la pression acoustique au niveau de l'oreille. Cette réduction est de l'ordre de plus de 10 dans le cas des bouchons d'oreille et excède 100 pour le port combiné de bouchons et de coquilles.

Les bruits liés au tracteur agricole (Fig. 3) dépassent légèrement le seuil des 90 dB(A) entre 100 et 3000 Hz environ et leur niveau sonore global (éq. 5) atteint 101,3 dB(A). L'utilisation de l'un ou l'autre des trois dispositifs de protection permet de ramener le niveau sonore des bruits de ce tracteur sous la limite de 90 dB(A) pour l'ensemble du spectre audible comme il est illustré. Le niveau sonore global obtenu grâce à l'un ou l'autre des trois dispositifs de protection étudiés est ramené respectivement à 83,53 dB(A) avec le port de bouchons d'oreille, 79,65 dB(A) avec les coquilles et 71,04 dB(A) avec le port combiné de ces deux dispositifs. L'atténuation du niveau sonore global de ce tracteur observée varie ainsi entre 17,77 dB(A) et 30,26 dB(A) et la réduction correspondante de la pression sonore à l'oreille est d'environ 6 pour le port des bouchons d'oreille et atteint plus de 30 dans le cas où des bouchons d'oreille et des coquilles sont utilisés simultanément.

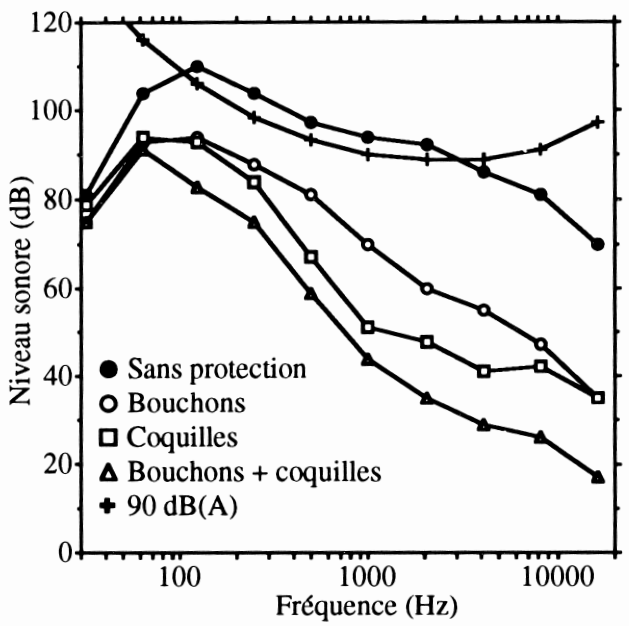

Fig. 3. Bruit produit par un tracteur agricole.

RECOMMANDATIONS

Les exemples présentés plus haut confirment que des dispositifs simples de protection contre le bruit, tels les bouchons d'oreille et les coquilles, peuvent atténuer considérablement le niveau des bruits parvenant aux oreilles des producteurs et travailleurs agricoles exposés.

Il est donc recommandé que:

1. Des mesures sur la distribution spectrale du niveau sonore des bruits soient conduites pour la plupart des machines, combinaisons de machines agricoles et équipements bruyants de toutes sortes utilisés sur les fermes canadiennes dont le niveau sonore global excède 90 dB(A);

2. Des mesures sur la distribution spectrale de l'atténuation sonore offerte par les divers dispositifs de protection individuelle contre le bruit disponibles sur le marché soient également complétées;

3. La méthode présentée à l'intérieur de cette note technique soit utilisée afin de déterminer le dispositif individuel de protection le plus approprié dans chacun de ces cas.

Les résultats de ces études devraient ensuite être communiqués aux producteurs et aux travailleurs agricoles afin de les inciter à adopter les mesures de protection recommandées.

REFERENCES

Cheremisinoff, P.N. et P.P. Cheremisinoff. 1977. *Industrial Noise Control Handbook*. Ann Arbor, MI: Ann Arbor Science Publishers Inc.

Harris, C.M. 1979. Introduction, terminology, abbreviations, and symbols. Dans *Handbook of Noise Control*, éd. C.M. Harris, chapitre 1, 1.1 - 1.15. New York, NY: McGraw-Hill Book Company.

Irwin, J.D. et E.R. Graf. 1979. *Industrial Noise and Vibration Control*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.

Lescouflair, G. 1979. *Le bruit industriel: ses méfaits et son contrôle*. Québec, PQ: Les Presses de l'Université Laval.

Mulholland, K.A. 1985. Noise control. Dans *The Noise Handbook*, éd. W. Tempest, chapitre 11, 281 - 301. Londres, U.K.: Academic Press Inc.

Nixon, C.W. 1979. Hearing protective devices: ear protectors. Dans *Handbook of noise control*, éd. C.M. Harris, chapitre 12, 12.1 - 12.13. New York, NY: McGraw-Hill Book Company.

Suggs, C.W. 1988. Human factors - vibration and noise in the workplace. Dans *Handbook of Engineering in Agriculture (Volume I)*, éd. R.H. Brown, 85 - 109. Boca Raton, FL: CRC Press, Inc.

Turnquist, P.K., H.J. Trefz et D. Klapperich. 1973. Acoustical ear muffs for agricultural tractor use. *Transactions of the ASAE* 16(5): 817-820.