



**HAL**  
open science

# Les nuisances sonores dans le milieu agricole : étude sonométrique et audiolgique

Nicolas Derumaux

► **To cite this version:**

Nicolas Derumaux. Les nuisances sonores dans le milieu agricole : étude sonométrique et audiolgique. Médecine humaine et pathologie. 2013. hal-01858598

**HAL Id: hal-01858598**

**<https://hal.univ-lorraine.fr/hal-01858598>**

Submitted on 21 Aug 2018

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

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



## AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact : [ddoc-memoires-contact@univ-lorraine.fr](mailto:ddoc-memoires-contact@univ-lorraine.fr)

## LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10

[http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg\\_droi.php](http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php)

<http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm>



**UNIVERSITÉ  
DE LORRAINE**



# **LES NUISANCES SONORES DANS LE MILIEU AGRICOLE :**

**ÉTUDE SONOMÉTRIQUE ET AUDIOLOGIQUE**

## **Mémoire**

Présenté pour l'obtention du  
Diplôme d'État d'Audioprothésiste

par

**Nicolas Derumaux**

Novembre 2013

*Je tiens à dédier ce mémoire à ma grand-mère Mme Gisèle COTEL pour sa douceur et sa gentillesse. Sans elle, je n'aurais certainement jamais eu la chance de réaliser ces études. Elle qui aurait tout donné pour être présente aujourd'hui et entrevoir le professionnel que je deviens.*

Avant tout développement de cette expérience de recherche et de synthèse, je tiens à remercier les personnes qui m'ont permis de construire ce mémoire : il m'apparaît opportun de commencer ce mémoire par des remerciements sincères.

À mes enseignants de l'Université de Lorraine, qui m'ont permis d'acquérir les bases indispensables à l'exercice de cette profession :

- Mr Joël DUCOURNEAU, responsable de l'enseignement d'audioprothèse à la faculté de pharmacie de Nancy. Pour la qualité de son enseignement, pour son aide lors des différentes études réalisées dans ce mémoire, ainsi que pour l'avoir corrigé.
- Mme le professeur Pascale FRIANT-MICHEL, pour la qualité de son enseignement et son aide lors du choix de ce sujet.

Mon maître de stage Mr DETANT et la société AMPLIFON pour m'avoir accueilli dans leur laboratoire d'audioprothèse.

Mr Patrick ALLARD et Mme Pascale GOUTARD, tous deux médecins à la MSA. Leur aide m'a été précieuse pour la réalisation des audiogrammes.

Mme Alice DEBONNET-LAMBERT, directrice du Centre d'Information et de Documentation sur le Bruit (CIDB), pour m'avoir ouvert les portes de sa bibliothèque.

Ma mère ainsi qu'à mes frères et sœur, puissent-t-il modestement symboliser mes remerciements pour les nombreux sacrifices qu'ils ont consentis afin que je puisse exercer ce beau métier.

Mon grand-père Mr Guy COTEL sans qui je ne serais jamais arrivé où j'en suis aujourd'hui et qui restera ma référence.

Mes amis, je pense en particulier à Rémi CALMETTE qui m'a largement aidé dans mes moments de doute.

# Table des matières

INTRODUCTION.....	1
<b>CHAPITRE I : NOTION D'ACOUSTIQUE</b>	
<b>I - CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES DU BRUIT.....</b>	<b>4</b>
1) BRUITS CONTINUS.....	4
2) BRUITS INTERMITENTS [1].....	8
3) BRUITS IMPULSIONNELS [1] .....	10
<b>II) – CARACTÉRISTIQUES PHYSIOLOGIQUES DU BRUIT .....</b>	<b>11</b>
1) LA FRÉQUENCE.....	11
2) LA PRESSION ACOUSTIQUE .....	11
3) COURBE ISOSONIQUE ET PONDÉRATIONS [4].....	13
4) LA TONIE OU SENSATION DE HAUTEUR TONALE.....	16
5) LA SONIE .....	16
6) LE NIVEAU SONORE ÉQUIVALENT : $L_{Aeq,T}$ .....	18
7) LE NIVEAU CRÊTE ( $L_{pc}$ ou $L_{cpk}$ ).....	18
8) LE NIVEAU D'EXPOSITION QUOTIDIEN AU BRUIT : $L_{EX,8H}$ ou $L_{EX,d}$ .....	18
<b>CHAPITRE II: ANATOMIE ET PHYSIOLOGIE DE L'AUDITION</b>	
<b>I - L'OREILLE EXTERNE .....</b>	<b>21</b>
<b>II - L'OREILLE MOYENNE .....</b>	<b>21</b>
<b>III - L'OREILLE INTERNE.....</b>	<b>22</b>
<b>IV - LA TRANSMISSION MÉCANIQUE .....</b>	<b>23</b>
1) LA CHAÎNE DES OSSELETS .....	23
2) RÔLE DES FENÊTRES .....	24
3) MEMBRANE BASILAIRE ET ANALYSE TOPOGRAPHIQUE DES SONS.....	25
4) CELLULES SENSORIELLES ET MOUVEMENTS CILLIAIRES.....	25
5) L'APPAREIL NEUROSENSORIEL .....	26

<b>V - LE CODAGE DE L'INFORMATION.....</b>	<b>27</b>
1) LE CODAGE EN FRÉQUENCE.....	27
2) LE CODAGE DE L'INTENSITÉ.....	27
<b>VI - SURDITÉ ET DIAGNOSTIC .....</b>	<b>28</b>

### **CHAPITRE III: LES EFFETS DU BRUIT SUR L'ORGANISME**

<b>I - LES EFFETS GÉNÉRAUX DU BRUIT SUR L'ORGANISME.....</b>	<b>29</b>
1) LES EFFETS CARDIO-VASCULAIRES.....	30
2) LES EFFETS SUR L'ÉLECTROENCEPHALOGRAMME .....	30
3) LES EFFETS SUR L'APPAREIL DIGESTIF .....	30
4) LES EFFETS SUR LA RÉSISTANCE CIRCULATOIRE PÉRIPHÉRIQUE .....	30
5) LES EFFETS SUR L'APPAREIL RESPIRATOIRE.....	31
6) LES EFFETS NEUROMUSCULAIRES.....	31
7) LES EFFETS SUR LA VISION.....	31
8) LES EFFETS SUR LA CONCENTRATION .....	31
<b>II - LES EFFETS PHYSIOLOGIQUES DU BRUIT SUR L'ORGANISME .....</b>	<b>32</b>
1) EFFET DE MASQUE .....	32
2) L'ADAPTATION AUDITIVE .....	33
3) LA FATIGUE AUDITIVE .....	34
4) ASPECT CLINIQUE DE LA SURDITÉ PROFESSIONNELLE .....	34
5) LES DIFFÉRENTES PHASES DE LA SURDITÉ PROFESSIONNELLE .....	35

### **CHAPITRE IV : QUESTIONNAIRE « LE BRUIT DANS LE MILIEU AGRICOLE »**

<b>I - MÉTHODOLOGIE GÉNÉRALE DE DIFFUSION DU QUESTIONNAIRE .....</b>	<b>38</b>
<b>II - EXPLOITATION DU QUESTIONNAIRE .....</b>	<b>39</b>
<b>III – CONCLUSION DE L'ENQUÊTE .....</b>	<b>44</b>

## **CHAPITRE V : ÉTUDE SONOMÉTRIQUE DES TRAVAUX AGRICOLES**

<b>I - ASPECTS LÉGISLATIFS DU BRUIT AU TRAVAIL .....</b>	<b>46</b>
1) DIRECTIVE 2003/10/CE DU PARLEMENT EUROPÉEN ET DU CONSEIL DU 6 FEVRIER 2003 [16]	
46	
2) LA NORME NF 31-084 [17].....	48
3) TERMES ET DÉFINITIONS .....	49
<b>II - ÉTUDE SONOMÉTRIQUE EN ATELIER AGRICOLE [23] .....</b>	<b>51</b>
1) PROTOCOLE DE L'ÉTUDE.....	51
2) INTERPRETATION DES RÉSULTATS .....	53
<b>III - ÉTUDES SONOMÉTRIQUES DES TRAVAUX AGRICOLES HORS ATELIERS ....</b>	<b>54</b>
1) MATERIEL UTILISÉ .....	54
2) LE PROTOCOLE .....	55
3) INTERPRETATION DES RÉSULTATS .....	58

## **CHAPITRE VI : ÉTUDE AUDIOMÉTRIQUE DES TRAVAILLEURS AGRICOLES**

<b>I - METHODOLOGIE GÉNÉRALE DE L'ÉTUDE, EXAMEN MEDICAL ET</b>	
<b>AUDIOMÉTRIQUE .....</b>	<b>61</b>
<b>II - INFLUENCE DU TRAVAIL SUR L'AUDITION DE L'AGRICULTEUR.....</b>	<b>64</b>
1) POPULATION ETUDIÉE.....	64
2) LA NORME ISO 7029 [15].....	65
3) INTERPRETATION DES RÉSULTATS .....	66
<b>III - RÉSULTATS DE L'ÉTUDE.....</b>	<b>70</b>
<b>IV - CRITIQUES .....</b>	<b>72</b>

## **CHAPITRE VII : MOYENS DE PROTECTIONS DE L'EXPLOITANT AGRICOLE CONTRE LE BRUIT**

<b>I - PRÉVENIR AVANT DE GUÉRIR.....</b>	<b>74</b>
--	-----------

1) INFORMER .....	74
2) SENSIBILISER ET ACCOMPAGNER.....	74
3) DÉPISTAGE PRÉCOCE.....	75
<b>II - LE RÔLE DU MEDECIN DU TRAVAIL.....</b>	<b>76</b>
<b>III - LES PROTECTIONS INDIVIDUELLES CONTRE LE BRUIT [19] .....</b>	<b>77</b>
1) CLASSEMENT SELON LEURS MODES DE PORT [20] .....	77
2) CLASSEMENT SELON LEUR MODE DE FONCTIONNEMENT .....	81
3) QUELS PROTECTEURS CHOISIR POUR L'AGRICULTEUR ? .....	82
<b>CONCLUSION.....</b>	<b>83</b>
<b>TABLE DES FIGURES.....</b>	<b>85</b>
<b>BIBLIORAPHIE.....</b>	<b>87</b>
<b>TABLE DES ANNEXES.....</b>	<b>90</b>

# INTRODUCTION

Le régime agricole compte plus de 6,1 millions d'adhérents. Le nombre d'actifs travaillant dans l'agriculture s'élève à plus de 1,2 millions d'individus. La population travaillant dans le milieu agricole ne peut donc pas être négligée.

De nos jours, le travail est de plus en plus mécanisé, ce qui a tendance à augmenter les intensités sonores présentes dans le quotidien de l'agriculteur. Les fabricants de matériel agricole ont fait des efforts considérables ces dernières années dans le but d'améliorer le quotidien des utilisateurs. Même si le bruit est une conséquence obligatoire de la modernisation des entreprises, il ne doit plus aujourd'hui nuire à la santé des salariés.

L'État reconnaît aujourd'hui que le bruit au travail peut induire des déficits auditifs au titre de maladie professionnelle depuis 1963 pour le régime général et depuis 1981 pour le régime agricole. C'est dans ce contexte que le tableau numéro 46 des maladies professionnelles du régime agricole intitulé « Atteintes auditives provoquées par les bruits lésionnels » fût créé (cf. annexe 1).

Dans le cadre de ce mémoire, nous nous sommes intéressés à la problématique de l'audition et des nuisances sonores dans le milieu agricole, en particulier en Picardie et en Lorraine. Cette étude vise à souligner les nuisances sonores subies par cette population ainsi que leurs répercussions, notamment la gêne sociale évidente. Elle montre également l'impact de la mécanisation de l'agriculture sur la santé des travailleurs agricoles.

Dans le but de réaliser notre étude, nous avons procédé à un état des lieux des nuisances sonores présentes dans le milieu agricole. En ce sens, nous avons établi un questionnaire permettant de comprendre le ressenti des agriculteurs face au bruit dans leur milieu quotidien.

Puis, nous avons réalisé une étude sonométrique du bruit dans le milieu agricole dans le but de comparer les valeurs trouvées relativement à la norme en vigueur.

Enfin, il semble nécessaire de réaliser une étude audiométrique afin de se rendre compte de la réelle audition des exploitants agricoles en fonction de leur âge.

Il paraît aussi utile de proposer des moyens de prévention et de protection de l'audition adaptés au milieu agricole. Un certain nombre de préconisations pour pallier à cette nuisance présente dans le milieu sonore de l'agriculteur seront mises en relief.

Pour finir, nous discuterons autour des différents moyens de protection afin de trouver le plus adapté à cette population.

# CHAPITRE I : NOTION D'ACOUSTIQUE

L'agriculteur évolue dans un milieu où le bruit est permanent. Ce dernier est majoritairement continu et de forte intensité mais il est aussi bien souvent impulsionnel. Il devient donc nécessaire de redéfinir certaines notions essentielles d'acoustique.

**Le bruit :** un son est une perception auditive engendrée par une vibration acoustique. Le bruit est majoritairement une sensation subjective, c'est un phénomène acoustique produisant une sensation auditive considérée comme gênante ou désagréable. D'après la Commission Electrotechnique Internationale (CEI), le bruit est « un son ayant généralement un caractère aléatoire qui n'a pas de composante bien définie ».

Ainsi, « la vibration acoustique est le mouvement des particules d'un milieu élastique de part et d'autre d'une position d'équilibre. Il en ressort que l'étude du bruit n'inclut pas les infrasons, les ultrasons et les vibrations mécaniques. Toutefois, il est normal d'étudier ce phénomène d'ensemble puisqu'ils ont en commun le mouvement d'un objet par rapport à une position d'équilibre » [1].

Les sons sont donc des vibrations engendrées par des pressions acoustiques exprimées en  $\text{Nm}^{-2}$ , équivalent au Pascal (Pa), unité légale de pression. Dans le monde de l'agriculture comme dans bon nombre de corps de métier, la pression acoustique peut s'étendre de  $2 \cdot 10^{-5}$  à plus de 100 Pascals, ce qui rend compliqué l'utilisation de cette échelle de pression. Ainsi, il est préférable d'utiliser le « niveau de pression acoustique » noté SPL (Sound Pressure Level) qui correspond à 20 fois le logarithme décimal du rapport de la pression acoustique efficace  $p_{\text{eff}}$  sur une pression acoustique efficace  $p_0$  de référence, correspondant à  $2 \cdot 10^{-5}$  Pa, tel que [1] :

$$L_{\text{SPL}} = 20 \lg(p_{\text{eff}} / p_0)$$

$p_0$  correspond au niveau de pression acoustique efficace le plus faible perceptible par une oreille saine à 1000 Hz.

De même, nous pouvons noter le niveau d'intensité acoustique en fonction de  $I$ , l'intensité acoustique considérée et  $I_0$ , l'intensité acoustique de référence ( $I_0 = 1,0 \cdot 10^{-12} \text{ Wm}^{-2}$ ) avec :

$$L_{\text{SPL}} = 10 \lg(I/I_0)$$

$I_0$  correspond par analogie à  $p_0$  au niveau d'intensité acoustique le plus faible perceptible par une oreille saine à 1000 Hz.

## I - CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES DU BRUIT

### 1) BRUITS CONTINUS

Dans cet exercice, nous considérons qu'un bruit est continu lorsque le niveau de pression acoustique ne varie pas de plus de 3 dB pendant une certaine durée d'observation notée  $T$ . Pour expliquer ce qu'est un bruit continu, nous prendrons le cas le plus simple, celui d'un son pur. Il correspond à une vibration acoustique sinusoïdale et donc à une seule fréquence. [2] (Figure 1)

Le son se caractérise par :

- **son amplitude**, qui dépend de la pression acoustique,
- **sa fréquence**, qui correspond au nombre de période(s) par seconde exprimée en Hertz (Hz),
- **sa vitesse de propagation** correspondant à la célérité d'un son dans l'air, c'est-à-dire  $340 \text{ ms}^{-1}$  à température ambiante et pression atmosphérique normale.

Mais les sons purs sont très rarement présents dans l'environnement de l'agriculteur. En effet, les sons produits par une voiture, un tracteur ou tout autre engin utilisé en milieu industriel ou rural sont bien plus complexes.

Il aura fallu attendre le mathématicien français, Jean-Baptiste Joseph FOURIER pour découvrir que tout son complexe peut être considéré comme un ensemble de sons purs. Il créa un outil mathématique bien connu sous le nom de « transformée de Fourier » aussi appelé « analyse spectrale ». Ce savant calcul permet de déterminer les composantes fréquentielles d'un son complexe.

Nous devons aussi distinguer les sons complexes périodiques des sons complexes apériodiques (Figure1).

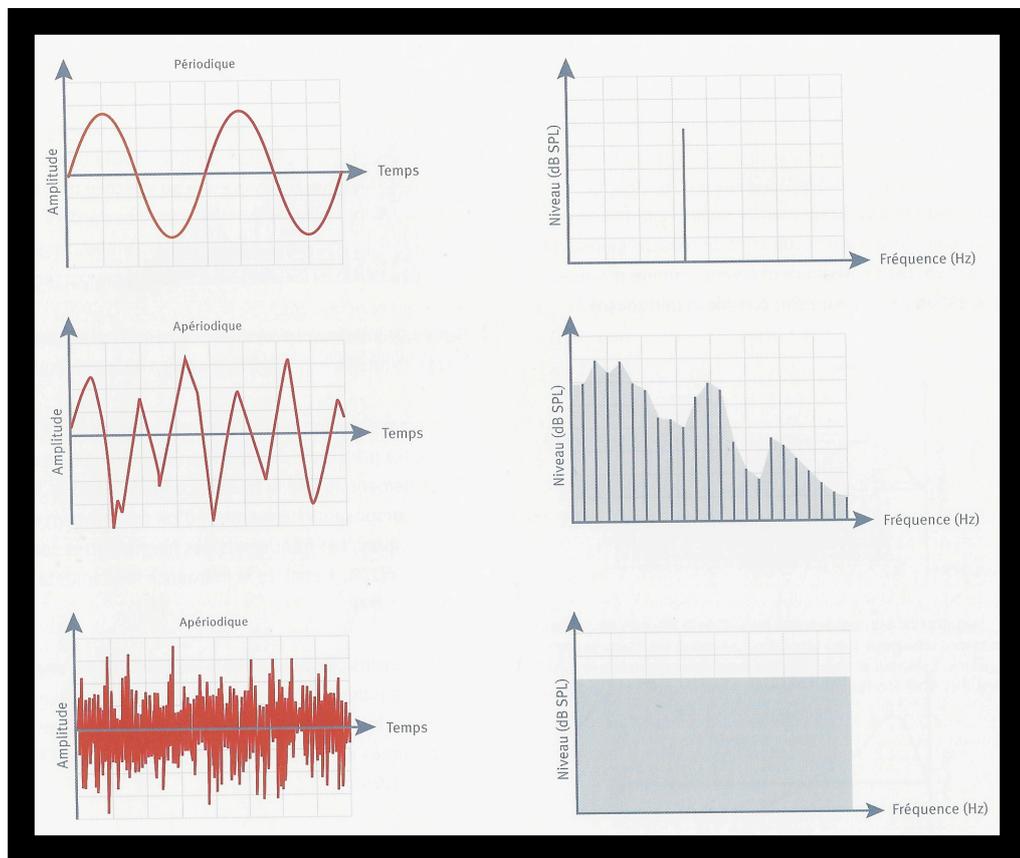


Figure 1 : Spectre d'un signal sonore montrant les composantes fréquentielles du son complexe au sein d'un intervalle de temps donné [3]

L'exemple montre une analyse spectrale de trois sons différents : en haut, un son pur, au milieu, un son de voyelles et en bas, un signal de bruit [3].

### A) LES SONS PÉRIODIQUES [3]

Le spectre d'un son périodique est composé de sa fréquence principale appelée fréquence fondamentale et des fréquences multiples appelées harmoniques. (Figure 2 et 3). La figure 2) a. montre les différents sons purs qu'il faut superposer pour obtenir le son périodique complexe de la figure 2) b. Ces différents sons purs ont une amplitude et une fréquence multiple de celle du fondamental et un déphasage qui leur sont propres.

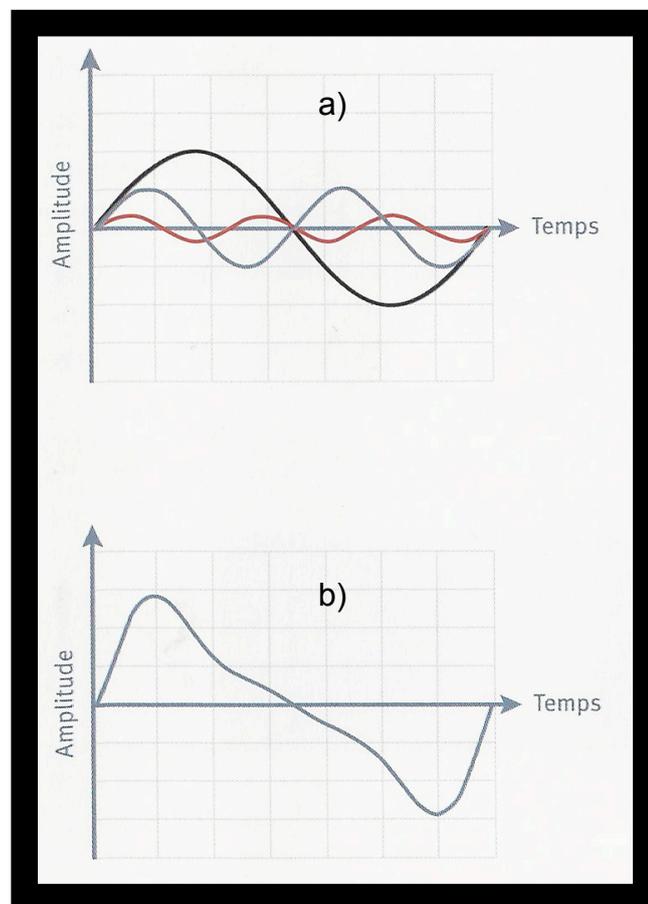


Figure 2 : Exemple de son périodique composé de trois fréquences [3]

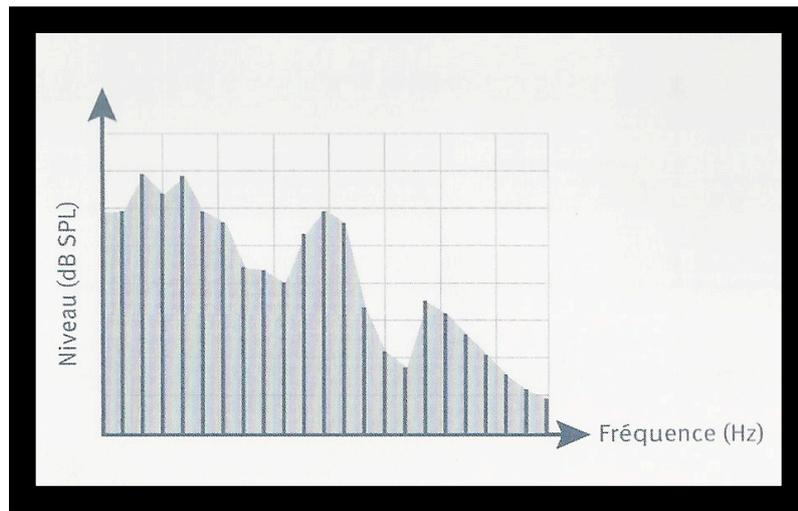


Figure 3 : Spectre de raies d'un son périodique provenant d'un hautbois jouant le son La [3]

## B) LES SONS APÉRIODIQUES [3]

Dans le groupe des sons complexes, nous pouvons aussi distinguer les sons apériodiques qui ont un modèle d'onde qui ne se répète pas. La longueur et la forme de leur onde changent avec le temps. Le bruissement des feuilles sur les arbres, un claquement de porte ou les claquements des outils de l'agriculteur travaillant le sol sont par exemple des sons apériodiques. On parle également de sons aléatoires. La pression acoustique varie aléatoirement et peut contenir de brusques variations appelées « transitoires ».

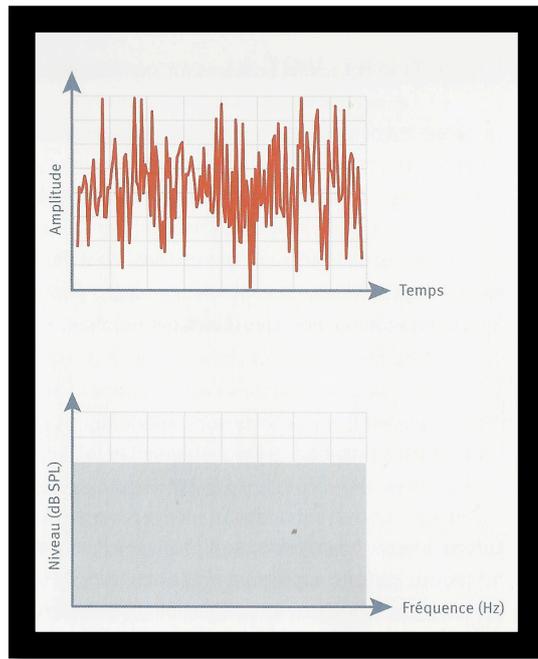


Figure 4 : Modèle d'onde d'un son apériodique complexe et l'analyse spectrale associée [3]

Le spectre d'un son aléatoire est dit « large bande » car il contient une infinité de fréquences. On parle alors d'un spectre continu. Le bruit blanc en rapport avec la lumière comprend toutes les fréquences avec une équiprobabilité d'apparition (voir figure 4).

## 2) BRUITS INTERMITTENTS [1]

Le bruit intermittent est un bruit dont il est possible de percevoir la variation d'une ou plusieurs caractéristiques physiques se répétant à des intervalles de durée variable. C'est un bruit dont le niveau sonore varie beaucoup au cours de la période d'observation. L'ISO (Organisation Internationale de Normalisation) définit ces bruits comme des « bruits non stables ».

Dans ce cas, il est important de tenir compte des facteurs suivants [1] :

- il faut faire attention à l'émergence du **bruit considéré par rapport au bruit ambiant**. À partir d'une analyse statistique des fluctuations de niveau de bruit, nous pouvons calculer l'émergence moyenne,

- **la durée du bruit considéré** pose quelques problèmes aux acousticiens, d'une part à cause de l'étendue de la gamme de durée à mesurer : de la milliseconde à quelques heures, et d'autre part à cause du niveau sonore à partir duquel le temps sera compté,
- **la durée des silences,**
- **les temps de montée** sont définis comme le temps mis par le signal pour passer de 10 % à 90 % de son amplitude. C'est ce dernier qui est responsable de l'effet de surprise d'un bruit,
- **le temps de décroissance du signal** en ce qui concerne une potentielle lésion auditive est beaucoup moins important que le temps de montée mais est indispensable pour avoir une bonne affectivité du langage et de bonnes performances psychiques et motrices,
- **le facteur de crête** correspond au rapport entre la valeur crête et la valeur efficace du signal sonore. Il est indispensable de considérer ce facteur en matière de risques auditifs,
- **la régularité d'apparition des bruits** : plus un bruit est régulier, plus il est prévisible et donc connu, plus il sera facile de s'en protéger,
- **la fréquence d'occurrence des bruits** : il est indispensable de la prendre en considération, celle-ci ayant une influence importante sur les effets extra auditifs du bruit et agissant sur la sensibilité auditive.

### 3) BRUITS IMPULSIONNELS [1]

Il est possible de rencontrer des signaux impulsionnels dont la structure temporelle est périodique, sinusoïdale ou aléatoire. Ainsi, les sons impulsionnels peuvent avoir des formes d'ondes aussi diverses que celles des sons stables (figure 5).

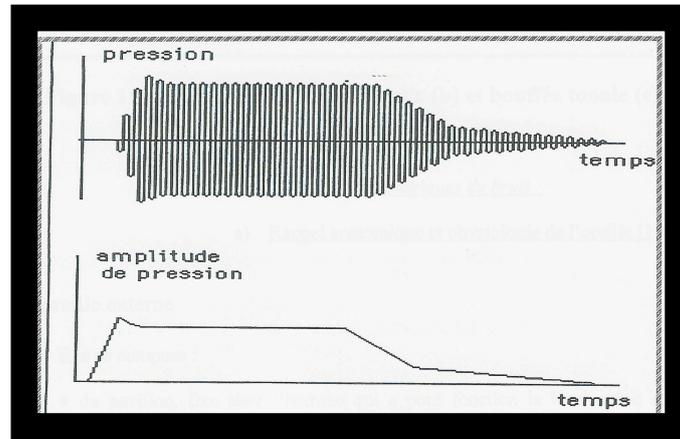


Figure 5 : Représentation temporelle d'un son impulsionnel [5]

Ce sont ces sons impulsionnels que nous utiliserons durant toute notre carrière lorsque nous réaliserons des audiométries.

Nous pouvons prendre comme exemple les « bursts » ou bouffées tonales, très utilisées pour recueillir les otoémissions ou les « clics », impulsions rectangulaires dont le spectre est proche de celui du bruit blanc, très utilisés dans le but de réaliser des potentiels évoqués auditifs.

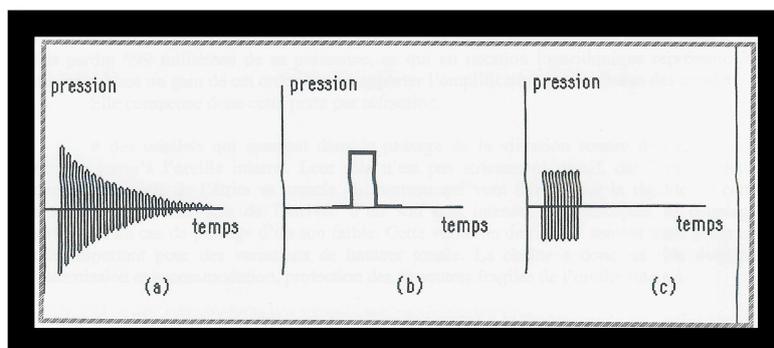


Figure 6 : Signal otométrique (a), clic (b), et bouffée tonale (c) [5]

## II) – CARACTÉRISTIQUES PHYSIOLOGIQUES DU BRUIT

### 1) LA FRÉQUENCE

Nous rappelons que toute onde sonore est définie par sa fréquence, qui représente le nombre de vibrations par seconde. Elle s'exprime en Hertz (Hz). D'une manière générale, on distingue les sons graves des sons aigus correspondant respectivement aux basses fréquences et aux hautes fréquences. Il est important de les distinguer, en particulier lorsque l'on souhaite traiter un bâtiment contre le bruit ou insonoriser une cabine de tracteur par exemple. En effet, le traitement sera fonction des bandes de fréquences nuisibles.

### 2) LA PRESSION ACOUSTIQUE

Toute perturbation d'un milieu entraîne l'apparition d'un son. Cette perturbation se déplace dans l'air sous forme d'onde et ce dans toutes les directions. Cela entraîne une variation de pression  $p(t)$  autour de la pression atmosphérique bien souvent mesurable et parfois audible. La membrane des microphones et de notre tympan y sont sensibles. Pour caractériser un phénomène acoustique, il est nécessaire de définir une valeur appelée pression efficace définie telle que :

$$p_{\text{eff}} = \sqrt{\frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} p^2(t) dt}$$

La pression acoustique efficace ( $p_{\text{eff}}$ ) est donc la moyenne de la pression acoustique quadratique sur un intervalle de temps donné. Elle est représentative du phénomène acoustique et fonction de la durée d'observation. L'intervalle de temps doit donc être largement considéré. Il sera beaucoup plus petit et plus bref si le son est

impulsionnel que si nous étudions un bruit stable et de longue durée. C'est ce que nous prenons en considération lorsque nous utilisons un sonomètre. D'où l'importance de bien choisir sa constante de temps  $T$ . En effet, l'opérateur doit régler cette constante de temps en fonction  $T$  de la vitesse de variation de la pression acoustique mesurée. Quand cette pression sonore varie plus rapidement que la constante de temps, la sortie de l'intégrateur donne ainsi une valeur moyenne. La norme prévoit trois types de pondérations temporelles :

- **S** (constante de temps  $T = 1$  s) initialement appelée *Slow*,
- **F** (constante de temps  $T = 0,125$  s) initialement appelée *Fast*,
- **I** (constante de temps  $T = 0,035$  s) initialement appelée *Impulse*.

La puissance est ensuite convertie en décibels pour obtenir un affichage facilement lisible sur le sonomètre.

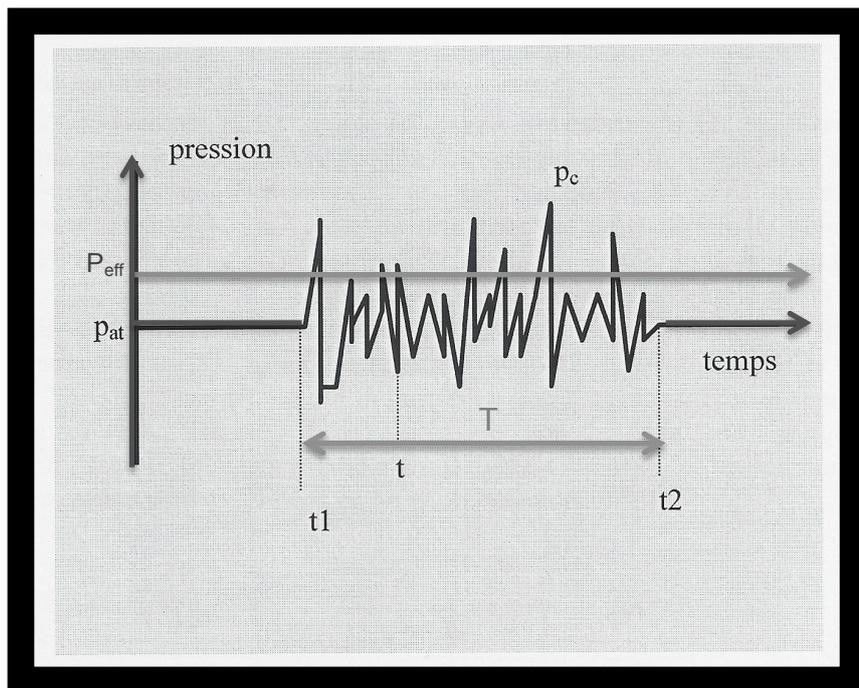


Figure 7 : Illustration de l'intervalle de temps

Comme nous le verrons plus loin, il est possible de choisir une durée d'observation, c'est-à-dire une durée d'intégration  $T$ , plus longue et appropriée à la durée d'un événement acoustique. Ceci permet d'obtenir une valeur du niveau de pression acoustique représentative de cet événement. On obtient alors le niveau équivalent noté  $L_{eq,T}$ .

### 3) COURBE ISOSONIQUE ET PONDÉRATIONS [4]

**Une courbe isosonique** représente le niveau de pression acoustique, en fonction de la fréquence, ayant le même niveau en phone, c'est à dire provoquant la même sensation d'intensité sonore pour l'oreille humaine à 1kHz.

Le système auditif humain est sensible à des fréquences allant de 20 Hz à un maximum d'environ 20 000 Hz. Mais l'étendue de fréquences audibles diminue avec l'âge du fait de la presbyacousie. Dans cette gamme de fréquences, l'oreille humaine est la plus sensible entre 1 et 5 kHz. Cela est dû principalement à la résonance du canal auditif et à la fonction de transfert des osselets dans l'oreille moyenne.

Les courbes isosoniques furent mesurées pour la première fois en 1933 par Fletcher et Munson. Dans leur étude, on faisait entendre aux sujets des sons purs sinusoïdaux à différentes fréquences et par incréments de 10 dB. On faisait entendre aussi aux sujets un son de référence à 1000 Hz. On ajustait le volume de ce dernier son jusqu'à ce qu'il soit perçu au même niveau sonore que celui en test. Comme la sensation de volume sonore est très subjective et difficile à mesurer, Fletcher et Munson utilisèrent la moyenne des mesures sur plusieurs sujets pour obtenir des moyennes raisonnables. Ainsi, ils ont tracé les courbes isosoniques (figure 8).

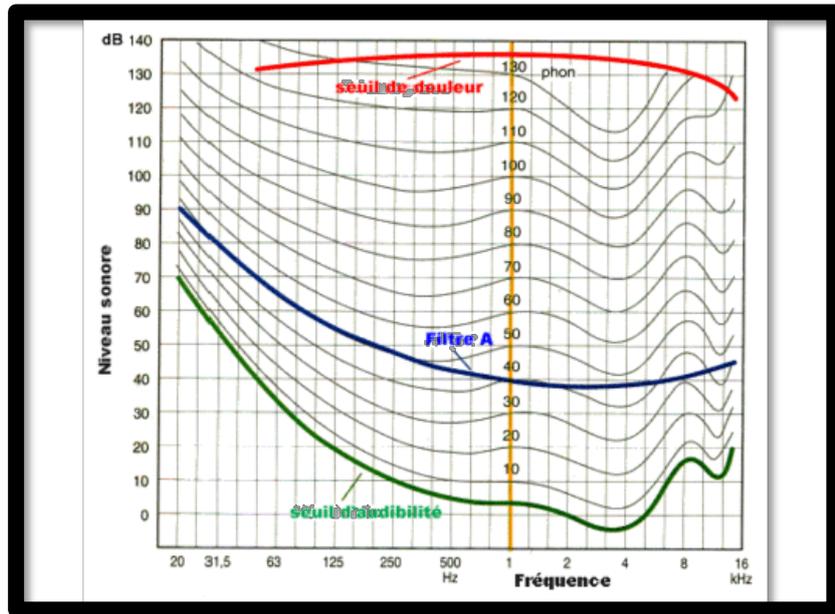


Figure 8 : courbes isononiques normalisées [6]

Il existe plusieurs pondérations qui ont été choisies car l'oreille humaine possède des courbes de réponse en fréquence différente selon le niveau sonore entendu :

- **La pondération A**, permettant de définir le dB(A) : correspond à la courbe isononique 40 phons, traduisant la réponse en fréquence de l'oreille pour les sons faibles,
- **La pondération B**, permettant de définir le dB(B) : correspond à la courbe isononique 70 phons. Cette pondération est idéale pour des sons d'intensité moyenne,
- **La pondération C**, permettant de définir le dB(C) : correspond à la courbe isononique 100 phons, ainsi, cette pondération sera plus utilisée pour des niveaux assez forts. Elle est aussi adaptée pour étudier les niveaux crête,

- **La pondération D**, permettant de définir le dB(D) : correspond à la courbe isotonique 110 phones. De manière générale, cette pondération D est beaucoup moins utilisée mais reste très adaptée pour des sons très forts.

Ces pondérations définissent des courbes qui sont des approximations des courbes isotoniques mesurées pour la première fois en 1933 par Fletcher et Munson.

La majorité des textes de loi concernant les mesures de niveau d'intensité sonore dans les normes prescrivent l'utilisation de la pondération A. Cette décision est discutable car la pondération A sous-estime ce que reçoit réellement l'oreille dans les basses fréquences quand le niveau sonore est très fort (figure 9). En effet, la pondération A filtre beaucoup plus les basses fréquences que la pondération C.

Fréquence centrale par octave (Hz)	Pondération A (dB)
31,5	-39,4
63	-26,2
125	-16,1
250	-8,6
500	-3,2
1000	0
2000	1,2
4000	1,0
8000	-1,1
16000	-6,6

Figure 9 : Pondération décibels A selon la fréquence [7]

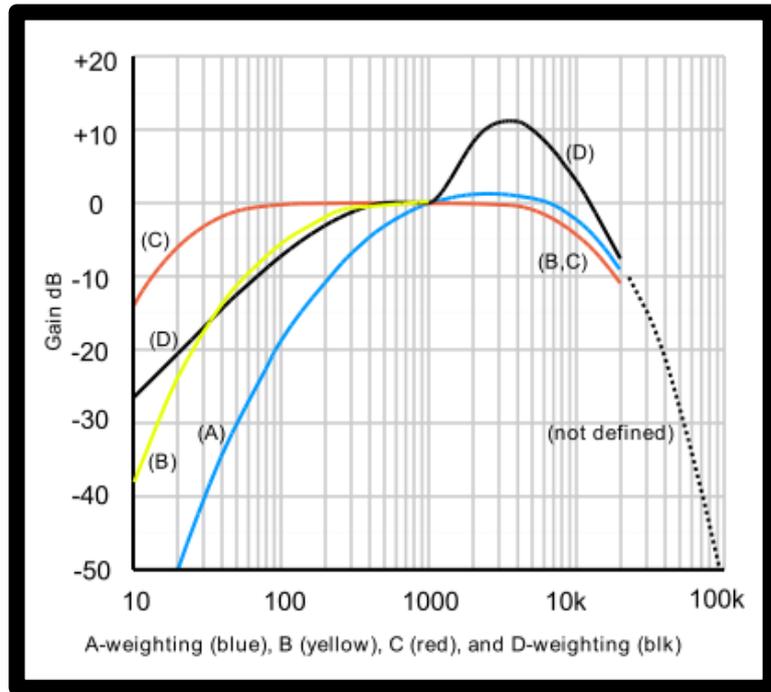


Figure 10 : Pondération A, B, C, et D en décibels selon la fréquence [7]

#### 4) LA TONIE OU SENSATION DE HAUTEUR TONALE

La tonie ou hauteur tonale est une sensation auditive bien connue permettant de distinguer un son grave d'un son aigu. Elle permet une certaine sélection en fréquence, utile à la compréhension de toute personne. La tonie est donc une sensation subjective.

#### 5) LA SONIE

Sur le plan physiologique, la sonie correspond à une sensation d'intensité sonore. L'oreille humaine possède une sensibilité différente en fonction de la fréquence du son émis. Pour ressentir la même sensation auditive, il faut une pression acoustique largement plus élevée dans les basses fréquences. Prenons un exemple concret : à 50 Hz, une pression acoustique de  $2 \cdot 10^{-2}$  Pa entraîne la même sensation auditive

qu'une pression de  $2 \cdot 10^{-5}$  Pa à 4000 Hz, soit un facteur 1000. En 1933, FLETCHER et MUNSON (figure 8) ont défini des courbes d'isophonie référencées à 1000 Hz [6].

- le phone :

De l'application directe des courbes isophoniques dérive l'échelle des phones. La valeur en phone d'un son pur et continu à 1000 Hz est la pression acoustique en décibels par rapport à  $20 \cdot 10^{-6}$  Pa. Pour les autres fréquences, les courbes donnent la correction à apporter.

- le sone :

Le sone est l'unité qui définit la bruyance. L'échelle des phones ne correspond pas parfaitement à la sonie. Si deux sons purs de même valeur en phones ont effectivement la même sonie, la progression des phones ne correspond pas à celle de la sensation perçue. Augmenter de 6 dB la valeur en phones ne double pas l'impression de volume sonore, il faut 10 dB. L'échelle en sones tient compte de cette sensibilité. Par définition, un sone correspond à un son de fréquence 1 kHz et de pression acoustique 40 dB. Chaque fois que l'évaluation en phones augmente de 10 dB, la notation en sones est multipliée par deux. On passe donc du niveau en phones au niveau en sones par la relation :

$$\text{Sones} = 2^{(\text{phone}-40) / 10}$$

## **6) LE NIVEAU SONORE ÉQUIVALENT : $L_{Aeq,T}$**

Le **niveau sonore équivalent**, parfois appelé niveau de puissance acoustique moyenne, est largement utilisé en physique. Il est employé quand le bruit est intermittent et qu'il émerge de temps en temps du bruit de fond comme par exemple, le bruit d'un tracteur agricole. Le niveau équivalent est utilisé pour traduire l'intensité moyenne du bruit sur un temps donné comprenant des phases de bruits entrecoupés de phases de silence. Ce niveau peut être noté de deux façons :  $L_{eq,T}$  ou  $L_{Aeq,T}$  pour rappeler l'utilisation de la pondération A. Il s'applique à un grand nombre d'émissions sonores, ce qui fournira un niveau fluctuant, permettant de donner une puissance acoustique équivalente. La durée sur laquelle est calculée le niveau équivalent caractérise la mesure. La pratique a montré que ce niveau est légèrement supérieur au niveau dépassé pendant 50% du temps, correspondant au niveau médian, noté  $L_{50}$  [4].

## **7) LE NIVEAU CRÊTE ( $L_{pc}$ ou $L_{Cpk}$ )**

Les niveaux crêtes sont notés  $L_C$  (Crête) ou  $L_{Cpk}$  (Peak). Ils correspondent aux amplitudes maximales des pressions acoustiques atteintes par certains bruits à un instant précis. Les niveau crêtes sont stockés à un instant donné et non plus intégrés sur un intervalle de temps T. Il sont très nocifs pour l'audition et suivent une réglementation stricte. C'est pourquoi nous chercherons à évaluer ces niveaux crêtes au cour de notre étude sonométrique.

## **8) LE NIVEAU D'EXPOSITION QUOTIDIEN AU BRUIT : $L_{EX,8H}$ ou $L_{EX,d}$**

Il est évalué sur une journée de travail considérée de huit heures. Il s'exprime en dB(A). Ce niveau d'exposition quotidien au bruit  $L_{EX,8h}$  correspond à la valeur du niveau de pression acoustique continue durant une journée de travail.

Ce niveau peut être obtenu à l'aide d'un dosimètre de bruit, un sonomètre ou comme nous le verrons par la suite, grâce à un exposimètre connecté à un microphone cravate. Fixé au col de la chemise de l'ouvrier, il permet d'être au plus près de l'oreille et d'obtenir des informations très précises sur l'exposition.

Nous détaillerons la méthode de mesure des niveaux sonores associés à notre étude et celle du calcul par tâche dans le cinquième chapitre. Cela nous amènera au calcul du  $L_{EX,8h}$  d'une journée type de travail d'un agriculteur.

Après ces rappels d'acoustique, nous allons énoncer quelques rappels d'anatomie et de physiologie de l'oreille humaine.

# CHAPITRE II: ANATOMIE ET PHYSIOLOGIE DE L'AUDITION

L'oreille est l'organe permettant de recevoir mais également de retranscrire l'énergie conduite par une onde acoustique en un signal électrique à destination du cerveau. Pour y parvenir, elle est composée de trois parties : tout d'abord l'oreille externe qui permet de collecter les sons, ensuite, l'oreille moyenne qui joue le rôle d'adaptateur d'impédance et enfin, l'oreille interne qui se charge de transcrire l'énergie mécanique formée en stimuli électrique.

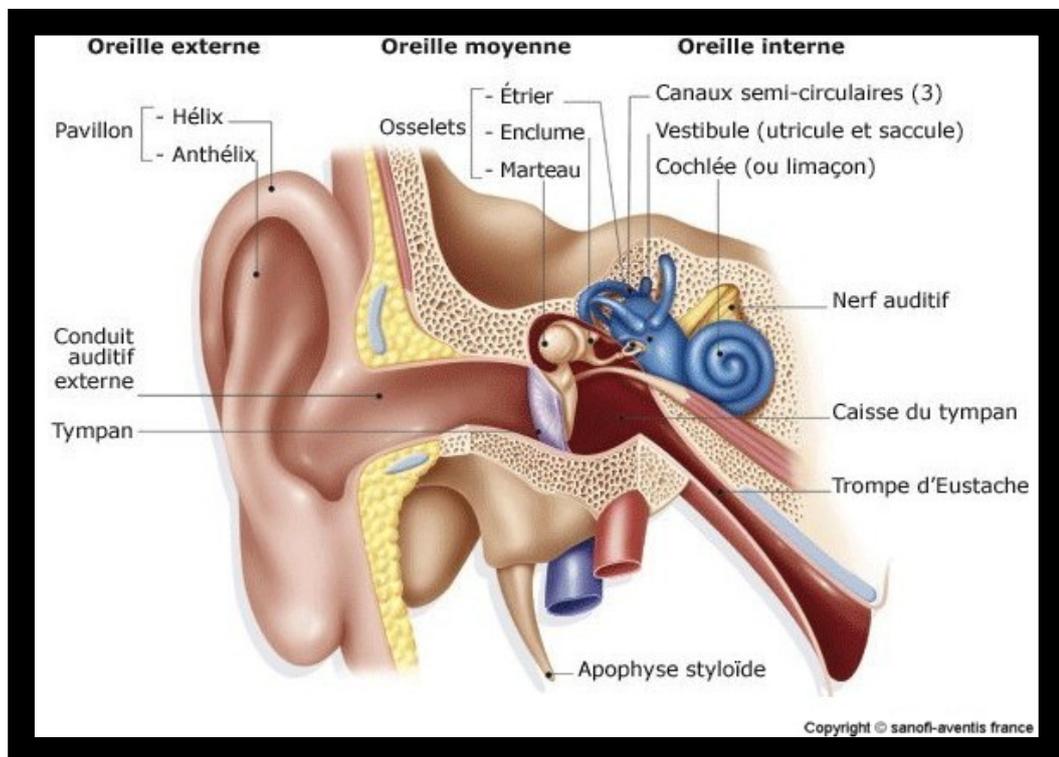


Figure 11 : Anatomie générale de l'oreille

# I - L'OREILLE EXTERNE

Elle se compose de deux parties : le pavillon et le conduit auditif externe.

**Le pavillon** se situe dans la partie latérale de la tête, devant la mastoïde et derrière l'articulation temporo-maxillaire. Il se compose principalement d'une cavité, la conque où s'ouvre le conduit auditif externe, ainsi que d'une bordure, l'hélix.

**Le conduit auditif externe** est un canal qui s'étend du fond de la conque jusqu'à la membrane tympanique permettant de le séparer de l'oreille moyenne. Sa forme est légèrement oblique, d'arrière en avant et de bas en haut. Les deux tiers internes de ce conduit sont osseux. Le dernier tiers est externe et fibro-cartilagineux. Il est recouvert d'une fine couche de peau, dotée de glandes sébacées et de glandes cérumineuses [10].

# II - L'OREILLE MOYENNE

L'oreille moyenne est une cavité située dans la partie pétro-mastoïdienne, au niveau de l'os temporal et comprend quatre parties : la membrane tympanique, la caisse du tympan, les cavités mastoïdiennes en arrière et enfin la trompe d'Eustache orientée vers l'avant.

**La membrane tympanique** est une membrane légèrement ovale et concave en vue externe. Elle est divisée en 4 quadrants avec au centre, l'ombilic, formé par l'extrémité du manche du marteau. Cette membrane permet de clôturer le conduit auditif externe pour isoler la caisse du tympan du milieu extérieur et transmet les vibrations à la chaîne des osselets grâce à l'accolement avec le manche du marteau.

**La caisse du tympan** s'apparente à la forme d'un tambour. Dans sa partie haute, elle contient la chaîne des osselets: le marteau adhérent au tympan, l'enclume et l'étrier. Ces osselets sont articulés ensemble par des articulations synoviales avec des ligaments qui les amarrent aux parois de la caisse. La musculature est formée par le muscle tenseur du tympan qui réduit la vibration de la membrane tympanique et assourdit les bruits ainsi que le muscle de l'étrier qui a l'effet inverse. Entre

l'oreille moyenne et l'oreille interne, on trouve deux orifices : la fenêtre ovale, obturée par la platine de l'étrier, sert à transmettre les vibrations aux milieux liquidiens de l'oreille interne et la fenêtre ronde, fermée par le tympan secondaire. Le promontoire, entre ces fenêtres, constitue la paroi interne de la caisse du tympan.

**La trompe d'Eustache** est un conduit reliant le pharynx et la caisse du tympan qui, grâce à l'air provenant du pharynx, permet la normalisation des pressions de part et d'autre du tympan [10].

### III - L'OREILLE INTERNE

L'oreille interne se situe dans l'épaisseur du rocher entre la caisse et le fond du conduit auditif interne. Elle se compose d'une cavité osseuse, le labyrinthe osseux dans laquelle s'imbrique une cavité membraneuse, le labyrinthe membraneux. Ces cavités sont remplies de liquides : la périlymphe entre les parois osseuses et membraneuses et l'endolymphe dans le labyrinthe membraneux. L'oreille interne est divisée en deux structures : en avant, la cochlée et en arrière, le vestibule.

**La cochlée**, organe de l'audition, a une forme de coquille enroulée en deux tours et demi de spire. Sa base est appuyée sur le fond du conduit auditif interne. Elle soulève le relief du promontoire.

**Le vestibule**, organe de l'équilibration, est en arrière de la cochlée. Sur lui s'implantent les trois conduits semi-circulaires dilatés à une de leurs extrémités par une ampoule. Les canaux semi-circulaires antérieur et postérieur sont verticaux, perpendiculaires entre eux et ont une implantation commune sur leur branche non ampullaire. Le canal semi-circulaire latéral est horizontal vers le dehors.

**L'oreille interne membraneuse** reproduit l'anatomie de l'oreille interne osseuse pour la partie cochléaire : c'est le conduit cochléaire où se trouve les cellules sensorielles auditives encrées sur l'organe de Corti au niveau de la membrane basilaire. Elles possèdent des cils vibratiles au niveau de leur pôle apical qui seront

mis en mouvement par les déplacements du liquide endolympatique. Il en existe deux types : les cellules ciliées externes et les cellules ciliées internes.

**Au niveau vestibulaire**, les structures ne sont pas analogues : il existe deux structures, l'utricule sur lequel s'implantent les trois canaux semi-circulaires membraneux et le saccule. Les cellules sensorielles de l'équilibration sont regroupées au niveau des crêtes ampullaires des canaux semi-circulaire et au niveau des macules de l'utricule et du saccule. Cochlée, utricule et saccule communiquent tous les uns avec les autres [10].

## **IV - LA TRANSMISSION MÉCANIQUE**

Le son constitue une vibration moléculaire qui se propage de proche en proche depuis une source émettrice. Trois opérations se produisent au niveau de l'oreille. Tout d'abord, la transmission mécanique permet de conduire les sons venant de la source à l'organe de CORTI. Ensuite, survient la transformation de l'information, c'est à dire que l'onde vibratoire se transforme en un courant électrique grâce aux cellules ciliées. Enfin, la transmission de cette information jusqu'aux centres supérieurs d'intégration se fait par le biais des nerfs auditifs ainsi que des voies centrales.

### **1) LA CHAÎNE DES OSSELETS**

Le pavillon de l'oreille capte le son et intervient dans la focalisation de l'onde acoustique. La pression acoustique augmente ensuite dans le conduit auditif formant une caisse de résonance. La membrane tympanique entre en vibration lorsque l'onde sonore y arrive et cette vibration est transmise à la chaîne des osselets ainsi qu'à la platine de l'étrier. L'oreille interne joue un rôle d'adaptateur d'impédance étant donné qu'à chaque vibration acoustique s'oppose l'impédance du milieu où a lieu sa propagation.

Lors du changement de milieu physique d'une onde acoustique, la quasi totalité de celle-ci est réfléchi.

L'intervention d'un adaptateur d'impédance est alors nécessaire afin que la propagation se fasse et c'est l'oreille moyenne qui joue ce rôle grâce aux rapports de surface entre la membrane tympanique et la fenêtre ovale (environ 20/1).

D'après le théorème de PASCAL, la pression  $P$  transmise à la surface platinée est égale à la pression  $P$  exercée sur la membrane tympanique multipliée par le rapport des surfaces platinées de l'étrier ( $S'$ ) sur le tympan ( $S$ ).

$$P' = P \times (S'/S)$$

La platine de l'étrier transmet ainsi au liquide cochléaire une pression vingt fois supérieure à celle exercée sur le tympan. L'oreille moyenne joue vis à vis de l'oreille interne un rôle de protection.

Par sa contraction, le muscle du marteau augmente la tension du tympan ce qui intensifie l'impédance ainsi que la réflexion des ondes.

Le muscle de l'étrier quant à lui, amène l'étrier en dehors et diminue alors la pression des liquides endolabyrinthiques en limitant les mouvements de la platine lorsqu'il se contracte : il s'agit du réflexe stapédien.

## **2) RÔLE DES FENÊTRES**

La vibration de la membrane tympanique entraînée par l'onde acoustique transmet le mouvement à la chaîne des osselets ainsi qu'à la platine de l'étrier. Cette dernière, agitée par un mouvement alternatif, crée un mouvement des liquides labyrinthiques

dans la rampe vestibulaire. L'enfoncement de la platine dans la fenêtre ovale crée l'onde qui se déplace dans la rampe vestibulaire jusqu'au sommet de la cochlée et l'hélicotréma en redescendant dans la rampe tympanique. Comme les liquides sont incompressibles, c'est la fenêtre ronde qui permettra le mouvement en remplissant le rôle d'un manomètre dynamique.

### **3) MEMBRANE BASILAIRE ET ANALYSE TOPOGRAPHIQUE DES SONS**

Les oscillations de la platine de l'étrier créent une onde de pression qui actionne les éléments mobiles endocochléaires, notamment la membrane basilaire ainsi que les organes sensoriels qu'elle supporte. À chaque cycle du stimulus acoustique, la reproduction de ce phénomène produit des ondes de propagation successives qui cheminent le long de la membrane, qui entre alors en résonance.

La membrane devient de plus en plus large mais également de moins en moins rigide au fur et à mesure que l'on avance dans le labyrinthe osseux. Lorsque l'on s'éloigne des fenêtres, le phénomène de résonance (d'amplitude maximum), se fait à un niveau variable suivant la fréquence du stimulus. Notons aussi que l'amplitude des mouvements diminue très vite une fois ce maximum vibratoire atteint. Lorsqu'il s'agit d'un son grave, l'intégralité de l'échelle cochléaire est parcourue par les ondes, excitant au passage toutes les fibres du nerf auditif.

En revanche, lorsqu'il s'agit d'un son aigu, l'amplitude maximum se fera à proximité des fenêtres, dans le début de la première spire n'excitant alors que les fibres nerveuses de cette région.

### **4) CELLULES SENSORIELLES ET MOUVEMENTS CILLIAIRES**

Lorsque la membrane basilaire entre en vibration, les cils des cellules sensorielles situés dans la membrane tectoriale sont cisailés avec une inclinaison dans un sens ou dans l'autre, suivant l'hyperpression ou la dépression du liquide endocochléaire

au cours de la vibration acoustique. Il s'agit de la dernière étape mécanique de l'audition suivie ensuite par les phénomènes électriques.

## **5) L'APPAREIL NEUROSENSORIEL**

C'est dans le pôle basal que sont présents tous les éléments constitutifs des synapses chimiques, l'élément post-synaptique étant la dendrite du premier neurone. Il existe des fibres efférentes à ce niveau.

On détecte également deux types de cellules ciliées : les cellules ciliées internes largement innervées mais peu nombreuses et les cellules ciliées externes moins innervées mais plus nombreuses. Lorsque ces cellules sensorielles entrent en action, leur potentiel de repos se trouve modifié et devient alors le potentiel de récepteur qui varie en fonction de l'amplitude du stimulus.

C'est le passage transmembranaire de potassium qui produit ces variations endocellulaires, bien que les rapports liant ce passage transmembranaire à la mécanique ne soient pas encore connus.

Les phénomènes biologiques intracellulaires induisent la sécrétion dans la cellule de neurotransmetteurs qui excitent alors les récepteurs synaptiques de la fibre nerveuse correspondante. Cela donne naissance à un potentiel local qui pourra atteindre le site générateur du nerf s'il est assez intense, grâce à l'action de la gaine de myéline, ce qui créera un potentiel d'action.

# V - LE CODAGE DE L'INFORMATION

## 1) LE CODAGE EN FRÉQUENCE

Deux théories s'opposent :

- La première découle de la **spécialisation fréquentielle** de l'appareil auditif laissant supposer qu'il existerait une cartographie des fréquences sur l'échelle cochléaire,
- La seconde met en jeu le **rythme d'émission des potentiels d'action** n'étant autre que des signaux électriques obéissant à la règle du tout ou rien : aucune variation concernant la durée ou même l'amplitude.

En ce qui concerne les stimuli de basses fréquences, c'est à dire inférieurs à 400 Hz, potentiels de récepteur et potentiels d'action peuvent être synchrones. En revanche, pour des fréquences supérieures à 400 Hz, une période réfractaire suivant chaque potentiel est connue. Pendant cette petite période, aucun nouveau potentiel ne peut naître.

C'est alors la mise en jeu d'autres fibres avec des potentiels d'actions spécifiques qui apparaissent selon leur propre période et qui permettent le codage en fréquence.

## 2) LE CODAGE DE L'INTENSITÉ

Quand il s'agit de faibles intensités, seules les cellules cillées sont stimulées. Cependant les cellules internes agissent afin d'aider les précédentes à couvrir la gamme d'amplitude perceptible lorsqu'il s'agit de plus fortes intensités. Il faut également considérer un recrutement de fibres nerveuses.

## VI - SURDITÉ ET DIAGNOSTIC

Physiologiquement, l'appareil auditif peut être divisé en deux parties :

Tout d'abord, un appareil permettant de transmettre les sons, constitué de l'oreille externe, des osselets, des fenêtres puis d'une partie de l'oreille interne correspondant à la membrane basilaire ainsi que des liquides.

Ensuite, un appareil de réception comprenant l'organe de CORTI et les voies nerveuses.

Deux types de surdité en découlent donc :

- Les **surdités de transmission**,
- Les **surdités de perception**.

Auparavant, à défaut de techniques plus avancées, les médecins se contentaient d'énoncer à voix haute une liste de mots puis de les chuchoter en se plaçant à des distances variées d'un sujet afin de se faire une idée approximative de son déficit auditif.

De nos jours, nous disposons de l'audiométrie offrant un diagnostic beaucoup plus précis. La plus fréquente est l'audiométrie tonale liminaire, il s'agit ici d'établir un audiogramme. Il existe également l'audiométrie vocale et l'audiométrie tonale supraliminaire, beaucoup plus spécialisées.

L'audiométrie tonale humaine consiste en l'étude du seuil auditif d'un sujet par le biais d'un son pur dont on change l'intensité sur différentes fréquences. Cette étude se fait avec des écouteurs en conduction aérienne ainsi qu'en conduction osseuse grâce à la pose d'un vibreur sur la mastoïde. Deux courbes sont alors établies pour chacune des oreilles permettant d'étudier les deux appareils de l'audition et éventuellement de situer la lésion.

Concernant l'audiométrie tonale supraliminaire, il s'agit d'une étude plus approfondie de la fonction auditive en cherchant des distorsions d'intensité ou de fréquence. Elle est rarement utilisée en dépistage de par sa spécialisation [11].

# CHAPITRE III : LES EFFETS DU BRUIT SUR L'ORGANISME

L'acceptabilité du bruit par un sujet est très aléatoire. En effet, deux bruits de niveau sonore équivalent peuvent être perçus différemment de par la subjectivité. Nous utiliserons un exemple simple pour illustrer ce propos : prenons deux sons forts d'intensité équivalente, l'un peut-être perçu comme très agréable s'il correspond par exemple à une musique appréciée, alors que l'autre peut être perçue comme une nuisance sonore s'il s'agit d'un son non mélodieux comme beaucoup de nuisances liées au milieu du travail.

## I - LES EFFETS GÉNÉRAUX DU BRUIT SUR L'ORGANISME

Il est avéré que l'appareil lié à l'audition et celui en lien avec l'équilibre sont très proches d'un point de vue anatomique. Ainsi, des troubles de l'équilibre peuvent apparaître chez des sujets exposés à de fortes intensités sonores de manière prolongée. Ces troubles de l'équilibre s'accompagnent parfois de nausées et plus rarement de vomissements.

Cette action néfaste des sons sur le vestibule a été démontrée à l'aide de l'électronystagmographie [8]. Il a été montré que les sons graves sont nettement plus traumatisants que les sons aigus. De plus, une baisse de la chronaxie vestibulaire en lien avec la conduction de l'influx nerveux a été constatée chez des sujets exposés à des intensités sonores supérieures à 60 dB [9].

## **1) LES EFFETS CARDIO-VASCULAIRES**

Une étude sur vingt-cinq sujets, menée par GURRIN et DUTHEIL, met en avant des effets cardio-vasculaires du bruit sur l'organisme. Cette étude montre que dans dix cas il y a une tachycardie et dans cinq, une bradycardie [10].

GROGNOT et BAUDINAUD ont prouvé que le bruit entraîne 15 % de tachycardie, 5 % de bradyarythmie et 3 % de tachycardie supérieure à 120 battements par minute mais aussi qu'il n'y a pas d'accoutumance au bruit [9].

## **2) LES EFFETS SUR L'ÉLECTROENCEPHALOGRAMME**

L'électroencéphalogramme de sujets soumis au bruit se caractérise par la présence de complexes proches du complexe pointe-onde, traduisant l'accoutumance cérébrale face au bruit [9]. Les sujets retrouvent un tracé normal si le stimulus persiste.

## **3) LES EFFETS SUR L'APPAREIL DIGESTIF**

D'une manière générale, le bruit entraîne une diminution des sécrétions salivaires et du péristaltisme, onde de contraction musculaire permettant la progression du bol alimentaire le long du tube digestif [9].

## **4) LES EFFETS SUR LA RÉSISTANCE CIRCULATOIRE PÉRIPHÉRIQUE**

Les sujets hypertendus ont souvent une augmentation non négligeable de la tension artérielle ainsi qu'une baisse du débit systolique. Il a aussi été prouvé que les bruits de forte intensité augmentent la résistance vasculaire périphérique. Mais les nuisances sonores, en particulier au travail, n'ont pas ou peu d'impact sur la tension

artérielle et sur le pouls. Elles ont par contre des effets sur la pression diastolique qui augmente et entraîne une diminution non significative du débit cardiaque [9].

## **5) LES EFFETS SUR L'APPAREIL RESPIRATOIRE**

Les nuisances sonores entraîneraient dans 43 % des cas des tachypnées et dans 14 % des bradypnées. À contrario, il n'y aurait pas d'effet pour les 43 % restants [21].

## **6) LES EFFETS NEUROMUSCULAIRES**

Les sujets, en présence de bruit, subissent une crispation des muscles de la face. Deux hypothèses sont émises, il peut s'agir d'une extériorisation de la sensation désagréable ressentie à l'écoute du bruit de forte intensité ou alors d'une réelle hyperexcitabilité neuromusculaire [21].

## **7) LES EFFETS SUR LA VISION**

Tout sujet ayant subi plus de cinq minutes d'exposition au bruit a une vision altérée dans le rouge. Le vert et le bleu restant correctement perçus. L'appréciation des distances est modifiée mais pas celle des reliefs. La vision nocturne est largement plus altérée que la perception visuelle diurne.

## **8) LES EFFETS SUR LA CONCENTRATION**

Le bruit augmente l'attention lors de la première heure mais la diminue de façon notable par la suite. Le rendement des ouvriers est augmenté lorsqu'il porte des protections auditives si ces derniers sont en contact avec du bruit. Lors d'une épreuve à choix multiples, le nombre de bonnes réponses diminuent significativement en présence de fortes intensités sonores. À intensité constante, un son de fréquences aiguës entraîne plus d'erreurs qu'un son de fréquences graves.

## II - LES EFFETS PHYSIOLOGIQUES DU BRUIT SUR L'ORGANISME

Tout bruit induit une sensation auditive entraînant une altération de la réponse de l'oreille. Les effets majoritaires du bruit sur l'oreille sont décrits ci-dessous.

### 1) EFFET DE MASQUE

Un effet de masque se produit lorsque deux sons sont émis simultanément et que l'un rend l'autre inaudible.

Il existe plusieurs effets de masque [12] :

- **Le masque simultané** : c'est l'effet de masque le plus courant. On le rencontre lorsque nous discutons et que nous ne nous entendons plus parler lors du passage d'un tracteur agricole ou d'un camion par exemple,
- **L'effet de précedence** : celui-ci apparaît lorsque le signal masqué est émis après le signal masquant,
- **Le masquage de postériorité** : lorsqu'un son masqué est émis avant le signal masquant.

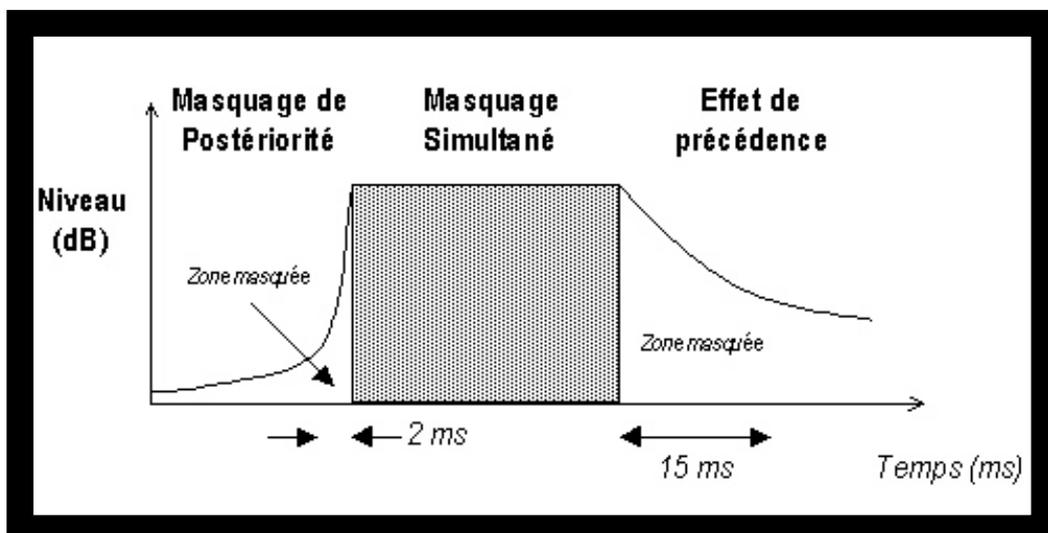


Figure 12 : Schéma du phénomène masquant temporel [12]

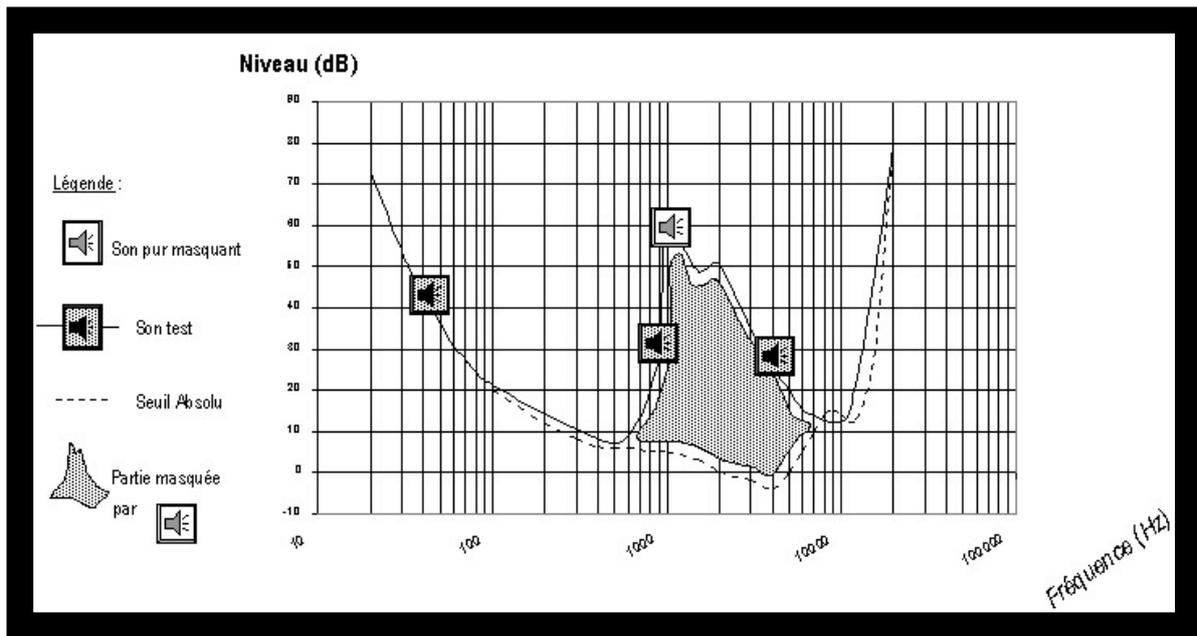


Figure 13 : Seuils d'auditions d'un son test en présence d'un autre son masquant (60 dB à 1 kHz) [12]

Les sons graves très énergétiques ont tendance à masquer les sons plus aigus. Cet effet masque peut être apprécié en mesurant le nombre de décibels dont il faut augmenter le son masqué pour qu'il soit à nouveau perceptible.

Lorsque nous sommes en présence d'un son de faible intensité, l'effet de masque est limité aux fréquences voisines mais plus on augmente l'intensité, plus cet effet de masque a tendance à englober une plus large bande de fréquences.

## 2) L'ADAPTATION AUDITIVE

L'adaptation auditive peut entraîner l'élévation des seuils de 40 dB lorsque le sujet est soumis pendant quelques dizaines de secondes à une stimulation sonore de 80 dB. Notons bien qu'elle est en général réversible en quelques secondes tant que le son est insuffisant pour détériorer l'oreille. Il est important aussi de comprendre que cette adaptation auditive est spontanée.

Par contre, si la stimulation durant le temps d'adaptation est continue et reste constante, il apparaît certains signes d'affaiblissement de l'oreille : c'est ce que l'on appelle la fatigue auditive. Un sujet travaillant dans un milieu bruyant tel que le milieu agricole est soumis à cette fatigue.

### **3) LA FATIGUE AUDITIVE**

La fatigue auditive est en lien avec l'adaptation auditive. En effet, dans les deux cas il y a une élévation des seuils en présence de bruit. Mais elle est en deux points différente : elle peut être réversible dans le meilleur des cas ou peut devenir irréversible et entraîner une perte d'audition.

### **4) ASPECT CLINIQUE DE LA SURDITÉ PROFESSIONNELLE**

Bien souvent les personnes travaillant en milieu bruyant sont très gênées les trois ou quatre premières semaines, c'est la période d'adaptation au bruit. Elles peuvent souffrir de bourdonnements ou sifflements d'oreille à la fin d'une journée de travail. Ces symptômes s'accompagnent d'une modification de la hauteur et du timbre des sons. Puis apparaît une phase de latence pendant laquelle tous ces troubles disparaissent, les bruits sont en général bien supportés et peu de troubles sont constatés. Enfin, la surdité se met en place et des lésions irréversibles sont visibles à l'audiométrie tonale au casque ou en champ libre. Ces dernières entraînent nécessairement une gêne fonctionnelle irréversible pouvant aller jusqu'à l'isolement total.

## 5) LES DIFFÉRENTES PHASES DE LA SURDITÉ PROFESSIONNELLE

- **Première période :**

Au cours des cinq premières années de travail, le déficit auditif débute par les fréquences de 2000 à 5000 Hz. Cela provoque un scotome sur cette bande de fréquences plus ou moins élargie selon le type de bruit. Au cours de cette période, il peut y avoir une perte d'audition tonale allant jusqu'à 10 dB par an.

- **Deuxième période :**

Pendant les cinq années suivantes, la perte auditive progresse, le scotome s'élargit sur les fréquences adjacentes et devient de plus en plus profond. Lors de cette phase, la perte d'audition en audiométrie tonale est moins importante, elle est de l'ordre de 0,3 à 1,6 dB par an. À ce moment-là, le travailleur commence à perdre des informations sonores.

- **Troisième période :**

De 10 ans à 30-35 ans de travail, la perte progresse sur les fréquences graves et va atteindre le 1000 Hz de façon relativement importante. Cela provoque une gêne sociale considérable.

- **Quatrième période :**

À partir de 55 ans, la perte auditive continue de progresser vers les fréquences graves et impacte les fréquences aiguës de manière accélérée.

La perte d'audition n'apparaît donc pas de façon continue mais par paliers : le déficit est en effet plus important durant les premières années de travail et se ralentit par la suite.

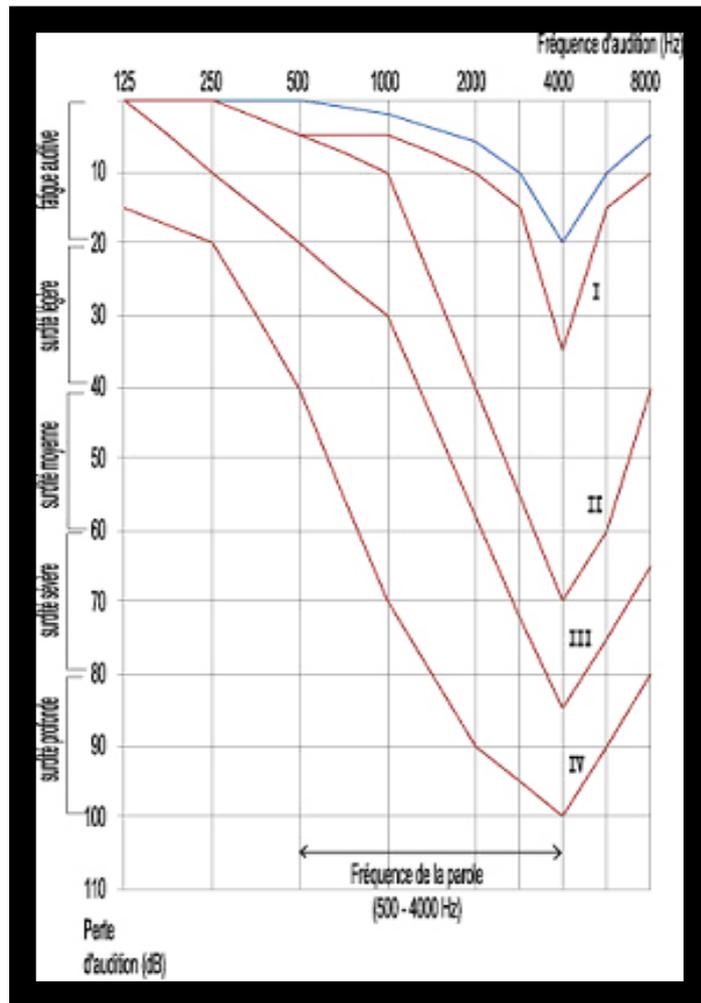


Figure 14 : Illustration audiométrique des 4 phases de la surdit e professionnelle [28]

Th eoriquement, la surdit e professionnelle est bilat erale et sym etricque mais bien souvent, il y a une l eg ere in egalit e entre les deux oreilles. Ceci est souvent due à la position du travailleur à son poste de travail.

Cette perte d'audition est irréversible contrairement à la fatigue auditive et s'accroît avec la dur ee d'exposition. Cependant, elle se stabilise lorsque l'ouvrier arrête de travailler, à condition que celui-ci ne s'expose pas à des ambiances bruyantes.

Bien souvent ce type de d eficience entraîne une atteinte tonale sans distorsion résiduelle et sans recrutement. Mais dans certains cas, il y a présence de distorsions. Il est donc important de tester l'audition en audiométrie vocale.

L'agriculteur est un professionnel travaillant dans le bruit. Que ce soit l'hiver avec les travaux d'atelier ou le reste de l'année avec les travaux des champs, ce dernier est soumis à des niveaux sonores élevés pouvant entraîner des surdités professionnelles.

Après avoir discuter des rappels anatomiques et physiologiques il semble nécessaire des réaliser un questionnaire afin de bien cerner les agriculteur.

# CHAPITRE IV : QUESTIONNAIRE « LE BRUIT DANS LE MILIEU AGRICOLE »

Le but de ce questionnaire est de cerner les liens entre le métier de l'agriculture et l'environnement sonore dans lequel l'agriculteur évolue. Il s'agit aussi d'évaluer comment il perçoit ce milieu bruyant.

## I - MÉTHODOLOGIE GÉNÉRALE DE DIFFUSION DU QUESTIONNAIRE

De manière générale, le questionnaire a été diffusé de trois façons :

- **Le porte-à-porte** : très long car il faut se déplacer chez l'exploitant et lui demander de répondre au questionnaire en toute objectivité,
- **Le point de rencontre** : lors de la moisson, bon nombre d'agriculteurs livrent leurs récoltes à des coopératives, il était donc judicieux de se positionner à ces endroits quelques jours afin d'obtenir un maximum de réponses à ces questions. Pour cette deuxième façon d'enquêter, nous nous sommes déplacés dans deux coopératives distantes de 40 kilomètres:
  - la coopérative de la Falaise (80),
  - la coopérative de Rosières en Santerre (80).
- **Le lieu de stage** : quelques questionnaires ont été remplis sur les lieux de stages où un nombre important d'agriculteurs y étaient appareillés.

Ainsi, 93 questionnaires ont été remplis par les agriculteurs.

## II - EXPLOITATION DU QUESTIONNAIRE

Le questionnaire cible des points précis (Annexe 2) :

- la gêne de l'agriculteur face au bruit,
- les outils bruyants,
- la fatigue auditive,
- la baisse d'audition dans le milieu agricole.

Il reflète les réponses de 93 agriculteurs âgés de 19 à 81 ans. Chacune d'elles a été ramenée à un pourcentage dans le but d'obtenir une meilleure lisibilité et de faciliter la compréhension des lecteurs.

Ce questionnaire permet de mettre en évidence une gêne face au bruit non négligeable. En effet, 71 agriculteurs sur 100 répondent positivement à la question « vous sentez-vous gêné par le bruit ? » soit environ deux agriculteurs sur trois.

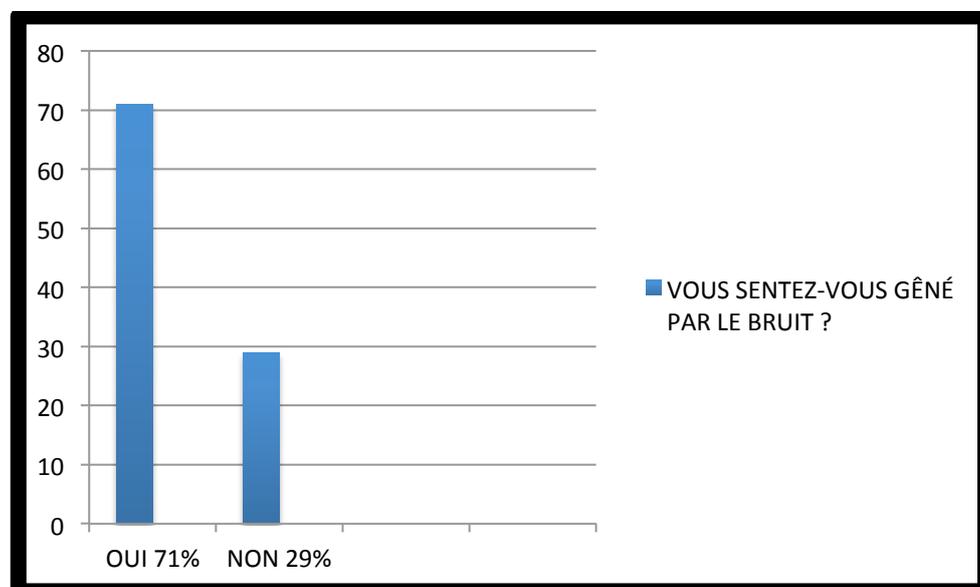


Figure 15 : Vous sentez-vous gêné par le bruit ?

D'après les résultats obtenu (annexe 2) il est possible d'établir un bilan :

- Les bruits qui leur paraissent les plus gênants sont les bruits lors d'activités de travaux de bricolage. Ainsi, 78% se disent agacés par les bruits impulsionnels tel le martelage du métal ou par les bruits de très forte intensité comme le tronçonnage du bois (plus de 95 dB<sub>A</sub>). Ces travaux de bricolage sont bien souvent des travaux d'atelier. Ils doivent être pris en considération car ils représentent quatre mois consécutifs de travail. Nous montrerons dans l'étude sonométrique que cette activité procure un niveau équivalent sur huit heures de 86,6 dB<sub>A</sub> (Annexe 3), ce qui est au-dessus de la valeur d'exposition inférieure (L<sub>EX,d</sub>=80 dB<sub>A</sub>) de la directive 2003/10/CE.
- Le bruit engendré par les machines mécaniques arrive en deuxième position avec 16,5 % de réponses positives. En effet, même si les machines en fonctionnement produisent des bruits largement supérieurs à 90 dB<sub>A</sub>, elles sont de nos jours très bien insonorisées.
- Cependant, bon nombre d'agriculteurs apprécient de travailler avec la fenêtre arrière de la cabine ouverte dans le but d'entendre les machines pour veiller au bon fonctionnement des travaux. Dans près de 27 % des cas, c'est pour cette raison qu'ils ne souhaitent pas se protéger du bruit.
- Pour 40 % d'entre eux, les raisons de non port de protection auditive sont les contraintes physiques et 33% considèrent ne pas savoir comment se protéger les oreilles. En aucun cas, le coût de ces Protections Individuelle Contre le Bruit (P.I.C.B) n'a été révélé. Notons aussi que des organismes comme la Mutuelle Sociale Agricole (MSA) accordent des remboursements en cas d'achat de protections individuel contre le bruit.
- À la question : « quelles machines mécaniques vous semblent les plus bruyantes ? », deux réponses sont souvent relevées. Pour 40,5 % des agriculteurs, les broyeurs à marteaux et les séchoirs leurs semblent les plus bruyants et près de 30 % d'entre eux citent les ensileuses à maïs ou à herbes.

- Les **broyeurs** sont très puissants et très bruyants. Ces machines sont

constituées de dents métalliques fixées sur un axe vertical inclinable. Cet axe tourne sur lui-même et arrache tout sur son passage. Ils sont très utilisés dans l'élagage des arbres en bordure de champs, dans le but de ne pas gêner le passage des machines. Ces dents peuvent aussi être fixées sur un axe horizontal, dans le but de débroussailler un champ où la nature a repris ses droits ou tout simplement pour enlever les restes de plantes après la récolte Prenons pour exemple le maïs qui mettrait trop de temps à se décomposer et gênerait la pousse de nouvelles semilles. Cette opération rend le champs une nouvelle fois exploitable.

- Les **séchoirs** sont des ventilateurs qui soufflent un air chaud pour déshydrater l'air à l'intérieur des bâtiments de stockage des récoltes et éviter qu'elles ne pourrissent.

- Les **ensileuses** émettent des bruits légèrement inférieurs en intensité mais constants. Elles sont utilisées pour couper sur leur passage et broyer les composants organiques pour faciliter le stockage.

- D'autres machines émettent des bruits de forte intensité tels que les **tracteurs** et les **moissonneuses-batteuses**, elles sont pourtant moins citées par les agriculteurs alors que les mesures ont mis en évidence un bruit constant de 90 dB<sub>A</sub> sur une moissonneuse récente en dehors de la cabine.

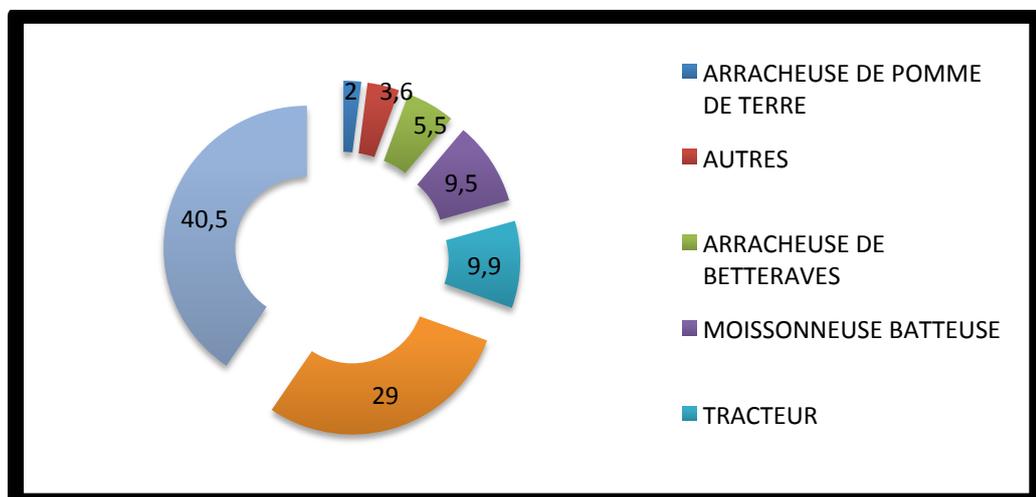


Figure16 : Quelle(s) machine(s) mécanique(s) vous semble(nt) le(s) plus bruyante(s) ?

- Il existe d'autres nuisances sonores engendrées par les outils tractés. Ainsi, le bruit généré par ces outils s'ajoute au bruit du moteur des tracteurs. Les outils qui reviennent le plus souvent sont une fois de plus les broyeurs (29,4%), les rouleaux métalliques (25,6%) puis les semoirs pneumatiques (16,8%). Les broyeurs sont de même type que les broyeurs énoncés ci-dessus. Les rouleaux métalliques sont excessivement bruyants. Ils sont constitués uniquement de fer brut qui dès qu'ils rencontrent un obstacle tel une roche, émettent un crissement assourdissant. Les ensileuses, les croskills, les faucheuses et autres herse rotatives sont énumérées comme étant aussi bruyantes mais moins souvent citées par nos agriculteurs.
- Les cultivateurs déclarent à 36% utiliser des tracteurs ou des moissonneuses sans cabine. Ce chiffre peut être alarmant quand on sait que l'agriculture picarde est la plus développée de notre pays. Si la question était posée dans les régions du sud de la France ou en Corse, on peut imaginer que ce pourcentage serait bien moins important. En effet, ces régions très vallonnées n'ont pas bénéficié des opérations de remembrement des années 1900. De plus, 21,3 % de nos exploitants agricoles avouent utiliser ce tracteur ou cette moissonneuse sans cabine très régulièrement. Nous pouvons penser qu'avec la modernisation, l'utilisation d'engins sans cabine aura tendance à disparaître.
- Une autre question importante : « À la fin d'une journée de travail, avez-vous déjà ressenti une baisse de l'audition, une fatigue auditive, des acouphènes, des vertiges, des douleurs au niveau de l'oreille ? ». 34 % d'entre eux admettent subir parfois une fatigue auditive et 37 % des acouphènes. Ceci indique que près d'une personne sur trois ressent parfois une fatigue auditive et des acouphènes. Cette situation est alarmante sachant que ce sont les signes avant-coureurs d'une baisse de l'audition irréversible. Dans ce sens, 18 % concèdent avoir déjà ressenti une baisse d'audition après une journée de travail. 7 % auraient déjà ressenti des vertiges et 4 % des douleurs au niveau de l'oreille. Le bruit dans le régime agricole a donc toute sa place dans le tableau 46 en vue des impacts non négligeables qu'il aurait sur la santé du travailleur agricole.

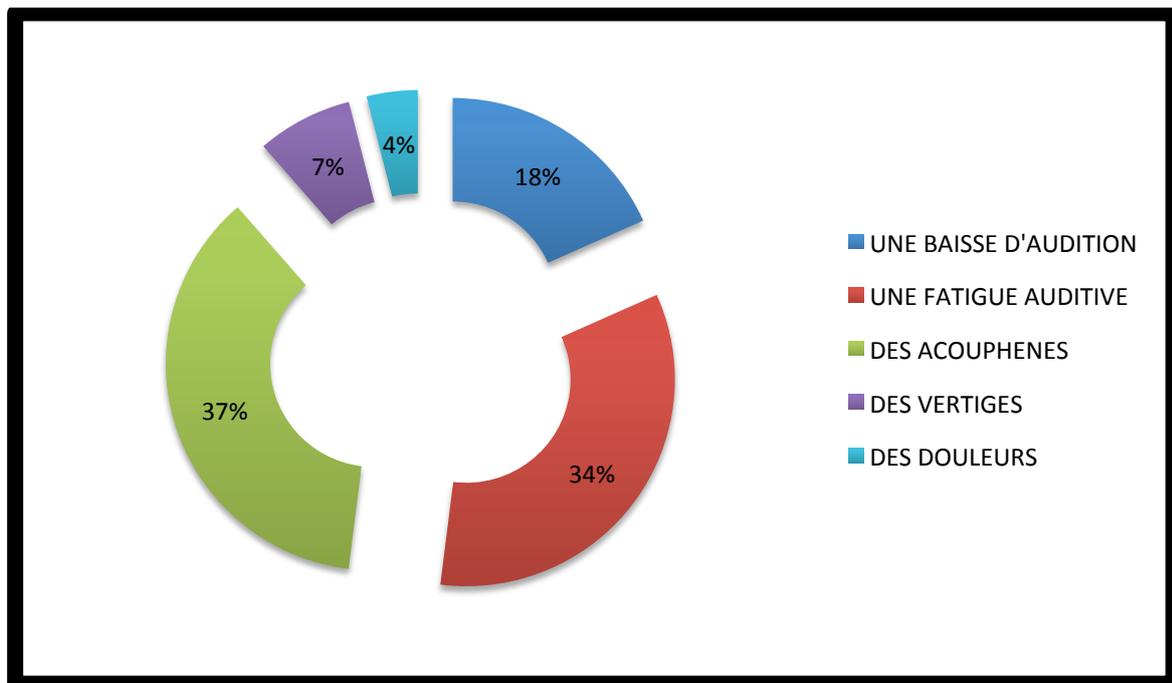


Figure 17 : « À la fin d'une journée de travail, avez-vous déjà ressenti l'un de ces signes cliniques ? »

- En reprenant les arguments de la question précédente et en y ajoutant un phénomène de durée, nos exploitants estiment que dans 41 % des cas, cette baisse d'audition, fatigue auditive, acouphènes ou cette douleur dureraient plus d'une heure. Pour environ 20 % des cas, elles dureraient soit quelques minutes soit moins d'une heure mais parfois toute la journée voir plus d'une semaine. Si nous demandons plus précisément « Selon vous, ces gênes auditives sont-elles toujours présentes le lendemain matin », 61,7 % disent que non.
- Parmi la fatigue, la nervosité, l'irritabilité et le stress au travail, les exploitants affirment bien souvent subir au moins deux de ces aléas. Tous les quatre sont bien souvent présents mais la fatigue semble être la conséquence majeure de cette nuisance sonore. La fatigue, la nervosité, l'irritabilité ou le stress durent bien souvent plus d'une heure (40% des cas), parfois plus de 4h (18%) ou même toute la journée (16 %). Mais ces gênes ne sont plus présentes le lendemain matin pour une majorité (60,9 %).

- Lorsque nous demandons aux fermiers s'ils pensent « que le milieu agricole puisse induire des baisses d'audition irréversibles ? », ils répondent presque unanimement « oui » à 97,8%. La quasi-totalité des agriculteurs (97,8 %) savent qu'il est possible de se prémunir du bruit. Ils seraient 46,2 % à se protéger lorsque cela leur semble nécessaire. Ils utilisent dans la majorité des cas un casque atténuateur. Dans ce cas, ils se le sont procurés chez leur fabricant de machines agricoles, parfois chez des vendeurs d'électroménager et très rarement chez un audioprothésiste. Seuls 2% des agriculteurs se sont procurés leur casque dans une boutique d'optique où un audioprothésiste se rend quelques jours par semaine. Parmi ceux qui ne se protègent jamais les oreilles, 40 % trouvent cela trop contraignant et 33,3 % n'ont aucune idée de comment préserver leur audition. Ils sont 26,7 % à préférer entendre le bruit des machines pour veiller au bon fonctionnement des travaux. Aucun n'a répondu que la raison pour laquelle il ne se protégeait pas les oreilles était le coût de ces protections. En effet, comme nous l'avons déjà dit, des organismes comme la MSA remboursent les protections individuelles contre le bruit de type casque anti-bruit.
- Parmi ces exploitants agricoles 40,9% chassent régulièrement, 6,4 % occasionnellement et 52,7 % ne pratiqueraient pas cette activité. Les chasseurs tirent en moyenne 491 cartouches par an. Plus étonnant encore, ils sont 88,6 % à ne jamais se protéger les oreilles.

### **III – CONCLUSION DE L'ENQUÊTE**

Le profil type d'un agriculteur est donc une personne qui se sent gênée par le bruit au travail plus particulièrement lors des travaux de bricolage. Il se sent très gêné à proximité d'un séchoir à grain ou lors de l'activité de broyage. Les outils les plus bruyants sont des broyeurs, rouleaux métalliques et semoirs pneumatiques. Il évite d'utiliser un tracteur ou une moissonneuse sans cabine. À la fin d'une journée de travail, il ressent des acouphènes et une fatigue auditive. Cette dernière dure plus d'une heure mais moins de quatre heures. Il n'a pas tendance à être stressé par son travail mais il subit une fatigue auditive en fin de journée. Cette fatigue auditive n'est

plus présente le lendemain matin. Il a entièrement conscience que son métier peut induire des déficits auditifs et certains se protègent les oreilles lorsque cela leur semble nécessaire. La raison pour laquelle il ne se protège pas est, soit, un défaut d'information soit, parce qu'il trouve cela trop contraignant. Il ne se protège pas les oreilles car il aime entendre le bruit de ses machines pour veiller au bon fonctionnement des travaux. Il achète son casque directement chez le fabricant de machines agricoles. Il a une chance sur deux d'être chasseur mais ne se protège pas les oreilles.

Remarque : les données détaillées et précises du dépouillement du questionnaire sont inscrites dans le questionnaire (Annexe 2).

# CHAPITRE V : ÉTUDE SONOMÉTRIQUE DES TRAVAUX AGRICOLES

Dans ce chapitre, nous allons étudier le bruit sur le lieu de travail de l'exploitant agricole. Le but de cette étude est d'examiner et d'évaluer d'un point de vue physique les nuisances sonores subies par l'agriculteur, cela en fonction de différentes tâches significatives.

Dans une première partie, nous discuterons de l'aspect législatif du bruit au travail et des différentes normes existantes dans le but de comparer et de commenter les résultats obtenus.

Dans une seconde partie, nous détaillerons une étude sonométrique du bruit en atelier dans une entreprise de travaux agricoles du Nord de la France.

Dans une troisième partie, nous évaluerons le niveau d'exposition sonore à partir de différents travaux d'une journée type en agriculture.

Pour finir, nous tenterons d'élaborer des préconisations, notamment dans le cadre d'une sensibilisation et d'une prise en charge.

## **I - ASPECTS LÉGISLATIFS DU BRUIT AU TRAVAIL**

### **1) DIRECTIVE 2003/10/CE DU PARLEMENT EUROPÉEN ET DU CONSEIL DU 6 FEVRIER 2003 [16]**

Cette directive européenne concerne les prescriptions minimales de sécurité et de santé relatives à l'exposition des travailleurs au bruit.

Elle définit plusieurs valeurs de niveau sonore, qui, si elles sont dépassées, entraînent des seuils d'actions différents. Ainsi, elle définit une valeur d'exposition inférieure et supérieure initiatrice d'action et les valeurs limites d'expositions.

**A) VALEUR D'EXPOSITION INFÉRIEURE :  $L_{EX,8h}=80 \text{ dB}_A$  ;  
 $L_{pc}=135 \text{ dB}_C$**

Si le niveau d'exposition quotidien ( $L_{EX,8h}$ ) ou le niveau de pression crête ( $L_{pc}$ ) dépassent respectivement  $80 \text{ dB}_A$  ou  $135 \text{ dB}_C$ , la valeur d'exposition inférieure entre en compte.

Au delà de ces valeurs limites, l'employeur se doit d'engager des action précises:

- Mettre à disposition des équipements de protection individuelle (EPI) de type bouchon ou casque anti-bruit,
- Il doit informer et former sur les risques ainsi que les mesures de prévention,
- Le personnel doit avoir accès aux E.P.I. et pouvoir demander une surveillance adaptée,
- Le Comité d'Hygiène et de Sécurité des Conditions de Travail (CHSCT) peut être consulté,
- Le médecin du travail doit recevoir les informations nécessaires à la surveillance de ces patients et peut demander une surveillance de certains ouvriers. Il participe à l'information et peut faire un examen audiométrique préventif.

**B) VALEUR D'EXPOSITION SUPÉRIEURE :  $L_{EX,8h}=85 \text{ dB}_A$  ;  
 $L_{pc}=137 \text{ dB}_C$**

Si le niveau d'exposition quotidien ( $L_{EX,8h}$ ) ou le niveau de pression crête ( $L_{pc}$ ) dépassent respectivement  $85 \text{ dB}_A$  ou  $137 \text{ dB}_C$ , la valeur d'exposition supérieure entre en vigueur.

Au delà de ces valeurs limites, l'employeur se doit d'engager des actions précises:

- Mettre à disposition et s'assurer du port des équipements de protection individuelle contre le bruit adaptés,
- Mettre en place un programme de réduction de l'exposition sonore,
- Signaler les zones à risques et limiter leur accès,
- Consulter le CHSCT ainsi que la médecine du travail.

### **C) VALEUR LIMITE D'EXPOSITION : $L_{EX,8h}=87$ dBA ; $L_{pc}=140$ dBC**

Si le niveau d'exposition quotidien ( $L_{EX,8h}$ ) ou le niveau de pression crête ( $L_{pc}$ ) dépassent respectivement 87 dBA ou 140 dBC, les valeurs limites d'exposition doivent impérativement être considérées. Dans ce cas, les mesures sont faites au fond du conduit auditif et prennent en compte l'atténuation de l'EPI utilisé et l'employeur doit :

- Suivre les mêmes instructions que dans le cas des valeurs d'expositions supérieures,
- Déterminer les causes de l'exposition excessive,
- Immédiatement prendre les mesures nécessaires pour réduire l'exposition sonore.

## **2) LA NORME NF 31-084 [17]**

Cette dernière définit trois façons d'évaluer le bruit au travail :

- Le mesurage systématique qui concerne une seule personne exerçant à un seul et unique poste de travail durant toute la durée de l'activité,
- La mesure du bruit au poste de travail d'un groupe d'expositions homogènes (GEH) par fonction. Cette méthode concerne un groupe de personnes travaillant sur un seul et même poste de travail durant toute la période d'activité,

- La mesure du bruit aux postes de travail d'un GEH par tâches. C'est de cette façon que nous avons procédé. Cette technique permet d'apprécier l'énergie acoustique à laquelle est soumise une personne travaillant sur différents postes durant la période d'activité.

Le but de cette norme est de trouver le meilleur compromis entre temps de mesure et représentativité des mesures d'exposition sonore. Cette norme établie en octobre 2002 précise les fondements des mesures d'environnement sonore.

### 3) TERMES ET DÉFINITIONS

#### A) LE NIVEAU DE PRESSION ACOUSTIQUE CONTINU ÉQUIVALENT PONDÉRÉ A

Nous avons défini le niveau sonore équivalent  $L_{Aeq,T}$  dans le chapitre concernant les rappels acoustiques.

Si la journée de travail de durée effective totale  $T_E$  peut se diviser en  $p$  phases de durée  $T_i$  exposant à un niveau sonore équivalent  $L_{Aeq,T_i}$ , le niveau de pression acoustique continu équivalent pondéré A durant  $T_E$  est défini par la formule ci-dessous :

$$L_{Aeq,T_E} = 10 \cdot \log \left( \sum_{i=1}^P (T_i/T_E) \cdot 10^{0,1 \cdot L_{Aeq,T_i}} \right)$$

avec :  $T_E = \sum_{i=1}^P T_i$

Remarque : à chaque  $L_{Aeq,T}$  mesuré est associée une incertitude globale de mesurage  $U$  (en  $dB_A$ ). Ainsi, le niveau de pression acoustique équivalent vrai de la tâche n'est pas connu mais estimé par une valeur noté  $L^*_{Aeq,T}$ , défini par la formule :

$$L^*_{Aeq,T} = L_{Aeq,T} + U$$

Avec l'incertitude globale  $U$ , en  $dB_A$  :  $U = \sqrt{U_1^2 + U_2^2}$

- $U_1$  est l'incertitude élargie due à l'échantillonnage de l'exposition, en  $dB_A$ ,
- $U_2$  est l'incertitude élargie due à l'appareillage de mesure .  $U_2$  est égale à 0,5  $dB_A$  ou 1,5  $dB_A$  si les mesures sont faites repectivement avec un appareil de classe 1 ou 2.

## **B) LE NIVEAU D'EXPOSITON QUOTIDIEN AU BRUIT $L_{EX,8h}$**

Le niveau d'exposition quotidien au bruit  $L_{EX,8h}$  est la valeur du niveau de pression acoustique continu équivalent pondéré A, évalué pendant la durée totale effective de la journée de travail  $T_E$  normalisée par la durée de référence  $T_0$  de 8h. Il est donné en  $dB(A)$  par la formule :

$$L_{EX,8h} = L^*_{Aeq,T_E} + 10 \cdot \log(T_E/T_0)$$

Dans cette formule :

- $T_E$  est la durée totale effective de la journée de travail,

- $T_0$  est la durée de référence, fixée à 8h,
- $L^*_{Aeq,TE}$  est l'estimateur du niveau acoustique continu équivalent durant  $T_E$ , comprenant l'incertitude.

## **II - ÉTUDE SONOMÉTRIQUE EN ATELIER AGRICOLE [23]**

Un des objectifs de ce mémoire réside dans l'étude des nuisances sonores lors du travail de la terre mais il apparaissait opportun de se renseigner sur le travail d'atelier. Pour cela, il semblait intéressant de s'appuyer sur les travaux du Docteur Didier SAVAJOLS qui a réalisé une étude cherchant à démontrer que les travaux d'ateliers induisent des nuisances sonores de forte intensité. [23]

Cette étude sonométrique en atelier agricole fût réalisée à l'aide d'un sonomètre intégrateur de précision, Brüel et Kjaer, de classe 1, type 2230.

Les travaux d'atelier représentent la majeure partie des activités de l'agriculteur durant les quatre mois d'hiver. Ces travaux consistent à la révision de toutes les machines agricoles dans le but de ne pas tomber en panne le jour J.

### **1) PROTOCOLE DE L'ÉTUDE**

Deux grands travaux agricoles sont à considérer :

- Le travail de la terre à proprement parler, correspondant aux travaux majeurs de l'agriculteur du printemps à l'automne,
- Les activités d'atelier qui font parties du travail d'ombre durant les mois d'hiver.

### **Description de l'atelier :**

Cet atelier mesure 750 m<sup>2</sup>. Comme beaucoup, il est bâti avec des murs en parpaings et un toit à deux pentes en tôles galvanisées ponctué de quelques tôles en matière plastique translucide permettant une lumière intérieure naturelle. Les ateliers dans le milieu agricole sont donc des espaces très réverbérants et résonnants. Dans ces endroits se trouvent des machines agricoles de grande taille et de formes diverses, bien souvent une cuve à fioul, ainsi qu'un espace pour les travaux plus minutieux.

### **La journée type :**

Nous avons été confronté à la même difficulté que le Docteur SAVAJOLS. Il est très difficile de définir une journée type représentant une réelle journée de travail en atelier. C'est pourquoi, avec l'aide de salariés, le Docteur SAVAJOLS a composé une journée type de huit heures de travail :

- démontage, remontage : 5 heures 30,
- réglage machine : 30 minutes,
- martelage : 30 minutes remplacé par des soudures,
- meulage : 30 minutes,
- utilisation d'outils divers : 1 heure.

### **Description des différentes tâches :**

*Démontage, remontage* : la majeure partie des travaux d'atelier réalisés l'hiver consiste à démonter les pièces d'usure connues. Ces pièces sont démontées, contrôlées, nettoyées et changées s'il le faut dans le but de remettre les outils « à neuf ».

*Réglage des machines* : il s'agit du réglage des moteurs ou alors du réglage de l'entraînement des très nombreuses pièces mobiles constituant les machines.

*Soudure* : les pièces d'usure sont contrôlées et renforcées s'il le faut, sinon elles sont changées. Tout cela dans le but d'éviter la casse et la perte de temps lors des travaux de la terre.

Martelage : c'est une activité très pratiquée car il est souvent nécessaire de remettre en forme les pièces déformées.

Meulage par meuleuse à disque rotatif : le meulage est régulièrement pratiqué pour nettoyer une pièce oxydée avant soudure ou pour meuler une soudure et même pour adapter des pièces neuves si nécessaire.

Utilisation d'outils divers : peuvent aussi être utilisés des fraiseuses, des tours et des perceuses.

## 2) INTERPRETATION DES RÉSULTATS

Les niveaux de bruit équivalents mesurés à travers un filtre de pondération de type A ont été mesurés à l'aide d'un sonomètre.

- Le démontage, remontage des machines agricoles ne génère pas de bruit excessif. Bien souvent, ce bruit est masqué par le bruit ambiant généré par le local très réverbérant. C'est ce que nous appellerons le bruit de fond du local :  $L_{eq,T} = 75,2 \text{ dB}_A$  (T=5h30),
- Le réglage des machines agricoles génère un bruit non négligeable :  $L_{eq,T} = 95 \text{ dB}_A$  (T=0h30) avec des pics maximums à  $104,5 \text{ dB}_C$ ,
- La réalisation de soudure produit un  $L_{eq,T} = 84,4 \text{ dB}_A$  (T=0h30) avec des pics d'intensité à  $112,1 \text{ dB}_C$ ,
- Les activités de martelage n'ont pas pu être réalisées,
- Le meulage par meule à disque rotatif entraîne des  $L_{eq,T} = 95 \text{ dB}_A$ , avec des niveaux équivalents maximums de  $108,4 \text{ dB}_C$ ,
- L'utilisation de diverses fraiseuses, perceuses sur colonne :  $L_{eq,T} = 76,5 \text{ dB}_A$  (T=1h00).

D'après la méthode énoncée précédemment, le calcul du  $L_{EX,d}$  amène à des niveaux de  $86,6 \text{ dB}_A$ .

Cette étude permet donc de montrer que les niveaux d'expositions sonores quotidiens dans les ateliers de travaux agricoles sont globalement compris entre 85

et 90 dBA. Cela est non négligeable sachant que les travaux d'ateliers sont les moins bruyants de l'année. Un moyen très simple permettrait de ne pas atteindre la valeur d'exposition supérieure ( $L_{EX,d} = 85 \text{ dBA}$ ) : l'utilisation de protections individuelles contre le bruit. C'est pourquoi, il est important de prendre conscience que les travaux d'atelier sont nocifs pour la santé, donc pour l'audition. Un suivi de ces entreprises serait donc indispensable.

### **III -ÉTUDES SONOMÉTRIQUES DES TRAVAUX AGRICOLES HORS ATELIERS**

Après avoir expliqué les activités d'atelier qui font parties du travail d'ombre durant les mois d'hiver, nous allons nous attarder sur les travaux hors atelier correspondant à la majeure partie du métier d'agriculteur.

#### **1) MATERIEL UTILISÉ**

Le matériel choisi pour les mesures est un exposimètre Wed 007 fabriqué par la société 01dB. Ce dernier, appelé dosimètre de bruit, est un sonomètre particulier permettant de mesurer l'exposition au bruit pendant une durée déterminée dans un environnement donné. Ces mesures procurent des données permettant d'évaluer la réalité des niveaux sonores subis par l'agriculteur face à la réglementation en vigueur. Ainsi, nous pouvons obtenir des niveaux continus équivalents pondérés A ou C et les niveaux crêtes pondérés C. L'exposimètre permet d'intégrer la variation de bruit sur une constante de temps, choisie ici à 1 seconde.



Figure 18 : Exposimètre du fabricant 01 dB

## **2) LE PROTOCOLE DE MESURE**

Le travail de la terre à proprement parler correspond aux travaux de l'agriculteur du printemps à l'automne. Lors de cette étude, nous chercherons à estimer le niveau sonore quotidien dans lequel travaillent les agriculteurs en dehors de leurs ateliers.

Avant toute mesure, nous avons étalonné le matériel au piston-phone émettant un son pur à 1000 Hz, à 1 Pascal soit à 94 dB SPL.



Figure 19 : Piston-phone émettant un son pure à 94 dB

L'exposimètre est placé sur l'épaule de l'agriculteur à environ 30 cm de la tête comme l'indique la norme. Il ne faut pas le porter trop près de la tête afin d'éviter l'effet de masque qui pourrait fausser les mesures. Nous avons pris soin de ne pas mettre en contact le microphone avec les vêtements pour éviter d'enregistrer certains bruits dus aux frottements. Nous avons connecté par liaison Bluetooth l'exposimètre à l'ordinateur afin de commencer les mesures avec l'aide de l'interface dBWED. Une fois l'agriculteur équipé et l'exposimètre en marche, nous avons effectué différentes mesures de niveau sonore sur diverses tâches représentatives des travaux de la terre. Ces niveaux équivalents intégrés seront enregistrés dans cet exposimètre mais pourront être exploités informatiquement à l'aide du logiciel dBLEXD du fabricant 01 dB.

La journée type se compose des cinq tâches suivantes :

- Trajets : 30 minutes,
- Dépliage/repliage des outils : 30 minutes,
- Travaux de la terre type déchaumeur à disque : 3 heures,
- Moissonneuse batteuse : 3 heures,
- Discussion : 1 heure.

Puis nous avons dissocié l'étude en deux cas distincts :

- Premier cas : cabine ouverte,
- Second cas : cabine fermée.

### **Description des différentes tâches :**

Les trajets : très régulièrement l'agriculteur doit se déplacer à quelques kilomètres pour commencer sa journée de travail. Les champs se trouvant bien souvent entre la grille de la ferme et une trentaine de kilomètres aux alentours, l'exploitant doit se déplacer en tracteur en moyenne 30 minutes soit une quinzaine de kilomètres, moyenne subjective, obtenue après discussions avec des professionnels. Ce trajet se fait majoritairement sur route. Les roues des tracteurs, étant très peu adaptées aux trajets sur route, font beaucoup de bruit.

Le dépliage/repliage des outils : la majorité des outils sont repliés pour permettre de se déplacer sur la route. Ils sont dépliés une fois arrivé dans les champs. Cette opération permet d'augmenter la surface de travail. Bien souvent, cet acte est réalisé sans couper le moteur du tracteur, ce qui augmente l'intensité sonore perçue par l'exploitant.

Les travaux de la terre : beaucoup d'outils permettant de travailler la terre sont bruyants : soit parce que l'outil lui-même émet de fortes intensités sonores en retournant de grandes quantités de terre, soit parce que cet acte nécessite de faire monter le tracteur dans les tours, ce qui fait « ronfler » le moteur. Il existe des outils très bruyants tels les broyeurs et d'autres très peu bruyants comme les pulvérisateurs à insecticide. Nous avons pris pour référence le déchaumeur à disque

conçu pour enfouir les chaumes principalement issu des cultures de poacées [24]. Ce dernier nous paraît représentatif car considéré par les agriculteurs de notre étude comme étant ni le plus bruyant, ni le moins bruyant mais bien dans la moyenne des niveaux sonores subis.

La moisson : Réalisée en général l'été de juillet à août si la météo le permet. L'ouvrier conduit une moissonneuse-batteuse dans le but de récolter le résultat du travail de l'année. C'est une opération incontournable est très bruyante.

Les discussions : Une exploitation agricole est bien souvent construite sur un schéma simple : un ou plusieurs employés, le chef d'entreprise ainsi qu'une personne de la famille pouvant être un des enfants ou un des parents du patron. C'est donc un travail d'équipe qui nécessite un certain dialogue. Il est représenté par cette phase de discussions.

### 3) INTERPRETATION DES RÉSULTATS

Nous avons résumé les résultats obtenus pour différentes mesures dans le tableau ci-dessous afin de pouvoir comparer la nuisance subie par l'agriculteur lorsque celui-ci conduit avec la cabine ouverte ou avec la cabine fermée. (cf. : annexes 4, 5 et 6)

<b>1<sup>er</sup> CAS : CABINE OUVERTE</b>	<b><math>L^*_{Aeq,Ti}</math> (dBA)</b>	<b>2<sup>ème</sup> CAS : CABINE FERMÉE</b>	<b><math>L^*_{Aeq,Ti}</math> (dBA)</b>
Trajet route cabine ouverte	89,3	Trajet route cabine fermée	75,8
Dépliage / repliage des outils moteur ON	73,2	Dépliage / repliage des outils moteur ON	73,2
Travaux des champs type déchaumeur cabine ouverte	89,2	Travaux des champs type déchaumeur cabine fermée	82,6
Moisson cabine ouverte	91,2	Moisson cabine fermée	72,9
Discussion	73,4	Discussion	73,4
RESULTAT : $L_{EX,8h}$ (cabine ouverte)	89,4	RESULTAT : $L_{EX,8h}$ (cabine fermée)	79,1

Figure 20 : Tableau récapitulatif des niveaux sonores mesurés cabine ouverte et fermée (cf. : annexes 7 et 8)

En comparant les résultats obtenus avec les valeurs d'exposition limite de la directive 2003/10/CE du Parlement européen et du conseil du 6 février 2003 [16], nous pouvons constater que:

- Dans le cas où la cabine est fermée, le niveau d'exposition quotidien est de 79,1 dB<sub>A</sub>. Ce résultat est très proche du premier niveau d'action de cette directive européenne appelée « valeur d'exposition inférieure », fixée à 80 dB<sub>A</sub>. Cette valeur n'étant pas atteinte, l'employeur n'est donc soumis à aucune contrainte. De plus, aucune valeur crête n'a été enregistrée. Dans ces conditions, l'ouvrier ne travaille pas dans des conditions à risque pour son audition.
- Comme énoncé dans le questionnaire, l'exploitant agricole préfère bien souvent travailler avec la fenêtre de son tracteur ouverte dans le but de veiller au bon déroulement des travaux. Dans ces conditions, nous obtenons un niveau d'exposition quotidien de 89,4 dB<sub>A</sub>. Celui-ci dépasse largement les trois valeurs de référence :
  - « Valeur d'exposition inférieure », fixée à 80 dB<sub>A</sub>,
  - « Valeur d'exposition supérieure », fixée à 85 dB<sub>A</sub>,
  - « Valeur limite d'exposition », fixée à 87 dB<sub>A</sub>,

Nous avons enregistré deux niveaux crêtes : un à 135 dB<sub>C</sub> et un autre à 137 dB<sub>C</sub> ce qui ici n'aggrave pas le diagnostic. Aucun niveau crête à 140 dB<sub>C</sub> n'a été rencontré.

Dans ce milieu, l'ouvrier travaille dans des conditions à forts risques pour son audition.

Les agriculteurs appartiennent à une population travaillant à proximité de machines émettant de très fortes intensités sonores. Si nous comparons les intensités émises par ces machines et la directive 2003/10/CE du Parlement européen et du conseil du 6 février 2003, ces machines sont toujours au-dessus de cette norme. Dans ce but, les fabricants de machines agricoles innovent pour améliorer l'insonorisation des cabines des tracteurs.

De nos jours, les fabricants de matériels agricoles ont fait d'énormes progrès dans le but d'insonoriser les cabines afin de protéger les conducteurs de tout risque pour leur audition. À titre de comparaison, nous pouvons même affirmer que l'insonorisation dans un tracteur récent ressemble à celle d'une berline. Les constructeurs de tracteurs et matériels agricoles à roues doivent aussi respecter des normes françaises concernant les vibrations globales du corps du conducteur [25] [26]. Celles-ci réduisent donc les risques de perdre l'ouïe.

Cette étude montre que l'agriculteur travaille dans un milieu à fort risque pour son audition. Toutefois, s'il ferme la fenêtre de la cabine, il peut se protéger du bruit. Ainsi, pour un même agriculteur réalisant les mêmes tâches, il suffit de fermer la fenêtre de la cabine pour passer d'un niveau d'exposition quotidien de 89,4 dB<sub>A</sub> à 79,1 dB<sub>A</sub>. Cet acte simple permet de diminuer la nuisance sonore de plus de 10 dB<sub>A</sub> sans mettre aucun dispositif en application. La cabine fermée d'un tracteur a donc un indice d'isolement acoustique de 10 dB<sub>A</sub>, ce qui paraît acceptable. Dans ces conditions, le cultivateur passe d'un milieu à fort risque à un milieu à très faible risque pour son audition. Il serait donc nécessaire de faire prendre conscience à l'exploitant agricole qu'il a toutes les cartes en main pour préserver la qualité de son audition le plus longtemps possible. D'où la nécessité d'une campagne de sensibilisation sur le bénéfice de se protéger les oreilles contre les risques de perte d'audition.

L'agriculteur devrait ainsi mettre à disposition des protections individuelles contre le bruit.

# CHAPITRE VI : ÉTUDE AUDIOMÉTRIQUE DES TRAVAILLEURS AGRICOLES

Le but de notre étude est ici d'examiner du point de vue auditif, une population d'ouvriers ayant travaillé un nombre significatif d'années en milieu agricole.

Dans une première partie, nous décrivons la méthodologie générale de notre enquête : de l'examen médical à l'examen audiométrique de chaque agriculteur.

Dans une seconde partie, nous chercherons à savoir si le travail en milieu agricole influence l'audition des travailleurs. Pour cela, nous définirons la population étudiée, puis la norme ISO 7029 qui servira de point de comparaison entre l'audition d'un groupe de personnes n'ayant pas subi de traumatismes sonores et un groupe de travailleurs expérimentés.

Dans une troisième partie seront exposés et interprétés les résultats obtenus, afin de les comparer à des valeurs prescrites par la norme en question.

## **I - METHODOLOGIE GÉNÉRALE DE L'ÉTUDE, EXAMEN MEDICAL ET AUDIOMÉTRIQUE**

Pour cette étude, l'aide de la Mutualité Sociale Agricole (MSA) nous aura été précieuse. Ainsi, chaque agriculteur a été examiné avec soin par un médecin du service de prévention de la MSA. L'examen médical est très utile pour cerner le profil des personnes recherchées. Il se compose d'une anamnèse suivie d'un examen clinique.

### L'anamnèse :

Ce questionnement a montré que le milieu agricole est un milieu où il y a très peu de reconversion professionnelle. Presque tous les agriculteurs ont travaillé exclusivement dans ce domaine. Les personnes n'ayant pas travaillé uniquement dans ce milieu et les saisonniers ont été retirés de l'étude afin d'augmenter la fiabilité des résultats.

Nous avons ensuite noté les antécédents O.R.L. afin de mieux cibler nos agriculteurs. Cela nous a permis d'éliminer :

- Les surdités de transmission qui ne sont jamais dues au bruit,
- Les surdités traumatiques pouvant fausser les résultats,
- Les surdités ototoxiques caractérisées par une atteinte du 8000 Hz supérieure au 4000 Hz.

Sont notés parallèlement des antécédents d'otites, de traitements toxiques, de traumatismes auditifs antérieurs, les troubles autres, tels que les acouphènes, les vertiges ainsi que les antécédents familiaux de surdité. Pour mieux comprendre le déficit auditif de notre patient, il est important de savoir s'il possède des antécédents d'éthylisme, neurophysiologique, cardio-vasculaire et autres facteurs ayant une influence sur l'audition.

### L'examen de l'audition :

Les audiogrammes ont été réalisés par des infirmières du service de médecine préventive de la MSA ainsi que par moi-même. Cet examen auditif est fiable car ces infirmières sont formées et possèdent beaucoup d'expériences dans l'audiométrie.

Les examens audiométriques sont réalisés dans un local dédié à cet usage réunissant les meilleures conditions possibles :

- Le bruit de fond est très faible (inférieur à 40 dB<sub>A</sub>),
- Le patient est enfermé dans une cabine insonorisée.

Les audiogrammes tonaux ont été réalisés au casque sur les fréquences 125- 250- 500-1000- 2000- 4000- 8000 Hz à l'aide d'un audiomètre calibré de type AC40 de la société Interacoustics. (Lors de cette étude les audiométries en conduction osseuse ne sont pas prises en compte).

Il semble nécessaire de préciser que les audiométries ont été faites pendant les heures de travail. Les sujets convoqués ont fait, dans la plupart des cas, des pauses dans leurs travaux agricoles pour venir tester leurs auditions sur convocation. Nous pouvons considérer que les audiogrammes ont été réalisés environ une heure après l'arrêt du travail. D'après J.C Lafon, cet intervalle est suffisant pour dire que la fatigue auditive n'a qu'un impact négligeable [14]. Il précise ainsi que les patients ayant de légères ou moyennes pertes d'audition sont légèrement atteints par cette fatigue auditive et que pour les sujets atteints plus sévèrement, cette fatigue n'aura que très peu d'influence sur l'audition.

Nous demandons aux sujets d'appuyer sur une petite poire lorsqu'ils entendent le son et nous notons la plus petite intensité sonore perçue pour chaque fréquence : ce sont les seuils d'audition du malentendant. Ces derniers permettent de tracer des points sur un graphique avec en abscisse, les fréquences par bande d'octave et en ordonnée, les intensités en décibels. Les points sont réunis en une courbe appelée courbe d'audiométrie tonale qui est propre à chaque patient.

Si l'audiométrie révèle une différence de 50 dB ou plus, l'affaiblissement de la meilleure oreille sera systématique.

Si l'examen médical montre une atteinte des basses fréquences ou que d'une manière générale, un doute est émis sur un possible caractère transmissionnel, une audiométrie en conduction osseuse sera effectuée. Elle permettra d'éliminer ce patient de l'étude car la surdité professionnelle n'engendre pas d'atteinte transmissionnelle. Trois patients ont été exclus du groupe étudié pour cette raison.

## II - INFLUENCE DU TRAVAIL SUR L'AUDITION DE L'AGRICULTEUR

### 1) POPULATION ETUDIÉE

Afin de constituer une population saine, certains sujets ont été écartés de l'étude : les personnes portant des protections auditives régulièrement, celles ayant subi au cours de leur vie des pathologies ORL importantes ainsi que les femmes. En effet, après avoir discuté avec bon nombre d'agricultrices, trop peu d'entre elles travaillent dans les conditions réelles de l'agriculture. Le travail à l'atelier et aux champs peut être aussi bien réalisé par les hommes que par les femmes mais généralement, celles-ci s'occupent également des tâches administratives et familiales. Le niveau d'exposition sonore qu'elles subissent est donc nettement inférieur à celui subi par les hommes et pourrait fausser les résultats.

Nous pouvons ainsi étudier l'audition de 80 exploitants agricoles en fonction de leurs âges. Pour ce faire, nous avons divisé cette population en quatre tranches d'âge :

- une tranche d'âge de 26 à 35 ans : référence 30 ans,
- une tranche d'âge de 36 à 45 ans : référence 40 ans,
- une tranche d'âge de 46 à 55 ans : référence 50 ans,
- une tranche d'âge de 56 à 65 ans : référence 60 ans.

Pour chaque tranche d'âge, ont été calculées les pertes d'audition moyennes tonales au casque pour les fréquences 500, 1000, 2000, 4000 et 8000 Hz de chaque tranche d'âge. Ceci a permis de tracer une courbe représentant un audiogramme moyen par tranche d'âge et de les comparer à la norme ISO 7029 [15].

## 2) LA NORME ISO 7029 [15]

La norme ISO 7029 donne des valeurs de référence audiométrique en fonction de l'âge et du sexe. Ces références proviennent d'une vingtaine d'études épidémiologiques de toutes provenances dont deux françaises. Ces différentes études ont permis de fabriquer ces courbes de presbyacousie pour plusieurs fractiles d'une population otologiquement saine et qui n'a pas été exposée à un bruit traumatisant.

Ces courbes ont permis de redémontrer les effets de la presbyacousie. En effet, à partir de la fréquence de 2000 Hz, les seuils auditifs chutent avec l'âge. De plus, plus l'âge est élevé, plus les seuils auditifs ont tendance à être bas, avec une différence notable entre hommes et femmes. Les femmes sont moins touchées par la presbyacousie que les hommes.

La figure 19 illustre très bien cette norme en montrant les audiogrammes de référence issue de ces données.

Dans chaque cas, les tracés en traits pleins représentent les médianes de la distribution, correspondant donc à une audition «moyenne», en sachant que 50% des sujets ont une audition meilleure que cette référence (figure 19).

Les courbes en pointillées correspondent au 10<sup>ème</sup> percentile, c'est-à-dire que 90 % des sujets de l'étude ont une meilleure audition que ces courbes de référence (figure 19). Si un patient a une courbe audiométrique en dessous de celle-ci, il a une audition représentative de l'ouïe des 10% moins bons d'une population saine de référence. Ainsi, plus il s'écarte de celle-ci, plus il s'éloigne de ces 10 %.

Cette norme est peu utilisée par les audioprothésistes en France mais aurait le mérite de l'être. Nous utiliserons cette norme comme point de référence pour cette étude. Nous pouvons ainsi comparer les audiogrammes moyens de nos agriculteurs en fonction de l'âge avec les données de cette norme.



Figure 21 : Norme ISO 7029 : audiogrammes de références chez les hommes et les femmes de 20 à 70 ans A : Hommes et B : Femmes [15]

### 3) INTERPRETATION DES RÉSULTATS

- **Référence 30 ans :**

Ce groupe est constitué d'un seul individu ayant une perte auditive difficilement exploitable dans cette étude. En effet, ce dernier possède une audition asymétrique, avec une oreille droite sans réelle perte d'audition alors que l'oreille gauche est très endommagée.

Nous ne chercherons pas à épiloguer sur ce groupe car celui-ci est constitué d'un seul individu possédant une audition atypique.

- **Référence 40 ans :**

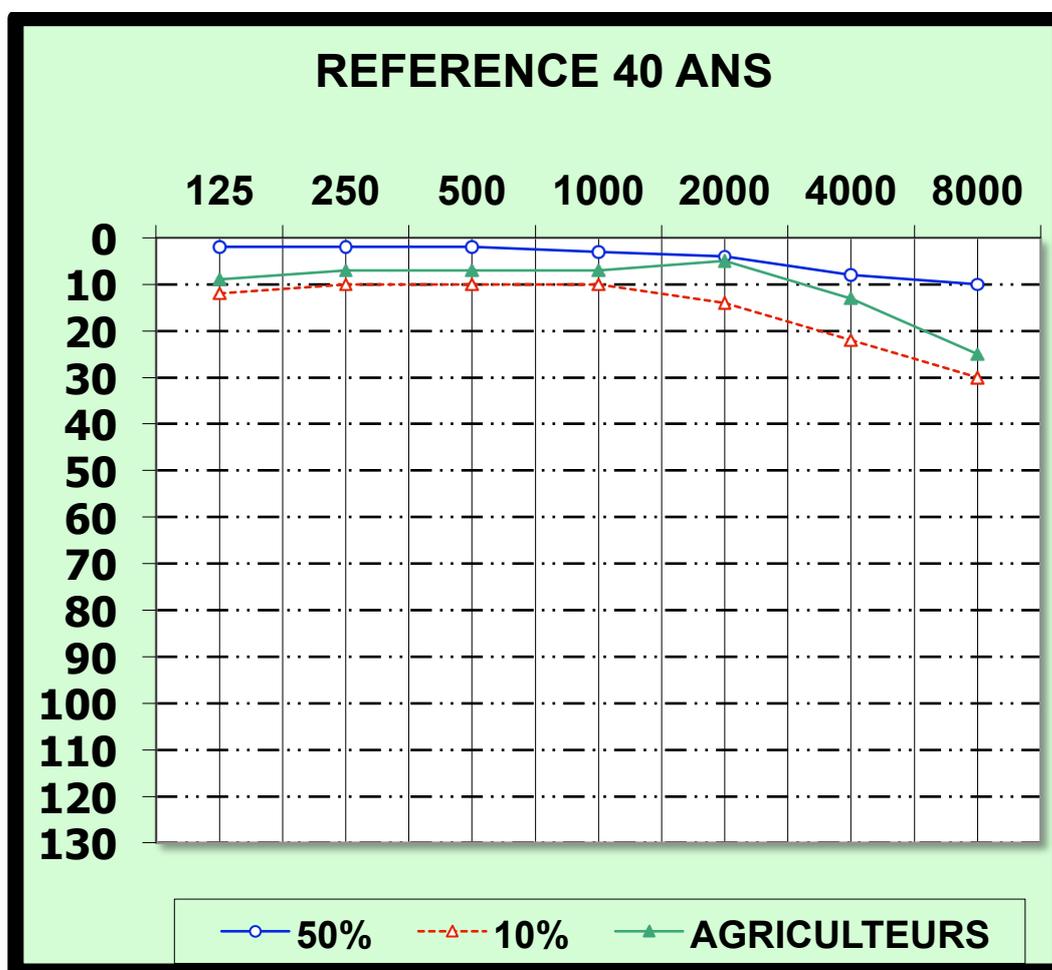


Figure 22 : Audiogram moyen de nos agriculteurs comparé à la médiane et au 10<sup>ème</sup> percentile : référence 40 ans

Ce groupe est constitué de 8 individus.

La courbe reflétant l'audition de nos agriculteurs (référence 40 ans) est légèrement sous celle de la médiane de la norme ISO 7029, ce qui met en évidence une perte d'audition liée aux milieux professionnels. Si nous comparons ces courbes à celle du 10<sup>ème</sup> percentile, nous apercevons qu'elles sont très proches sur toute la bande de fréquences allant de 500 à 2000 Hz et même légèrement inférieures à partir du 4000 Hz.

À partir de 36-45 ans, nos agriculteurs ont donc une perte d'audition plus prononcée que 50 % de la population saine de référence et cela surtout à partir de 4000 Hz. Ils ont même une audition se rapprochant des 10 % les plus atteints de la population saine de référence (Figure 22).

- **Référence 50 ans :**

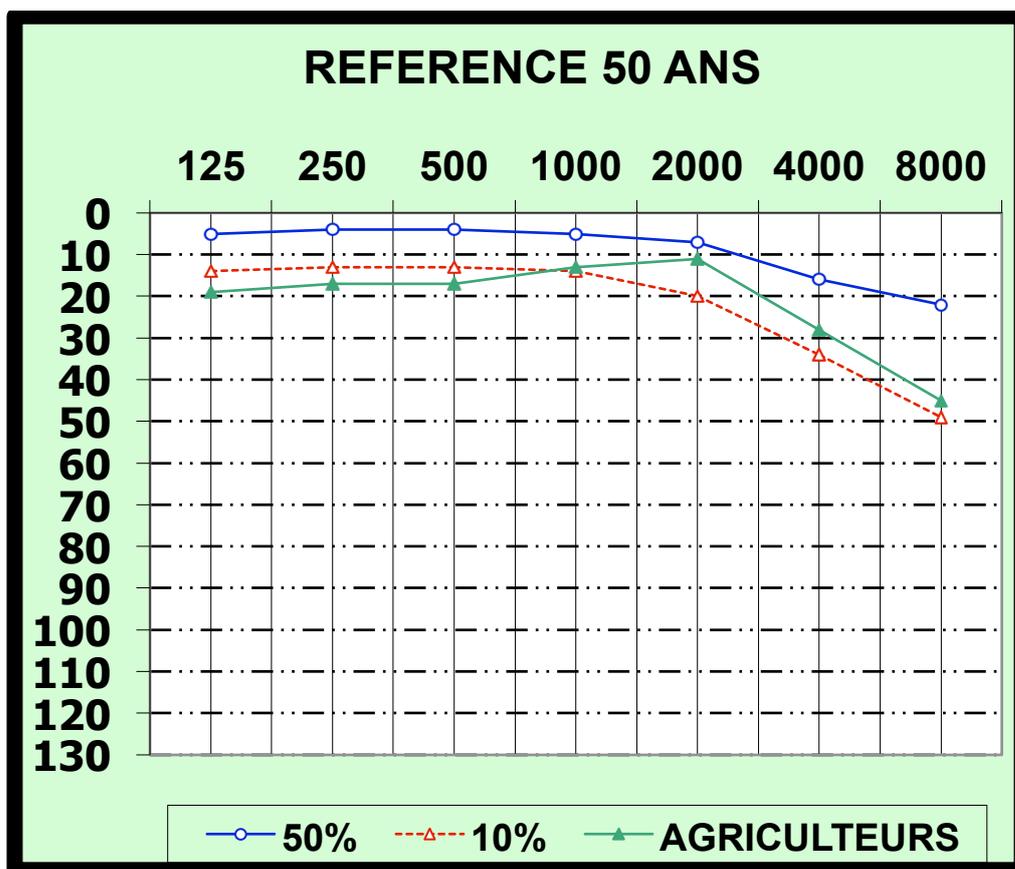


Figure 23 : Audiogram moyen de nos agriculteurs comparé à la médiane et au 10<sup>ème</sup> percentile : référence 50 ans

34 agriculteurs de sexe masculin représentent cette tranche d'âge.

Sur les fréquences inférieures à 2000 Hz, la médiane est comprise entre 4 et 8 dB de perte alors que la population testée est systématiquement en dessous de 10 dB, allant même jusqu'à 17 dB de perte à 500 Hz sur les oreilles gauches. Sur les fréquences supérieures ou égales à 4000 Hz, la différence est comparable. En comparant la courbe du 10<sup>ème</sup> percentile de référence à 50 ans avec nos courbes des

moyennes d'auditions de nos professionnels, nous constatons que sur les fréquences inférieures à 2000 Hz, nous sommes très proches. À partir de 2000 Hz, les seuils moyens de nos agriculteurs de 50 ans sont compris entre la courbe des 50 % et du 10 %.

À 50 ans ces agriculteurs présentent donc une audition légèrement moins bonne que 50 % de la population saine sur toutes les fréquences. Leur audition se rapproche même une fois de plus des 10 % les plus mauvaises. Cette différence est moins significative sur les fréquences aiguës (Figure 23).

- **Référence 60 ans :**

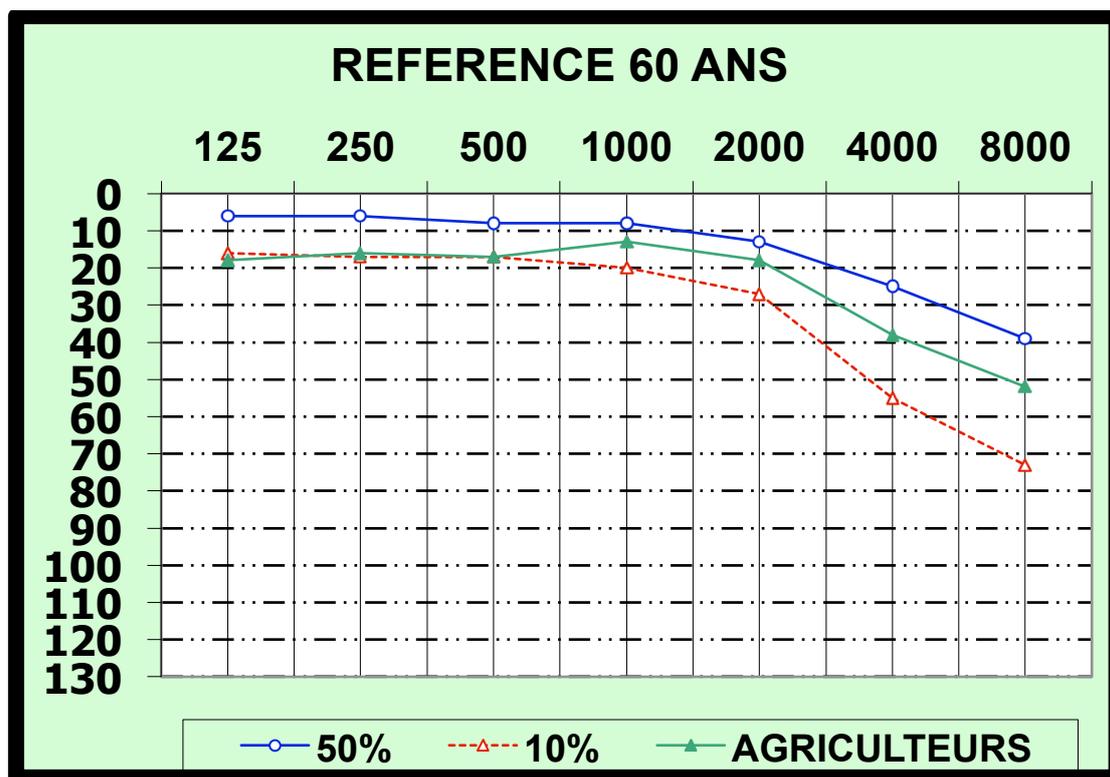


Figure 24 : Audiogramme moyen de nos agriculteurs comparé à la médiane et au 10<sup>ème</sup> percentile : référence 60 ans

Ce groupe constitue le panel le plus élargi, il est formé de 37 exploitants agricoles. Si nous comparons ce groupe à la courbe médiane des 50 % de la norme ISO 7029, il suit la même logique que les références 40 et 50 ans. Mais comparativement à celle du 10<sup>ème</sup> percentile celui-ci est légèrement meilleur.

À 60 ans, ces travailleurs ont une audition moins bonne que la normale. Mais cette dernière est quand même meilleure que les 10% moins bons (Figure 24).

### III - RÉSULTATS DE L'ÉTUDE

Plusieurs facteurs interviennent dans ce déficit auditif :

- Les bruits traumatisants professionnels,
- Les bruits traumatisants non professionnels,
- Les pathologies O.R.L. qui ont tendance à augmenter avec l'âge,
- Le vieillissement physiologique du corps et en partie de l'organe de l'audition.

Dès le début de cette étude, nous avons cherché à éliminer les pathologies O.R.L. Cette perte d'audition serait donc due aux traumatismes sonores professionnels ainsi qu'au vieillissement physiologique de l'organe de l'audition.

Les bruits traumatisants non professionnels sont des facteurs difficilement exploitables mais bien présents. En effet, bien souvent les patients eux-mêmes ne savent pas dire, si lors de leurs activités de loisir, ils sont soumis à des bruits traumatisants sauf s'ils pratiquent des activités à bruits nocifs pour la santé comme le tir, ce qui constitue une des limites de cette étude. Ce facteur n'est pas négligeable surtout que lors du questionnaire, 40,9% des agriculteurs avouent être chasseurs et 6,4% disent chasser occasionnellement. En moyenne, ces chasseurs tirent 491 cartouches par an mais ne se protègent les oreilles que dans 6,8% des cas, ce qui semble dramatique quand on connaît la nocivité des activités de tir [13]. De plus, les bruits lors d'activités de loisir sont beaucoup mieux acceptés qu'au travail car ils procurent du plaisir alors qu'ils sont tout aussi nocifs. La notion de plaisir entre ainsi en compte dans l'acceptabilité de la nuisance sonore.

Un exploitant agricole type aurait une audition largement moins bonne que 50 % d'une population non exposée, considérée comme ayant une audition normale pour leur âge.

Ce dernier aurait même une perte auditive comparable aux 10 % de cette population entendant le moins bien.

Ce déficit auditif serait plus important pour les références 30, 40, et 50 ans et aurait tendance à se stabiliser à la tranche 60 ans. Il aurait été intéressant de voir ce qu'il se passait pour les tranches d'âge supérieures mais aucun cas clinique ne s'est présenté à la MSA. En effet, la MSA suit les travailleurs actifs et perd de vue les agriculteurs qui partent à la retraite, soit aux alentours de 65 ans. Cette stabilité pour la référence 60 ans est due à deux éléments distincts :

- Les agriculteurs de plus de 60 ans ont commencé à travailler il y a plus de 40 ans et à l'époque, il n'y avait pas beaucoup de machines. Le travail était plus manuel, moins mécanisé et les chevaux remplaçaient les tracteurs très bruyants,
- De plus, il est connu que le bruit au travail est beaucoup plus nocif les vingt premières années que les vingt dernières.

De manière générale, il est important d'associer à cet exercice une durée de travail, autrement dit de connaître la date d'embauche. Mais cet argument est négligeable dans cette étude car généralement le milieu agricole est un milieu très fidèle. En effet, il est rare de voir des reconversions dans ce milieu. Ainsi, nous pouvons considérer que tous nos travailleurs ont travaillé uniquement en agriculture et que ces derniers ont commencé vers 20 ans.

Nous pouvons conclure que :

- l'audition de l'agriculteur suit de très près le phénomène de la presbyacousie,
- mais que cette presbyacousie est beaucoup plus avancée comparativement à des sujets non exposés à des nuisances sonores et d'âge équivalent. Cette dernière serait comparable aux moins bons 10% d'une population considérée comme saine pour son âge.

## IV - CRITIQUES

Nous sommes entièrement conscient des limites et des insuffisances de cette étude principalement dues au manque de temps et à la difficulté d'accéder à la bonne information.

C'est pourquoi, cette étude ne prend en compte que les audiométries tonales alors que si nous avions pu réaliser des audiométries vocales adaptées pour évaluer le préjudice social, l'exactitude des résultats aurait été supérieure. Ainsi, nous aurions pu apprécier le phénomène bien connu des audioprothésistes « j'entends mais je ne comprends pas » alors que nous avons uniquement évalué le phénomène « j'entends ou je n'entends pas ».

De même, à défaut d'informations, nous n'avons pas pu obtenir les dates d'embauches qui auraient permis de mieux cerner les populations et de les classer en fonction de la durée réelle de travail et donc des nuisances sonores subies par l'agriculteur. Nous avons dû nous contenter de la date de naissance et estimer que les travailleurs ont tous commencé à travailler à 20 ans dans l'agriculture. Cela ne doit pas fausser beaucoup les résultats car il existe peu de reconversion dans ce milieu.

Enfin, toujours dans un but d'objectivité, il aurait été idéal de suivre deux populations d'agriculteurs :

- l'une ne se protégeant pas les oreilles,
- l'autre se protégeant toujours les oreilles.

Cet exercice aurait permis de cerner la réelle nuisance du bruit sur l'oreille. Mais d'après le questionnaire, très peu d'agriculteurs se protègent les oreilles et aucun ne se les protègent régulièrement.

# CHAPITRE VII : MOYENS DE PROTECTIONS DE L'EXPLOITANT AGRICOLE CONTRE LE BRUIT

L'exploitant agricole fait parti d'une population à risque car il est exposé à des niveaux sonores préoccupants durant ses travaux agricoles. La surdité est un handicap inquiétant en terme de santé publique. Le régime agricole représente une population très diverse constituée de plus de 2,4 millions d'individus [18]. Les problèmes auditifs engendrent un handicap social et de nos jours les traitements palliatifs sont encore onéreux. Bien souvent, le patient prend conscience des risques de lésions auditives dus au bruit après être all  consulter un médecin pour avoir constaté une baisse d'audition. Quand la perte de sensations auditives est déjà bien installée, il est bien souvent trop tard.

Les atteintes auditives traumatiques de l'audition sont irréversibles, c'est pourquoi la prévention est d'autant plus importante. Dans ce milieu, appliquer la réglementation est difficile car ce sont majoritairement des entreprises familiales avec peu d'employés donc peu contrôlées. De plus, les tâches ne sont pas répétitives, ce qui complique l'étude du milieu sonore. Tous ces arguments compliquent la prévention.

La détérioration de l'ouïe se déclare lentement et après plusieurs années d'exposition. Ce déficit étant progressif, il serait important de sensibiliser les exploitants agricoles, d'autant plus que ces derniers ne se manifestent bien souvent que lorsque la gêne sociale est déjà présente.

Pour protéger l'oreille interne d'une dégradation précoce, des moyens simples de protection existent. Ainsi les casques et autres bouchons de protection efficaces doivent être utilisés.

# **I - PRÉVENIR AVANT DE GUÉRIR**

## **1) INFORMER**

Le questionnaire révèle une donnée importante : les cultivateurs ont conscience que lors de leurs travaux agricoles, ils sont soumis à des bruits de forte intensité, ils savent même que cette nuisance sonore peut avoir des risques irréversibles sur l'audition.

Ce n'est pas pour autant qu'ils se protègent du bruit lorsque cela est nécessaire. Une simple information ne semble donc pas suffisante d'autant plus que ces exploitants préfèrent bien souvent privilégier les travaux agricoles à leur santé.

D'après le questionnaire, un tiers d'entre eux disent subir une fatigue auditive et des acouphènes pendant plus d'une heure après une journée de travail. Il pourrait être utile d'utiliser ce dont ils ont conscience pour créer un lien entre la perte de l'ouïe irréversible et cette fatigue auditive ou ces acouphènes. Des informations comme celles-ci peuvent permettre de prendre conscience que cette dégradation est irréversible et que des moyens simples sont efficaces pour lutter contre le bruit.

## **2) SENSIBILISER ET ACCOMPAGNER**

Plusieurs moyens permettraient d'éduquer ces exploitants face aux nuisances sonores rencontrées au travail.

Les atteintes auditives sonotraumatiques de l'oreille interne étant irréversibles et inéluctables si aucun moyen de protection n'est utilisé, il serait judicieux de former les jeunes agriculteurs dès l'école. Dans ce but, avec l'aide du lycée agricole Le Paraclet, nous envisageons de mettre en place ce type de formation et de la diffuser pour qu'elle soit dispensée dans le plus grand nombre d'écoles agricoles. Cet enseignement compléterait certaines formations déjà réalisées par la MSA lorsque ces jeunes arrivent sur le marché du travail.

La MSA réalise des formations dans le but de sensibiliser les jeunes exploitants agricoles. Ces dernières sont composées de médecins du travail ainsi que d'infirmières mais pourraient être complétées d'un audioprothésiste dans le but d'affiner certaines explications, notamment sur les moyens de protection et l'appareillage du déficit de l'ouïe.

Sachant que la perte d'audition dans le milieu professionnel est plus importante au cours des vingt premières années de travail, toutes ces formations seraient d'autant plus importantes pendant les études agricoles et les premières années de travail.

### **3) DÉPISTAGE PRÉCOCE**

Dans la mesure où nous nous plaçons dans une optique de prévention, il serait intéressant de dépister les troubles auditifs précocement. Ainsi, nous pourrions détecter les atteintes auditives avant qu'elles n'entraînent une gêne sociale et sensibiliser la personne pour qu'elle prenne soin de ses oreilles.

Nous pourrions proposer de généraliser la pratique de l'audiogramme dans les écoles d'agriculture. Si un trouble est relevé, l'étudiant serait alors envoyé vers un médecin O.R.L. dans le but d'obtenir un diagnostic plus précis et de le sensibiliser face au bruit.

Nous pourrions aussi pratiquer l'audiométrie haute fréquence et ainsi déceler des pertes d'audition précoces sur des fréquences non conversationnelles c'est-à-dire supérieures à 7 kHz.

Une audiométrie de Bekesy, beaucoup plus fine que l'audiométrie standard, permettrait de déceler des scotomes en formation sur certaines fréquences comme le 4 kHz ou le 6 kHz.

## II - LE RÔLE DU MEDECIN DU TRAVAIL

Le médecin du travail possède un rôle important dans le dépistage et le suivi du déficient auditif. Il utilise ses compétences pour informer les patients et pour traiter l'aspect médical de la perte d'audition.

Le médecin du travail a une part primordiale dans l'information. Il travaille en relation avec l'employeur :

- Soit sous forme de réunions collectives, avec discussion,
- Soit par l'intermédiaire du Comité d'Hygiène, de Sécurité et des Conditions de Travail (C.H.S.C.T.),
- Soit seul, bien souvent aidé par une infirmière lors des visites de médecine du travail.

La médecine du travail a pour objectif un examen médical permettant de déceler toutes pathologies dès la visite d'embauche. Elle conseille, informe le travailleur et peut l'écartier d'un poste de travail, si elle l'estime nécessaire. Le médecin réalise un examen général comprenant une otoscopie et un audiogramme tonal liminaire afin de vérifier si le travailleur est apte à réaliser ces tâches. Puis, il revoit son patient régulièrement afin de le suivre.

Le médecin a aussi un rôle considérable d'informateur au sujet des équipements de protection. Ces arguments peuvent être décisifs pour motiver l'exploitant à acheter des bouchons d'oreilles ou autres casques anti-bruits dans le but de se protéger les oreilles.

### III - LES PROTECTIONS INDIVIDUELLES CONTRE LE BRUIT [19]

Comme expliqué précédemment, si les valeurs inférieures d'exposition ( $L_{EX,8H} = 80\text{dBA}$  ;  $L_{PC} = 135\text{dBC}$ ) sont franchies, le chef d'entreprise a l'obligation de mettre des équipements de protections individuelles contre le bruit à disposition de ses salariés. Si, dans son entreprise, les valeurs d'exposition supérieures ( $L_{EX,8H} = 85\text{dBA}$  ;  $L_{PC} = 137\text{dBC}$ ) sont dépassées, ce dernier doit en imposer le port et vérifier qu'elles sont bien utilisées. Dans le milieu agricole, ces valeurs sont bien souvent dépassées mais la législation n'est que rarement appliquée par manque d'information.

L'environnement très aléatoire de l'exploitant agricole ne permet pas de mettre en place des protections collectives contre le bruit. Les protections individuelles contre le bruit (P.I.C.B.) paraissent bien mieux adaptées. De nos jours, il existe une multitude de P.I.C.B., il y en a qui filtrent le bruit de façon passive, d'autres de façon active, certaines se placent sur l'oreille externe et d'autres à l'intérieur du conduit auditif.

#### 1) CLASSEMENT SELON LEURS MODES DE PORT [20]

##### A) LES PROTECTEURS MUNIS DE COQUES

**Le casque intégral**: il enveloppe la quasi totalité du crâne et comporte des coquilles dans lesquelles sont installées des oreillettes s'appliquant sur les oreilles. Ce type de casque est utile pour les ouvriers travaillant dans un milieu où les risques de chutes de pierres sont présents par exemple, ce qui n'est pas notre cas.

**Le casque, serre-tête et serre-nuque**: il est constitué de coquilles à l'intérieur desquelles est placé un revêtement isolant acoustiquement. Il s'applique aussi sur les oreilles. Les coquilles sont reliées par un arceau passant au-dessus de la tête. Il

existe aussi le serre-nuque, reposant sur le même principe sauf que l'arceau est derrière la nuque. Ce type de protection est efficace sur toutes les fréquences. Il y a juste à le mettre sur la tête, ce qui facilite l'usage. Il demande peu d'entretien et de maintenance. Il est juste nécessaire de le nettoyer régulièrement. Il est bien souvent utilisé par plusieurs personnes alors qu'il devrait être personnel. Il est adapté aux oreilles fragiles. La communication orale est difficile mais étant très facile à enlever et à remettre, cela ne pose que peu de problèmes. Il est inconfortable lors des fortes chaleurs et peut parfois gêner le port des lunettes. Son indice d'isolation acoustique peut aller de 23 à 36 dB. Ce type de protection paraît être le plus adapté aux métiers de l'agriculture.



Figure 25 : Casque serre nuque et serre-tête à coquille

## B) LES BOUCHONS D'OREILLES

Ce sont des protecteurs qui sont introduits dans le conduit auditif externe et qui permettent de l'obturer, empêchant partiellement le passage des ondes acoustiques nuisibles. Il en existe trois sortes :

- **Les bouchons près-moulés** : ils sont bien souvent constitués de caoutchouc moulé ou de silicone. Il existe généralement trois tailles, une pour les enfants et deux pour les adultes. Ils sont donc lavables et réutilisables. Ce sont des bouchons que l'on introduit dans le conduit auditif externe sans avoir besoin d'être façonnés par le travailleur. Ils peuvent être réunis par une cordelette pour éviter de les perdre. Lors du choix des bouchons près-moulés, il est important d'être bien conseillé pour choisir la bonne taille. Si le bouchon est trop grand, il sera difficile à insérer et douloureux. Le travailleur l'enlèvera et ne le remettra pas. À l'inverse, si celui-ci est trop petit, il ne sera pas étanche. Le son du milieu extérieur entrera dans le conduit auditif comme si il n'y avait rien. Le but est de trouver un bouchon suffisamment grand pour obturer le conduit auditif, sans que le port ne soit désagréable. Le bouchon près-moulé est facile à mettre en place. Sa forme est conique ce qui empêche de le mettre trop profond dans l'oreille. Ils sont hygiéniques car leur nettoyage est facilité. Le vendeur doit bien insister sur le fait que ces bouchons doivent être nettoyés rigoureusement pour ne pas infecter l'oreille. Ils sont ainsi réutilisables et très peu onéreux. Ils sont adaptés aux milieux agricoles car protègent toutes les fréquences avec des affaiblissements allant de 21 à 38 dB. Il ne font pas la différence entre un son continu et un son impulsionnel. Cependant bon nombre de travailleurs leurs reprochent de rendre difficile la communication orale.



Figure 26 : Bouchons près-moulés

- **Les bouchons façonnés par l'utilisateur** [22] : ils sont confectionnés en matière souple ressemblant à une mousse. Le travailleur doit le comprimer à l'aide de ses doigts et l'introduire dans son conduit auditif. À ce moment-là, le bouchon essaiera de reprendre sa forme initiale. Ainsi, il obture parfaitement le conduit auditif. Son coût est minimal (moins d'un euro). Si il est bien inséré, il protège efficacement l'oreille. Ce type de bouchon doit être porté continuellement tout au long de la journée. Tout comme les bouchons prêts-moulés, ils rendent plus difficile la communication orale. Il y a parfois des intolérances pour certaines personnes qui ne supportent pas l'effet de pression que ce bouchon induit au conduit auditif. Ils sont adaptés aux milieux agricoles de par leurs propriétés acoustiques mais l'utilisateur ayant bien souvent les mains sales, cela aura tendance à ne pas garantir l'hygiène recommandée. Ces bouchons sont jetables et non réutilisables, ce qui est rarement respecté. Ils sont très peu onéreux mais à long terme leur utilisation peut devenir coûteuse.



Figure 27 : Bouchons façonnés par l'utilisateur

- **Les bouchons moulés sur mesure** : ils sont réalisés à l'aide d'une prise d'empreinte de l'oreille du patient. Ils sont en matière silicone ou acrylique et peuvent contenir un filtre. Ils deviennent alors une solution active. Il existe plusieurs types de filtres, ce qui permet d'adapter ce bouchon à la situation acoustique. Dans le tableau

ci-dessous, on peut identifier trois types de filtres qui atténuent de façon presque linéaire à -9 dB, -15 dB et -25 dB. Le confort est optimal car ce type de protection est fabriqué sur mesure. Le coût d'achat est plus élevé mais ces bouchons possèdent une durée de vie de plusieurs années si leur entretien est adéquat. Il est possible de les confectionner en matière anallergique si le patient ressent une intolérance ou une allergie aux matériaux. Ces bouchons moulés sur mesure peuvent être adaptés aux travaux agricoles à condition d'utiliser un filtre d'atténuation de -25 dB.

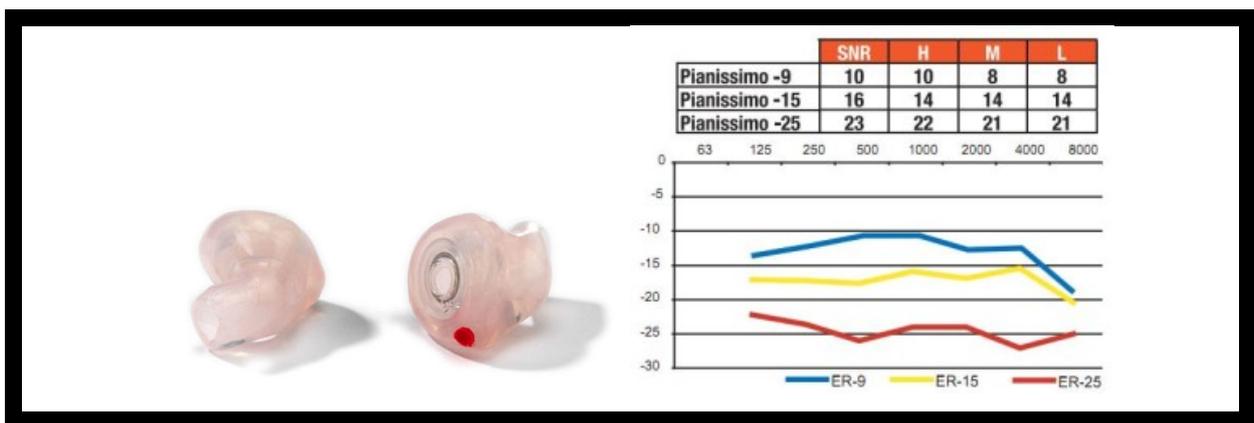


Figure 28 : Bouchons moulés sur mesure et représentation de l'atténuation en fonction du filtre [21]

## 2) CLASSEMENT SELON LEUR MODE DE FONCTIONNEMENT

Les P.I.C.B. peuvent être classées en fonction de leur mode de fonctionnement. Ainsi, il existe des protecteurs à atténuation dépendant du niveau sonore, actifs, passifs et de communication.

**Les P.I.C.B. à atténuation milieu dépendant :** ces atténuations dépendent du niveau acoustique ambiant. Ils vont permettre un affaiblissement acoustique qui augmente avec le niveau sonore ambiant.

**Les P.I.C.B. passifs** : elles sont classées comme passives lorsqu'elles ne sont constituées d'aucun élément entraînant un affaiblissement acoustique dépendant du milieu. Elles ne possèdent donc pas de circuits électroniques permettant de modifier le spectre du son dans l'oreille.

**Les P.I.C.B. actifs** : elles permettent une réduction active du bruit. Elles sont bien souvent moulées sur mesure et au phénomène passif est ajouté un montage électrique constitué d'un microphone, d'un atténuateur électrique et d'un écouteur. Elles émettent un son en opposition de phase avec le son à atténuer.

Toutes les combinaisons de serre-têtes, bouchons ou casques avec les différents modes de fonctionnement sont actuellement disponibles sur le marché.

### **3) QUELS PROTECTEURS CHOISIR POUR L'AGRICULTEUR ?**

Le choix d'un protecteur individuel contre le bruit ne doit pas être laissé au hasard ou fondé sur des considérations superficielles. Ces outils de protection de l'oreille doivent être adaptés par un professionnel car ils dépendent du milieu de travail et des caractéristiques anatomiques du patient. Ces P.I.C.B. doivent protéger efficacement du bruit en prenant soin de ne pas surprotéger, ce qui pourrait provoquer un défaut de communication et dans le pire des cas, un accident de travail. Le confort doit être maximal pour l'utilisateur et le port doit être compatible avec d'autres équipements de protection (comme par exemple les lunettes anti-projection lors d'opérations de soudure).

Les appareils les plus perfectionnés ( atténuation non linéaire, actif etc.) ne sont pas adaptés aux métiers de l'agriculture. En effet, ces derniers pratiquent leur métier dans des conditions de poussière et d'humidité.

Dans la grande majorité des cas, d'après le questionnaire, le cultivateur utilise des casques à coquilles simples et parfois des bouchons d'oreilles standards.

L'utilisation de bouchons d'oreilles standards ne paraît pas adaptée à un milieu où il faut avoir sans cesse les mains dans la poussière. D'autant plus que ces derniers ne sont bien souvent jamais jetés après utilisation. En effet, dans la majorité des cas ils sont réutilisés plusieurs fois et sont rarement changés. L'utilisation de casques à coquilles simples est beaucoup plus adaptée à ce milieu. Lorsque l'agriculteur met ou enlève son casque sans s'être lavé les mains, il ne touche pas la partie en contact avec l'oreille externe. De plus, ces casques sont facilement nettoyables et très robustes. Le casque est le P.I.C.B. qui allie le mieux confort et hygiène. Le point négatif de ce casque pour l'agriculteur est qu'il peut s'accrocher à un autre outil ou à une branche d'arbre et être ôté sans que celui-ci ne le désire. Ce genre d'opération peut entraîner un traumatisme sonore si notre cultivateur travaille dans un milieu très bruyant. Cet argument constitue une des limites de la protection auriculaire de l'exploitant agricole.

# CONCLUSION

Le but de cette enquête était de rechercher si l'on pouvait démontrer l'existence d'un risque d'atteinte auditive chez les agriculteurs.

L'étude sonométrique a montré que le niveau d'exposition sonore quotidien dans un atelier agricole est compris entre 85 dB<sub>A</sub> et 87 dB<sub>A</sub>, ce qui déclenche le deuxième niveau d'action. Le port de protections auditives adaptées devrait donc être obligatoire en atelier lors de la réalisation de tâches bruyantes. Lors des travaux réalisés à l'aide de machines mécaniques type tracteur (cabine fermée), le niveau d'exposition sonore quotidien est inférieur à 80 dB<sub>A</sub>. Dans ces conditions, les normes françaises estiment que le travailleur ne risque pas d'endommager son audition. Un problème notable persiste néanmoins : les agriculteurs aiment travailler avec la fenêtre arrière de leur tracteur ouverte pour veiller au bon déroulement des travaux. Dans ces conditions, le niveau d'exposition sonore quotidien s'élève à plus de 89 dB<sub>A</sub>. À ce moment-là, le cultivateur devrait être dans l'obligation de porter des protections individuelles contre le bruit, dans le but de réduire l'énergie acoustique arrivant au tympan. Ces dernières années, les fabricants de matériel agricole ont réalisé d'énormes progrès dans le but d'insonoriser les cabines des tracteurs. Il serait donc judicieux d'expliquer aux exploitants agricoles la nécessité de fermer cette fenêtre.

Une autre enquête recense les audiogrammes de 80 agriculteurs. Ces derniers ont été classés par tranches d'âges et comparés à la norme ISO 7029. Cette étude permet de conclure que ces agriculteurs ont en général une audition qui se rapproche de celle du dixième percentile d'une population otologiquement saine et sans antécédent O.R.L.

L'ensemble de ce mémoire montre la nocivité du bruit dans le milieu agricole. Le bruit génère des dommages irréversibles au niveau de l'organe de l'ouïe, entraînant une baisse d'audition et une gêne sociale certaine. Cette diminution de l'ouïe est amplifiée par un phénomène bien connu : la presbyacousie. Cette dernière est

inélucltable avec les années. Si elle est associée à un traumatisme sonore chronique, elle peut s'aggraver et devenir suffisamment importante pour faire apparaître un handicap auditif gênant l'exploitant agricole dans ses relations sociales et contribuant ainsi à son isolement.

Cette baisse de l'acuité auditive peut être reconnue comme maladie professionnelle et être indemnisée en tant que telle. Pour cela, il faut satisfaire les critères définis dans le tableau n°46 des maladies professionnelles du régime agricole.

Plutôt que d'indemniser une surdité due au bruit, il est préférable de tout faire pour qu'elle ne se développe pas. Dans ce sens, il est nécessaire de sensibiliser les agriculteurs sur les effets néfastes du bruit sur leur audition. Un moyen simple pour se protéger les oreilles est d'utiliser des protections individuelles contre le bruit. Après avoir étudié le milieu agricole, le casque à coquille paraît le meilleur moyen pour se protéger les oreilles.

Inform r les jeunes agriculteurs sur les risques et les incidences du bruit dans le milieu agricole ainsi que les moyens de s'en protéger leur permettrait-il d'éviter une dégradation précoce de leur audition ?

## TABLE DES FIGURES

Figure 1 : Spectre d'un signal sonore montrant les composantes fréquentielles du son complexe au sein d'un intervalle de temps donné

Figure 2 : Exemple de son périodique composé de trois fréquences. La forme d'onde ajoutée est montrée ci-dessous

Figure 3 : Spectre de raies d'un son périodique provenant d'un hautbois jouant le son La

Figure 4 : Modèle d'onde d'un son aperiodique complexe et l'analyse spectrale associée

Figure 5 : Représentation temporelle d'un son impulsionnel

Figure 6 : Signal otométrique (a), clic (b), et bouffée tonale (c)

Figure 7 : Illustration de l'intervalle de temps

Figure 8 : Courbes isosoniques normalisées

Figure 9 : Pondération décibels A selon la fréquence

Figure 10 : Pondération décibels A, B, C, et D selon la fréquence et les intensités

Figure 11 : Anatomie générale de l'oreille

Figure 12 : Schéma du phénomène masquant temporel

Figure 13 : Seuils d'auditions d'un son test en présence d'un autre son masquant (60 dB à 1 kHz)

Figure 14 : Illustration audiométrique des 4 phases de la surdité professionnelle

Figure 15 : Vous sentez-vous gêné par le bruit ?

Figure 16 : Quelle(s) machine(s) mécanique(s) vous semble(nt) les plus bruyantes ?

Figure 17 : À la fin d'une journée de travail, avez-vous déjà ressenti ?

Figure 18 : Exposimètre du fabricant 01 dB

Figure 19 : Piston-phone émettant un son pur à 94 dB

Figure 20 : Tableau récapitulatif des niveaux sonores mesurés cabine ouverte et fermée

Figure 21 : Norme ISO 7029 : audiogrammes de référence chez les hommes et les femmes de 20 à 70 ans A : Hommes et B : Femmes

Figure 22 : Audiogramme moyen de nos agriculteurs comparé à la médiane et au 10<sup>ème</sup> percentile : référence 40 ans

Figure 23 : Audiogramme moyen de nos agriculteurs comparé à la médiane et au 10<sup>ème</sup> percentile : référence 50 ans

Figure 24 : Audiogramme moyen de nos agriculteurs comparé à la médiane et au 10<sup>ème</sup> percentile : référence 60 ans

Figure 25 : Casque serre-nuque et serre-tête à coquille

Figure 26 : Bouchons près-moulés

Figure 27 : Bouchons façonnés par l'utilisateur

Figure 28 : Bouchons moulés sur mesure et représentation de l'atténuation en fonction du filtre

# BIBLIOGRAPHIE

- [1] MERY. J., Le bruit ; aspects physiques et physiologiques, rapport présenté à la journée médicale du C.I.S.M.E, Edition DOCIS, 1970, p5-15
- [2] GELIS. C, Base technique et principe d'application de la prothèse auditive, Edition Sauramps Medical, 1993, p25-78
- [3] WIDEX high definition hearing, LE SON et L'AUDITION, Edition KLS/04-10, troisième édition 2007, p18-23
- [4] DUCOURNEAU J., Cours : acoustique physiologique, diplôme universitaire nuisances sonores, Faculté de pharmacie de Nancy, 2013.
- [5] CONTAL. C., Les surdités professionnelles, mémoire en vue du Diplôme d'Etat d'Audioprothèse, Faculté de Nancy, 2003, p7-15
- [6] Site internet : <http://www.techniquesduson.com/acoustiquefondamentale.html>
- [7] Hassal J.R. et Zaveri K., acoustique noise measurements, Bruel and Kjaer Ed.,1979.
- [8] Boudouresques. L., Le bruit, ce fléau. Edition Mediprint, 1979, p81.
- [9] CHEMIN. P., Effets généraux du bruit sur l'organisme. Edition Bord. Med., (1974), n°5, p533-546.
- [10] GUERRIN. H. et DUTHEIL. R., Recherches sur certains effets physiologique du bruit. Rev. Med. TOURS, n° 31, 1963, p43-56.
- [11] MOUTON. M., Contribution à l'étude du bruit en milieu agricole à partir de quelque poste de travail en entreprises paysagistes. Thèse médecine Lille, 1983, P44-55
- [12] Site internet : [http://www.minidisc.org/French\\_tech/section1.html](http://www.minidisc.org/French_tech/section1.html)

- [13] DUFLOT. N., l'exposition aux bruits impulsifs traumatique chez le tireur de loisir. mémoire en vue du Diplôme d'Etat d'Audioprothèse, Faculté de Nancy 2004, P17-19.
- [14] BERTHOLON. J., DUCLOS. J.C., et LAFON. J.C., Etude de la fatigue auditive dans une usine. Archive des maladies professionnelles 1977, p829-830.
- [15] Société Française d'Audiologie, Guide de bonnes pratiques en audiométrie de l'adulte ,p27 (année inconnue)
- [16] Directive : 2003/10/CE Du Parlement européen et du conseil du 6 février 2003, Mesure du bruit au poste de travail p1-3
- [17] Norme : NF EN ISO 31 – 084
- [18] Site internet : <http://www.msa.fr/lfr/organisation-et-chiffres-cles>.
- [19] Site internet : <http://www.cnidep.com/D331.pdf>
- [20] Site internet : <http://www.imp-lorient.fr/2012/04/les-picb-protecteurs-individuels-contre-le-bruit-2/>
- [21] Site internet : <http://www.marcbouletaudition.com/article-pianissimo-la-protection-auditive-concue-pour-lesmusiciens-et-les-melomanes-73100904.html>
- [22] Site internet : [http://www.officiel-prevention.com/protections-individuelles/l\\_audition/detail\\_dossier\\_CHSCT.php?rub=91&ssrub=99&dossid=131](http://www.officiel-prevention.com/protections-individuelles/l_audition/detail_dossier_CHSCT.php?rub=91&ssrub=99&dossid=131)
- [23] SAVAJOLS. D., Le bruit en atelier dans une entreprise de travaux agricoles : données physiologiques et pathologiques, étude sonométrique. Mémoire de médecine agricole, 1991, p25-36.
- [24] Site internet : <http://fr.wikipedia.org/wiki/D%C3%A9chaumeuse>
- [25] Norme française NF ISO 5007: Tracteurs agricoles à roues, siège du conducteur, juillet 2003
- [26] Norme française NF ISO 5008 : Tracteurs et matériels agricoles à roues, mesurage des vibrations globales du corps du conducteur, novembre 2002
- [27] Site internet : <http://www.acnusa.fr/index.php/fr/le-saviez-vous/le-bruit/52>

[28] : Site internet : <http://www.uvmt.org>

# TABLE DES ANNEXES

Annexe 1 : Tableau 46

Annexe 2 : Questionnaire

Annexe 3 : Matrice de calculs des « travaux en atelier »

Annexe 4 : Exposition sonore « moissonneuse batteuse »

Annexe 5 : Exposition sonore « déchaumeur à disques »

Annexe 6 : Exposition sonore « tracteur »

Annexe 7 : Matrice de calculs travaux des « champs cabine ouverte »

Annexe 8 : Matrice de calculs travaux des « champs cabine fermée »

## Annexe 1 : Tableau 46

Désignation des maladies	Délai de prise en charge	Liste limitative des principaux travaux susceptibles de provoquer ces maladies
<p>Hypoacousie de perception par lésion cochléaire irréversible, accompagnée ou non d'acouphènes. Cette hypoacousie est caractérisée par un déficit audiométrique bilatéral, le plus souvent symétrique et affectant préférentiellement les fréquences élevées. Le diagnostic de cette hypoacousie est établi :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- par une audiométrie tonale liminaire et une audiométrie vocale qui doivent être concordantes ;</li> <li>- en cas de non-concordance : par une impédancemétrie et recherche du réflexe stapédien ou, à défaut, par l'étude du suivi audiométrique professionnel.</li> </ul> <p>Ces examens doivent être réalisés en cabine insonorisée avec un audiomètre calibré. Cette audiométrie diagnostique est réalisée après une cessation d'exposition au bruit lésionnel d'au moins 3 jours et doit faire apparaître sur la meilleure oreille un déficit d'au moins 35 dB. Ce déficit est la moyenne des déficits mesurés sur les fréquences 500, 1000, 2000 et 4000 Hertz. Aucune aggravation de cette surdité professionnelle ne peut être prise en compte, sauf en cas de nouvelle exposition au bruit lésionnel.</p>	<p style="text-align: center;">1 an (sous réserve d'une durée d'exposition d'un an, réduite à 30 jours en ce qui concerne la mise au point des propulseurs, réacteurs et moteurs thermiques).</p>	<p><b>Exposition aux bruits lésionnels provoqués par :</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Les travaux sur métaux par percussion, abrasion ou projection tel que : <ul style="list-style-type: none"> <li>- le décolletage, l'emboutissage, l'estampage, le broyage, le fraisage, le martelage, le burinage, le rivetage, le laminage, l'étirage, le tréfilage, le découpage, le sciage, le cisailage, le tronçonnage ;</li> <li>- l'ébarbage, le grenailage manuel, le sablage manuel, le meulage, le polissage, le gougeage et le découpage par procédé arc-air, la métallisation.</li> </ul> </li> <li>2. Le câblage, le toronnage et le bobinage de fils d'acier.</li> <li>3. L'utilisation de marteaux et perforateurs pneumatiques.</li> <li>4. La manutention mécanisée de récipients métalliques.</li> <li>5. Les travaux de verrerie à proximité des fours, machines de fabrication, broyeurs et concasseurs ; l'embouteillage.</li> <li>6. Le tissage sur métiers ou machines à tisser, les travaux sur peigneuses, machines à filer incluant le passage sur bancs à broches, retordeuses, moulineuses, bobineuses de fibres textiles.</li> <li>7. La mise au point, les essais et l'utilisation des propulseurs, réacteurs, moteurs thermiques, groupes électrogènes, groupes hydrauliques, installations de compression ou de détente fonctionnant à des pressions différentes de la pression atmosphérique, ainsi que des moteurs électriques de puissance comprise entre 11 kW et 55 kW s'ils fonctionnent à plus de 2360 tours par minute, de ceux dont la puissance est comprise entre 55 kW et 220 kW s'ils fonctionnent à plus de 1320 tours par minute et de ceux dont la puissance dépasse 220 kW.</li> </ol>
		<ol style="list-style-type: none"> <li>8. L'emploi ou la destruction de munitions ou d'explosifs.</li> <li>9. L'utilisation de pistolets de scellement.</li> <li>10. Le broyage, le concassage, le criblage, le sablage manuel, le sciage, l'usinage de pierres et de produits minéraux.</li> <li>11. Les procédés industriels de séchage des matières organiques par ventilation.</li> <li>12. L'abattage, le tronçonnage, l'ébranchage mécanique des arbres.</li> <li>13. L'emploi des machines à bois en atelier : scies circulaires de tous types, scies à ruban, dégauchisseuses, raboteuses, toupies, machines à fraiser, tenonneuses, mortaiseuses, moulurières, plaqueuses de chants intégrant des fonctions d'usinage, défonceuses, ponceuses, clouteuses.</li> <li>14. L'utilisation d'engins de chantier : boteurs, décapeurs, chargeuses, moutons, pelles mécaniques, chariots de manutention tous terrains.</li> <li>15. Le broyage, l'injection et l'usinage des matières plastiques et du caoutchouc.</li> <li>16. Le travail sur les rotatives dans l'industrie graphique.</li> <li>17. La fabrication et le conditionnement mécanisé du papier et du carton.</li> <li>18. L'emploi de matériel vibrant pour l'élaboration de produits en béton et de produits réfractaires.</li> <li>19. Les travaux de mesurage des niveaux sonores et d'essais ou de réparation des dispositifs d'émission sonore.</li> <li>20. Les travaux de moulage sur machines à secousses et de décochage sur grilles vibrantes.</li> <li>21. La fusion en four industriel par arcs électriques.</li> <li>22. Les travaux sur ou à proximité des aéronefs dont les moteurs sont en fonctionnement dans l'enceinte d'aérodromes et d'aéroports.</li> <li>23. L'exposition à la composante audible dans les travaux de découpe, de soudage et d'usinage par ultrasons des matières plastiques.</li> <li>24. Les travaux suivants dans l'industrie agroalimentaire : <ul style="list-style-type: none"> <li>- l'abattage et l'éviscération des volailles, des porcs et des bovins ;</li> <li>- le plumage des volailles ;</li> <li>- l'emboîtement de conserves alimentaires ;</li> <li>- le malaxage, la coupe, le sciage, le broyage, la compression des produits alimentaires.</li> </ul> </li> <li>25. Moulage par presse à injection de pièces en alliages métalliques.</li> </ol>

## Annexe 2 : Questionnaire

### **I) Vous sentez-vous gêné par le bruit ?**

- oui 71.0%
- non 29.0%

### **II) Si oui, quel(s) bruit(s) vous gêne(nt) le plus?**

- machines mécaniques (type tracteur moissonneuse batteuse etc...) 16,5%
- outils tractés 5,5%
- bruits lors d'activité ou travaux de bricolage (type marteaux) 78%

### **III) Quelle(s) machine(s) mécanique(s) vous semble(nt) les plus bruyantes ?**

- tracteur 9,9%
- arracheuse de betteraves 5,5%
- arracheuse de pommes de terre 2,0%
- moissonneuse batteuse 9,5%
- séchoir, broyeur à marteau 40,5%
- ensileuse de maïs ou d'herbe 29.0%
- presse à paille 0.0%
- autre... (Laquelle ? \_\_\_\_\_) 3,6%

### **IV) Quel(s) outil(s) tracté(s) vous semble(nt) les plus bruyants ?**

- rouleaux métalliques 25,6%
- épandeur 0.0%

- semoir pneumatique 16,8%
- pulvérisateur 1,0%
- charrue 0,0%
- faucheuse 4,0%
- croskill 7,0%
- ensileuse 10,6%
- herse rotative 2,8%
- broyeur 29,0%
- moissonneuse batteuse 2,8%

**V) Si vous possédez un tracteur ou une moissonneuse sans cabine, l'utilisez-vous ?**

- oui 21,3%
- non 64,0%
- parfois 14,7%

**VI) À la fin d'une journée de travail, avez-vous déjà ressenti :**

- une baisse d'audition ? 18%
- une fatigue auditive ? 34,0%
- des acouphènes (sifflements ou bourdonnements d'oreille) ? 37,0%,
- des vertiges ? 7%
- des douleurs au niveau de l'oreille ? 4,0%

**VII) Selon vous, cette fatigue auditive, cette baisse d'audition, ces acouphènes ou cette douleur durent ?**

- quelques minutes 20,4%
- moins d'une heure 21,6%
- plus d'une heure 41,0%
- plus de 4 heures 3,4%

- toute la journée 3,4%
- jusqu'au lendemain matin 3,4%
- plus d'une semaine 6,8%

**VIII) Selon vous, vos gênes auditives sont-elles toujours présentes le lendemain matin ?**

- oui 9,4%
- non 61,7%
- parfois 28,7%

**IX) Au travail, les bruits sont-ils sources :**

- de fatigue 39,2%
- de nervosité 21,6%
- d'irritabilité 23,5%
- de stress 15,7%

**X) Selon vous, cette fatigue, nervosité, irritabilité ou stress durent :**

- quelques minutes 7,0%
- moins d'une heure 18,0%
- plus d'une heure 40,0%
- plus de 4 heures 18,0%
- toute la journée 16,0%
- jusqu'au lendemain matin 0,0%
- plus d'une semaine 2,0%

**XI) Selon vous, ces gênes auditives sont-elles toujours présentes le lendemain matin ?**

- oui 11,5%
- non 60,9%
- parfois 27,6%

**XII) Pensez-vous que le bruit dans le milieu agricole puisse induire des baisses d'auditions irréversibles ?**

- oui 97,8%
- non 2,2%

**XIII) Pensez-vous qu'il soit possible de se protéger les oreilles du bruit ?**

- oui 100,0%
- non 0,0%

**XIV) Protégez-vous vos oreilles du bruit lorsque cela vous semble nécessaire ?**

- oui 46,2%
- non 32,2%
- parfois 21,6%

**XV) Si NON, pourquoi ?**

- j'ai essayé mais je trouve cela trop contraignant. 40,1%
- je ne sais pas comment me protéger les oreilles. 33,4%
- cela coûte trop cher. 0,0%
- je préfère entendre le bruit des machines pour veiller au bon fonctionnement des travaux.... 26,6%

**XVI) Si OUI ?**

- comment protégez-vous vos oreilles ? (Réponse : \_\_\_\_\_)
- où avez-vous acheté vos protections auditives ? (Réponse \_\_\_\_\_)
- qu'en pensez-vous ? (Réponse : \_\_\_\_\_)

**XVII) Êtes-vous chasseur ?**

- oui 40,9%
- non 52,7%
- parfois 6,4%

**XVIII) Si oui, combien tirez-vous de cartouches par an ?**

- ..... 491 cartouches par an en moyenne.

**XIX) Lorsque vous chassez, vous protégez-vous les oreilles ?**

- oui 6,8%
- non 88,6%
- parfois 4,6%

## Annexe 3 : Matrice de calculs des travaux en atelier

Fiche GEH par tâches	<b>Recomposition de l'exposition au bruit d'un GEH par plusieurs tâches</b>
----------------------------	---

GEH = Test GEH 1 par tache      Nombre de Tâches du GEH : 6

= Nombre de membres du GEH 1

Te : **Durée effective totale** de la journée de travail : 330 min

### 1) Récapitulatif des résultats pour chaque tâche i effectuée par le GEH :

**Niveaux sonores par tâche :**

$L^*_{Aeq,Ti}$  : Evaluation du niveau de pression acoustique équivalent de la tâche

$U_i$  : Incertitude globale pour la tâche i ( $U_i$  est incluse dans  $L^*_{Aeq,Ti}$ )

$(L_{pc})_i > \text{Seuils}$  : Nombre de dépassement

des seuils de pression acoustique de crête

**Durées des tâches** effectuées par les travailleurs du GEH :

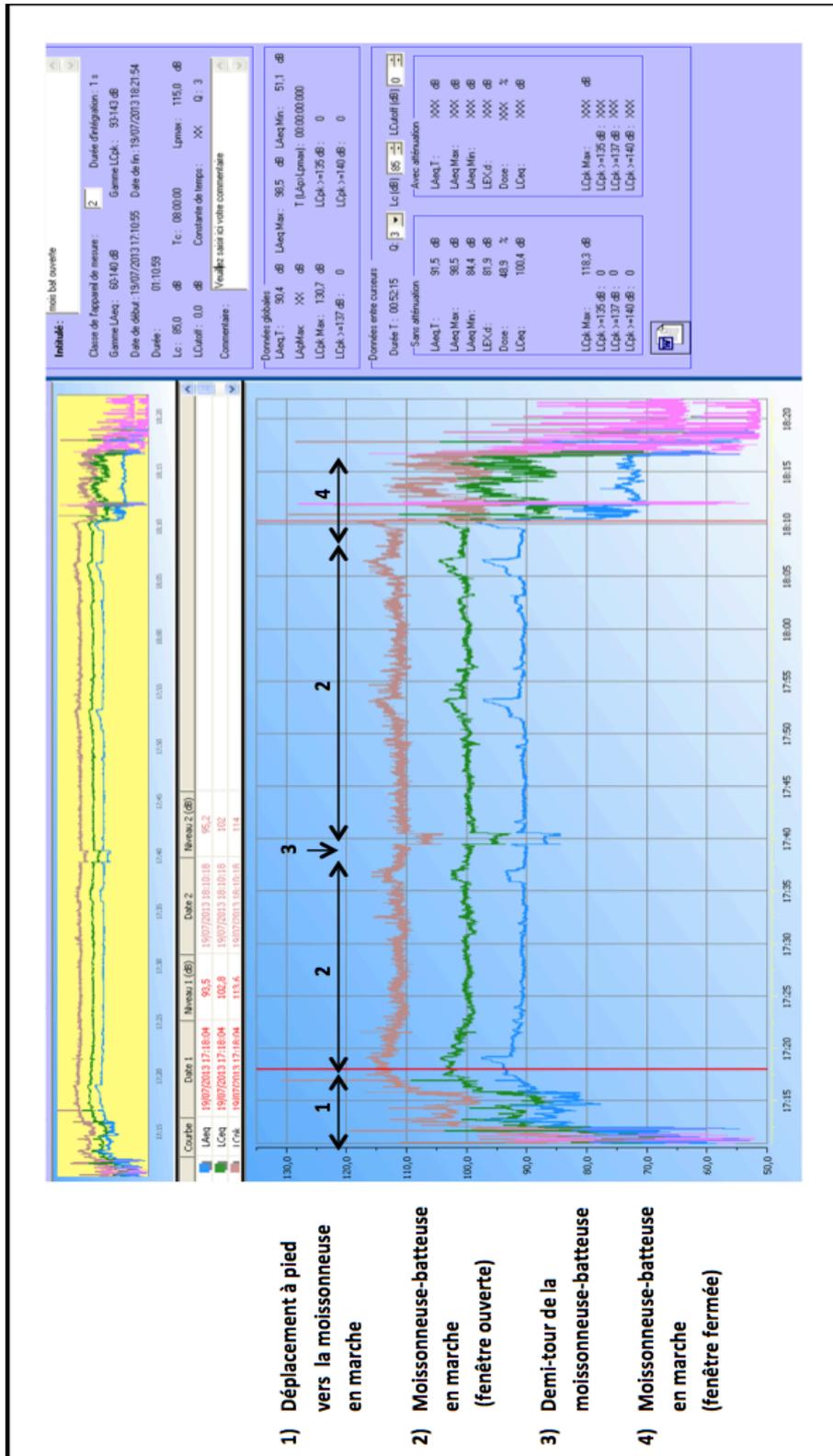
$T_i$  : Durée de la tâche i

Tâches			Niveaux de pression acoustique			
N°	Désignation	Durée $T_i$	$L^*_{Aeq, Ti}$	$U_i$	$(L_{pc})_i$	
					>135	>140
1	Tâche 1	330	75,2	1,6	0	0
2	Tâche 2	30	95,0	1,6	0	0
3	Tâche 3	30	84,4	1,8	0	0
4	Tâche 4	30	95,5	1,9	0	0
5	Tâche 5	60	76,7			
6						
7						
8	Pause	0				
Ensemble des tâches du GEH =		$T_e = \sum T_i$	$L^*_{Aeq, Te}$			
		480	86,7			

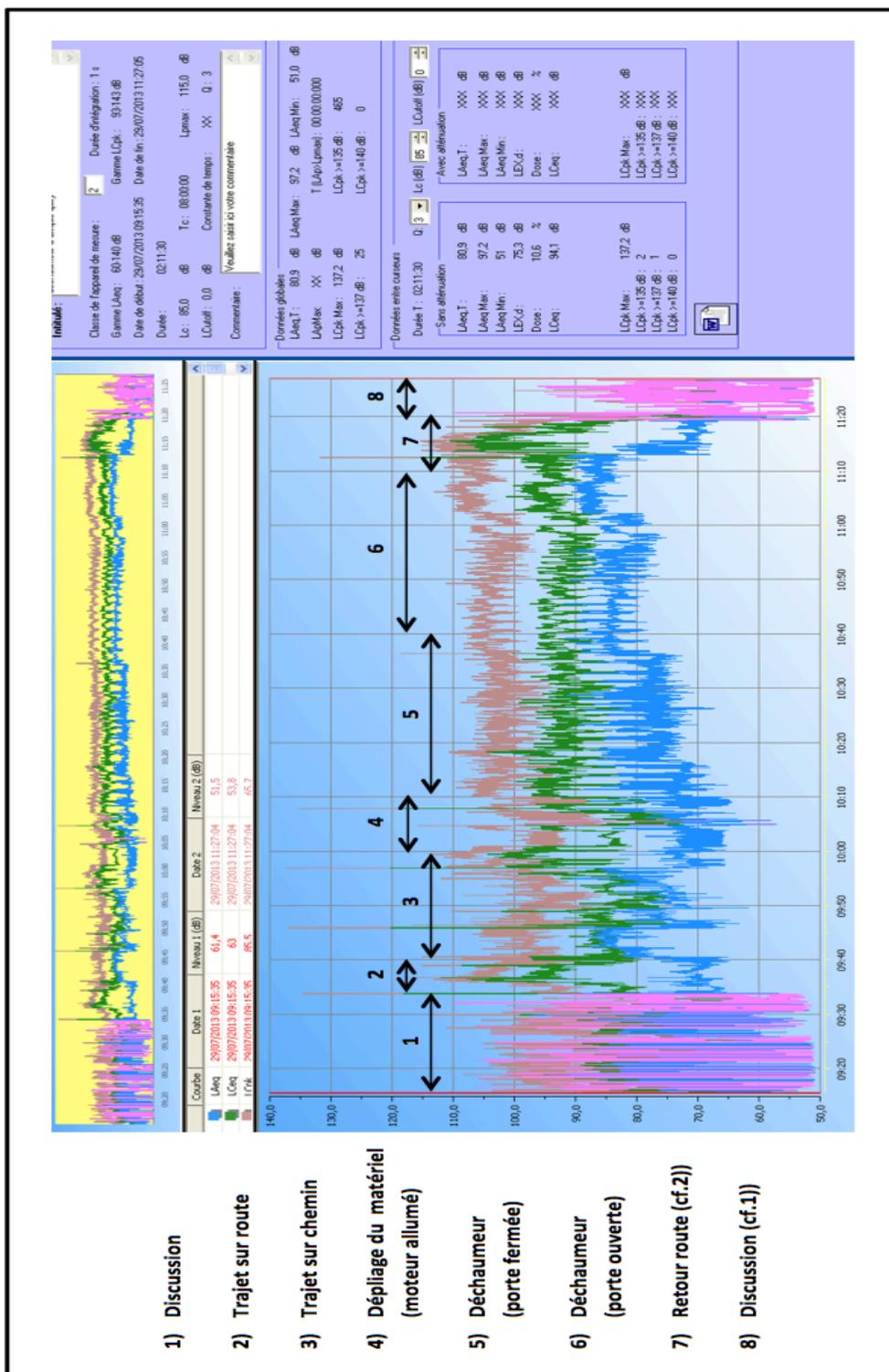
### 2) Recomposition de l'exposition au bruit du GEH :

$T_e$	Durée totale effective de l'exposition sonore du GEH	
$L^*_{Aeq,Te}$	Somme pondérée des niveaux par les durée relatives des tâches	
	$L^*_{Aeq,Te} = 10 \log \sum (T(i)/Te) \cdot 10^{0,1 \cdot L^*_{Aeq,Ti}}$	= 86,7 dB (A)
$L_{EX,8h}$	<b>Niveau d'exposition quotidienne du GEH</b>	
	$L_{EX,8h} = L^*_{Aeq,Te} + 10 \cdot \log(Te/T_0)$	= <b>86,7 dB (A)</b>
$T_0$	Durée de travail quotidien de référence (= 8h )	

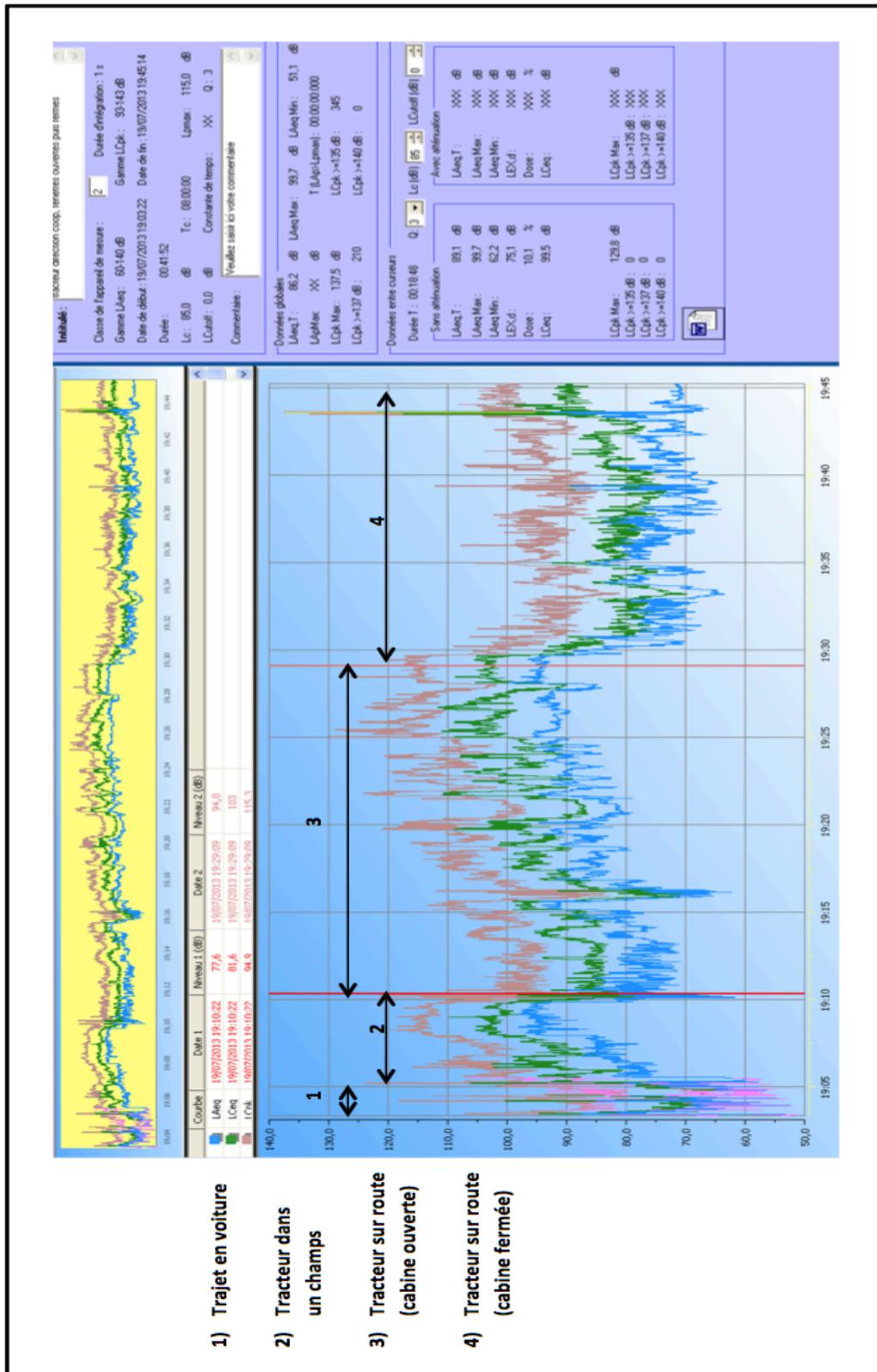
# Annexe 4 : Exposition sonore « moissonneuse batteuse »



# Annexe 5 : Exposition sonore « déchaumeur à disques »



## Annexe 6 : Exposition sonore « tracteur »



- 1) Trajet en voiture
- 2) Tracteur dans un champs
- 3) Tracteur sur route (cabine ouverte)
- 4) Tracteur sur route (cabine fermée)

## Annexe 7 : Matrice de calculs travaux des champs cabine ouverte

<b>Fiche GEH par tâches</b>	<b>Recomposition de l'exposition au bruit d'un GEH par plusieurs tâches</b>
-------------------------------------	---

**GEH =** Test GEH 1 par tache      Nombre de Tâches du GEH :      6

= Nombre de membres du GEH      1

**Te :** Durée effective totale de la journée de travail      :      330 min

### 1) Récapitulatif des résultats pour chaque tâche i effectuée par le GEH :

**Niveaux sonores par tâche :**

$L^*_{Aeq, Ti}$  Evaluation du niveau de pression acoustique équivalent de la tâche

$U_i$  Incertitude globale pour la tâche i ( $U_i$  est incluse dans  $L^*_{Aeq, Ti}$ )

$(L_{pc})_i >$  Seuils : Nombre de dépassement

des seuils de pression acoustique de crête

**Durées des tâches** effectuées par les travailleurs du GEH :

$T_i$  : Durée de la tâche i

Tâches			Niveaux de pression acoustique			
N°	Désignation	Durée $T_i$	$L^*_{Aeq, Ti}$	$U_i$	$(L_{pc})_i$	
					>135	>140
1	Tâche 1	60	73,4	1,6	0	0
2	Tâche 2	180	91,2	1,6	0	0
3	Tâche 3	30	89,3	1,8	0	0
4	Tâche 4	180	89,2	1,9	0	0
5	Tâche 5	30	73,2	2,5	0	0
6						
7						
8	Pause	0				
<b>Ensemble des tâches du GEH =</b>		$Te = \sum T_i$	$L^*_{Aeq, Te}$			
		480	89,4			

## 2) Recomposition de l'exposition au bruit du GEH :

$T_e$	Durée totale effective de l'exposition sonore du GEH		
$L^*_{Aeq,Te}$	Somme pondérée des niveaux par les durée relatives des tâches		
	$L^*_{Aeq,Te} = 10 \log \sum (T(i)/T_e) \cdot 10^{0,1 \cdot L^*_{Aeq,Ti}}$	=	89,4 dB (A)
$L_{EX,8h}$	<b>Niveau d'exposition quotidienne du GEH</b>		
	$L_{EX,8h} = L^*_{Aeq,Te} + 10 \cdot \log(T_e/T_0)$	=	<b>89,4 dB (A)</b>
$T_0$	Durée de travail quotidien de référence (= 8h )		

## Annexe 8 : Matrice de calculs travaux des champs cabine fermée

<b>Fiche GEH par tâches</b>	<b>Recomposition de l'exposition au bruit d'un GEH par plusieurs tâches</b>
-------------------------------------	---

**GEH =** Test GEH 1 par tache      **Nombre de Tâches du GEH :**      6

**=** Nombre de membres du GEH      1

**Te :** **Durée effective totale** de la journée de travail      :      330      min

### 1) Récapitulatif des résultats pour chaque tâche i effectuée par le GEH :

**Niveaux sonores par tâche :**

$L^*_{Aeq, Ti}$  Evaluation du niveau de pression acoustique équivalent de la tâche

$U_i$  Incertitude globale pour la tâche i ( $U_i$  est incluse dans  $L^*_{Aeq, Ti}$ )

$(L_{pc})_i >$  Seuils : Nombre de dépassement

des seuils de pression acoustique de crête

**Durées des tâches** effectuées par les travailleurs du GEH :

$T_i$  : Durée de la tâche i

Tâches			Niveaux de pression acoustique			
N°	Désignation	Durée $T_i$	$L^*_{Aeq, Ti}$	$U_i$	$(L_{pc})_i$	
					>135	>140
1	Tâche 1	60	73,4	1,6	0	0
2	Tâche 2	180	72,9	1,6	0	0
3	Tâche 3	30	75,8	1,8	0	0
4	Tâche 4	180	82,6	1,9	0	0
5	Tâche 5	30	73,2	1,9		
6						
7						
8	Pause	0				
<b>Ensemble des tâches du GEH =</b>		$Te = \sum T_i$	$L^*_{Aeq, Te}$			
		480	79,1			

## 2) Recomposition de l'exposition au bruit du GEH :

$T_e$  Durée totale effective de l'exposition sonore du GEH  
 $L^*_{Aeq,Te}$  Somme pondérée des niveaux par les durée relatives des tâches

$$L^*_{Aeq,Te} = 10 \log \sum (T(i)/Te) \cdot 10^{0,1 \cdot L^*_{Aeq,Ti}} = 79,1 \text{ dB (A)}$$

$L_{EX,8h}$  **Niveau d'exposition quotidienne du GEH**

$$L_{EX,8h} = L^*_{Aeq,Te} + 10 \cdot \log(Te/T_0) = \boxed{79,1 \text{ dB (A)}}$$

$T_0$  Durée de travail quotidien de référence (= 8h )

$L_{pc}$  **Niveau de pression acoustique de crête**

**CHAPITRE I : NOTION D'ACOUSTIQUE**

**CHAPITRE II: ANATOMIE ET PHYSIOLOGIE DE L'AUDITION**

**CHAPITRE III: LES EFFETS DU BRUIT SUR L'ORGANISME**

**CHAPITRE IV : QUESTIONNAIRE « LE BRUIT DANS LE MILIEU AGRICOLE »**

**CHAPITRE V : ETUDE SONOMÉTRIQUE DES TRAVAUX AGRICOLES**

**CHAPITRE VI : ETUDE AUDIOMETRIQUE DES TRAVAILLEURS AGRICOLES**

**CHAPITRE VII : MOYENS DE PROTECTIONS DE L'EXPLOITANT AGRICOLE**

**CONTRE LE BRUIT**

**CONCLUSION**

## **Résumé :**

Le milieu agricole beigne dans les nuisances sonores. Nous avons réalisé une étude sonométrique de l'exposition sonore du milieu agricole à travers deux journées types (une, représentant une journée type d'hiver et l'autre, une journée type d'été). Les résultats ont été comparés à la directive 2003/10/CE.

Puis, il a paru judicieux de faire une étude audiométrique rétrospective afin de comparer les résultats à la norme ISO 7029.

Pour finir, nous exposerons les différents moyens de protection auditive afin de conclure sur le plus adapté au milieu agricole.

## **Mots clefs :**

Audition  
Agriculture, agriculteur, cultivateur  
Etude Sonométrique  
Etude Audiométrique  
Audiologie  
Acoustique  
Norme ISO 7029  
Directive 2003/10/CE  
Moyen de protection auditif contre le bruit.