

Université de Montréal

Exposition au bruit dans une installation gazière

par

Amel Segueni

Département de Santé environnementale et santé au travail

Faculté de Médecine

Mémoire présenté à la Faculté des études supérieures et postdoctorales

en vue de l'obtention du grade de Maître ès sciences (M.Sc)

en Santé environnementale et santé au travail

Décembre, 2011

© Amel Segueni, 2011

Université de Montréal
Faculté des études supérieures et postdoctorales

Ce mémoire intitulé:

Exposition au bruit dans une installation gazière

Présenté par :
Amel Segueni

A été évalué par un jury composé des personnes suivantes :

Sami Haddad, président-rapporteur
André Dufresne, directeur de recherche
Ada Vyskocil, membre du jury

RÉSUMÉ

L'étude vise à évaluer l'exposition professionnelle au bruit des travailleurs d'une plateforme gazière en Algérie et à mettre en évidence des déterminants influençant cette exposition. Des groupes d'exposition homogène (GEH) ont été constitués sur la base de ressemblances quant à l'exposition au bruit, aux titres d'emploi et aux lieux de travail. Deux stratégies d'échantillonnage ont été suivies, la première selon la norme internationale ISO 9612 : 2009 et la seconde selon la stratégie aléatoire de l'AIHA. Pour les deux approches, les niveaux de bruit ($L_{ex, 8h}$, niveaux d'exposition au bruit pondéré (A) ajustés à une journée de travail de 8 heures) des opérateurs et des superviseurs étaient généralement > 85 dB(A) alors que pour les techniciens-tableau, les niveaux de bruit ($L_{ex, 8h}$) étaient en tout temps < 85 dB(A). Pour les trois GEH du titre d'emploi des maintenanciers, il y a eu régulièrement des dépassements de la valeur de référence. Plusieurs travailleurs œuvrant sur les plateformes gazières sont exposés à des niveaux importants de bruit et sont à risque de développer des problèmes auditifs.

Mots-clés : bruit, exposition, gaz, turbocompresseurs, professionnel, dose, hygiène du travail, installation gazière

ABSTRACT

The study aims to evaluate workers' noise exposure from an onshore gas platform in Algeria, and to emphasize the determinants influencing the exposure. Exposure groups were formed based on their work category and job location. Two sampling strategies were followed. The first was according to the international standard ISO 9612: 2009, and the second, according to the AIHA random strategy. For both strategies, the noise level ($L_{ex, 8h}$, levels of exposure to noise ratio (A) for a working day of 8-hour) for operators and supervisors was usually > 85 dB(A) whereas the noise level for the technicians exposed in the distributed control system (DCS) was < 85 dB(A) at all times. The three HEG belonging to the maintenance technician group regularly exceeded the reference value of 85 dB(A). We concluded that employees working on the gas platform are exposed to significant noise level, and are at risk of developing hearing problems.

Keywords : noise, exposure, gas, turbo compressor, professional, dose, work hygiene, onshore gas platform.

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ	v
ABSTRACT	vii
TABLE DES MATIÈRES	viii
LISTE DES ANNEXES	xii
LISTE DES FIGURES	xiii
LISTE DES TABLEAUX	xv
LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS	xvi
REMERCIEMENTS	xx
CONTEXTE DE L'ÉTUDE	xxii
CHAPITRE 1 : INTRODUCTION ET DESCRIPTION DU PROBLÈME	1
1.1 Introduction et description du problème	2
1.2 Objectifs généraux et spécifiques	4
CHAPITRE 2 : REVUE DE LA LITTÉRATURE	5
2.1 Les effets du bruit sur la santé	6
2.1.1 Effets non auditifs (extra- auditifs)	6
2.1.2 Effets auditifs	8
2.2 Interaction entre le bruit et les substances ototoxiques	11
2.2.1 Bruit et solvants	11
2.2.2 Bruit et gaz asphyxiants	13
2.2.3 Bruit et métaux	13
2.2.4 Bruit et fumée de tabac	14
2.2.5 Autres facteurs de risque sur le développement de la surdité	15
2.3 Effet du bruit sur la sécurité	17
2.4 Bruit en industrie pétrolière et sur les plateformes	17
2.6 Stratégies d'échantillonnage pour estimer les profils de niveaux de bruit	18

CHAPITRE 3 : DESCRIPTION DES PROCÉDÉS ET DE L'ORGANISATION DU TRAVAIL	20
3.1 Description du lieu de travail	21
3.1.1 Installations productrices	22
3.1.2 Installations réceptrices.....	22
3.1.2.1 <i>Le centre de stockage et de transport facilité (CSTF)</i>	22
3.1.2.2 <i>Le centre national de distribution du gaz (CNDG)</i>	22
3.1.2.3 <i>Les stations de compression de gaz sec (léger) non vendu</i>	23
3.2 La plateforme gazière « station de compression et de réinjection du gaz ».....	23
3.2.1 <i>Bâtisses de la Station de compression sud</i>	24
3.2.1.1 Bâtiments construits en dur	24
3.2.1.2 Postes électriques	24
3.2.1.3 Enceintes préfabriquées	25
3.2.2 <i>Équipements de la station de compression</i>	25
3.2.2.1 Les turbocompresseurs (TC)	25
3.2.2.2 Les aéro-réfrigérants	27
3.2.2.3 Les pompes	28
3.2.2.4 Les équipements auxiliaires	28
3.2.2.5 Un turbogénérateur d'électricité (TGE).....	29
3.2.3 <i>Description du procédé de fonctionnement de la station de compression</i>	29
3.2.4 <i>Fonctions et tâches des travailleurs</i>	30
3.3 Le bruit émis lors du fonctionnement de la station de compression de gaz.....	31
3.4 Information connue à l'égard de l'exposition au bruit et de la protection auditive des travailleurs à la station Hassi R'Mel	32
CHAPITRE 4 : VALEURS DE RÉFÉRENCES.....	33
4. Valeurs de références	34
CHAPITRE 5 : MATÉRIEL ET MÉTHODES	37
5.1 Instruments de mesure	38
5.1.2 <i>Lecture des données mesurées</i>	39
5.2 Méthodes.....	40

5.2.1	<i>Stratégie de mesure de l'exposition au bruit</i>	40
5.2.1.1	Définition des groupes à exposition homogènes (GEH).....	40
5.2.1.2	Description des groupes d'exposition homogènes.....	41
5.2.2	<i>Procédure d'échantillonnage des travailleurs</i>	44
5.2.2.1	Stratégie de la norme internationale NF EN ISO 9612 (2009) :	44
5.2.2.2	Stratégie de l'American Industrial Hygiene Association (AIHA).....	45
5.2.3	<i>Fréquence d'échantillonnage</i>	45
5.2.4	<i>Traitement des données d'échantillonnage</i>	46
5.2.4.1	Méthodologie de calcul du niveau d'exposition quotidien au bruit pondéré A (relatif au quart de travail).....	46
5.2.4.2	Analyse graphique des données	47
5.2.4.3	Analyses descriptives des profils d'exposition	47
5.2.4.4	Analyse statistiques non paramétriques	48
5.2.4.4.1	Test de la médiane de Mood	48
5.2.4.4.2	Test de Mann-Whitney.....	48
5.2.5	<i>Analyse des déterminants (événements bruyants)</i>	48
5.2.5.1	Analyse globale des déterminants (événements bruyants)	48
5.2.5.2	Analyse spécifique des événements bruyants	50
CHAPITRE 6 : RÉSULTATS		51
6.1	Profils d'exposition des groupes d'exposition homogène (GEH)	52
6.2	Analyse descriptive des doses de bruit reçues par les exploitants et les maintenanciers	57
6.3	Identification des sources de bruit qui contribuent à la dose de bruit reçue par les travailleurs.....	59
6.3.1	<i>Analyse macroscopique des sources de bruit</i>	60
6.3.2	<i>Analyse spécifique des sources sonores</i>	61
CHAPITRE 7 : DISCUSSION		65
7.1	Les profils d'exposition	66
7.2	La stratégie d'échantillonnage ISO 9612 versus AIHA.....	67
7.3	Les déterminants de la dose bruit reçue par les travailleurs	70

CHAPITRE 8 : CONCLUSION	72
8. Conclusion.....	73
CHAPITRE 9 : RECOMMANDATIONS	74
9. Recommandations.....	75
BIBLIOGRAPHIE	77
ANNEXES.....	95

LISTE DES ANNEXES

Annex I : Observations prises durant la journée de travail du 16-02-2010 du mécanicien.....	96
Annex II : Tableaux de données d'échantillonnage des sept GEH (ISO et AIHA).....	97
Annexe III : Résultats du test de Mood pour les médianes et du test de Mann Withney.....	103

LISTE DES FIGURES

CHAPITRE 2 : REVUE DE LA LITTÉRATURE

Figure 1 : Schéma des effets du bruit.....8

CHAPITRE 3 : DESCRIPTION DES PROCÉDÉS ET DE L'ORGANISATION DU TRAVAIL

Figure 2 : Représentation géographique de Hassi R'Mel.....21

Figure 3 : Schéma synoptique des installations de traitement de gaz humide de la région de Hassi R'Mel.....22

Figure 4 : Le centre national de distribution du gaz.....23

Figure 5 : Schéma synoptique de la Station de compression sud de Hassi R'Mel.....24

Figure 6 : Schéma des composantes d'une turbine à gaz à deux arbres.....25

Figure 7 : Quelques éléments mécaniques d'une station de compression.....26

Figure 8 : Vue extérieure des modules contenant les dix huit (18) turbocompresseurs.....27

Figure 9 : Un ensemble d'aéro-réfrigérants.....27

Figure 10 : Deux pompes centrifuges.....28

Figure 11 : Schéma de principe du procédé de fonctionnement de la Station de compression sud.....30

CHAPITRE 5 : MATÉRIEL ET MÉTHODES

Figure 12 : Positionnement du microphone relié au dosimètre.....39

Figure 13 : Exemple d'une série chronologique de bruit mesuré pendant un quart de travail.....40

CHAPITRE 6 : RÉSULTATS

Figure 14 a: Profils d'exposition des exploitants (ISO).....	54
Figure 14 b: Profils d'exposition des exploitants (AIHA).....	54
Figure 15 a: Profils d'exposition des maintenanciers (ISO).....	55
Figure 15 b: Profils d'exposition des maintenanciers (AIHA).....	55
Figure 16 : Profils d'exposition des maintenanciers et des exploitants (ISO/AIHA).....	56
Figure 17: Profils d'exposition des opérateurs quart de jour vs quart de nuit (AIHA).....	56
Figure 18: Sources sonores qui contribuent à la dose de bruit reçue par les exploitants et les maintenanciers.....	61
Figure 19: Sources sonores qui contribuent à la dose de bruit reçue par les opérateurs (ISO).....	62
Figure 20: Sources sonores qui contribuent à la dose de bruit reçue par les opérateurs (AIHA).....	63
Figure 21: Sources sonores qui contribuent à la dose de bruit reçue par les mécaniciens (ISO).....	64
Figure 22: Sources sonores qui contribuent à la dose de bruit reçue par les mécaniciens (AIHA).....	64

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I : Sensation engendrée par les nuisances sonores.....	10
CHAPITRE 4 : VALEURS DE RÉFÉRENCES	
Tableau II : Valeurs d’actions et limites d’exposition.....	34
Tableau III : Excès de risque en perte d’audition pour une exposition quotidienne TWA 8 heures pendant 40 ans.....	35
CHAPITRE 5 : MATÉRIEL ET MÉTHODES	
Tableau IV: Distributions des travailleurs participant à l’étude.....	42
CHAPITRE 6 : RÉSULTATS	
Tableau V: Statistiques descriptives des doses d’exposition au bruit des titres d’emploi des exploitants (ISO/AIHA).....	57
Tableau VI: Statistiques descriptives des doses d’exposition au bruit des titres d’emploi des maintenanciers (ISO/AIHA).....	58

LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS

ACGIH: American Conference of Governmental Industrial Hygienists

AFNOR: Association française de normalisation

ATEX: Atmosphères Explosibles

ATSDR: Agency for Toxic Substances and Disease Registry

b: facteur de bisection

boosting: compression

BIT: Bureau international du travail

°C: degré Celsius

CCHST: Centre canadien d'hygiène et de sécurité au travail

CEE: Communauté économique européenne

CNDG: Centre National de Distribution du Gaz

CO: monoxyde de carbone

CSST: Commission de la santé et de la sécurité du travail

CSTF: Centre de Stockage et de Transport Facilité

D: dose d'exposition

dB: décibel

dB (A): décibel pondéré A

dB (C): décibel pondéré C

DCS: Distributed Control System

EPA: Environmental Protection Agency

Ex: atmosphère explosif

GEH: Groupe d'Exposition Homogène

GPL: Gaz de Pétrole Liquéfié

H₀: hypothèse nulle

H₁: hypothèse alternative

HCN: acide cyanhydrique

HRM: Hassi R'Mel

Hg: mercure

Hz: hertz

IHSTAT: Statistical Analysis of Health and Safety Data

INRS: Institut national de recherche et de sécurité

ISO: International Standards Organisation

k: facteur d'élargissement

km: kilomètre

kPa: kiloPascal

kV: kilovolt

L_{eq}: niveau de bruit équivalent (Equivalent Sound Level)

L_{p,A,eq,Te,n}: niveau de pression acoustique continu équivalent pondéré A de l'échantillon n

L_{p,A,eq,Te}: niveau de pression acoustique continu équivalent pondéré A pour la durée effective de la journée de travail

L_{avg}: niveau de bruit moyen (Average SoundLevel)

L_{ex,8h}: niveau d'exposition au bruit pondéré A rapporté à une journée de travail nominale de 8 heures

N: nombre

NF: Norme Française

NIOSH: National Institute for Occupational Safety and Health

OMS: Organisation Mondiale de la Santé

OSHA: Occupational Safety and Health Administration

p: p-value (valeur p)

PEL: Permissible Exposure Limit

PICB: Protecteur Individuel Contre le Bruit

PTS: Permanent Threshold Shift

SEL: Sound Exposure Level

T: Temps d'exposition au bruit

TC: Turbocompresseur

TGE: Turbo générateur électrique

TLV: Threshold Limit Value

TTS: Temporary Threshold Shift

TWA: Time Weighted Average

U: Incertitude élargie

u: Incertitude type

UE: Union Européenne

Pour maman et papa

REMERCIEMENTS

Je commencerai tout d'abord par exprimer ma sincère gratitude et ma reconnaissance à André Dufresne, mon directeur de recherche, qui m'a fait confiance, qui a cru en mon travail et qui m'a remarquablement guidée pendant mon parcours aussi bien en Algérie qu'au Canada. Merci de m'avoir fait aimer l'hygiène du travail.

Je me dois aussi de mentionner Maximilien Débia, pour ses conseils et son aide durant l'accomplissement de ce travail.

Je remercie l'entreprise SONATRACH- Activité Amont, en Algérie, ainsi que tous ses dirigeants, particulièrement la direction des ressources humaines, de m'avoir permis d'accéder aux installations gazières pour accomplir ce travail.

Je remercie le directeur de la Division production, le directeur des ressources humaines et de la formation sans oublier le Département HSE, pour leur soutien aux recherches et au développement des connaissances dans le domaine de la santé et de la sécurité au travail.

Mes sincères remerciements au directeur régional de la région de Hassi R'Mel et à tous les responsables des structures (exploitation, maintenance, HSE, ressources humaines et formation).

Je remercie tous les travailleurs et responsables de la Station de compression Sud de Hassi R'Mel pour leur collaboration lors de mes campagnes d'échantillonnage et leur accueil chaleureux. Merci de m'avoir fait confiance.

Tous mes remerciements à l'équipe du Département de santé environnementale et santé au travail, particulièrement à Mme France Gagnon, pour son aide précieuse et pour tous ses conseils. «Tu es la meilleure!».

Un grand merci à tous les professeurs qui m'ont beaucoup appris sur la multidisciplinarité dans le domaine des recherches scientifiques.

Je ne pourrai jamais assez remercier mes chers parents pour leur amour, leur attention, leur patience, leur encouragement à la reprise de mes études et leur soutien indéfectible au cours des deux dernières années. Que Dieu vous garde pour nous.

Également, mon frère Sofiane et ma sœur Wafa qui de part leur amour et leurs encouragements m'ont soutenue pleinement, particulièrement pendant les moments difficiles. Merci pour tout.

Pour mes enfants Yasmine, Mohamed Riad et Noor Melak qui sont ma raison d'être et ma fierté.

CONTEXTE DE L'ÉTUDE

Durant mes études d'ingénieur en HSE (Hygiène, sécurité et environnement), j'ai eu l'occasion de visiter les installations gazières et pétrolières de Hassi R'Mel en Algérie. Lors de mon passage explicatif sur les procédés et les équipements utilisés, j'ai été marquée par l'intensité du bruit qui y régnait. Je me suis donc rapprochée des travailleurs pour leur poser des questions sur l'origine de ce bruit et comment ils vivaient ce stress durant leurs heures de travail. Étant hygiéniste-apprenti et curieuse, j'ai entrepris une recherche documentaire sur le bruit et ses différents impacts sur l'être humain. Évidemment, pour connaître l'exposition au bruit et ses impacts, il est nécessaire de documenter les expositions professionnelles. D'où l'idée de proposer ce projet.

CHAPITRE 1 : INTRODUCTION ET DESCRIPTION DU PROBLÈME

1.1 Introduction et description du problème

Le bruit constitue une nuisance dans de nombreux secteurs professionnels. Selon l'Organisation mondiale de la santé (OMS), environ 16% des pertes de l'audition dans le monde sont attribuables à une exposition au bruit en milieu de travail (OMS, 2002). Il est estimé qu'aux États Unis, 30 millions de travailleurs sont exposés au bruit (Hager, 2006) et, de ce nombre, 10 millions ont une surdité professionnelle déclarée et reconnue (Davies *et coll.*, 2008).

Au Québec, de 450 000 à 500 000 travailleurs sont exposés à des niveaux importants de bruit pouvant entraîner des conséquences néfastes pour leur santé et leur sécurité (Boudreault, 2006). Par ailleurs, au Québec, chaque année on dénombre environ 1 500 nouveaux cas de surdité d'origine professionnelle reconnus et indemnisés par la Commission de la santé et de la sécurité du travail (CSST). Une étude de Girard *et coll.* (2007) s'est intéressée au coût associé à la surdité et à celui des accidents du travail attribuables au bruit ou à une perte d'audition acquise en milieu de travail pour le compte du régime d'indemnisation du Québec. Ainsi, le coût annuel de la surdité professionnelle pour le régime d'indemnisation était de 8,4 M\$ pour l'ensemble des travailleurs du Québec.

En France, l'enquête SUMER 94 a mis en évidence que plus de 3 millions de salariés étaient exposés à des nuisances sonores (Heran-Leroy et Sandret, 1997). Selon un rapport du Bureau international du travail (BIT), en France, la surdité se classe au troisième rang des maladies professionnelles avec 6,4% dans les industries de la métallurgie et 4,3% dans les industries du bâtiment et travaux publics (BIT, 2006).

En Algérie, selon les statistiques de la caisse nationale Algérienne de sécurité sociale, la surdité professionnelle occupe, chaque année, le premier rang des maladies professionnelles indemnisables avec plus de 40% des cas (Rezk-Kallah *et coll.*, 2006).

Par ailleurs, selon les estimations du ministère du Travail des États-Unis (Suter, 2000a) 19,3% des travailleurs des industries manufacturières et des services généraux sont exposés à des niveaux de bruit quotidiens de 90 dB(A). Parmi ces industries manufacturières figure l'industrie du pétrole.

Dans le secteur plus particulier de l'industrie pétrolière et gazière figurent cinq principaux groupes de danger : les dangers chimiques (ex. hydrocarbures, mercure, monoxyde de carbone et amiante), les dangers physiques (ex. bruit, vibrations, radiations et températures extrêmes), les dangers ergonomiques (ex. troubles musculo-squelettiques), les dangers psychosociaux (ex. stress) et les dangers biologiques (alimentaire/hygiène de l'eau) (Gardner, 2003; ILO, 1980; Niven et McLeod, 2009).

Parmi les agents physiques mentionnés plus haut, la maîtrise du bruit demeure une préoccupation importante de santé au travail dans les raffineries de pétrole (Chen et Tsai, 2003; Robinson, 2001) sur les plateformes en mer « *off shore* » (Gardner, 2003; ILO, 1980; Melling, 1975; Niven *et coll.*, 2009) et sur les plateformes terrestre « *on shore* » (Melling, 1975). Sur les plateformes en mer « *off shore* » des niveaux de bruit variant entre 93 et 98 dB(A) pendant les opérations de forage ou de 106-109 dB(A) dans la salle des machines ont été enregistrés (Melling, 1975). Une étude comparative entre les conditions de travail vécues des travailleurs en mer « *off shore* » et ceux travaillant sur terre, d'une compagnie pétrolière norvégienne, indique que le bruit est un danger auquel sont exposés les travailleurs (Høivik *et coll.*, 2008), particulièrement ceux de la production et de la maintenance (McCrae *et coll.*, 1975). Toutefois, il semble qu'il y ait peu d'information publiée à l'égard de la mesure de l'exposition au bruit chez les travailleurs qui œuvrent sur les plateformes gazières (Høivik *et coll.*, 2008). Il y a pourtant présence de nombreux équipements bruyants dans ces sites, tels que des turbines, des pompes, des génératrices. Par ailleurs, l'écoulement de fluide dans les pipelines génère du bruit. Ces turbines, qui ont des capacités de 500 – 1000 chevaux-vapeurs, sont utilisées pour compresser des produits gazeux ou encore pour déplacer des liquides bruts (Runion, 1988). De plus, les génératrices, qui produisent du courant électrique et qui sont opérées au gaz ou au diesel, sont couramment utilisées dans des bâtiments fermés ou à demi fermés (Thorsen et Dalva, 1995). Erskine et Brunt (1971) rapportent que le fonctionnement d'un compresseur peut produire jusqu'à 103 dB(A) et atteindre 114 dB(A) lors d'un écoulement de fluide dans les pipelines.

Une étude, menée dans une centrale électrique fonctionnant avec un nombre considérable de turbines, utilisées comme moteur d'entraînement, et de compresseurs, rapporte des niveaux de bruit important atteignant 93 dB (Kisku et Bhargava, 2006).

1.2 Objectifs généraux et spécifiques

Les objectifs généraux de cette étude sont d'évaluer d'une part, l'exposition professionnelle au bruit de travailleurs œuvrant sur une plateforme gazière et d'autre part, de mettre en évidence des déterminants influençant cette exposition.

Les objectifs spécifiques sont de proposer des moyens pour maîtriser le niveau de bruit dans le milieu de travail et de proposer un programme de prévention de la perte d'audition pour les travailleurs œuvrant sur la plateforme gazière de Hassi R'Mel.

CHAPITRE 2 : REVUE DE LA LITTÉRATURE

Le bruit est présent en milieu de travail. Il est un des dangers les plus communs touchant les travailleurs de divers secteurs tels que l'industrie lourde (Heran-Leroy *et coll.*, 1997; Hwang *et coll.*, 2009; Phillips *et coll.*, 2007; Singh *et coll.*, 2010), les mines (Landen *et coll.*, 2004; Phillips *et coll.*, 2007), les fonderies (Shackleton et Piney, 1984), la construction (Edelson *et coll.*, 2009; Seixas *et coll.*, 2005), les moulins à scie (Davies *et coll.*, 2009), les manufactures (Rabinowitz *et coll.*, 2007; Suter, 2000a), l'aviation (Santé Canada, 2001), le transport ferroviaire (Landon *et coll.*, 2005), les centres d'appels (Patel et Broughton, 2002) et beaucoup d'autres domaines d'activités économiques. Force est de constater que la plupart des activités industrielles sont sources de bruit. Notons que les activités récréatives peuvent aussi contribuer à augmenter la dose quotidienne de bruit (Neitzel *et coll.*, 2004; Sadhra *et coll.*, 2002).

La revue de littérature couvrira sommairement les aspects concernant les effets du bruit sur la santé de même que l'interaction du bruit avec certaines substances ototoxiques qui peuvent être présentes en milieu de travail. De plus, nous présenterons l'état de la situation en ce qui a trait aux niveaux de bruit présents sur les plateformes gazières. Finalement, nous présenterons quelques stratégies d'échantillonnage permettant de déterminer des profils d'exposition au bruit en milieu de travail.

2.1 Les effets du bruit sur la santé

Le bruit peut produire des effets non-traumatiques et traumatiques.

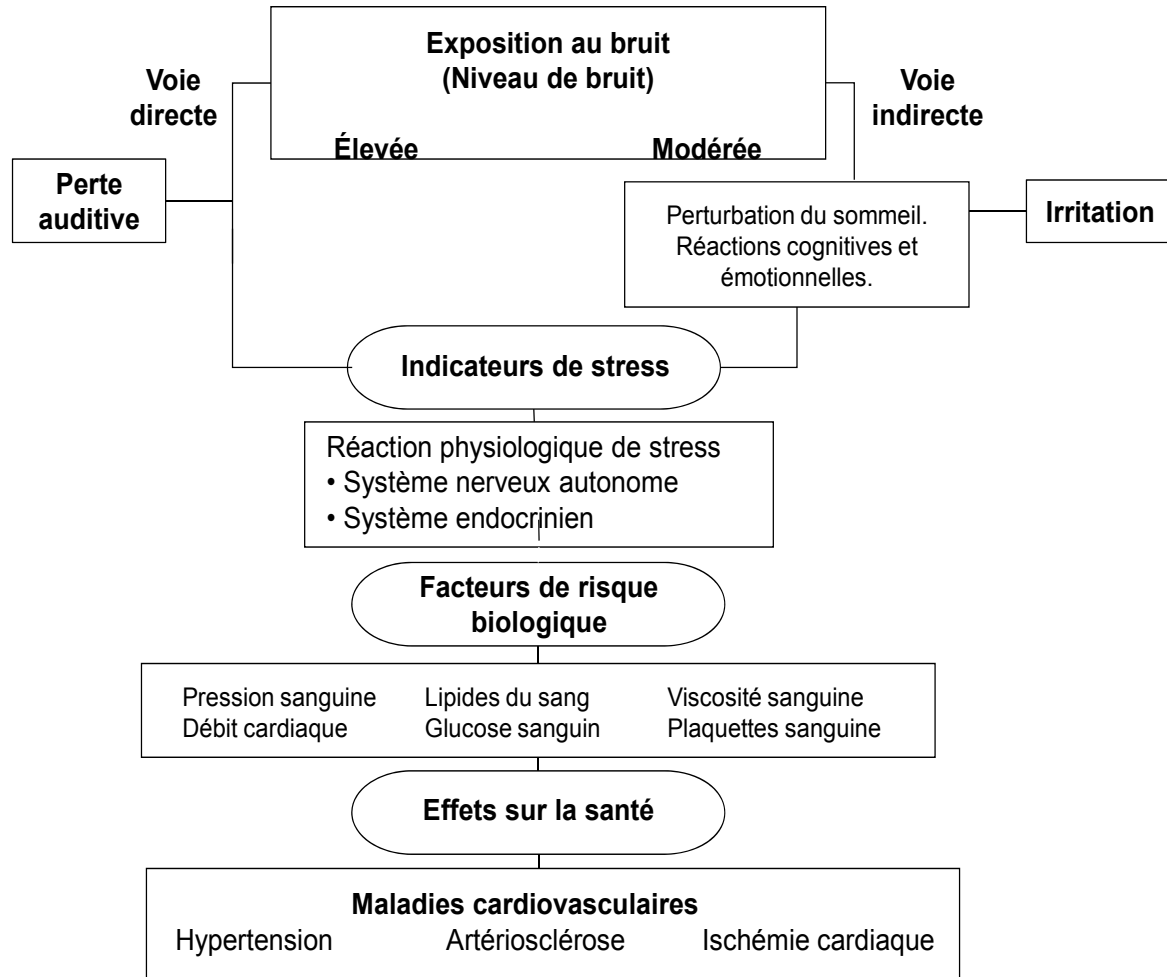
2.1.1 Effets non auditifs (extra- auditifs)

D'après la définition de Smith et Broadbent (1991), les effets non traumatiques occasionnés par le bruit sont « tous les effets sur la santé et les effets sur le bien être, à l'exception des effets sur l'organe auditif et des effets de masque à l'égard de l'information auditive », leurs manifestations sont aussi bien physiologiques que comportementales. Le stress en est le principal effet (Grunberg et Singer, 1990; Henry, 1992), il est défini comme un trouble psychique qui est à l'origine de troubles physiques tels que les problèmes cardiovasculaires (Cocchiarella *et coll.*, 1995) de type hypertension artérielle (Babisch, 2000; Babisch *et*

coll., 2001; Chang *et coll.*, 2003; Jarup *et coll.*, 2008; Narlawar *et coll.*, 2006), de troubles cardiaques ischémiques (Babisch, 2002) et dans certains cas allant jusqu'à des infarctus du myocarde (Berry et Findell, 2009).

Néanmoins, certaines études n'incriminent pas le bruit comme le seul facteur à l'origine des problèmes causés au système cardiovasculaire, mais plutôt que l'impact sur le système cardiovasculaire serait le résultat des effets cumulatifs d'un certains nombres de facteurs (Talbot *et coll.*, 1999; Van Dijk, 1990).

Il est également montré que le stress s'accompagne d'une sécrétion importante des catécholamines (adrénaline et noradrénaline) et d'hormones cortico-surréaliennes (Babisch, 2003). Ces modifications hormonales sont supposées, selon certaines études, avoir une action directe sur la circulation sanguine (Babisch, 2004) les défenses immunitaires (Maschke, 2007), la fonction digestive, respiratoire (Ingemansson et Elvhammar, 1982), visuelle (Goldsmith et Jonsson, 1973; Pelmeur, 1985) et la perturbation du sommeil (Floru et Cnockaert, 1994; Pelmeur, 1985). Dans ce dernier cas, le bruit interfère avec la fonction récupératrice du sommeil et la qualité du sommeil (Pelmeur, 1985). Babisch (2002) a produit un schéma des réactions physiopathologiques qui seraient occasionnées par les effets du bruit (figure 1). Le bruit serait également à l'origine de réactions subjectives telles que la gêne (Stansfeld et Matheson, 2003) l'irritabilité, l'attitude agressive et le repli sur soi (Suter, 2000a).



(Adapté de Babisch, 2002)

Figure 1 : Schéma des effets du bruit

2.1.2 Effets auditifs

Ces effets sont invisibles et le plus souvent indolores. Ils comprennent les dommages tels que le traumatisme acoustique, l'acouphène, le déficit auditif temporaire induit par le bruit. Il y a également la déficience auditive modérée à profonde qui peut être induite par le bruit, des maladies infectieuses, le vieillissement, l'utilisation de médicaments ototoxiques, l'exposition à des solvants, des métaux et autres.

Le traumatisme acoustique se manifeste sous les formes aiguës ou chroniques. La forme aiguë résulte d'une altération de l'audition par l'exposition de l'oreille interne à une pression acoustique excessive, unique, inhabituelle et de caractère impulsif (ex. une

explosion). Quant à la forme chronique, elle est le résultat d'une exposition continue à un bruit trop fort (ex : bruit de machines) ou bien une exposition répétée à des bruits intenses (par exemple, l'utilisation d'armes à feu) (Helfer *et coll.*, 2010).

L'acouphène est une « sensation auditive anormale qui n'est pas provoquée par un son extérieur ». Il est généralement décrit comme un bourdonnement, un sifflement, un tintement, un bruit de cloche ou d'eau, un chuintement et autres (Jastreboff et Hazell, 2004). L'acouphène accompagne fréquemment aussi bien les déficits auditifs temporaires que permanents causés par le bruit, ainsi que d'autres types de pertes auditives neurosensorielles (Suter, 2000a).

Le déficit auditif temporaire induit par le bruit désigné aussi comme déplacement temporaire de seuil ou TTS (*Temporary Threshold Shift*) est une diminution temporaire de la fonction auditive. Il est également connu sous le nom de « fatigue auditive ». À défaut de période de récupération, les effets TTS se surajoutent pour finir à des effets de déficience auditive « permanente ». (Rose *et coll.*, 2008; Suter, 2000a).

La déficience auditive « permanente » également appelée déplacement permanent du seuil ou PTS (*Permanent Threshold Shift*) est une baisse définitive et irréversible de la fonction auditive (CCHST, 2008).

Toutefois, la gravité des lésions dépend de l'intensité du bruit, de la durée d'exposition, du type de bruit et de la susceptibilité de la personne qui l'entend. Le tableau I présente une évaluation des sensations engendrées par les nuisances sonores (Bernard, 1989).

Tableau I : Sensation engendrée par les nuisances sonores

Niveaux sonores (en décibels)	Répercussion sur le travail	Niveau de conversation possible	Impression ressentie
0			
10	Aucune	À voix	Anormale
20	Gêne	Chuchotée	Très calme
30			
40	Travail intellectuel pénible	À voix	Calme
50	Travail de bureau courant ne s'en ressent pas	Normale	
60	Travail intellectuel extrêmement pénible	À voix	Niveau courant
70	Travail de bureau difficile Travail d'atelier s'en ressent	Forte	Bruyant mais supportable
80			
90	Le travail d'atelier devient pénible	Difficile	Très pénible à supporter
100	Une exposition prolongée entraîne la surdité	En criant	
110	Bruit supportable seulement pendant un court instant		Sensation douloureuse
120		Impossible	

(tiré de Bernard, 1989)

2.2 Interaction entre le bruit et les substances ototoxiques

Les travailleurs œuvrant en milieu bruyant sont fréquemment exposés à diverses substances ototoxiques, telles que des solvants, des métaux et des asphyxiants (Morata et Lemasters, 1995). Peu de substances ont fait l'objet d'un nombre suffisant d'études pour conclure à un effet ototoxique, alors qu'un grand nombre de substances sont suspectées potentiellement ototoxiques (Morata, 1998). Dans cette section, nous présenterons une revue sommaire concernant l'interaction entre le bruit et les substances ototoxiques présents en milieu de travail.

2.2.1 Bruit et solvants

On pense que certains solvants peuvent provoquer la surdité en agissant directement sur la cochlée, organe sensoriel de l'audition (Fuente *et coll.*, 2009; Johnson et Nylen, 1995). Certains solvants potentialiseraient ou agiraient en synergie avec le bruit sur l'organe sensoriel d'audition (Dick, 2006; Fechter, 1995; Johnson *et coll.*, 1995). Cependant, cette dernière assertion n'est pas sans controverse. Parmi les produits chimiques les plus utilisés dans l'industrie, citons les solvants aromatiques tels que le toluène, le xylène, le styrène, et l'éthylbenzène qui sont réputés pour être ototoxiques (Campo, 2004; De Barba *et coll.*, 2005; Johnson *et coll.*, 1995; Schaper *et coll.*, 2003; Sliwinska-Kowalska *et coll.*, 2003; Triebig *et coll.*, 2009). Ces solvants empêcheraient la production des agents antioxydants naturels via des mécanismes encore mal compris (Le Prell *et coll.*, 2007; Wang *et coll.*, 2007). La littérature suggère également d'autres solvants qui ont des propriétés ototoxiques, tels que le disulfure de carbone (Morata, 1989), le trichloroéthylène (Vyskocil *et coll.*, 2008) et le chlorobenzène dont la structure est apparentée à celle du toluène et le n-hexane. Toutefois, l'effet ototoxique du n-butanol, bien que suggéré, reste à confirmer (Crofton *et coll.*, 1994).

L'expérimentation chez l'animal a montré que la co-exposition solvants et bruit produit des effets ototoxiques synergiques et que les lésions du système auditif seraient à la fois cochléaires et rétrocochléaires (Morata *et coll.*, 1993). Chez des rats, l'exposition combinée à long terme, au toluène et à de bas niveaux de bruit, ne révèle pas de danger potentiel pour la fonction auditive (Lund et Kristiansen, 2008).

Chez l'homme, il y a quelques études épidémiologiques réalisées en milieu professionnel qui suggèrent un effet ototoxique de solvants particuliers ou de mélanges de solvants et qui interagissent avec le bruit (Jacobsen *et coll.*, 1993; Johnson, 2007; Morata *et coll.*, 1993; Sass-Kortsak *et coll.*, 1995; Sliwinska-Kowalska *et coll.*, 2001). Cependant, malgré une possible interaction entre ces solvants et le bruit (Barregard et Axelsson, 1984; Campo et Maguin, 2007; CCHST, 2009; Jacobsen *et coll.*, 1993; Johnson *et coll.*, 1988; Morata *et coll.*, 1994; Morata *et coll.*, 1995; Prasher *et coll.*, 2002; Vyskocil *et coll.*, 2009), on ne peut encore distinguer entre le mécanisme du traumatisme chimique et celui du traumatisme acoustique (Campo, 2004).

L'exposition simultanée au disulfure de carbone et au bruit semble accroître la perte auditive chez l'humain principalement l'audition dans les basses fréquences (Chang *et coll.*, 2003) et pour certaines personnes la déficience auditive se localisera dans la cochlée en tant que dommage traumatique (Kowalska *et coll.*, 2000). De façon similaire, l'interaction entre le toluène et le bruit semble être à l'origine de la perte d'audition (Chang *et coll.*, 2006; Schaper *et coll.*, 2008).

Sliwinska-Kowalska *et coll.* (2000), au cours d'une étude sur l'exposition de travailleurs à un mélange de solvants (xylène et acétate d'éthyle), montrent que le dommage au niveau de l'oreille interne a une plus grande importance comparativement au dommage causé par une exposition au bruit seul. Dans une étude subséquente, Sliwinska-Kowalska *et coll.* (2004) suggèrent lors d'une étude de co-exposition bruit et mélange de solvants organiques chez des dockers, un effet additif quant au dommage causé au niveau de l'organe sensoriel. De nouveau, dans l'industrie de l'aviation, l'exposition chronique aux mélanges de solvants et au bruit a produit un effet toxique sur le système auditif des travailleurs de ce secteur (Kim *et coll.*, 2005).

Une étude récente concernant la co-exposition au bruit et un mélange de solvants organiques (N,N-diméthylformamide et toluène) pourrait avoir produit un effet sub-additif sur le risque d'hypertension chez des manufacturiers de cuir synthétique (Chang *et coll.*, 2009).

Bien que, l'effet ototoxique de certains solvants ait été mis en évidence, il existe de la controverse quant aux concentrations et aux doses où apparaissent ces effets (Sliwinska-

Kowalska, 2007) ou encore quant à la démonstration de la relation dose-réponse (Hoet et Lison, 2008).

Pour terminer cette sous-section, notons que Morata et collaborateurs ont suggéré que les travailleurs d'une raffinerie du pétrole pourraient être à risque de perte auditive due à une éventuelle interaction entre le bruit et les solvants (Morata, 1998; Morata *et coll.*, 1997).

2.2.2 Bruit et gaz asphyxiants

Le monoxyde de carbone (CO) et l'acide cyanhydrique (HCN) sont des gaz asphyxiants qui comptent parmi les agents les plus dangereux en milieu professionnel (Campo, 2004; Campo *et coll.*, 2009). Il semble, selon des études menées sur des animaux, que le CO (Cary *et coll.*, 1997; Chen *et coll.*, 1999; Fechter, 1989, 1995; Fechter *et coll.*, 1988) et l'HCN (Morata, 2002) pourraient potentialiser les effets du bruit et ce, même si l'exposition seule au bruit n'engendre pas de perte auditive. La potentialisation par le monoxyde de carbone peut être due à la réduction de la capacité de la cellule de réparer les dommages induits par le bruit (Chen *et coll.*, 1999). Par ailleurs, les résultats d'une étude menée par Lacerda *et coll.* (2005) concluent que chez l'humain, le monoxyde de carbone pourrait avoir un effet de potentialisation sur la perte auditive.

2.2.3 Bruit et métaux

Des études qui ont évalué l'exposition de singes, travailleurs ou d'enfants au plomb suggèrent que ce métal est ototoxique et qu'il y aurait une interaction possible entre ce métal, le bruit et d'autres facteurs tels que la fumée de cigarette (Counter et Buchanan, 2002; Farahat *et coll.*, 1997; Hwang *et coll.*, 2009; Wu *et coll.*, 2000). Par contre, d'autres études sur le sujet n'ont pas été en mesure de confirmer pas l'ototoxicité du plomb (ATSDR, 2007; Counter, Buchanan, *et coll.*, 1997; Counter, Vahter, *et coll.*, 1997). Mais, étant donné la prédominance des études positives chez l'homme (Campo *et coll.*, 2009), il est recommandé de prendre en compte l'interaction du plomb avec le bruit si l'agent physique est présent dans le milieu de travail (Prasher *et coll.*, 2002).

L'intoxication aux composées du mercure semble avoir pour conséquence des effets dommageables auditifs chez les animaux de laboratoire (chlorure de méthyle mercure, le sulfure de mercure) et des êtres humains (empoisonnement par le mercure organique) (Campo *et coll.*, 2009). Par ailleurs, les résultats de l'étude de Chang *et coll.* (1995) et Moshe *et coll.* (2002), n'écartent pas l'éventualité d'un effet ototoxique des vapeurs de mercure (Vyskocil *et coll.*, 2011). Il ne semble pas y avoir d'études qui auraient évalué l'effet combiné du mercure et du bruit.

Des études sur des animaux et des êtres humains proposent que le cadmium et l'arsenic sont des métaux ototoxiques (Campo *et coll.*, 2009). L'interaction bruit et fumées de cadmium s'avèrerait être à l'origine de perte auditive plus sévère (Abreu et Suzuki, 2002).

En résumé, on note qu'il y a de plus en plus d'articles qui mettent en évidence que des solvants, des agents asphyxiants et des métaux sont ototoxiques. De plus, les interactions entre ces produits chimiques et le bruit semblent possibles. Il est donc important pour l'hygiéniste du travail qui doit faire l'évaluation du risque à l'égard de la perte auditive chez des travailleurs œuvrant dans un milieu de travail bruyant de se rappeler que d'autres déterminants, autres que le bruit, peuvent être en cause et qu'une évaluation minutieuse du milieu peut s'avérer nécessaire.

2.2.4 Bruit et fumée de tabac

Le risque de présenter une surdité serait plus grand chez les fumeurs que chez les non-fumeurs (Barone *et coll.*, 1987; Burr *et coll.*, 2005; Cruickshanks *et coll.*, 1998). De plus, le risque de perte d'audition chez les non-fumeurs exposés passivement à la fumée de tabac est souligné dans une étude de Fabry *et coll.* (2011). L'impact du tabagisme sur la fonction auditive a la particularité d'agir sur les seuils auditifs des hautes fréquences (Fabry *et coll.*, 2011; Mizoue *et coll.*, 2003). Même la fumée de tabac « dite légère » présente un risque de perte d'audition pour les hautes fréquences chez de jeunes adultes (Ohgami *et coll.*, 2011).

Plusieurs études montrent une interaction entre l'exposition au bruit et l'inhalation de fumée de tabac (Ahn *et coll.*, 2011; Carter *et coll.*, 1981; Cruickshanks *et coll.*, 1998;

Mizoue *et coll.*, 2003; Nakanishi *et coll.*, 2000; Starck *et coll.*, 1999; Virokannas et Anttonen, 1995). Certaines études rapportent une augmentation de la perte auditive par effet additif (El Zir *et coll.*, 2008), tandis que d'autres études rapportent une augmentation de la perte auditive par effet synergique (Ferrite et Santana, 2005). Des études suggèrent l'accélération de la perte auditive sans plus de détail (Mohammadi *et coll.*, 2010a; Pouryaghoub *et coll.*, 2007) ou rapportent simplement de la déficience auditive binaural (Mohammadi *et coll.*, 2010b).

Par ailleurs, l'agent causal de la perte de l'audition serait essentiellement le monoxyde de carbone plutôt que la nicotine (Cunningham *et coll.*, 1983; Dengerink *et coll.*, 1992; Pyykko *et coll.*, 1986).

Une étude indique que le risque de perte de l'audition suite à une exposition à la fumée de tabac en présence de hauts niveaux de bruit est relativement petit par rapport à celui d'une exposition au bruit uniquement (Palmer *et coll.*, 2004). Par ailleurs, à long terme, les fumeurs qui ont une exposition professionnelle au bruit ont un risque élevé de développer une perte d'audition permanente (Wild *et coll.*, 2005). Finalement, Garcia Callejo *et coll.* (2006) rapportent l'arrêt de la progression de la perte auditive relative à une exposition professionnelle au bruit si la consommation de cigarettes cesse. En résumé, la fumée de tabac semble avoir un effet nocif sur le système auditif.

2.2.5 Autres facteurs de risque sur le développement de la surdité

Il existe une forte évidence que les facteurs environnementaux, le mode de vie ou d'autres facteurs modifiables contribuent à l'étiologie de la déficience auditive (Zhan *et coll.*, 2011). Tout d'abord, l'exposition au bruit non professionnel est un facteur de risque important de la perte d'audition, particulièrement le bruit urbain (Abbate *et coll.*, 2005). Également, les lésions liées au bruit sont potentialisées par le vieillissement naturel du système auditif (presbycusis) (Goncalves *et coll.*, 2009), probablement par l'intervention de facteurs génétiques (Duclos *et coll.*, 1999; McMahon *et coll.*, 2008; Van Eyken *et coll.*, 2007), par des pathologies telles que le diabète, les maladies cardiovasculaires (Agrawal *et coll.*, 2009) ou par des effets d'agents ototoxiques (Boucarra *et coll.*, 2006; Toppila *et coll.*, 2001).

Parmi ces agents ototoxiques, il y a les médicaments tels que les antibiotiques (aminoglycosides ou aminosides) dont l'ototoxicité se traduit par des pertes auditives localisées aux fréquences élevées et se propage jusqu'aux basses fréquences lorsque l'intoxication perdure (Govaerts *et coll.*, 1990). L'ototoxicité se révèle irréversible avec la disparition progressive des cellules neurosensorielles de l'organe de Corti, (Campo *et coll.*, 2009). L'existence d'un effet synergique entre la prise d'antibiotiques et l'exposition au bruit a été démontrée chez des cobayes (Aran et Portmann, 1990; Collins, 1988).

Les diurétiques (le furosémide, l'acide éthacrynique et le bumétanide) sont des médicaments dont l'ototoxicité se distingue de celle des antibiotiques par l'apparition d'une surdité rapide mais temporaire allant jusqu'à la disparition dès l'élimination totale du médicament (Arslan *et coll.*, 1999). Il semble exister une synergie entre les effets toxiques des diurétiques et ceux des antibiotiques (Bates *et coll.*, 2002; Mulheran et Harpur, 1998) et une potentialisation des effets de certains métaux lourds tels que le cadmium par le furosémide (Whitworth *et coll.*, 1999).

Un autre médicament, généralement très consommé dans le monde à différentes fins thérapeutiques, l'acide acétylsalicylique, connu sous le nom d'aspirine® est à l'origine d'une hypoacousie temporaire et réversible (Campo, 2004; Campo *et coll.*, 2009). Néanmoins, une controverse réside quant à la potentialisation des effets traumatisants du bruit par l'aspirine (Carson *et coll.*, 1989).

Parmi les anti-tumoraux (le cisplatine ou le carboplatine) antinéoplasiques amplement utilisés dans les traitements de chimiothérapie, expriment leur ototoxicité (Biró, 2009) suite à la modification de la composition électrochimique des liquides de l'oreille interne et par destruction des cellules ciliées (Campo, 2004). Ainsi, un risque important de déficit auditif lors d'une co-exposition anti-tumoraux/bruit a été mis en évidence chez l'animal (Gratton *et coll.*, 1990; Laurell, 1992).

L'exposition aux insecticides (organophosphate et pyréthroïde) serait aussi associée à une perte de l'audition et la co-exposition au bruit pourrait potentialiser les effets ototoxiques (Teixeira *et coll.*, 2003).

Par ailleurs, l'exposition au bruit et l'exposition concomitante à la chaleur (températures extrêmes) comportent un facteur de risque élevé pour la perte de l'ouïe (Liu *et coll.*, 2008), notamment quand la charge de travail est lourde (Chen *et coll.*, 2007). Un haut indice de masse corporelle serait un facteur de risque en corrélation avec la perte d'audition (Fransen *et coll.*, 2008). La consommation de boissons alcoolisées semble être associée à la perte auditive (Gopinath *et coll.*, 2010), tandis que la consommation modérée d'alcool serait inversement corrélée à l'altération de l'audition (Fransen *et coll.*, 2008). La prévalence de la perte d'audition dans la population d'adultes américains diffère selon les groupes raciaux et ethniques (Agrawal *et coll.*, 2010).

2.3 Effet du bruit sur la sécurité

Outre ses effets sur la santé, le bruit peut constituer un risque pour la sécurité (Girard *et coll.*, 2007; Girard *et coll.*, 2009; Picard *et coll.*, 2008) par l'interférence à la communication orale (Goldsmith *et coll.*, 1973; WHO, 1980; Wild, 1978), le détournement de l'attention, la réduction de la capacité attentionnelle (Stansfeld *et coll.*, 2003; Suter, 2000a), et la non perception de signaux sonores de sécurité (Fernández *et coll.*, 2009). Finalement, les risques d'accident mettant en cause le bruit sont également documentés dans la littérature (OMS, 2002; Wilkins et Action, 1982).

2.4 Bruit en industrie pétrolière et sur les plateformes

Selon une estimation de OSHA, plus du quart de travailleurs de certaines industries, dont la production pétrolière, sont exposés à des niveaux de 90 dB(A) et plus (May, 2000).

Comme nous l'avons mentionné dans l'introduction, quelques études indiquent que le bruit sur les plateformes «*offshore*», résulte du fonctionnement de certains équipements tels que les compresseurs, des générateurs et autres équipements qui peuvent atteindre des niveaux dépassant les 90 dB(A) et allant même jusqu'à 113 dB(A) (Erskine *et coll.*, 1971; Kisku *et coll.*, 2006; Niven *et coll.*, 2009; Robinson, 2001). Runion (1988) rapporte que le niveau de bruit dans une station de compression de gaz est de 90 à 120 dB(A). Les valeurs rapportées

fournissent toutefois peu d'information quant au profil d'exposition des titres d'emploi sur des quarts de travail complets.

Maintes études épidémiologiques ont porté sur les problèmes de santé rencontrés sur les plateformes, aussi bien en mer « *off shore* » que terrestres « *on shore* », mais l'évaluation du niveau de bruit de même que l'évaluation de la perte auditive ne sont pas discutées dans ces articles (Divine et Barron, 1987; Divine et Hartman, 2000; Schnatter *et coll.*, 1992; Steinsvag *et coll.*, 2007).

En résumé, l'évaluation du niveau de bruit sur les plateformes pétrolières ou gazières est très peu documentée. Il y a un besoin de mieux définir les profils d'exposition des travailleurs ce qui constituera un des objectifs de notre projet.

2.6 Stratégies d'échantillonnage pour estimer les profils de niveaux de bruit

Une des façons de mesurer l'exposition d'un groupe de travailleurs est de former des groupes homogènes, c'est-à-dire des groupes de travailleurs ayant des expositions similaires dues à la ressemblance de leurs lieux de travail ou de leurs tâches (Mulhausen et Damiano, 2006). Les individus faisant partie du groupe seraient donc considérés équivalents, ce qui veut dire que des dosimètres posés aléatoirement sur n'importe quel membre du groupe devraient enregistrer des niveaux de bruit représentatif du groupe en entier (Malchaire et Piette, 1997). De plus, un certain nombre de mesures journalières doivent être prises selon la taille du groupe et la précision des données qui sera exigée (ISO, 2009; Thiéry et Canetto, 2009).

Plusieurs stratégies d'échantillonnage sont publiées dans la littérature, mais la plus recommandée est celle qui permet de faire, une évaluation complète et globale de l'exposition réelle du travailleur pendant tout le quart de travail (Malchaire *et coll.*, 1997). Afin de procéder à des mesurages de longues durées, sur un travailleur mobile, il est recommandé d'utiliser un dosimètre acoustique individuel (Confer *et coll.*, 1972; Diserens, 1974; ISO, 2009; Rockwell, 1983). La norme ISO 9612 préconise un mesurage d'une

journée entière pendant un minimum de trois jours. Cette approche de mesurage, est la plus adaptée pour un travailleur mobile, en situation de travail complexe avec un grands nombres de tâches (ISO, 2009). Par ailleurs, l'American Industrial Hygiene Association (AIHA) préconise une autre approche de mesurage basée sur le principe de randomisation de 6 à 10 échantillons au minimum (Mulhausen *et coll.*, 2006; Spear, 2004).

Lorsque l'échantillonnage est complété, l'évaluation de l'exposition au bruit peut être à priori, estimée en utilisant les différentes mesures collectées au fil des journées, ainsi les niveaux d'expositions des travailleurs seront évalués par rapport à une valeur de référence (Legris et Poulin, 1998; Neitzel *et coll.*, 1999).

Par ailleurs, des facteurs nommés « déterminants », tels que le soufflage, le meulage et autres tâches peuvent influencer l'exposition des travailleurs en l'augmentant ou en la réduisant (Mbuligwe, 2004). Il a été démontré que ces évènements acoustiques, rares et de courte durée, contribueraient à la dose quotidienne des travailleurs (Thiéry, 2009; Thiéry *et coll.*, 1994). Par conséquent, l'identification et la quantification de ces déterminants se réalisera par un jugement professionnel (Hawkins *et coll.*, 1991), des observations durant l'échantillonnage (Davies *et coll.*, 2009) et l'étude des tracés résultants du mesurage instantané de ces mêmes évènements bruyants (Vipperman *et coll.*, 2007).

CHAPITRE 3 : DESCRIPTION DES PROCÉDÉS ET DE L'ORGANISATION DU TRAVAIL

3.1 Description du lieu de travail

Situé approximativement à 525 km au sud de la capitale Alger (Algérie), à une altitude de 760 m, le gisement de Hassi R'mel, découvert en 1956, s'étend sur une superficie de 3500 km². Ce réservoir de gaz humide contient, en plus du gaz, du condensat, du GPL (gaz pétrole liquéfié) et du pétrole brut (**figure 2**).

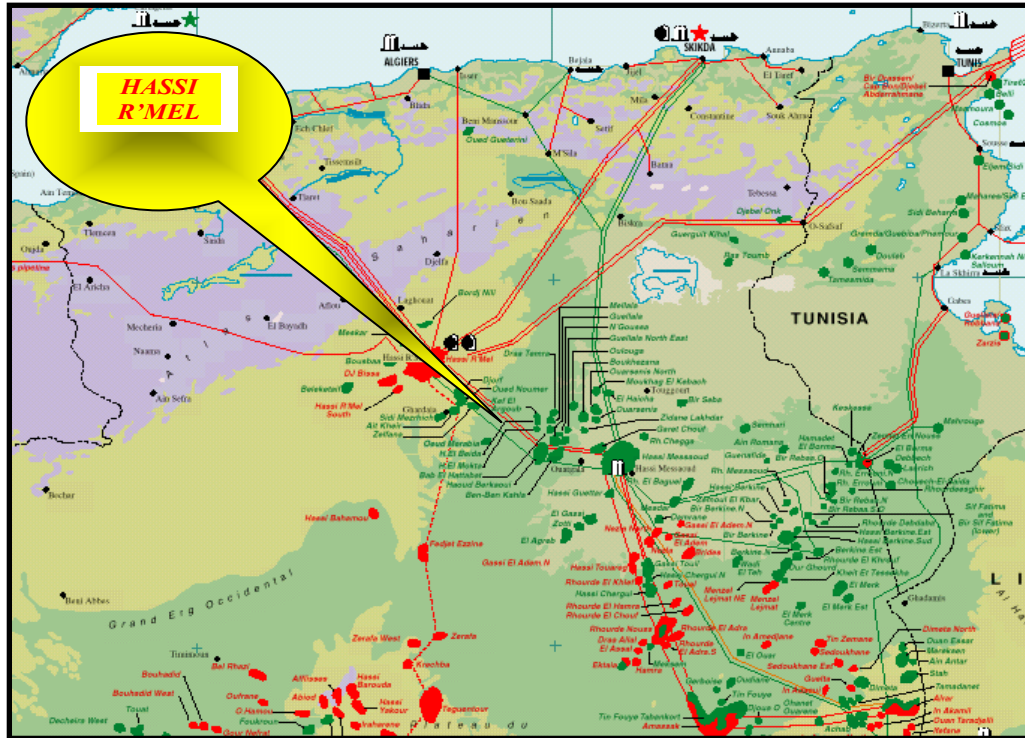


Figure 2 : Représentation géographique de Hassi R'Mel

Le plan d'ensemble des installations implantées à Hassi R'mel a pour but de réaliser une exploitation rationnelle des gisements. Le champ pétrolifère d'Hassi R'Mel possède plusieurs installations réparties sur trois secteurs qui sont le nord, le centre et le sud (DRHRM, 2009).

Chaque secteur d'exploitation est décrit ci-dessous.

3.1.1 Installations productrices

Ce sont des centres de traitement de gaz naturel humide provenant des gisements, qui par un procédé de séparation, produisent du gaz sec (gaz léger), du GPL et du condensat qui est un type de pétrole léger (**figure 3**).

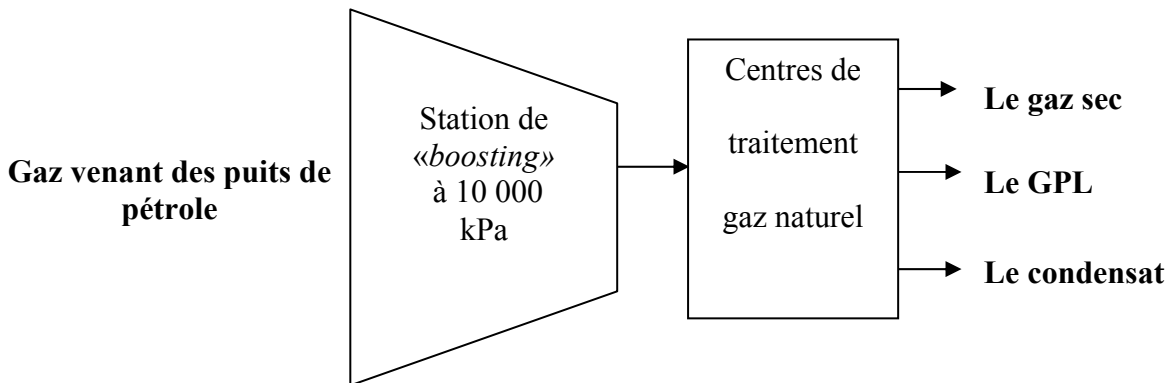


Figure 3 : Schéma synoptique des installations de traitement de gaz humide de la région de Hassi R'Mel.

3.1.2 Installations réceptrices

3.1.2.1 Le centre de stockage et de transport facilité (CSTF)

Le condensat et le GPL produits sont envoyés vers le CSTF pour être stockés et acheminés vers les terminaux par l'intermédiaire des stations de pompage.

3.1.2.2 Le centre national de distribution du gaz (CNDG)

Son rôle est de collecter toutes les quantités de gaz sec produites au niveau des installations productrices et de les distribuer vers les centres de consommation nationale (Arzew, Bejaia, Skikda et Alger) et internationale (l'Italie et l'Espagne) (**figure 4**).

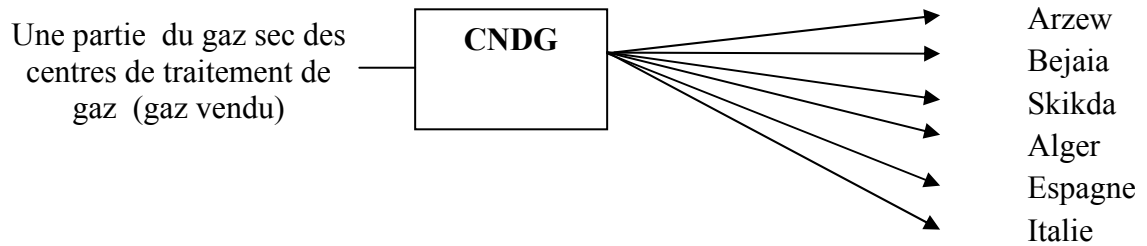


Figure 4 : Le centre national de distribution du gaz.

3.1.2.3 Les stations de compression de gaz sec (léger) non vendu

C'est au niveau des stations de compression que le gaz sec (léger) non vendu sera recompressé. Le procédé permet d'ajuster la pression du gaz lors de sa réinjection dans le puits. Le but de la réinjection est de maintenir la pression dans le gisement afin de récupérer le maximum de liquide (condensat et pétrole brut).

3.2 La plateforme gazière « station de compression et de réinjection du gaz »

La plateforme gazière, ci-après appelée la Station de compression sud, est située à 12,5 km au sud de la base de vie de Hassi R'Mel. D'une capacité de production de 90 millions de mètres cubes standards par jour, soit 30 milliards de mètres cubes standards par an, la Station sud de compression comprime, jusqu'à une pression de 35 000 kPa, le gaz sec (léger) non vendu et le réinjecte dans les puits de réinjection de gaz (**figure 5**).

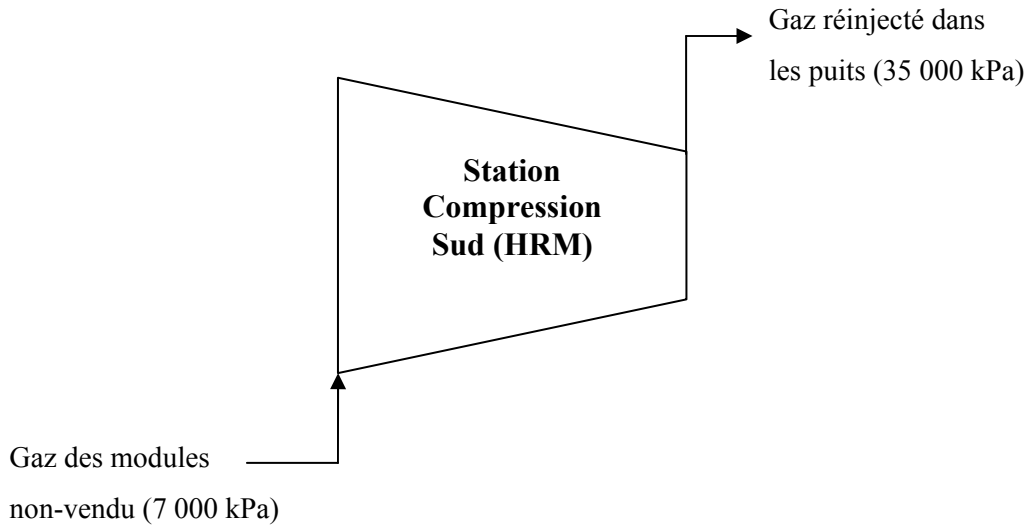


Figure 5 : Schéma synoptique de la Station de compression sud de Hassi R'Mel.

3.2.1 Bâtisses de la Station de compression sud

Plusieurs bâtisses se localisent sur la station de compression.

3.2.1.1 Bâtiments construits en dur

Ils comprennent le **bâtiment de l'exploitation** où se situe la salle de contrôle, la salle « Speed tronic » (salle de contrôle de la régulation des turbocompresseurs) et les bureaux administratifs. Il y a le **bâtiment de la maintenance** comprenant plusieurs ateliers et un magasin de dépôt de pièces de rechange. Le **bâtiment des utilités** abrite les pompes du circuit d'eau à incendie, un compresseur et les sècheurs d'air d'instrument et les sècheurs d'air de service. Finalement, il y a le **bâtiment de la sécurité** et le **restaurant**. La pollution sonore de l'extérieur est audible à l'intérieur de ces bâtiments car les fenêtres sont le plus souvent ouvertes pour les climatiser.

3.2.1.2 Postes électriques

Ce sont six locaux contenant des armoires électriques qui sont alimentées par des lignes de 30 kV. Les postes électriques permettent l'alimentation des équipements et des différentes bâtisses de la station.

3.2.1.3 Enceintes préfabriquées

Appelées communément « modules » elles sont au nombre de quatre. Trois d'entre elles abritent chacune quatre turbocompresseurs et la quatrième six turbocompresseurs.

3.2.2 Équipements de la station de compression

3.2.2.1 Les turbocompresseurs (TC)

Ce sont les principaux équipements de la station de compression. Les TC, nommés communément « machines » ou unités de compression, se composent chacun d'un **compresseur centrifuge** de type « barrel » et d'une **turbine à gaz** à 2 arbres, modèle MS 5002 B (construite par NUOVO PIGNONE) (**figure 6**).

La turbine à gaz entraîne le compresseur via un **multiplicateur** de vitesse. Ce dernier est relié d'une part à la turbine et d'autre part au compresseur ce qui permet d'augmenter la vitesse de rotation de ce dernier (**figure 7**).

Des mesures de bruit en poste fixe dans la salle contenant un TC enregistrent un niveau sonore moyen de 103 dB(A) sur une durée de 6 minutes.

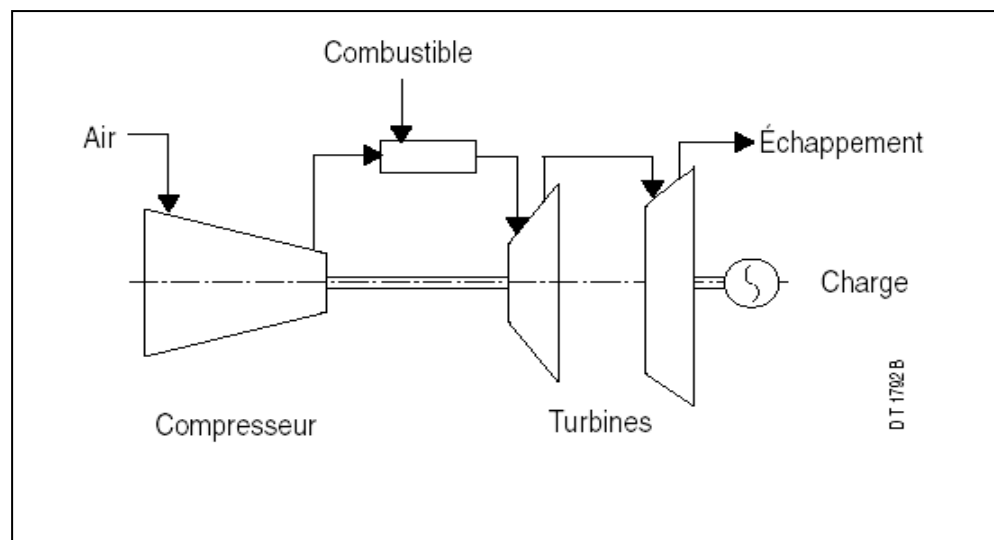


Figure 6 : Schéma des composants d'une turbine à gaz à deux arbres

Le démarrage de chaque unité de compression est assuré par sa propre turbine à gaz appelée « turbine de démarrage ou d'entraînement ».



Figure 7 : Quelques éléments mécaniques d'une station de compression

La répartition des dix huit TC se fait comme suit :

- Neuf TC de basse pression
- Neuf TC de haute pression

Une ligne de réinjection de gaz est composée d'un TC de basse pression et d'un TC de haute pression, disposés l'une à côté de l'autre (**figure 8**).



Figure 8 : Vue extérieure des modules contenant les dix-huit turbocompresseurs

3.2.2.2 Les aéro-réfrigérants

Ce sont des dispositifs permettant à l'énergie thermique du fluide (gaz ou huile) interne, d'être transférée vers l'extérieur (**figure 9**).

Des mesures de bruit en poste fixe sous les aéro-réfrigérants enregistrent un niveau sonore de 105 dB(A) sur une durée de 3 minutes.



Figure 9 : Un ensemble d'aéro-réfrigérants

3.2.2.3 Les pompes

Elles sont de type centrifuge, à vis et à piston, et assurent le débit du liquide dans des conditions de pression imposée par le procédé (**figure 10**).



Figure 10 : Deux pompes centrifuges

3.2.2.4 Les équipements auxiliaires

Ce sont des équipements connexes qui permettent le fonctionnement de la turbine à gaz et du compresseur dans des conditions sécuritaires. Il y a par exemple :

- le circuit d'huile d'étanchéité du compresseur qui empêche les fuites de gaz vers l'atmosphère ;
- le circuit d'huile de lubrification de la turbine à gaz et du compresseur qui permet le graissage et le refroidissement des butées à billes ;
- le circuit d'huile hydraulique qui est utilisé pour actionner le vérin de la directrice de la turbine et des vannes de contrôle du fioul gaz ;
- le circuit d'huile d'arrêt d'urgence de la turbine qui en cas de problème, commande le système d'arrêt de sécurité.

Pour chaque turbocompresseur, l'huile utilisée pour tous ces circuits est pompée d'une même caisse à huile. Elle est refroidie par un passage dans une batterie de trois (3) aéro-réfrigérants avant d'être filtrée à travers un système de filtres placés en amont des différents circuits.

3.2.2.5 Un turbogénérateur d'électricité (TGE)

Il est la source génératrice d'électricité interne pour la station en cas de baisse ou d'arrêt de la distribution d'électricité par le réseau électrique extérieur.

3.2.3 Description du procédé de fonctionnement de la station de compression

La compression du gaz à la station de compression se fait en deux phases :

- Phase 1 ou « premier étage » : le gaz est comprimé de 7 000 kPa (pression d'arrivée) jusqu'à une pression de 16 000 kPa. Le gaz sortant du compresseur de la phase 1, à une température de 120 °C, passe à travers une batterie de six aéro-réfrigérants pour être refroidi à une température 65 °C afin d'avoir un meilleur taux de compression.
- Phase 2 ou « deuxième étage » : le gaz est comprimé de 16 000 kPa jusqu'à une pression de 26 000 kPa (pression actuelle du gisement). Ce gaz sort avec une température de 120 °C puis passe à travers une batterie de trois aéro-réfrigérants pour être refroidi à une température de 85 °C, condition nécessaire pour les besoins du gisement (**figure 11**).

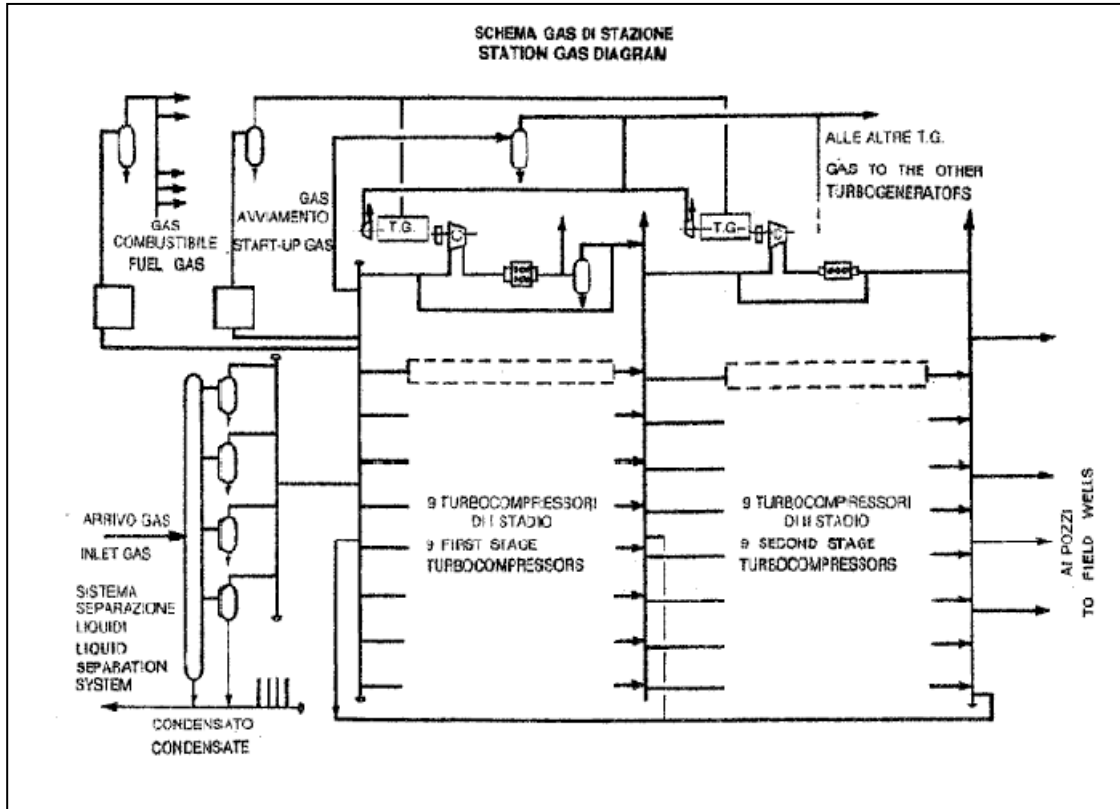


Figure 11 : Schéma de principe du procédé de fonctionnement de la Station de compression sud

3.2.4 Fonctions et tâches des travailleurs

Les tâches exercées à la station de compression sont de nature générale telle que l'activité de surveillance des opérations, le démarrage et l'arrêt des équipements et la maintenance des équipements. Il y aussi des tâches spécifiques telles que l'ajustement des débits du gaz, l'ajustement de la température et de la pression, la lecture des instruments de mesure de pression et de détection d'alarmes et le suivi des arrêts du procédé. La répartition de ces tâches est faite comme suit :

- 1) Les travailleurs de l'exploitation sont responsables de la mise en marche et du fonctionnement, en toute sécurité, des turbocompresseurs, ainsi que de leurs machines auxiliaires qui permettent la réinjection de gaz. Ces travailleurs de

l'exploitation sont répartis en trois opérateurs, deux superviseurs et deux techniciens-tableau par quart de travail (12 heures).

2) Les travailleurs de la maintenance sont responsables d'interventions de maintenance industrielle (électrique, mécanique, instrumentale et de régulation) et de la révision (vérification et réparation) des machines. Par quart de travail (9 heures 30 minutes), ils sont deux maintenanciers par discipline.

3.3 Le bruit émis lors du fonctionnement de la station de compression de gaz

L'essentiel du bruit est engendré par le fonctionnement des turbines à gaz, des compresseurs, des moteurs électriques qui alimentent les pompes et les aéro-réfrigérants. L'écoulement de gaz à différentes pressions dans les pipelines et à travers les équipements connexes est aussi à l'origine d'émission de bruit aussi important que celui émis lors du fonctionnement des équipements propulseurs.

Les torches, qui sont des dispositifs de sécurité lors d'un arrêt d'urgence ou du crachement d'une soupape de sécurité, sont elles aussi des émettrices de pollution sonore. Alimentées en combustible par des veilleuses périphériques, elles sont constamment allumées, ce qui crée un bruit de fond continu. L'échappement des gaz chauds, résultant de la combustion de l'air et du fioul, à travers des échappements situés en haut des modules, génère également une quantité notable de bruit.

Il faut différencier le bruit engendré par la marche normale des turbocompresseurs et le bruit généré par les opérations diverses comme le démarrage d'un turbocompresseur comprenant des opérations telles que :

- ✓ **la pressurisation** qui est une opération de remplissage par le « by-pass » des conduites du circuit du compresseur centrifuge qui passe d'une pression de 101,3 kPa à la pression d'aspiration de 7 000 kPa ;
- ✓ **le recyclage** qui se définit comme une opération de marche à vide du compresseur, recyclant le gaz dans un circuit fermé ;

- ✓ **la décompression**, une opération de vidange rapide servant à purger le gaz d'un circuit d'un compresseur centrifuge, de sa pression de service à la pression atmosphérique.

3.4 Information connue à l'égard de l'exposition au bruit et de la protection auditive des travailleurs à la station Hassi R'Mel

À notre connaissance, il y a peu d'information à l'égard de la mesure de l'exposition au bruit chez les travailleurs de Hassi R'Mel. Il y a eu des mesures effectuées avec un sonomètre lors de deux situations et ce, pour évaluer des conditions bien spécifiques hormis l'exposition des travailleurs.

Signalons aussi qu'il n'y a pas de programme officiel de protection auditive. De plus, il semblerait qu'aucun communiqué sur le danger de l'exposition au bruit n'ait été transmis aux travailleurs. Durant la visite médicale annuelle, des tests d'audiométrie sont prescrits par le médecin du travail et également lorsque les travailleurs se plaignent « sérieusement ». Les travailleurs sont dotés de protecteurs auditifs divers tels que les coquilles ou casques antibruit, mais le port n'est pas régulier et le plus souvent, il est absent durant tout le quart de travail pour la plupart des titres d'emploi.

En résumé, on peut constater que les travailleurs sont en contact avec des appareils qui produisent une pollution sonore qui peut être très intense. De plus, ils sont exposés sur de longues périodes à la pollution sonore, très souvent sans protection auditive, ce qui laisse présumer qu'ils sont à risque de développer des problèmes de santé.

CHAPITRE 4 : VALEURS DE RÉFÉRENCES

4. Valeurs de références

Les limites d'exposition au bruit selon la réglementation européenne sont indiquées au **Tableau II** (Canetto, 2006). Cette directive européenne (CEE 86/188,1988) traduite en réglementation dans chaque pays, permet à un nombre important de travailleurs de bénéficier d'une protection contre les risques dus à l'exposition au bruit durant leur travail. Ainsi, en Belgique, cette réglementation concerne quelques 250 000 travailleurs exposés à des niveaux supérieurs à 85 dB(A), tandis que la réglementation antérieure ne touchait qu'environ 100 000 travailleurs exposés à plus de 90 dB(A) (Malchaire, 1991).

Tableau II : Valeurs d'actions et limites d'exposition

Valeurs	$L_{EX, 8h}$	Valeur crête
	dB (A)	dB (C)
VAI : Valeur d'exposition inférieure déclenchant l'action	80	135
VAS : Valeur d'exposition supérieure déclenchant l'action	85	137
VLE : Valeur limite d'exposition (en tenant compte des PICB)	87	140

PICB = Protecteur individuel contre le bruit ; $L_{EX, 8h}$ = niveau d'exposition au bruit pondéré A rapporté à une journée de travail nominale de 8 heures; dB (A): décibel pondéré A; dB (C): décibel pondéré C.(Tiré de Canetto,2006)

Des études de relevés de niveaux de bruit corrélés à des tests d'audition chez les travailleurs œuvrant dans différents types d'industries ont montré l'excès de risque de détérioration de l'audition en fonction du niveau et de la durée d'exposition professionnelle au bruit (NIOSH, 1998). D'ailleurs, les données rapportées par ISO, EPA et NIOSH montrent qu'une norme à 90 dB (A) ne protège pas les travailleurs car l'excès de risque de perte d'audition à cette valeur varie entre 21 et 29%. Même pour une norme de 85 dB (A) un excès de risque supérieur à 10% persiste (**Tableau III**).

Tableau III : Excès de risque en perte d'audition pour une exposition quotidienne TWA 8 heures pendant 40 ans

Organisations qui rapportent	Niveau d'exposition quotidienne moyen au bruit dB(A)	Excès de risque de dommage du matériel d'audition humain (%)
	90	21
ISO	85	10
	80	0
EPA	90	22
	85	12
	80	5
NIOSH	90	29
	85	15
	80	3

ISO: International Standards Organisation; EPA: Environmental Protection Agency; NIOSH: National Institute for Occupational Safety and Health; TWA: time weighted average. (Tiré de NIOSH, 1998)

Les organismes de normalisation tels que le National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) et l'American Conference of Gouvernemental Industrial Hygienist (ACGIH) considèrent que l'utilisation du coefficient d'équivalence (ou facteur de bissection qui est une corrélation entre le niveau sonore et la durée d'exposition) de 3 dB(A) avec les valeurs de références assure une meilleure protection que le coefficient d'équivalence de 5 dB(A) (ACGIH, 2011; NIOSH, 2007). Il s'ensuit donc, que la durée admissible devrait être réduite de moitié pour chaque accroissement de 3 dB(A) du niveau sonore. Par exemple, la durée maximale admissible pour une exposition à un bruit de 105 dB(A) avec le coefficient d'équivalence de 3 dB(A) est de 15 minutes, tandis qu'avec le coefficient d'équivalence de 5 dB(A), elle est d'une heure (CCHST, 2010).

Le standard d'exposition professionnelle au bruit de l'Occupational Safety and Health Administration (OSHA), agence de régulation pour les industries aux États-Unis, spécifie

une limite permissible d'exposition (PEL: Permissible Exposure Limit) de 90 dB(A) pour 8 heures (TWA: Time Weighted Average). Les paramètres de mesure de bruit adoptés par OSHA sont le facteur de bissection de 5 dB(A) et un niveau de seuil de 90 dB(A) (Sriwattanatamma et Breysse, 2000).

Par ailleurs, un arrêté interministériel Algérien de (JORA, 1997) indique l'obligation de l'employeur à faire subir une visite médicale semestrielle complétée par les examens para cliniques appropriés aux travailleurs exposés à des dangers physiques, tel que des niveaux de bruit supérieurs à 85 décibels (A).

Cependant, notre choix pour l'étude a été porté sur les critères de bruit de s (ACGIH), donc la valeur de référence de 85 dB(A) (TLV: Threshold Limit Values) et le facteur de bissection de 3 dB(A), priorisant ainsi la protection de la santé d'un maximum de travailleurs exposés à des niveaux de bruit importants.

Il est a noté que pour des quarts de travail de plus de 8 heures, un ajustement de la TLV est nécessaire (Suter, 2000c). Ainsi, pour une exposition de 9,5 heures, la TLV est de 84 dB(A) et pour une exposition de 12 heures la TLV sera de 83dB(A).

CHAPITRE 5 : MATÉRIEL ET MÉTHODES

5.1 Instruments de mesure

L'exposition au bruit peut être mesurée à l'aide de deux types d'appareils : des dosimètres et des sonomètres intégrateurs (Denisov et Suvorov, 2000; Malchaire, 1993).

Dans notre étude, le choix de l'instrument a porté sur le dosimètre. Cet appareil a la particularité d'être autonome et portable tout au long d'une journée de travail. Il permet donc de mesurer l'exposition au bruit, notamment pour les travailleurs très mobiles (Thiéry *et coll.*, 2009).

Deux dosimètres de Quest Technologies, modèle *NoisePro DL™*, ont été utilisés pour échantillonner les travailleurs de la station de compression. Ces instruments de mesure sont de type 1 avec une sécurité intrinsèque (antidéflagrant) ATEX et Ex. Ces dosimètres ont été configurés selon les paramètres de l'ACGIH : pondération fréquentielle A, facteur de bissection 3, niveau critère 85 dB et durée de référence 8 heures. Toutefois, d'autres paramètres ont été programmés : la pondération de crête C, la gamme de mesurage 70-140 dB avec un seuil de 70 dB, la pondération temporelle «Fast» et un intervalle d'enregistrement de 60 secondes.

Selon les spécifications de la norme ISO 9612, la calibration des deux appareils a été effectuée sur le site dans un lieu calme, avant et après chaque mesure quotidienne, à l'aide d'un calibre acoustique QC-10™. Cette vérification est une comparaison de la valeur mesurée par le dosimètre à la valeur de référence (114 dB à 1000 Hz). Si les valeurs lues lors des deux calibrages s'écartaient de plus de 0,5 dB(A), les mesurages devaient être recommencés (AFNOR, 2002).

Chaque dosimètre est relié par un câble à un microphone (classe/type 2) qui satisfait aux exigences relatives aux instruments de classe 1 spécifiées dans la norme ISO 9612. Le microphone, protégé par une bonnette anti vent (AFNOR, 2002), est épinglé sur l'épaule du travailleur (figure 12). Il devait être positionné au minimum de 10 cm de son oreille (Erlandsson *et coll.*, 1979; Giardino et Seiler, 1996).



Quest pro

Figure 12 : Positionnement du microphone relié au dosimètre.

Au début du quart de travail, les dosimètres ont été installés sur les travailleurs dans une sacoche ou déposés sur leur ceinturon. Les travailleurs étaient informés de l'objectif du mesurage et recevaient des consignes telles qu'effectuer son travail normalement et de ne pas toucher au dosimètre durant toute la mesure. Afin d'éviter la présence d'artefacts, le dosimètre n'était mis en marche qu'une fois porté par le travailleur et par ailleurs, il était arrêté avant d'être enlevé (ISO, 2009).

5.1.2 Lecture des données mesurées

Les données de chaque mesure mémorisée dans le dosimètre étaient transférées sur un ordinateur doté du logiciel QuestSuite Professionnal™ de Quest Technologies. Ce logiciel a permis de construire une base de données des différentes mesures collectées et de faire des lectures de séries chronologiques du bruit (figure 13).

Le logiciel précise le niveau sonore moyen en décibel (L_{avg}) qui est calculé sur une durée spécifique. Étant donné que la spécification du dosimètre est basée sur un taux d'échange de 3 dB, le L_{avg} est conforme au niveau sonore continu équivalent L_{eq} . Le logiciel calcule également la dose, en pourcentage, du niveau quotidien maximum d'exposition au bruit, le temps de mesure, etc.

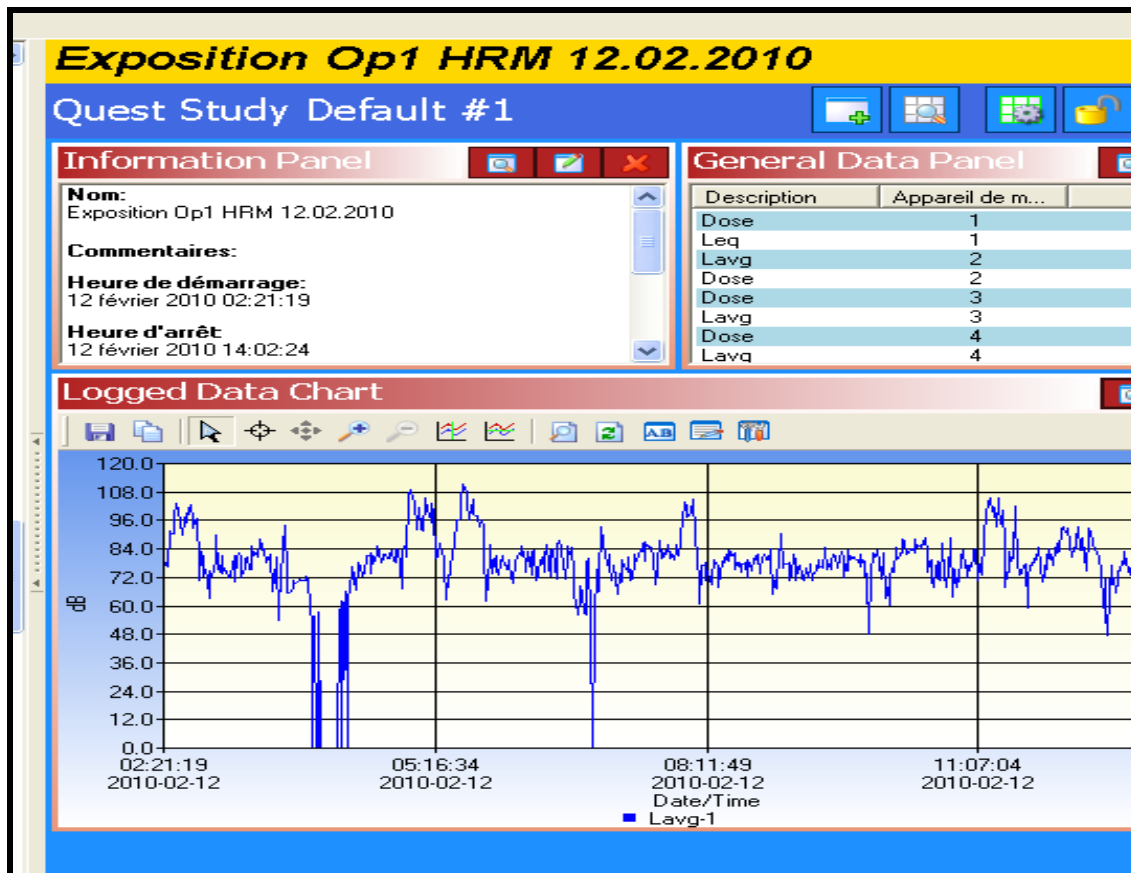


Figure 13 : Exemple d'une série chronologique de bruit mesurée pendant un quart de travail

5.2 Méthodes

5.2.1 Stratégie de mesure de l'exposition au bruit

5.2.1.1 Définition des groupes à exposition homogènes (GEH)

Des groupes de travailleurs ayant des caractéristiques d'expositions similaires, quant à la ressemblance de leurs lieux de travail, de leurs tâches, à l'exposition aux sources similaires

de bruit et à leur titre d'emploi (AFNOR, 2002; Mulhausen *et coll.*, 2006) ont été formés. Selon la norme NF S31-84 (AFNOR, 2002) ou selon les critères de l'AIHA (Mulhausen *et coll.*, 2006), la constitution d'un groupe d'exposition homogène (GEH), parmi un ensemble de travailleurs exposés, nécessite le jugement professionnel de l'hygiéniste du travail. Cela exige qu'il délimite le périmètre dans lequel l'évaluation de l'exposition au bruit devra être réalisée et qu'il décompose l'entreprise en entités fonctionnelles de production, de maintenance, d'administration, etc. (ateliers/ unités/ lignes de production /fonctions de travail). Puis, l'hygiéniste du travail devra établir une analyse de travail de chaque entité, suivie d'une estimation du niveau de bruit sur tout le quart du travail pour chaque GEH formé. L'intérêt des GEH est de réduire l'effort de mesurage (durée et coût), à un échantillon représentatif de tous les travailleurs du groupe (ISO, 2009). Les individus faisant partie du groupe seraient donc considérés équivalents, ce qui veut dire que des dosimètres posés aléatoirement sur n'importe quel membre du groupe devraient enregistrer des niveaux de bruit représentatif du groupe en entier (Mulhausen *et coll.*, 2006). L'objectif ultime de cette démarche est d'obtenir le profil d'exposition du GEH le plus juste possible.

5.2.1.2 Description des groupes d'exposition homogènes

Les travailleurs évalués appartenaient aux titres d'emploi les plus en contact avec les sources de bruit de part les diverses interventions durant leur quart de travail et leur lieux d'accomplissement. Ces titres d'emploi regroupaient les travailleurs en « exploitants » et « maintenanciers ». Vu la diversité **des tâches** dans chacun de ces titres d'emploi, il a été essentiel de les scinder en sous groupes. Ainsi, on a défini pour le titre d'emploi des exploitants trois groupes de travailleurs, qui de par les tâches qu'ils ont à accomplir formaient des groupes relativement homogènes : les opérateurs, les superviseurs et les techniciens-tableau. Le titre d'emploi des maintenanciers a aussi été scindé en trois groupes qui formaient des groupes relativement homogènes : les mécaniciens, les électriciens et les instrumentistes. Le tableau IV présente la répartition des titres d'emploi, les groupes d'exposition homogène (GEH) et le nombre de travailleurs qui ont participé à l'étude.

Tableau IV : Distribution des travailleurs participant à l'étude

Titre d'emploi	Groupes d'exposition homogène	Nombre de travailleurs
Exploitants	Opérateurs	14
	Superviseur	5
	Technicien tableautiste	9
	Mécaniciens	14
Maintenanciers	Électriciens	4
	Instrumentistes	4

Les opérateurs, en plus de faire leur tournée d'inspection des turbocompresseurs et appareils connexes, procèdent à des opérations de démarrage, de recyclage (laquelle consiste à recycler le gaz comprimé dans un circuit fermé du compresseur) et de décompression des turbocompresseurs. Précèdent les travaux de maintenance ou de révision, les opérateurs doivent mettre le turbocompresseur à la disposition des maintenanciers en l'arrêtant, puis l'isoler par la fermeture des vannes, le vidanger et obligatoirement le laver et le dégazer.

Les **superviseurs de quart** contrôlent et suivent le travail des opérateurs, signent les permis de travail et interviennent lors d'opérations exceptionnelles demandant de l'expérience.

Les **techniciens-tableau (aussi appelés tableautistes)** effectuent leur travail dans deux salles : la première est la salle de contrôle principale et la seconde est la salle des commandes du système de régulation des turbocompresseurs appelée la salle « Speed tronic ». Ces travailleurs semblent moins exposés à la source de bruit extérieure, mais cela ne les met pas à l'abri du bruit de fond (bruit continu) émis par le système de surveillance optique et informatique (DCS). Ce bruit de fond est entrecoupé par les alarmes sonores, l'interphone, sans oublier le bruit de fond des turbocompresseurs situés à une trentaine de mètres de leur poste de travail. **Leurs tâches** se résument comme suit: 1) assurer le contrôle

permanent des machines par DCS, 2) faire le relevé des paramètres qui nécessitent un monitoring (débit, pression, température, vibrations et autres) et 3) effectuer le suivi du démarrage et arrêt des turbocompresseurs en collaboration avec les opérateurs par utilisation d'un émetteur-récepteur radio portatif (*talkie-walkie*). Les techniciens-tableau ont la particularité d'avoir occupé le poste d'opérateur pendant un minimum de huit années avant d'être promu à leur poste actuel.

Le titre d'emploi des **maintenanciers industriels** comprend **les électriciens** dont la tâche est de vérifier l'alimentation ou l'isolation électrique des machines lors de travaux de maintenance ou de révision et de tout l'éclairage de la station de compression. Dans le groupe de la maintenance, il y a aussi **les mécaniciens** dont les activités de travail sont diverses telles que le graissage des roulements des machines, le changement des courroies des aéro-réfrigérants, les essais sur les différentes pompes des circuits auxiliaires de turbocompresseurs ainsi que diverses tâches de maintenance mécanique en atelier les amenant à utiliser des outils tels que pinces, clés et marteaux, et du nettoyage des pièces (soufflage) à l'aide d'air comprimé.

Finalement, il y a **les instrumentistes** qui interviennent sur les boucles de régulation, sur les ajustements du procédé et les ajustements en salle de contrôle et dans la salle de contrôle « Speedtronic ». Les maintenanciers industriels ont un quart de travail de neuf heures et demie. Ils sont surtout exposés au bruit lors d'interventions hors du bâtiment de maintenance. Toutefois leurs activités de travail ne sont pas régulières.

Pour pouvoir comparer les niveaux d'exposition au bruit durant le quart de jour avec le quart de nuit certains travailleurs du groupe de l'exploitation ont collaboré à un échantillonnage en quart de travail de nuit (12 heures). Le travail du GEH « opérateurs nuit » diffère avec les opérateurs en quart de jour par l'absence de travaux de maintenance qui sont généralement effectués en quart de jour.

5.2.2 Procédure d'échantillonnage des travailleurs

Nous avons adopté deux approches pour le mesurage de l'exposition au bruit pour chaque GEH.

5.2.2.1 Stratégie de la norme internationale NF EN ISO 9612 (2009) :

Acoustique- Détermination de l'exposition au bruit en milieu de travail- Méthode d'expertise

Cette norme spécifie une méthode d'expertise permettant de mesurer l'exposition au bruit des travailleurs dans un environnement de travail et de calculer les niveaux d'exposition au bruit. Elle fournit des méthodes permettant d'estimer l'incertitude des résultats. Par ailleurs, cette norme spécifie trois stratégies de mesurages différentes : par tâches, par fonction et par journée entière.

Notre choix a porté sur la stratégie de mesurage sur une journée entière, adaptée quand le travail est très varié, impose beaucoup de déplacements et change d'un jour à l'autre. Ce mesurage est utile pour vérifier que toutes les contributions majeures à l'ensemble des tâches sont incluses. Aux fins de vérification, comparativement aux deux autres stratégies de mesurage (par tâches et par fonction), le niveau d'exposition quotidienne au bruit peut être déterminé directement sans calcul supplémentaire. Il est recommandé d'effectuer une observation directe des mesurages afin d'identifier des artefacts non liés à l'exposition au bruit (par exemple, chocs sur le micro, cris de collègues de travail, tentative délibérée de travailler de manière bruyante, etc.) ou de procéder à des mesurages sur plusieurs jours afin que le processus perde son caractère de « nouveauté » (ISO, 2009). La norme suggère des échantillonnages, au minimum, de trois jours consécutifs pour chaque travailleur durant un quart de travail complet pour aplanir les biais sur le profil d'exposition (Thiéry *et coll.*, 2009). Dans Notre étude, le mesurage sur une journée entière a débuté par 6 jours consécutifs, pour certains GEH. Toutefois, nous avons dû changer la fréquence d'échantillonnage, qui est détaillée dans la section 5.2.3 et ce, pour des raisons de collaboration des travailleurs.

5.2.2.2 Stratégie de l'American Industrial Hygiene Association (AIHA)

L'AIHA (Mulhausen *et coll.*, 2006) recommande d'effectuer un nombre de six à dix mesures aléatoires, par GEH, pour avoir un profil d'exposition représentatif. Pour notre étude, nous avons effectué 12 mesures aléatoires pour les six GEH. Pareillement, 12 mesures aléatoires ont été faites pour un sous groupe « opérateurs de nuit » ce qui assurait l'évaluation du profil d'exposition du quart de travail de nuit.

5.2.3 Fréquence d'échantillonnage

La fréquence des prélèvements fut dépendante de la collaboration des travailleurs. Pour ce qui est du GEH opérateurs, échantillonné selon la stratégie ISO, il y a eu six prélèvements pour l'opérateur 1, cinq pour l'opérateur 2 et quatre pour les opérateurs 3, 4, 5 et 6. Pour la stratégie AIHA, douze opérateurs différents ont participé. Pour le GEH superviseurs, la fréquence a été de six prélèvements pour le superviseur 1 et quatre pour les superviseurs 2, 3, 4, pour un total de 18. Pour la stratégie AIHA, les cinq superviseurs ont participé aléatoirement aux douze prélèvements. Pour le GEH des techniciens-tableau, les quatre techniciens-tableau participant à la stratégie ISO ont contribué chacun à quatre prélèvements. Par contre, neuf techniciens-tableau ont participé aléatoirement à la stratégie AIHA.

Pour le GEH mécaniciens, la fréquence des prélèvements, pour la stratégie ISO a été de six pour le mécanicien 1 et quatre pour les mécaniciens 2, 3 et 4. Pour la stratégie AIHA, douze mécaniciens différents ont participé. Pour le GEH électriciens et le GEH instrumentistes, la fréquence de prélèvements pour la stratégie ISO a été de quatre pour les électriciens 1, 2 et 3 ainsi que pour les instrumentistes 1, 2 et 3. Pour la stratégie AIHA, les quatre électriciens ont participé aléatoirement aux douze prélèvements de même que les quatre instrumentistes.

5.2.4 Traitement des données d'échantillonnage

5.2.4.1 Méthodologie de calcul du niveau d'exposition quotidien au bruit pondéré A (relatif au quart de travail)

Étant donné que toutes les valeurs de références (ACGIH, OSHA, UE) sont estimées sur une durée de huit heures de travail, les niveaux moyens mesurés (L_{avg}) par le dosimètre lors de la lecture des tracés de bruit, doivent être reconvertis en **niveau d'exposition quotidien au bruit** $L_{EX,8h}$ selon l'équation de la norme ISO 9612 suivante :

$$L_{EX,8h} = L_{p,A,eqTe} + 10 \log \left[\frac{T_e}{T_0} \right] \text{ dB} \dots \dots \dots (a)$$

Où

- T_e est la durée effective de la journée de travail ;
- T_0 est la durée de référence, $T_0 = 08$ heures ;
- $L_{p,A,eqTe}$ est le niveau de pression acoustique continu équivalent pondéré A calculé conformément à l'équation suivante et qui est l'équivalent du L_{avg} mesuré par le dosimètre :

$$L_{p,A,eqT,n} = 10 \log \left[\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N 10^{0,1 \times L_{p,A,eqT,n}} \right] \text{ dB} \dots \dots \dots (b)$$

Où

- $L_{p,A,eqT,n}$ est le niveau de pression acoustique continu équivalent pondéré A de l'échantillon n ;
- n est le numéro de l'échantillon de la journée entière de travail ;
- N est le nombre total d'échantillons de la journée entière de travail.

On notera que la norme ISO 9612 exige le calcul **de l'incertitude élargie U** pour un mesurage basé sur une journée entière.

$U = k u \dots\dots\dots (c)$

Où

- k : Facteur d'élargissement qui est fonction de l'intervalle de confiance ($k=1,65$)
- u : Incertitude-type

Nous avons calculé l'incertitude élargie U à l'aide d'une calculette dont les fonctions de calcul sont intégrées dans un tableau Excel™ et qui est diffusée avec la norme ISO. La calculette permet d'obtenir le $L_{EX,8h}$ ainsi que son incertitude élargie U.

5.2.4.2 Analyse graphique des données

La comparaison et l'évaluation des profils d'exposition des GEH en fonction des niveaux d'exposition quotidiens au bruit ($L_{EX,8h}$) a été réalisée en mettant en graphique les valeurs individuelles à l'aide du logiciel Minitab™ Statistical Software, version 16 (Minitab Inc., 2011). Cette représentation graphique de chaque GEH facilite le repérage des valeurs aberrantes et permet une certaine appréciation des profils d'exposition.

5.2.4.3 Analyses descriptives des profils d'exposition

La médiane, la moyenne arithmétique, l'écart-type standard, la moyenne géométrique, l'écart-type géométrique et le 95^{ième} centile de chaque profil d'exposition ont été calculés à l'aide du logiciel IHSTAT disponible sur le site web de l'AIHA (Mulhausen, 2011).

5.2.4.4 Analyse statistiques non paramétriques

5.2.4.4.1 Test de la médiane de Mood

Le test de la médiane de Mood, parfois appelé test des scores signés, peut servir à tester l'égalité des médianes de deux ou plusieurs populations et, comme le test de Kruskal-Wallis (Lehmann, 1975), offre une alternative non paramétrique à l'analyse de la variance à un facteur contrôlé. Ces hypothèses sont H_0 : les médianes de la population sont toutes égales contre H_1 : les médianes ne sont pas égales. Ce test a été utilisé pour comparer les GEH du groupe des exploitants et les GEH du groupe des maintenanciers.

Le test de la médiane de Mood, particulièrement adapté pour les étapes préliminaires de l'analyse, suppose que les données provenant des différentes populations sont des échantillons aléatoires et indépendants et que les distributions des populations ont la même forme. Par ailleurs, ce test est résistant vis-à-vis des valeurs aberrantes et des erreurs de données le rendant plus résistant vis-à-vis des valeurs aberrantes que le test de Kruskal-Wallis. (Minitab Inc., 2011).

5.2.4.4.2 Test de Mann-Whitney

Le test de Mann-Whitney, utilisé en tant qu'alternative non paramétrique au test t à 2 échantillons, permet d'effectuer un test d'hypothèse de l'égalité de deux médianes de population et calcule l'estimation ponctuelle correspondante et l'intervalle de confiance. Il permet d'effectuer un test d'hypothèse de l'égalité de deux médianes de population et calcule l'estimation ponctuelle correspondante.

5.2.5 Analyse des déterminants (événements bruyants)

5.2.5.1 Analyse globale des déterminants (événements bruyants)

Certains facteurs sont susceptibles d'influencer davantage la dose de bruit reçue par un travailleur. Parmi ces facteurs, il y a, par exemple, les « événements bruyants importants » résultant de la détente d'air comprimé, de l'usage d'outils portatifs très bruyants, de l'usage

d'équipement diesel, etc. Une exposition des travailleurs de seulement quelques minutes par quart de travail à ces événements aura comme effet l'augmentation du bilan quotidien de la dose de bruit par rapport à d'autres activités moins bruyantes qui s'échelonnent sur plusieurs heures durant la journée de travail (Thiéry, 2009).

La dose de bruit quotidienne a été déterminée par l'intensité du bruit et la durée d'exposition avec la relation suivante :

$$D (\%) = 100 \frac{T}{8} 10^{(L_{eq}-L) \frac{\log_{10}(2)}{b}} \dots\dots\dots (d)$$

Où

- *D* : Dose de bruit que le travailleur a subi par rapport au niveau de référence (100%)
- *L* : Niveau limite pendant 08 heures par jour (dans le cas présent, 85dB(A))
- *L_{eq}*: Niveau d'exposition équivalent
- *T* : Temps d'exposition au bruit
- *b* : Facteur de bissection (dans le cas présent b=3)

Pour établir un lien entre la dose quotidienne et les événements bruyants importants, les tâches accomplies par le travailleur étaient colligées dans un rapport quotidien avec la meilleure approximation possible de l'heure à laquelle il avait accompli les tâches. Un exemple de ce rapport est montré à l'annexe I et est intitulé « Observations prises durant la journée de travail du 16 février 2010 du mécanicien ». Donc, un événement bruyant enregistré à une certaine heure sur le dosimètre pouvait être mis en relation avec une note enregistrée dans le cahier des « Notes de terrain » puisque l'heure était enregistrée pour chaque note.

Pour tous les travailleurs dont les doses journalières d'exposition au bruit dépassaient les 100% (valeur de la dose de référence pour une durée de 8 heures), nous avons effectué un recensement de tous les événements qui étaient susceptibles d'augmenter la dose de bruit

journalière du travailleur, en appariant l'heure de l'événement bruyant, obtenu à l'aide du dosimètre Quest Technologies™, et l'heure à laquelle la source, qui était la cause du bruit, était rapportée dans le cahier des « Notes de terrain ». Après avoir apparié les événements bruyants (supérieurs à 85 dB(A)) avec leurs sources de bruit (les déterminants), les sources de bruit ont été classées en plusieurs catégories. La fréquence de chaque catégorie de sources de bruit a été calculée par rapport au nombre total de sources de bruit et ce, pour chaque GEH et pour les deux stratégies d'échantillonnage (ISO et AIHA) utilisées au cours de cette étude.

5.2.5.2 Analyse spécifique des événements bruyants

Suite aux résultats de l'analyse descriptive des profils d'exposition, une analyse plus spécifique des événements bruyants a été produite pour les profils d'exposition qui ont montré les doses de bruit les plus élevées pour le titre d'emploi des exploitants (le GEH des opérateurs) et pour le titre d'emploi des maintenanciers (le GEH des mécaniciens), échantillonnés selon les deux stratégies de mesure (ISO et AIHA).

Le but de cet exercice consistait à faire un relevé des événements bruyants dont la maîtrise par des techniques d'ingénierie ou par des moyens administratifs semblaient être possible et à les séparer des événements bruyants qui semblaient impossibles à maîtriser. Rappelons qu'à l'exception des techniciens-tableau qui sont confinés à leur salle de contrôle, tous les autres employés ne le sont pas et doivent constamment se déplacer pour accomplir leurs tâches. Dans ce contexte, ils sont exposés à différentes sources de bruit qui émettent à différentes intensités.

Les événements furent « quantifier qualitativement » en proportion (rapportée en pourcentage) par rapport au nombre total d'événements recensés et ce pour tous les jours où il y a eu des prélèvements de bruit pour ces deux GEH (c'est-à-dire les opérateurs et les mécaniciens).

CHAPITRE 6 : RÉSULTATS

Ce chapitre présente les profils d'exposition des niveaux de bruit ($L_{ex\ 8h}$, dB(A)) des GEH appartenant aux titres d'emploi des exploitants et des maintenanciers de même que les doses de bruit reçues durant l'accomplissement de leurs tâches. Finalement, dans la dernière section de ce chapitre nous présentons un recensement des sources sonores qui ont contribué à la dose de bruit reçue par les travailleurs.

6.1 Profils d'exposition des groupes d'exposition homogène (GEH)

Les profils d'exposition du titre d'emploi des exploitants qui ont été estimés selon la stratégie d'échantillonnage ISO 9612 sont présentés à la figure 14a. Rappelons que les opérateurs, les superviseurs et les techniciens-tableau forment les trois GEH du groupe des exploitants. Les niveaux moyens d'exposition au bruit sur 8 heures de travail ($L_{ex\ 8h}$, d(BA)) montrent un large dépassement de la valeur de référence (85 dBA) par les opérateurs et les superviseurs. Par ailleurs, aucun dépassement n'est observé chez le GEH des techniciens-tableau. Les profils d'exposition des exploitants estimés cette fois selon la stratégie AIHA sont présentés à la figure 14b et sont, à première vue, à peu près comparable à ceux estimés selon la stratégie ISO 9612. Il existe une différence statistiquement significative entre les trois profils d'exposition des exploitants que ce soit selon la stratégie d'échantillonnage ISO (Test de Mood, $p=0,0$) ou selon la stratégie AIHA (Test de Mood, $p=0,0$).

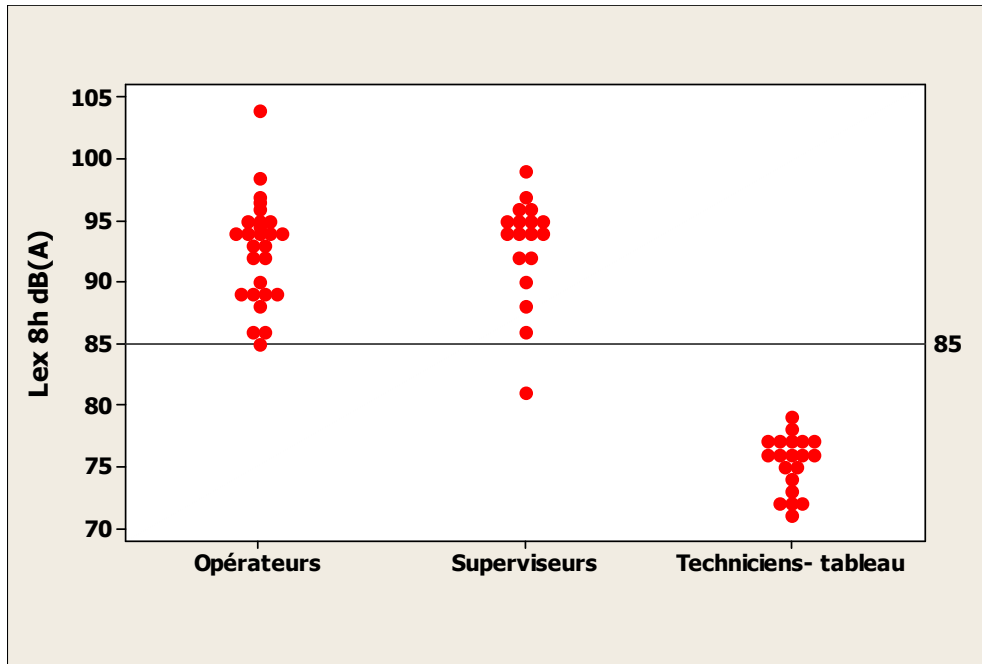
Concernant les profils d'exposition du titre d'emploi des maintenanciers qui ont été estimés selon la stratégie ISO 9612 (figure 15a), ils montrent une plus grande variabilité du niveau de bruit reçu quotidiennement ($L_{ex\ 8h}$, dB(A)) et ce, pour les trois GEH (électriciens, instrumentistes et mécaniciens). De façon similaire, la figure 15b montre que la variabilité des profils d'exposition des niveaux de bruit quotidien ($L_{ex\ 8h}$, dB(A)) estimés selon la stratégie d'échantillonnage AIHA, reste tout aussi importante. Pour les trois GEH des maintenanciers, il n'y a pas de différence statistiquement significative entre leurs profils d'exposition, aussi bien selon la stratégie ISO (Test de Mood, $p=0,467$) que pour celle de l'AIHA (Test de Mood, $p=0,368$).

La figure 16 présente tous les profils d'exposition des GEH estimés selon les deux stratégies de mesure. Il y a peu de différence entre les niveaux de bruit quotidien ($L_{ex\ 8h}$,

dB(A)) des opérateurs lesquels dépassent constamment la valeur de référence (85 dB(A)) et atteignent parfois jusqu'à 104 dB(A). Toutefois, une légère différence des niveaux de bruit quotidien ($L_{ex\ 8h}$, dB(A)) semble être observée chez les superviseurs. En contrepartie, les niveaux d'exposition des techniciens-tableau restent constants et en dessous de la valeur de référence 85 dB(A). Pour les maintenanciers, des dépassements réguliers de la valeur de référence sont observés pour les trois GEH, particulièrement pour les mécaniciens dont le niveau d'exposition varie de 75 dB(A) jusqu'à 95 dB(A).

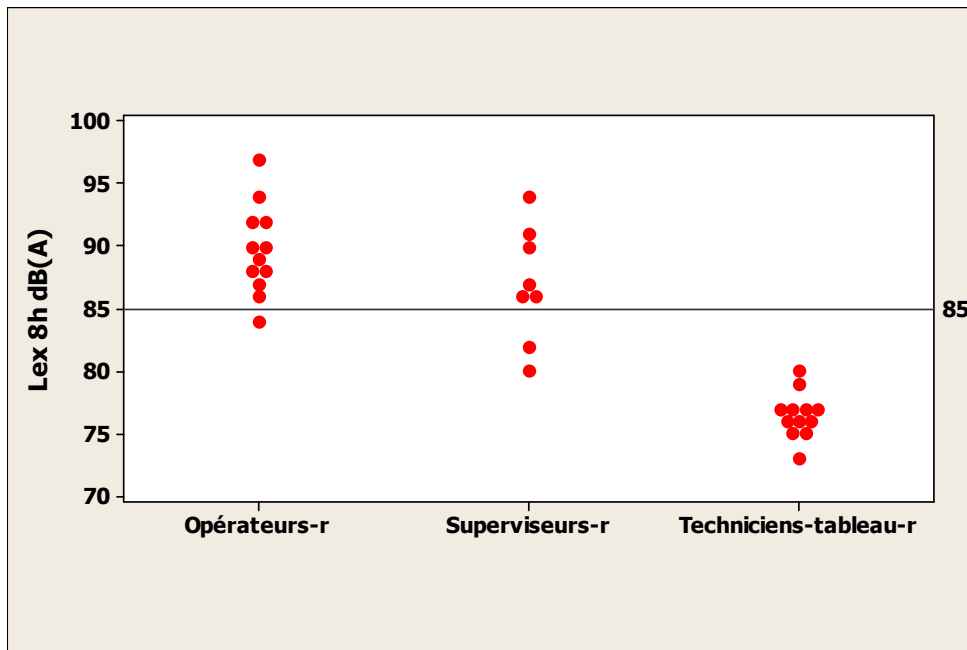
La figure 17 montre que les expositions au niveau de bruit ($L_{ex\ 8h}$, dB(A)) des opérateurs du quart de travail de nuit sont plus élevés que pour les opérateurs du quart de jour. D'ailleurs, il y a une différence statistiquement significative (Test de Mann Whitney; $p < 0,05$) entre les profils d'exposition des opérateurs du quart de travail de jour et ceux du quart de travail de nuit.

L'ensemble des 187 échantillons de niveaux de bruit ainsi que les doses d'exposition des exploitants et maintenanciers, prélevés durant la période de février 2010 à juillet 2010, sont présentés au Tableau I, II, III, IV, V, VI et VII de l'Annexe II. Les résultats du test de la médiane de Mood et du test de Man Whitney sont présentés à l'Annexe III.



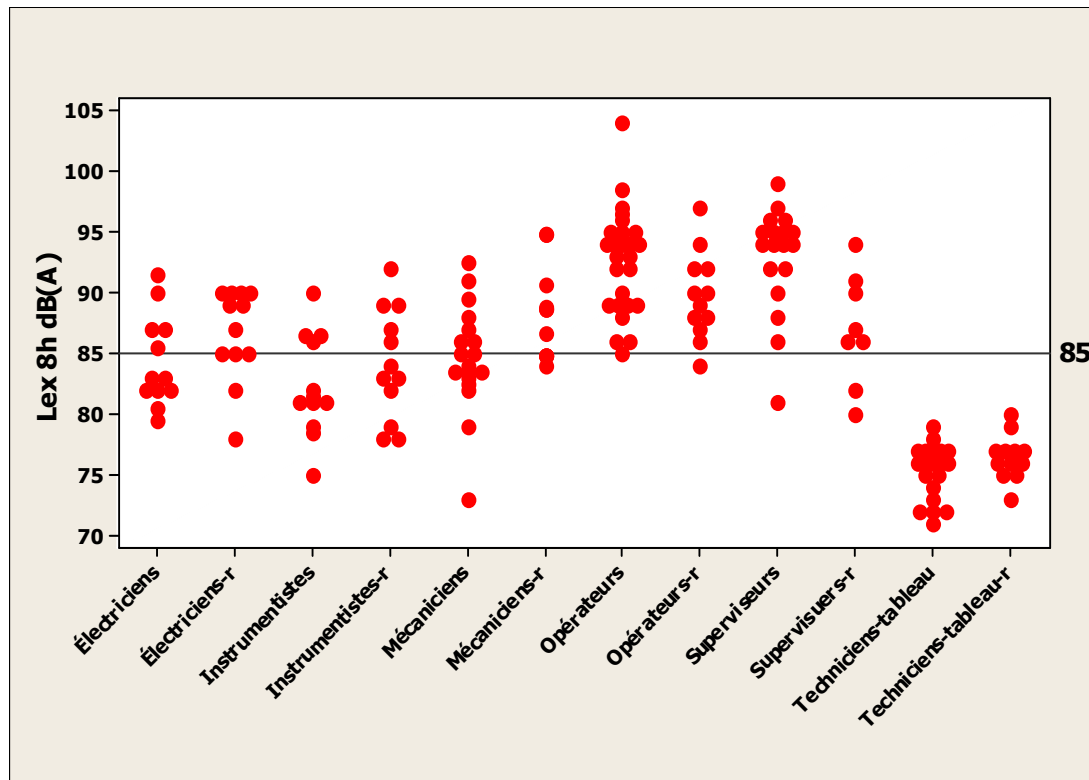
Opérateurs, n=27; Superviseurs, n=18; Techniciens-tableau, n=20

Figure 14a: Profils d'exposition des exploitants (ISO)



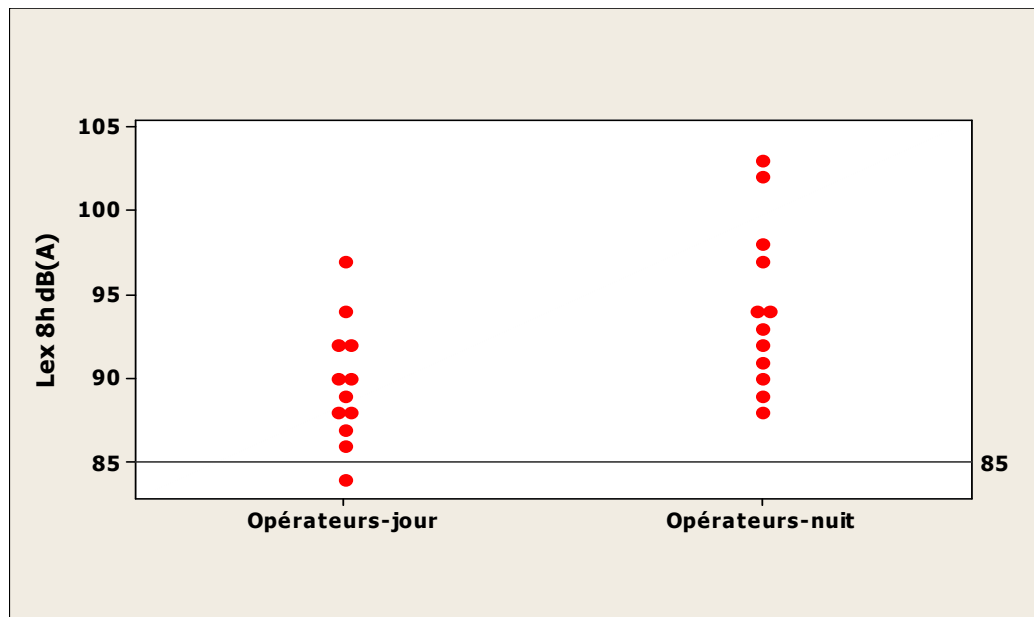
Opérateurs, n=12; Superviseurs, n=8; Techniciens-tableau, n=12

Figure 14b: Profils d'exposition des exploitants (AIHA)



-r = indique stratégie d'échantillonnage AIHA

Figure16: Profils d'exposition des maintenanciens et des exploitants (ISO/AIHA)



Opérateurs-jour, n = 12; Opérateurs-nuit, n = 12

Figure17: Profils d'exposition des opérateurs quart de jour vs quart de nuit (AIHA)

6.2 Analyse descriptive des doses de bruit reçues par les exploitants et les maintenanciers

Rappelons que la dose de bruit reçue par les exploitants et les maintenanciers a été calculée à l'aide de l'équation « d » libellée à la page (49) du mémoire. De plus, la dose maximum, la dose minimum, la médiane, la moyenne arithmétique et l'écart type standard, la moyenne géométrique et l'écart type géométrique, et le 95^{ième} centile des profils des doses de bruit (%) présentés aux tableaux V et VI ont été calculés à l'aide du fichier Excel EASC-IHSTAT de l'AIHA (Mulhausen, 2011).

Tableau V : Statistiques descriptives des doses de bruit reçues par les exploitants par rapport à la dose de référence¹.

	Opérateurs ISO	Opérateurs AIHA jour	Opérateurs Nuit AIHA	Superviseurs ISO	Superviseurs AIHA	Techniciens -tableau ISO	Techniciens -tableau AIHA
N	27	12	12	18	8	20	12
Maximum (%)	11759	2326	9453	3703	1136	36	45
Minimum (%)	146	115	305	58	45	5	8
Médiane (%)	1173	413	1055	1176	209	18	20
Moyenne (%)	1394	617	2340	1263	344	17	21
Écart type standard (%)	2164	616	3016	865	354	7	10
Moyenne géométrique (%)	845	438	1250	915	221	15	19
Écart type géométrique	2,60	2,30	3,07	2,71	2,84	1,71	1,56
95^{ième} centile (%)	4082	1728	7942	4726	1231	36	40

N : nombre

¹ La dose de référence étant de 100 %

Tableau VI : Statistiques descriptives des doses de bruit reçues par les maintenanciers par rapport à la dose de référence¹.

	Mécaniciens ISO	Mécaniciens AIHA	Électriciens ISO	Électriciens AIHA	Instrumentistes ISO	Instrumentistes AIHA
N	18	12	12	12	12	12
Maximum (%)	756	1217	584	391	144	586
Minimum (%)	6	98	36	23	14	22
Médiane (%)	90	240	74	240	46	91
Moyenne (%)	193	379	154	228	65	162
Écart type standard (%)	205	403	162	139	46	166
Moyenne géométrique (%)	120	253	105	174	51	100
Écart type géométrique	2,93	2,41	2,36	2,44	2,07	2,89
95^{ème} centile (%)	704	1081	435	758	170	576

¹ La dose de référence étant de 100 %

Il y a quelques observations à mettre en évidence à l'égard des résultats présentés dans les tableaux V et VI. Le nombre d'échantillons du GEH opérateurs échantillonnés selon la stratégie ISO (N=27) est supérieur au nombre d'échantillon selon la stratégie AIHA (N=12). Pour la stratégie ISO, les prélèvements ont été faits en moyenne quatre fois pour les six travailleurs impliqués dans la campagne tandis que douze opérateurs ont été sélectionnés au hasard pour la stratégie AIHA. La moyenne géométrique des doses d'exposition du GEH opérateurs échantillonnées selon la stratégie ISO (845%) est presque deux fois plus élevée que celle de la stratégie AIHA (438 %). En contrepartie, leurs écarts-type géométriques respectifs diffèrent peu 2,60 (ISO) et 2,30 (AIHA). Toutefois, la moyenne géométrique du GEH opérateurs de nuit est de loin très élevée (890%) par rapport à celle des opérateurs de jour avec un écart type géométrique de 3,07 ce qui indique une très grande variation entre les prélèvements.

Également, le nombre d'échantillons du GEH superviseurs échantillonné selon la stratégie ISO (N=18) est supérieur à celui de la stratégie AIHA (N=8). De plus, la moyenne géométrique des doses du GEH superviseurs échantillonnées selon la stratégie ISO (915%) est presque quatre fois plus élevée que celle de la stratégie AIHA (221%), mais leurs écarts-types géométriques respectifs (2,71 (ISO) et 2,84 (AIHA)) sont à peu près similaires.

Les techniciens-tableau, troisième GEH des exploitants, présentent les moyennes géométriques des doses de bruit les plus faibles, 15 % pour la stratégie ISO et 19% pour la stratégie AIHA.

À l'inverse des GEH des exploitants, les GEH appartenant aux maintenanciers montrent des moyennes géométriques plus élevées selon la stratégie AIHA que selon la stratégie ISO.

À l'exception du GEH techniciens-tableau, le 95^{ème} centile de toutes les distributions des GEH excède la dose 100 % ce qui met en évidence que les doses de bruit reçues par les travailleurs excèdent la valeur de référence plus de 5 % du temps (Leidel *et coll.*, 1977).

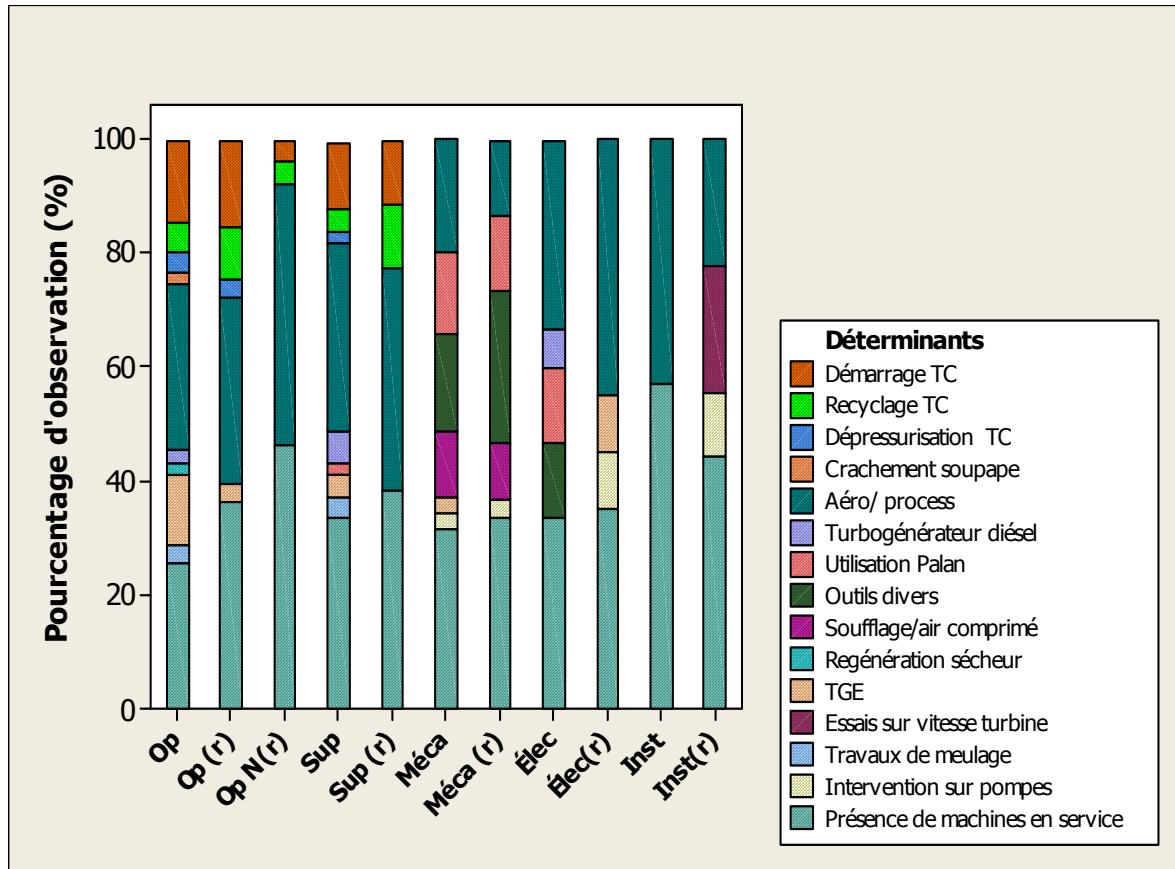
6.3 Identification des sources de bruit qui contribuent à la dose de bruit reçue par les travailleurs

On a vu au chapitre 3, section 3.4.4 (page 30-31) qu'à l'exception des techniciens-tableau tous les exploitants et les maintenanciers devaient se déplacer constamment sur le lieu de travail pour réaliser leurs tâches. On a vu également qu'ils étaient en contact avec de l'équipement industriel varié et bruyant. Pour entreprendre des activités de réduction de l'exposition au bruit il est approprié d'identifier les sources sonores et d'en faire une analyse du contenu spectral. On peut avoir recours à de l'instrumentation très sophistiquée pour faire l'analyse de contenu spectral. Cependant, ces appareils n'étaient pas à la portée de nos moyens et ce n'était pas l'objectif de notre projet que d'évaluer le contenu spectral des sources sonores. Par contre, nous tenions à établir qualitativement quelles sources contribuaient à la dose de bruit chez les travailleurs. En analysant soigneusement chaque tracé de dose de bruit prélevée chez les travailleurs et en les comparant avec les notes de

terrain colligées par l'auteur de ce mémoire (le temps enregistré sur les deux relevés est le point de repère entre la dose de bruit et la source) nous avons pu établir des « fréquences qualitatives » d'exposition aux sources de bruit présentes sur le lieu de travail. Elles sont qualitatives en ce sens que nous ne tenons pas compte **du temps** pendant lequel est exposé le travailleur à la source. Cette analyse qualitative comprend d'abord une analyse macroscopique des sources, une analyse plus spécifique des sources sonores pour le GEH des exploitants le plus exposé et le GEH des maintenanciers le plus exposé.

6.3.1 Analyse macroscopique des sources de bruit

L'analyse macroscopique des sources sonores est rapportée en pourcentage (%) et est présentée à la figure 18. L'exercice permet de regrouper les déterminants des sources sonores tels que le démarrage, le recyclage et la dépressurisation du TC, le crachement des soupapes, le fonctionnement des aéro-réfrigérants mitoyen au procédé (aéro-procédé), le turbogénérateur opéré au diésel, l'utilisation du palan (opération de levage), l'utilisation d'outils divers (marteau, pince à frappée, déboulonneuse, etc.), le soufflage à l'air comprimé, la régénération du sécheur d'air comprimé, le TGE, les essais de survitesse des turbines, les travaux de meulage, l'intervention sur les pompes et la présence des équipements en service qui contribuent au bruit de fond sonore constamment présent sur le site de travail. Ces pourcentages relatifs à des événements d'émissions sonores ont été déterminés pour les stratégies d'échantillonnage ISO et AIHA. À titre d'exemple, pour les profils d'exposition des opérateurs évalués selon la stratégie ISO (figure 19), 25,5% des émissions sonores proviennent du bruit de fond résultant de bruit émis par l'ensemble des turbocompresseurs en service, 12,2% proviennent du TGE, 29% résultent des aéro-réfrigérants et du procédé (deux émissions de bruit indissociables puisqu'ils sont dans un même espace), 3,3 % de la dépressurisation du TC, 5,5% du recyclage du TC et 14,4% du démarrage du TC. Par ailleurs, les profils d'exposition, de ce même GEH (opérateurs), évalués selon la deuxième stratégie AIHA (figure 19), 36,3% des émissions totales de bruit résultent de la présence de TC en service, 3% proviennent du TGE, 33% des aéro-réfrigérants et du procédé, 3% de la dépressurisation du TC, 9% du recyclage du TC et 15,5% du démarrage du TC.



Op = Opérateurs selon la stratégie ISO; Op(r) = Opérateurs selon la stratégie AIHA; Op N(r) = Opérateurs Nuit selon la stratégie AIHA; Sup=Superviseurs selon la stratégie ISO; Sup(r) = Superviseurs selon la stratégie AIHA; Méca = Mécaniciens selon la stratégie ISO; Méca(r) = Mécanicien selon la stratégie AIHA; Élec = Électricien selon la stratégie ISO; Élec(r) = Électricien selon la stratégie AIHA; Inst= Instrumentistes selon la stratégie ISO; Inst(r) = Instrumentistes selon la stratégie AIHA.

Figure 18: Sources sonores qui contribuent à la dose de bruit reçue par les exploitants et les maintenanciers (ISO/AIHA)

6.3.2 Analyse spécifique des sources sonores

Du dénombrement des sources sonores qui a été effectué lors l'analyse macroscopique, notre analyse spécifique des sources sonores a été produite pour les profils d'exposition qui ont montré **les doses de bruit les plus élevées pour les exploitants** (le GEH des opérateurs) **et pour les maintenanciers** (le GEH des mécaniciens), échantillonnés selon les deux stratégies de mesure ISO et AIHA. La figure 19 présente l'analyse fine des sources sonores du GEH opérateurs qui a été échantillonné selon la stratégie ISO et la Figure 20 le GEH opérateurs qui a été échantillonné cette fois selon la stratégie AIHA.

Selon la stratégie ISO, le bruit émis par le fonctionnement des aéro-réfrigérants et du procédé représente 29,9% des sources d'émission, suivi des TC qui correspondent à 25,8% des sources d'émissions et finalement de 14,4% et de 5,2% pour le démarrage et le recyclage des TC. L'émission de bruit mesurée durant le fonctionnement du TGE est de 12,4% des émissions totales. Cependant, selon la stratégie AIHA, les plus importantes sources d'émissions de bruit enregistrées sont de 36,4% pour le fonctionnement des TC, de 15,2% et 9,1% respectivement pour ce qui est de l'émission de bruit produit lors de leur démarrage et de leur recyclage. Également, l'émission de bruit produit par les aéro-réfrigérants et le procédé en service est de 33,3% et demeure une source de bruit importante.

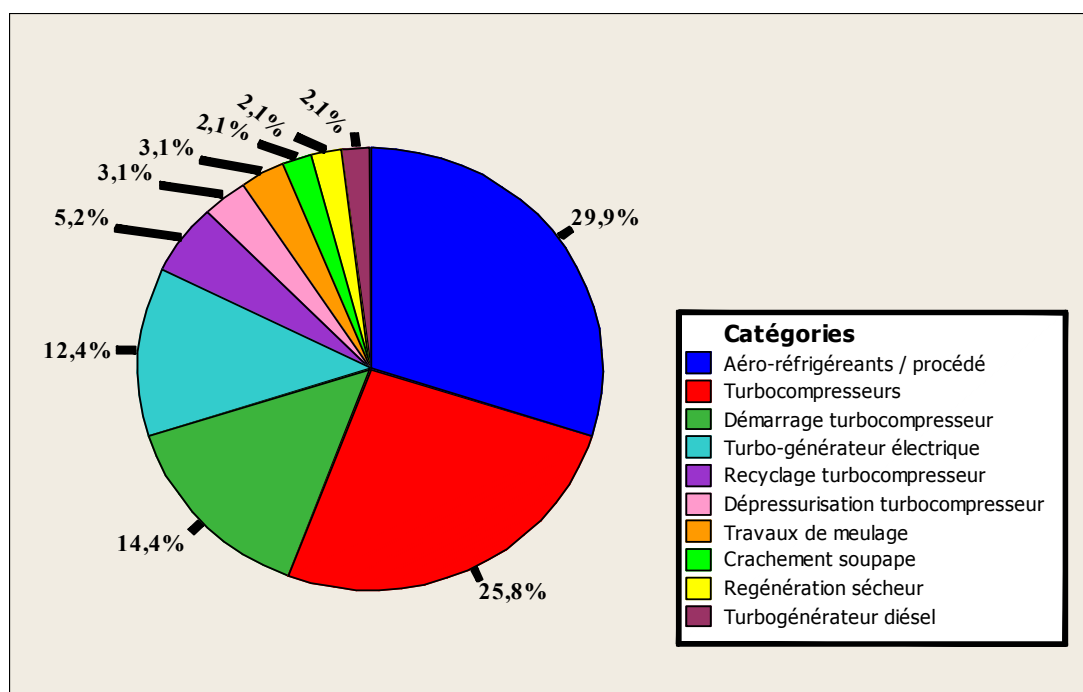


Figure 19: Pourcentage des événements recensés lors de l'exposition des opérateurs (ISO)

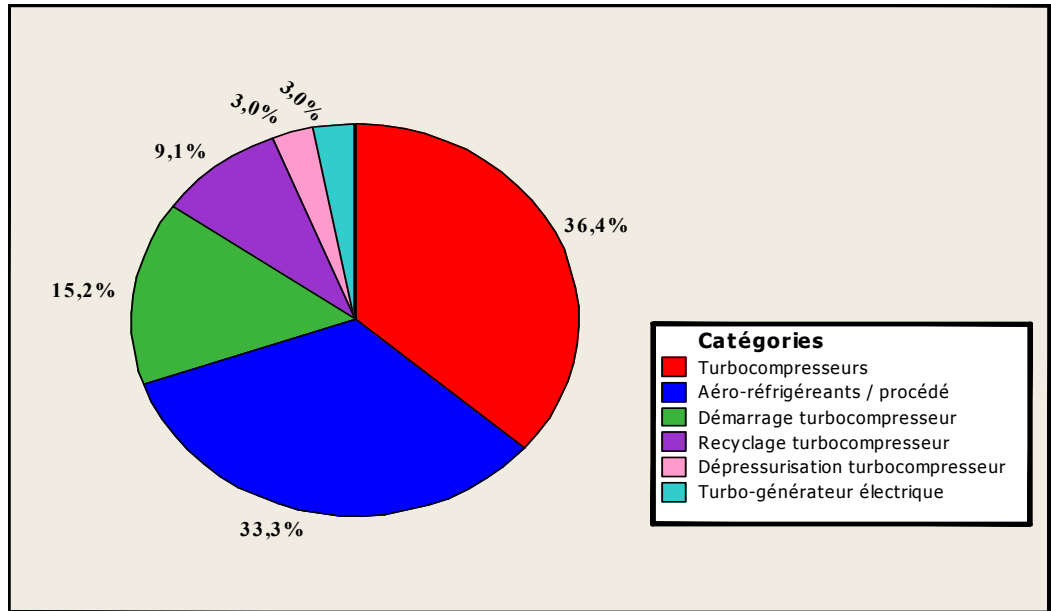


Figure 20: Pourcentage des événements recensés lors de l'exposition des opérateurs (AIHA)

De façon similaire, la figure 21 présente l'analyse fine des sources sonores qui contribuent à la dose de bruit du GEH des mécaniciens échantillonnés selon la stratégie ISO et la figure 22 présente l'analyse fine des sources sonores qui contribuent à la dose des mécaniciens échantillonnés selon la stratégie AIHA.

Pour le GEH des mécaniciens échantillonnés selon la stratégie ISO, les sources d'émissions les plus importantes sont celles du fonctionnement des TC avec 31% et celles du tandem aéro-réfrigérants et du procédé avec 20%. Par ailleurs, l'utilisation d'outils divers et du palan électrique pour le levage de pièces sont des sources de bruit dont les émissions sonores relatives sont de 17% et 14% respectivement.

Pour le GEH des mécaniciens échantillonnés selon la stratégie AIHA, la source d'émission la plus importante par rapport aux émissions relatives totales de bruit reste celle du bruit émis par le fonctionnement des TC avec 33% suivie par l'utilisation d'outils divers avec 26%. Le bruit émis par le tandem aéro-réfrigérants et procédé en service est pratiquement égal à celui de l'utilisation du palan électrique avec respectivement 13,1% et 13,4%.

On remarquera que les mécaniciens utilisent l'air comprimé pour le soufflage de diverses pièces mécaniques ou encore pour nettoyer leur tenue vestimentaire. Ce geste représente, selon les deux stratégies d'échantillonnage ISO et AIHA, 11% et 10% respectivement des fréquences de sources sonores recensées pour les mécaniciens.

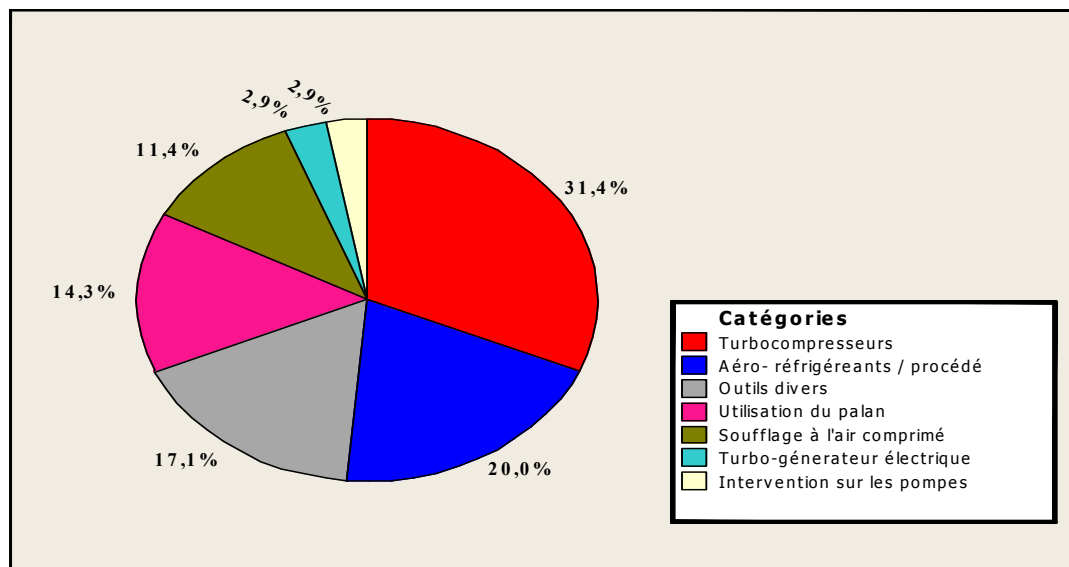


Figure 21: Pourcentage des événements recensés lors de l'exposition des mécaniciens (ISO)

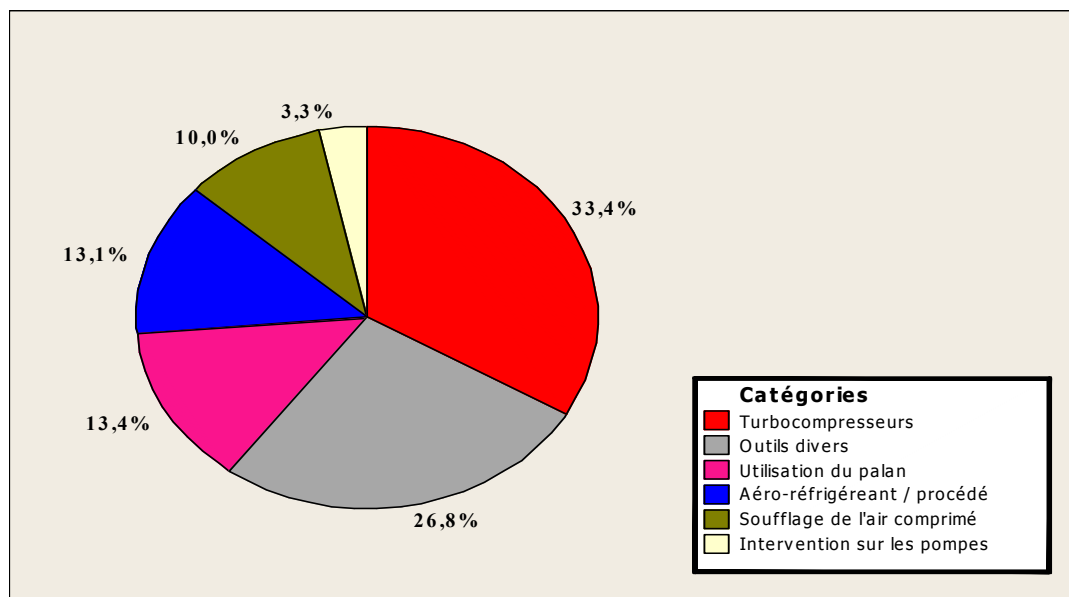


Figure 22: Pourcentage des événements recensés lors de l'exposition des mécaniciens (AIHA)

CHAPITRE 7 : DISCUSSION

7.1 Les profils d'exposition

Les profils d'exposition constitués au début de notre étude montrent que plusieurs travailleurs œuvrant sur la plateforme gazière de la Station de compression sud de Hassi R'Mel sont exposés à des niveaux importants de bruit. Ils sont donc probablement à risque de développer des problèmes de surdité ainsi que d'autres problèmes de santé.

Les GEH des opérateurs et des superviseurs dépassent régulièrement la norme sanitaire de l'ACGIH de 85 dB(A). Quant au troisième GEH des exploitants, celui des techniciens-tableau, ils ne présentent aucun dépassement. Cependant, ces travailleurs restent exposés au bruit de fond continu émis par le système de surveillance optique et informatique (DCS) qui atteint des niveaux de 75 dB(A). Certes, il est en dessous de la valeur de référence de 85 dB(A), spécifique à un travail de nature générale, mais pas à leur type de travail demandant une importante concentration afin d'assurer le contrôle permanent des machines et de leurs équipements connexes par DCS. D'ailleurs, des études proposent que pour ce genre de travail le niveau d'exposition au bruit soit situé entre 45 et 55 dB(A) (Durgam *et coll.*, 2009; Judd, 1970). De plus, les techniciens-tableau ont la particularité d'avoir des antécédents d'exposition au niveaux de bruit dépassant la valeur de 85 dB(A), puisqu'ils ont occupé le poste d'opérateur pendant un minimum de huit années avant d'avoir été promu à leur poste actuel.

Pour les GEH des maintenanciers (mécaniciens, électriciens et instrumentistes), il y a régulièrement des dépassements de la valeur de référence et ce, peu importe la stratégie d'échantillonnage qui a été utilisée. Les prélèvements effectués sur les quarts complets de travail mettent en évidence les grandes variations de la dose de bruit reçue par les travailleurs et montrent comment les variations des tâches de travail sont susceptibles d'influencer l'exposition du travailleur.

En résumé, l'étude montre clairement des dépassements réguliers de la TLV (85 dB(A)) pour tous les GEH, l'exception étant les techniciens-tableau. L'employeur devra prendre les mesures nécessaires pour réduire le bruit et mettre en place un programme de protection de l'ouïe pour prévenir la surdité professionnelle chez ces travailleurs. Nous décrivons les démarches de ce programme au chapitre des recommandations.

7.2 La stratégie d'échantillonnage ISO 9612 versus AIHA

Les stratégies de mesure ISO 9612 et de l'AIHA ont laissé apparaître des différences quant aux doses de bruit reçues par les travailleurs œuvrant à la station de compression.

Comme expliqué par Mulhausen *et coll.* (2006), le large dépassement de la valeur de référence par le GEH des opérateurs, pour les deux stratégies de mesure, est attribuable à la nature de leurs tâches et au lieu de travail. Rappelons que les principales tâches des opérateurs sont de faire la tournée d'inspection des turbocompresseurs et des appareils connexes, et procéder à des opérations de démarrage, de recyclage des compresseurs et de procéder à la décompression des TC. Toutes ces tâches exposent les travailleurs à des doses importantes de bruit ce qui fut jadis montré par Melling (1975) sur des plateformes offshore.

Cependant, la moyenne géométrique des doses d'exposition du GEH opérateurs échantillonnées selon la stratégie ISO (845%) est presque deux fois plus élevée que celle de la stratégie AIHA (438%). Intuitivement, nous nous serions attendus à ce que les profils d'exposition des doses de bruit soient à peu près similaires. Toutefois, il faut se rappeler que pour la stratégie ISO, six opérateurs différents ont accepté de participer à la campagne d'échantillonnage. La fréquence des prélèvements fut de six pour l'opérateur 1, cinq pour l'opérateur 2 et quatre pour les opérateurs 3, 4, 5 et 6. Pour la stratégie AIHA, douze opérateurs différents ont participé à l'étude. Bien qu'il y ait une différence entre le nombre total d'échantillons, l'analyse des tâches réalisées par les travailleurs et leurs habitudes de travail permettent peut être d'expliquer, en partie, la différence entre les deux stratégies.

Pour le GEH des opérateurs de la stratégie ISO, les opérateurs 1 et 2 ont fait des tournées d'inspection plus longues comparativement aux opérateurs échantillonnés pendant la stratégie AIHA. Cette observation indique que le nombre de TC qu'ils ont eu à inspecter était plus important. On peut également constater qu'ils ont participé à plus d'opérations de démarrage, de recyclage, de décompression et de mise à disposition de TC pour des travaux de maintenance ou de révision (voir les figures 19 et 20). L'opérateur 5, lequel était en formation, présente un profil d'exposition différent par rapport aux autres opérateurs avec des doses de bruit plus basses. Sa principale tâche était d'assurer le contrôle du TGE et des

utilités (les pompes du circuit d'eau à incendie, un compresseur, les sècheurs d'air d'instrument et les sècheurs d'air de service). Il fut exposé à une émission sonore intense lors de la régénération des sècheurs. En contrepartie, l'opérateur 6, dont l'exposition semblait constante durant les quatre jours d'échantillonnage, avait comme tâches de mettre à la disposition des mécaniciens certains TC déjà en arrêt et contrôlé le TGE et les utilités. Durant l'accomplissement de ces tâches, les doses de bruit furent moins importantes comparativement aux autres opérateurs.

La période d'échantillonnage selon la stratégie AIHA fut faite en juin et juillet 2010 pendant la saison estivale lorsque les températures frôlent les 50°C alors que la campagne d'échantillonnage ISO fut entreprise pendant les mois de février, de mars et d'avril 2010, en période hivernale. Nos relevés de terrain indiquent que les tournées de contrôle des opérateurs étaient moins longues en saison estivale ce qui incitaient les travailleurs à être moins présents près des TC. De plus, nous avons noté que le nombre d'équipements en service était moins important lors de l'échantillonnage selon la stratégie AIHA. En effet, des TC étaient arrêtés à des fins de révision ce qui entraînait l'arrêt momentané des TC mitoyens lesquels étaient présents dans le même module. L'arrêt des compresseurs mitoyens avait comme conséquence de faire diminuer l'intensité du bruit dans le module ce qui s'est traduit par une diminution de la dose reçue par les opérateurs.

L'exposition des opérateurs sur le quart de nuit était plus grande que celle du quart de jour du fait qu'il y avait absence de travaux de maintenance pendant le quart de nuit. En conséquence, le nombre de TC en fonctionnement était plus grand ce qui se traduisait par des émissions sonores plus importantes.

Les superviseurs de quart, second GEH des exploitants, sont exposés la majorité du temps à des niveaux de bruit dépassant la valeur de 85dB(A), tout comme les opérateurs, du fait que leur principale tâche est le contrôle et le suivi du travail de ces derniers. Rappelons que quatre superviseurs ont participé à la stratégie ISO; le premier a participé à six prélèvements alors que les trois autres ont participé chacun à quatre prélèvements. Pour la stratégie AIHA, les cinq superviseurs ont participé aléatoirement aux douze prélèvements. Dans la stratégie ISO, les doses élevées des expositions du superviseur 1 semblent dépendre du fait qu'il supervisait plusieurs opérations de démarrage, de décompression et

de plus, durant son heure de pose, il se tenait près de travaux de meulage qui avait été entrepris dans le bâtiment. Le superviseur 2 n'a pas eu à superviser autant d'opérations de fonctionnement, sauf pour une journée, lors d'un démarrage de compresseur. Le superviseur 3 a été exposé à un plus grand nombre d'équipement en service et il a eu à superviser des opérations de démarrage et de décompression de TC. Enfin, le superviseur 4 a assuré le contrôle de plusieurs démarrages ou plusieurs décompressions de TC et il a supervisé des opérations de levage. Les doses de bruit enregistrées par les superviseurs, selon la stratégie d'échantillonnage AIHA, ont varié durant les huit jours de mesurage principalement à cause des démarrages et des recyclages de TC et à cause de diverses interventions sur le procédé. Le GEH des techniciens-tableau n'a jamais dépassé la valeur de référence de 85 dB(A) du fait que leur travail était généralement effectué à l'intérieur des deux salles de contrôle. D'ailleurs les doses de bruit reçues par les travailleurs au cours des deux stratégies d'échantillonnage étaient à peu près similaires.

La variabilité des niveaux de bruit auxquels furent exposés les trois GEH appartenant au titre d'emploi maintenanciers fut différente pour les stratégies ISO et AIHA, du fait que la nature, la charge et le lieu de leur travail sur la station de compression ont varié d'un jour à l'autre. Cette variabilité est évoquée dans une étude de Neitzel *et coll.* (1999) menée sur les maintenanciers du secteur de la construction et dans une étude de Seixas *et coll.* (2003) citant différents métiers de la construction. En effet, le GEH des mécaniciens, par ses interventions d'ordre curative pour des TC (travail de routine) lors de l'échantillonnage selon la stratégie ISO ou de révision pour la stratégie AIHA, a montré l'exposition la plus variable telle qu'observé par Evans et Ming (1982) lors de leur étude sur l'exposition au bruit des travailleurs de maintenance d'avions. Également, lors de la stratégie AIHA, les mécaniciens assuraient la révision de certains TC situés dans les mêmes modules où se trouvaient d'autres TC en service ce qui s'est traduit par des expositions continues à des sources importantes de bruit. Les électriciens évalués selon la stratégie AIHA reçurent des doses plus importantes que ceux de la stratégie ISO parce qu'ils sont intervenus plus souvent lors de l'isolation électrique d'équipement ou lors du contrôle de l'éclairage des modules alors que des TC étaient en service. Enfin, le GEH des instrumentistes a reçu des doses particulièrement importantes lors de la stratégie d'échantillonnage AIHA comparativement à celle de la stratégie ISO parce que les instrumentistes 4 et 5 ont reçu

une dose importante de bruit durant le contrôle de la régulation d'un TC en fonctionnement et les instrumentistes 6 et 10 ont été exposés à une dose notable de bruit pendant des essais de survitesse après la révision de turbines à gaz.

En résumé, pour les GEH opérateurs et superviseurs, les doses de bruit enregistrées lors de l'échantillonnage selon la stratégie ISO étaient plus importantes que celle de la stratégie AIHA. Toutefois, Le GEH techniciens-tableau a présenté des doses de bruit presque similaires pour les deux stratégies, ISO et AIHA. Finalement, pour les trois GEH appartenant au groupe des maintenanciers, les doses de bruit ont été plus élevées lors de l'échantillonnage selon la stratégie AIHA.

7.3 Les déterminants de la dose bruit reçue par les travailleurs

Il est souhaité que la prévention collective des risques liés à l'exposition au bruit passe, dans la mesure du possible, par la correction acoustique des postes de travail. Dans la présente étude, seuls les techniciens-tableau sont rattachés à un poste de travail bien défini qui est la salle de contrôle et la salle « Speed tronic ». Les autres travailleurs œuvrant sur la plateforme gazière ont des tâches de surveillance ou de maintenance sur des équipements tels que les TC, les aéro-réfrigérants les pompes et autres équipements auxiliaires qui émettent des sons très intenses (voir figure 18). Dans ce milieu de travail où les conditions de température sont extrêmes, l'isolation de l'équipement est impossible car il surchaufferait. Donc, la protection de première ligne semble être la protection auditive. Cependant, la mise en place de programme de protection auditive n'est pas aussi simple. En effet, la nature de leur travail exige des travailleurs qu'ils détectent si les équipements fonctionnent bien.

Cela peut paraître inusité, mais les travailleurs comptent considérablement sur leur « ouïe » comme le moyen le plus sûr et le plus rapide pour déclencher une intervention malgré la présence de détecteurs électroniques mis en place pour permettre de diagnostiquer le mauvais fonctionnement de tout cet équipement industriel. Ceux-ci sont probablement en nombre insuffisant ou très souvent en arrêt. Un TC ou une pompe qui ne « tourne pas rond » émet un bruit qui n'a pas la fréquence qu'il a l'habitude « d'entendre » et l'opérateur

va soupçonner un problème qui nécessitera un ajustement ou une réparation. Les travailleurs expriment leur désaccord à utiliser la protection auditive car elle ne leur « permet de faire leur travail correctement » Il va sans dire que d'assurer le port de la protection auditive chez les travailleurs est tout un défi. Dans ce contexte, nous avons tenté de définir les sources d'émission sonore qui pourraient être maîtrisées à la source ou encore réduire les doses de bruit à l'aide de contrôles administratifs. Bien que les travailleurs aient été exposés à des sources variées d'émission sonores (figure 18) les déterminants qui ont le plus de poids sur la dose reçue par les opérateurs (et dans une certaine mesure par les superviseurs) demeurent la présence de machines en service (le bruit de fond général sur la plateforme) (figure 20) et les émissions sonores provenant des aéro-réfrigérants et du procédé (figure 19). Les figures 19 et 20, montrent également que le démarrage et le recyclage des TC sont les seconds déterminants qui ont probablement le plus de poids sur la dose reçue par les opérateurs et les superviseurs quoique la fréquence d'exposition au bruit émis par le turbogénérateur électrique fut notable lors de la stratégie ISO et à peine décelée lors de la stratégie AIHA. En contrepartie, l'utilisation d'outils divers, l'utilisation du palan et l'utilisation d'air comprimé sont des sources sonores qui ont un certain poids sur la dose reçue par les mécaniciens (figure 21) et dans une certaine mesure par les électriciens. Certes, qualitativement ces sources sonores s'imposent de part leur nombre, mais quantitativement, elles sont loin d'être à l'origine du dépassement. Dans le cas de notre étude, il y a les sources qu'on ne pourra pas supprimer du fait qu'elles font partie du fonctionnement normal de la station de compression telles que « TC en service » et « les aéro-réfrigérants et le procédé » Notre analyse montre que ces déterminants restent donc, les facteurs principaux quant à la dose de bruit à laquelle sont exposés tous les GEH, sauf pour le GEH des techniciens-tableau qui reste un GEH relativement isolé des sources majeures de bruit.

Tel que cité comme exemple par Petrick *et coll.* (1996) dans leur étude de comparaison des expositions quotidiennes au bruit dans un milieu de travail fondée sur des critères de bruit recommandés par l'ACGIH et OSHA, certaines sources telles que le soufflage des tenues vestimentaires à l'air comprimé ou le passage « non-obligé » du travailleur durant sa tournée d'inspection lors de la régénération des sècheurs, ajoutent indument à la dose de bruit et ce, malgré la courte durée de l'émission. Ces situations d'exposition intense au bruit devraient être complètement interdites.

CHAPITRE 8 : CONCLUSION

8. Conclusion

Cette étude fournit l'évidence que plusieurs travailleurs œuvrant sur les plateformes gazières sont exposés à des niveaux importants de bruit et sont à risque de développer des problèmes de santé, notamment auditifs. Parmi les trois groupes des exploitants, les opérateurs et les superviseurs dépassent largement la valeur de 85 dB(A) et doivent immédiatement être intégrés dans un programme de protection auditive. Par ailleurs, les travailleurs de la maintenance qui regroupent les mécaniciens, les électriciens et les instrumentistes reçoivent des doses de bruit qui exigent également qu'ils soient pris en charge par un professionnel de la santé dans un programme de protection auditive.

L'étude indique aussi que l'exposition au bruit des opérateurs du quart de travail de nuit semble plus importante que celle du quart de travail de jour.

À l'exception des techniciens-tableau, tous les travailleurs ont à se déplacer sur la plateforme pour accomplir leurs tâches et sont en contact avec de l'équipement émetteur de bruit intense. D'ailleurs, le fonctionnement d'équipements tels que les TC, les aéro-réfrigérants et le procédé maintient un niveau de bruit de fond sur toute la plateforme et ce bruit de fond contribue à tout moment à la dose de bruit reçu par les travailleurs. En conséquence, même si on réduisait certaines sources sonores à un niveau près de 80 dB(A), cela n'entraînerait qu'une faible diminution de la dose de bruit quotidienne qui dépasse largement les 100% pour la plupart des échantillons prélevés sur les quarts de travail.

CHAPITRE 9 : RECOMMANDATIONS

9. Recommandations

Étant donné l'importance de l'exposition au bruit des travailleurs de la plateforme gazière des efforts doivent être fournis pour réduire le risque d'exposition au bruit.

En priorité, la première action serait de réduire le bruit auquel ils sont exposés, soit en l'éliminant à la source, soit en agissant sur son milieu de propagation (Malchaire, 1993). Ces solutions sont quasiment impossibles et seraient excessivement coûteuses et pourraient compromettre la viabilité fonctionnelle de la plateforme gazière.

Dans ce contexte, l'utilisation de dispositifs de protection auditive semble un compromis acceptable pour atténuer le bruit. Il est donc recommandé à l'entreprise de doter ses travailleurs d'un dispositif de protection auditive tout en reconsidérant la spécificité de ces derniers. Cette spécificité repose sur plusieurs critères : 1) une analyse spectrale des sources sonores, 2) l'évaluation du confort adaptée aux conditions climatiques qui prévalent dans le désert algérien, 3) la formation à l'égard du mode d'emploi de la protection auditive, 4) et l'ajustement approprié par rapport aux anomalies de l'oreille et la morphologie du canal auditif de chaque travailleur. Le système de détection d'activité de la voix, venant d'être expérimenté dans un environnement industriel bruyant, serait peut-être une piste intéressante de protection auditive à explorer pour le travailleur d'une plateforme gazière (Seris *et coll.*, 2007). Par ailleurs, des campagnes d'information et de formation organisées une ou deux fois par an, obligatoires pour tous les travailleurs et particulièrement pour les nouvelles recrues, seraient la clef du succès d'un tel programme. Cette formation devrait être complétée dans le cadre d'un programme de conservation de l'audition (Suter, 2000b).

Les expositions inutiles à des sources de bruit telle l'utilisation de l'air comprimé ou la tournée d'inspection pendant la régénération des sécheurs (une source très bruyante) pourraient être évitées par l'élaboration d'un plan de gestion administrative rigoureux du contrôle du bruit.

Il est également recommandé, lors des campagnes de sensibilisation et de prévention, d'informer les travailleurs quant au danger que peut engendrer la fumée de tabac sur les systèmes pulmonaire, cardio-vasculaire, de même que le système auditif.

Pour terminer, comme les travailleurs sont exposés à d'autres composés chimiques qui sont ototoxiques (ex. CO et Hg) et que ces substances peuvent interagir avec le bruit, il est recommandé d'investiguer le niveau d'exposition de ces derniers et d'estimer quelle est la grandeur de leur interaction avec le bruit.

En résumé, il est recommandé à l'entreprise de mettre de l'avant un programme de conservation de l'audition dont l'approche reposera sur :1) le maintien de la surveillance de l'exposition des travailleurs en mesurant les niveaux de bruit, 2) l'évaluation de l'effet de perte d'audition par surveillance de la fonction auditive à l'aide d'examens audiométriques obligatoires à l'embauche et par la suite au moins deux fois par an (JORA, 1997) et 3) l'implantation d'un programme de protection auditive qui comprendrait au minimum une formations sur les effets du bruit sur l'audition humaine et l'utilisation correcte des dispositifs de protection auditive. Cette formation devrait être faite à chaque année.

BIBLIOGRAPHIE

Abbate, C., Concetto, G., Fortunato, M., Brecciaroli, R., Tringali, M.A., Beninato, G., D'Arrigo, G., et Domenico, G. (2005). Influence of environmental factors on the evolution of industrial noise-induced hearing loss. *Environmental Monitoring and Assessment*, 107(1-3), 351-361.

Abreu, M.T., et Suzuki, F.A. (2002). Audiometric evaluation of noise and cadmium occupationally exposed workers. *Revista Brasileira de Otorrinolaringologia*, 68, 488-494.

ACGIH. (2011). *TLVs and BEIs with 7th Edition Documentation CD-ROM*. Cincinnati: American Conference of Governmental Industrial Hygienists Worldwide.

AFNOR. (2002). *Acoustique – Méthode de mesurage des niveaux d'exposition au bruit en milieu de travail NF S31-084*. Saint-Denis La Plaine, France: Association Française de Normalisation.

Agrawal, Y., Niparko, J.K., et Dobie, R.A. (2010). Estimating the effect of occupational noise exposure on hearing thresholds: the importance of adjusting for confounding variables. *Ear and Hearing*, 31(2), 234-237.

Agrawal, Y., Platz, E.A., et Niparko, J.K. (2009). Risk factors for hearing loss in US adults: data from the National Health and Nutrition Examination Survey, 1999 to 2002. *Otology & Neurotology*, 30(2), 139-145.

Ahn, J.H., Joo, H.S., Suh, J.K., Kim, H., So, H.S., et Chung, J.W. (2011). Effects of cigarette smoking on hearing recovery from noise-induced temporary hearing threshold shifts in mice. *Otology & Neurotology*, 32(6), 926-932.

Aran, J.M., et Portmann, M. (1990). [Synergism between noise and ototoxic drugs: new experimental data]. *Bulletin de l'Académie Nationale de Médecine*, 174(7), 939-944; discussion 944-935

Arslan, E., Orzan, E., et Santarelli, R. (1999). Global problem of drug-induced hearing loss. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 884, 1-14.

ATSDR. (2007). *Toxicological Profile for Lead* Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Agency for Toxic Substances and Disease Registry.

Babisch, W. (2000). Traffic Noise and Cardiovascular Disease: Epidemiological Review and Synthesis. *Noise & Health*, 2(8), 9-32.

Babisch, W. (2002). The Noise/Stress Concept, Risk Assessment and Research Needs. *Noise & Health*, 4(16), 1-11.

Babisch, W. (2003). Stress hormones in the research on cardiovascular effects of noise. *Noise & Health*, 5(18), 1-11.

Babisch, W. (2004). Health aspects of extra-aural noise research. *Noise & Health*, 6(22), 69-81.

Babisch, W., Fromme, H., Beyer, A., et Ising, H. (2001). Increased catecholamine levels in urine in subjects exposed to road traffic noise: the role of stress hormones in noise research. *Environment International*, 26(7-8), 475-481.

Barone, J.A., Peters, J.M., Garabrant, D.H., Bernstein, L., et Krebsbach, R. (1987). Smoking as a risk factor in noise-induced hearing loss. *Journal of Occupational Medicine*, 29(9), 741-745.

Barregard, L., et Axelsson, A. (1984). Is there an ototraumatic interaction between noise and solvents? *Scandinavian Audiology*, 13(3), 151-155.

Bates, D.E., Beaumont, S.J., et Baylis, B.W. (2002). Ototoxicity induced by gentamicin and furosemide. *Annals of Pharmacotherapy*, 36(3), 446-451.

Bernard, C.P. (1989). *Ergonomie, Hygiène et Sécurité : conditions de travail et environnement* (Éditions d'ergonomie ed.). Marseille.

Berry, B.F., et Findell, I.H. (2009). *Estimating Dose-Response Relationships between Noise Exposure and Human Health Impacts in the UK. BEL Technical Report. BEL 2009-002*: Berry Environmental Ltd.

Biró, K. (2009). Detection of ototoxic effect of cisplatin with otoacoustic emission in testicular cancer patients. *Magyar onkologia*, 53(3), 279-283.

BIT. (2006). *L'inspection du travail en France en 2005, les chiffres clés: Rapport au Bureau International du Travail, Ministère du travail, des relations sociales et de la solidarité, Direction générale du travail.*

Boucarra, D., Ferrary, É., et Sterkers, O. (2006). Effets des nuisances sonores sur l'oreille interne. *Médecine Sciences*, 22(11), 979-984.

Boudreault, H. (2006). *Plan d'action 2005-2008 du réseau de santé publique en santé au travail sur la lutte contre le bruit, la surdité professionnelle et leurs conséquences sur la santé et la sécurité*: Agence de développement de réseaux locaux de services de santé et de services sociaux de Chaudière-Appalaches.

Burr, H., Lund, S.P., Sperling, B.B., Kristensen, T.S., et Poulsen, O.M. (2005). Smoking and height as risk factors for prevalence and 5-year incidence of hearing loss. A questionnaire-based follow-up study of employees in Denmark aged 18-59 years exposed and unexposed to noise. *International Journal of Audiology*, 44(9), 531-539.

- Campo, P. (2004). Bruit et agents ototoxiques. *Archives des Maladies Professionnelles*, 65(6), 503-512.
- Campo, P., et Maguin, K. (2007). Solvent-induced hearing loss: mechanisms and prevention strategy. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health*, 20(3), 265-270.
- Campo, P., Maguin, K., Gabriel, S., Möller, A., Nies, E., Gómez, M.D.S., et Toppila, E. (2009). *Combined Exposure to Noise and Ototoxic Substances*. Luxembourg: European Agency for Safety and Health at Work (EU-OSHA).
- Canetto, P. (2006). *Une nouvelle réglementation sur le bruit au travail TC 110*. Paris: INRS.
- Carson, S.S., Prazma, J., Pulver, S.H., et Anderson, T. (1989). Combined effects of aspirin and noise in causing permanent hearing loss. *Archives of Otolaryngology -- Head and Neck Surgery*, 115(9), 1070-1075.
- Carter, N.L., Keen, K., Waugh, R.L., Murray, N., et Bulteau, V.G. (1981). The relations of eye colour and smoking to noise-induced permanent threshold shift. *Audiology*, 20(4), 336-346.
- Cary, R., Clarke, S., et Delic, J. (1997). Effects of combined exposure to noise and toxic substances--critical review of the literature. *Annals of Occupational Hygiene*, 41(4), 455-465.
- CCHST. (2008). Bruit - Effets auditifs, consulté le 25.03.2010, de la page web http://www.cchst.ca/oshanswers/phys_agents/noise_auditory.html
- CCHST. (2009). Les produits chimiques et le bruit - une combinaison dangereuse, consulté le 12.11.2010, de la page web <http://www.cchst.ca/newsletters/hsreport/issues/2009/10/ezone.html#inthenews>
- CCHST. (2010). Limites de l'exposition au bruit lors des heures de travail prolongées, consulté le 25.10.2010, de la page web http://www.cchst.ca/oshanswers/phys_agents/exposure_ext.html
- Chang, S.J., Chen, C.J., Lien, C.H., et Sung, F.C. (2006). Hearing loss in workers exposed to toluene and noise. *Environmental Health Perspectives*, 114(8), 1283-1286.
- Chang, S.J., Shih, T.S., Chou, T.C., Chen, C.J., Chang, H.Y., et Sung, F.C. (2003). Hearing loss in workers exposed to carbon disulfide and noise. *Environmental Health Perspectives*, 111(13), 1620-1624.

Chang, T.Y., Wang, V.S., Hwang, B.F., Yen, H.Y., Lai, J.S., Liu, C.S., et Lin, S.Y. (2009). Effects of co-exposure to noise and mixture of organic solvents on blood pressure. *Journal of Occupational Health*, 51(4), 332-339.

Chang, Y.-C., Yeh, C.-Y., et Wang, J.-D. (1995). Subclinical Neurotoxicity of Mercury Vapor Revealed by a Multimodality Evoked Potential Study of Chloralkali Workers. *American Journal of Industrial Medicine*, 27, 271-279.

Chen, C.J., Dai, Y.T., Sun, Y.M., Lin, Y.C., et Juang, Y.J. (2007). Evaluation of auditory fatigue in combined noise, heat and workload exposure. *Industrial Health*, 45(4), 527-534.

Chen, G.D., McWilliams, M.L., et Fechter, L.D. (1999). Intermittent noise-induced hearing loss and the influence of carbon monoxide. *Hearing Research*, 138(1-2), 181-191.

Chen, J.D., et Tsai, J.Y. (2003). Hearing loss among workers at an oil refinery in Taiwan. *Archives of Environmental Health*, 58(1), 55-58.

Cocchiarella, L.A., Sharp, D.S., et Persky, V.W. (1995). Hearing threshold shifts, white-cell count and smoking status in working men. *Occupational Medicine (Oxford, England)*, 45(4), 179-185.

Collins, P.W. (1988). Synergistic interactions of gentamicin and pure tones causing cochlear hair cell loss in pigmented guinea pigs. *Hearing Research*, 36(2-3), 249-259.

Confer, R.G., Blacker, J.H., et Brief, R.S. (1972). Evaluation of personal noise dosimeters. *American Industrial Hygiene Association Journal*, 33(12), 767-774.

Counter, S.A., et Buchanan, L.H. (2002). Neuro-ototoxicity in andean adults with chronic lead and noise exposure. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 44(1), 30-38.

Counter, S.A., Buchanan, L.H., Ortega, F., et Laurell, G. (1997). Normal auditory brainstem and cochlear function in extreme pediatric plumbism. *Journal of the Neurological Sciences*, 152(1), 85-92.

Counter, S.A., Vahter, M., Laurell, G., Buchanan, L.H., Ortega, F., et Skerfving, S. (1997). High lead exposure and auditory sensory-neural function in Andean children. *Environmental Health Perspectives*, 105(5), 522-526.

Crofton, K.M., Lassiter, T.L., et Rebert, C.S. (1994). Solvent-induced ototoxicity in rats: an atypical selective mid-frequency hearing deficit. *Hearing Research*, 80(1), 25-30.

Cruickshanks, K.J., Klein, R., Klein, B.E., Wiley, T.L., Nondahl, D.M., et Tweed, T.S. (1998). Cigarette smoking and hearing loss: the epidemiology of hearing loss study. *JAMA: Journal of the American Medical Association*, 279(21), 1715-1719.

Cunningham, D.R., Vise, L.K., et Jones, L.A. (1983). Influence of cigarette smoking on extra-high-frequency auditory thresholds. *Ear and Hearing*, 4(3), 162-165.

Davies, H., Marion, S., et Teschke, K. (2008). The impact of hearing conservation programs on incidence of noise-induced hearing loss in Canadian workers. *American Journal of Industrial Medicine*, 51(12), 923-931.

Davies, H.W., Teschke, K., Kennedy, S.M., Hodgson, M.R., et Demers, P.A. (2009). Occupational noise exposure and hearing protector use in Canadian lumber mills. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 6(1), 32-41.

De Barba, M.C., Jurkiewicz, A.L., Zeigelboim, B.S., de Oliveira, L.A., et Belle, A.P. (2005). Audiometric findings in petrochemical workers exposed to noise and chemical agents. *Noise & Health*, 7(29), 7-11.

Dengerink, H.A., Lindgren, F.L., et Axelsson, A. (1992). The interaction of smoking and noise on temporary threshold shifts. *Acta Oto-Laryngologica*, 112(6), 932-938.

Denisov, E.I., et Suvorov, G.A. (2000). Le mesurage du bruit et l'évaluation de l'exposition. Dans Stellman, J.M. (Ed.), *Encyclopédie de Sécurité et de Santé au Travail*, 3^e édition française, traduction de la 4^e édition anglaise (p. 47.46-47.48). Genève: Bureau International du Travail.

Dick, F.D. (2006). Solvent neurotoxicity. *Occupational and Environmental Medicine*, 63(3), 221-226.

Diserens, A.H. (1974). Personal noise dosimetry in refinery and chemical plants. *Journal of Occupational Medicine*, 16(4), 255-257.

Divine, B.J., et Barron, V. (1987). Texaco mortality study: III. A cohort study of producing and pipeline workers. *American Journal of Industrial Medicine*, 11(2), 189-202.

Divine, B.J., et Hartman, C.M. (2000). Update of a study of crude oil production workers 1946-94. *Occupational and Environmental Medicine*, 57(6), 411-417.

DRHRM. (2009). Livre blanc sécurité perimetre gazier Hassi R'Mel. Direction régional de Hassi R'Mel, Sonatrach - Activité Amont, Vol. 1. (pp. 44).

Duclos, J.C., Bergeret, A., Normand, J.C., et Prost, G. (1999). Le bruit *Encyclopédie Medico-Chirurgicale, Toxicologie-Pathologie professionnelle*, 16-502-A-10 (p. 8). Paris: Elsevier.

Durgam, W., Aristeguieta, C., et Achutan, C. (2009). *Evaluation of Health Concerns at a Printed Circuit Board Manufacturing Plant. Health Hazard Evaluation Report. NIOSH HETA No.2007-0201-3086*. Cincinnati, OH: Department of Health and Human Services,

Centers for Disease Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health.

Edelson, J., Neitzel, R., Meischke, H., Daniell, W., Sheppard, L., Stover, B., et Seixas, N. (2009). Predictors of hearing protection use in construction workers. *Annals of Occupational Hygiene*, 53(6), 605-615.

El Zir, E., Mansour, S., Salameh, P., et Chahine, R. (2008). Environmental noise in Beirut, smoking and age are combined risk factors for hearing impairment. *Eastern Mediterranean Health Journal*, 14(4), 888-896.

Erlandsson, B., Hakansson, H., Ivarsson, A., et Nilsson, P. (1979). Comparison between stationary and personal noise dose measuring systems. *Acta Oto-Laryngologica Suppl*, 360, 105-108.

Erskine, J.B., et Brunt, J. (1971). Noise from chemical plant equipment. *Annals of Occupational Hygiene*, 14(2), 91-99.

Evans, W.A., et Ming, H.Y. (1982). Industrial noise-induced hearing loss in Hong Kong--a comparative study. *Annals of Occupational Hygiene*, 25(1), 63-80.

Fabry, D.A., Davila, E.P., Arheart, K.L., Serdar, B., Dietz, N.A., Bandiera, F.C., et Lee, D.J. (2011). Secondhand smoke exposure and the risk of hearing loss. *Tobacco Control*, 20(1), 82-85.

Farahat, T.M., Abdel-Rasoul, G.M., El-Assy, A.R., Kandil, S.H., et Kabil, M.K. (1997). Hearing thresholds of workers in a printing facility. *Environmental Research*, 73(1-2), 189-192.

Fechter, L.D. (1989). A mechanistic basis for interactions between noise and chemical exposure. *Archives of Complex Environmental Studies*, 1(1), 23-28.

Fechter, L.D. (1995). Combined effects of noise and chemicals. *Occupational medicine (Philadelphia, Pa.)*, 10(3), 609-621.

Fechter, L.D., Young, J.S., et Carlisle, L. (1988). Potentiation of noise induced threshold shifts and hair cell loss by carbon monoxide. *Hearing Research*, 34(1), 39-47.

Fernández, M.D., Quintana, S., Chavarría, N., et Ballesteros, J.A. (2009). Noise exposure of workers of the construction sector. *Applied Acoustics*, 70(5), 753-760.

Ferrite, S., et Santana, V. (2005). Joint effects of smoking, noise exposure and age on hearing loss. *Occupational Medicine*, 55(1), 48-53.

Floru, R., et Cnockaert, J.C. (1994). Effets non traumatiques du bruit sur la santé, la sécurité et l'efficacité de l'homme au travail. Etude bibliographique. *Cahiers De Notes Documentaires*, 154, 69-97.

Fransen, E., Topsakal, V., Hendrickx, J.J., Van Laer, L., Huyghe, J.R., Van Eyken, E., Lemkens, N., Hannula, S., Maki-Torkko, E., Jensen, M., Demeester, K., Tropitzsch, A., Bonaconsa, A., Mazzoli, M., Espeso, A., Verbruggen, K., Huyghe, J., Huygen, P.L., Kunst, S., Manninen, M., Diaz-Lacava, A., Steffens, M., Wienker, T.F., Pyykko, I., Cremers, C.W., Kremer, H., Dhooge, I., Stephens, D., Orzan, E., Pfister, M., Bille, M., Parving, A., Sorri, M., Van de Heyning, P., et Van Camp, G. (2008). Occupational noise, smoking, and a high body mass index are risk factors for age-related hearing impairment and moderate alcohol consumption is protective: a European population-based multicenter study. *Journal of the Association for Research in Otolaryngology*, 9(3), 264-276; discussion 261-263.

Fuente, A., Slade, M.D., Taylor, T., Morata, T.C., Keith, R.W., Sparer, J., et Rabinowitz, P.M. (2009). Peripheral and central auditory dysfunction induced by occupational exposure to organic solvents. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 51(10), 1202-1211.

Garcia Callejo, F.J., Garcia Callejo, F., Conill Tobias, N., et Ramirez Sabio, J.B. (2006). [Effect of smoking withdrawal on hearing loss induced by occupational exposure to noise. A preliminary study]. *Acta Otorrinolaringologica Espanola*, 57(9), 432-434 (lecture du résumé en anglais seulement).

Gardner, R. (2003). Overview and characteristics of some occupational exposures and health risks on offshore oil and gas installations. *Annals of Occupational Hygiene*, 47(3), 201-210.

Giardino, D.A., et Seiler, J.P. (1996). Uncertainties associated with noise dosimeters in mining. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 100, 1571-1576.

Girard, S.A., Picard, M., Courteau, M., Boisclair, D., Larocque, R., Leroux, T., Turcotte, F., et Simard, M. (2007). *Le bruit en milieu de travail : une analyse des coûts pour le régime d'indemnisation*. Québec: Institut national de santé publique du Québec.

Girard, S.A., Picard, M., Davis, A.C., Simard, M., Larocque, R., Leroux, T., et Turcotte, F. (2009). Multiple work-related accidents: tracing the role of hearing status and noise exposure. *Occupational and Environmental Medicine*, 66(5), 319-324.

Goldsmith, J.R., et Jonsson, E. (1973). Health effects of community noise. *American Journal of Public Health*, 63(9), 782-793.

Goncalves, C.G., Mota, P.H., et Marques, J.M. (2009). [Noise and age: influence on the hearing of individuals with ages between 50-70 years]. *Pró-Fono Revista de Atualização Científica*, 21(1), 57-62 (lecture du résumé en anglais seulement)

Gopinath, B., Flood, V.M., McMahon, C.M., Burlutsky, G., Smith, W., et Mitchell, P. (2010). The effects of smoking and alcohol consumption on age-related hearing loss: the Blue Mountains Hearing Study. *Ear and Hearing*, 31(2), 277-282.

Govaerts, P.J., Claes, J., van de Heyning, P.H., Jorens, P.G., Marquet, J., et De Broe, M.E. (1990). Aminoglycoside-induced ototoxicity. *Toxicology Letters*, 52(3), 227-251.

Gratton, M.A., Salvi, R.J., Kamen, B.A., et Saunders, S.S. (1990). Interaction of cisplatin and noise on the peripheral auditory system. *Hearing Research*, 50(1-2), 211-223.

Grunberg, N.E., et Singer, J.E. (1990). Biochemical measurement. Dans Cacioppo, J.T. et Tassinari, L.G. (Eds.), *Principles of Psychophysiology : physical, social, and inferential elements* (p. 149-176). Cambridge, England: Cambridge University Press.

Hager, L. (2006). Noise Stressors. Dans Bullock, W.H., Ignacio, J.S. et Alfonso, C.J. (Eds.), *A strategy for assessing and managing occupational exposures* (p. 163-166). Fairfax, VA: AIHA Press.

Hawkins, N.C., Norwood, S.K., et Rock, J.C. (1991). *A strategy for occupational exposure assessment*. Fairfax, Virginia: American Industrial Hygiene Association.

Helfer, T.M., Canham-Chervak, M., Canada, S., et Mitchener, T.A. (2010). Epidemiology of hearing impairment and noise-induced hearing injury among U.S. military personnel, 2003-2005. *American Journal of Preventive Medicine*, 38(1 Suppl), S71-77.

Henry, J.P. (1992). Biological basis of the stress response. *Integrative Physiological and Behavioral Science*, 27(1), 66-83.

Heran-Leroy, O., et Sandret, N. (1997). Premiers résultats de l'enquête «SUMER 94». *Documents pour le médecin du travail*, 69, 63-70.

Hoet, P., et Lison, D. (2008). Ototoxicity of toluene and styrene: state of current knowledge. *CRC Critical Reviews in Toxicology*, 38(2), 127-170.

Høivik, D., Brandsdal, E., et Moen, B.E. (2008). Nearest management is important for health and safety. A longitudinal study of perceived working conditions in offshore and onshore petroleum industry. *Maritime Medicine Journal*, 8(1), 38-55.

Hwang, Y.H., Chiang, H.Y., Yen-Jean, M.C., et Wang, J.D. (2009). The association between low levels of lead in blood and occupational noise-induced hearing loss in steel workers. *Science of the Total Environment*, 408(1), 43-49.

ILO. (1980). *Working conditions and working environment in the petroleum industry including offshore activities. Ninth session*. Geneva: International Labour Organisation

- Ingemansson, S., et Elvhammar, H. (1982). *Réduction du bruit. Principes et pratique*. Naerum, Denmark.
- ISO. (2009). *Acoustique – Détermination de l'exposition au bruit en milieu de travail- Méthode d'expertise. Norme internationale NF EN ISO 9612*. Geneva: International Standards Organisation
- Jacobsen, P., Hein, H.O., Suadicani, P., Parving, A., et Gyntelberg, F. (1993). Mixed solvent exposure and hearing impairment: an epidemiological study of 3284 men. The Copenhagen male study. *Occupational Medicine (Oxford, England)*, 43(4), 180-184.
- Jarup, L., Babisch, W., Houthuijs, D., Pershagen, G., Katsouyanni, K., Cadum, E., Dudley, M.L., Savigny, P., Seiffert, I., et Swart, W. (2008). Hypertension and exposure to noise near airports: the HYENA study. *Environmental Health Perspectives*, 116(3), 329-333.
- Jastreboff, P.J., et Hazell, J.W.P. (2004). *Tinnitus retraining therapy: Implementing the neurophysiological model*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Johnson, A.C. (2007). Relationship between styrene exposure and hearing loss: review of human studies. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health*, 20(4), 315-325.
- Johnson, A.C., Juntunen, L., Nylén, P., Borg, E., et Hoglund, G. (1988). Effect of interaction between noise and toluene on auditory function in the rat. *Acta Oto-Laryngologica*, 105(1-2), 56-63.
- Johnson, A.C., et Nylén, P.R. (1995). Effects of industrial solvents on hearing. *Occupational Medicine*, 10(3), 623-640.
- JORA. (1997). *Arrêté interministeriel du 4 Safar 1418 correspondant au 9 Juin 1997 fixant la liste des travaux ou les travailleurs sont fortement exposés aux risques professionnels*. (75). Journal officiel de la République Algérienne.
- Judd, S.H. (1970). *L'atténuation du bruit dans les raffineries déjà construites. Traduction I.N.R.S. 112 B-72*. présenté à la conférence 35ème réunion mi-annuelle de la Division of refining de l'American petroleum institute, Houston, 13-15 mai, New-York.
- Kim, J., Park, H., Ha, E., Jung, T., Paik, N., et Yang, S. (2005). Combined effects of noise and mixed solvents exposure on the hearing function among workers in the aviation industry. *Industrial Health*, 43(3), 567-573.
- Kisku, G.C., et Bhargava, S.K. (2006). Assessment of noise level of a medium scale thermal power plant. *Indian Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 10(3), 133-139.

Kowalska, S., Sulkowski, W., et Sinczuk-Walczak, H. (2000). [Assessment of the hearing system in workers chronically exposed to carbon disulfide and noise]. *Medycyna Pracy*, 51(2), 123-138 (lecture du résumé en anglais seulement).

Lacerda, A., Leroux, T., et Gagn, J.P. (2005). The combined effect of noise and carbon monoxide on hearing thresholds of exposed workers. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 117, 2481.

Landen, D., Wilkins, S., Stephenson, M., et McWilliams, L. (2004). Noise exposure and hearing loss among sand and gravel miners. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 1(8), 532-541.

Landon, P., Breysse, P., et Chen, Y. (2005). Noise exposures of rail workers at a North American chemical facility. *American Journal of Industrial Medicine*, 47(4), 364-369.

Laurell, G.F. (1992). Combined effects of noise and cisplatin: short- and long-term follow-up. *Annals of Otology Rhinology & Laryngology*, 101(12), 969-976.

Le Prell, C.G., Yamashita, D., Minami, S.B., Yamasoba, T., et Miller, J.M. (2007). Mechanisms of noise-induced hearing loss indicate multiple methods of prevention. *Hearing Research*, 226(1-2), 22-43.

Legris, M., et Poulin, P. (1998). Noise exposure profile among heavy equipment operators, associated laborers, and crane operators. *American Industrial Hygiene Association Journal*, 59(11), 774-778.

Lehmann, E.L. (1975). The comparison of more than two treatments. Dans Lehmann, E.L. et D'Abbrera, H.J.M. (Eds.), *Nonparametrics : Statistical Methods Based on Ranks* (p. 202-259). San Francisco: Holden-Day, McGraw-Hill International Book.

Leidel, N.A., Busch, K.A., et Lynch, J.R. (1977). *Occupational exposure sampling strategy manual*. Washington, D.C. United States U.S. Department of Health Education and Welfare.

Liu, Y.M., Li, X.D., Li, Y.S., Guo, X., Xiao, L.W., Xiao, Q.H., He, G.Q., et Wu, L. (2008). [Effect of environmental risk factors in occupational noise exposure to Noise-induced hearing loss]. *Zhonghua Lao Dong Wei Sheng Zhi Ye Bing Za Zhi*, 26(12), 721-724 (lecture du résumé en anglais seulement).

Lund, S.P., et Kristiansen, G.B. (2008). Hazards to hearing from combined exposure to toluene and noise in rats. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health*, 21(1), 47-57.

Malchaire, J. (1991). Mise en pratique de la nouvelle réglementation concernant l'exposition professionnelle au bruit. *Cahiers de Médecine du Travail*, XXVII(I), 3-10.

Malchaire, J. (1993). *Programmes de conservation de l'audition, organisation en milieu industriel* (Vol. 9 Collection de monographies de médecine du travail). Paris: Masson.

Malchaire, J., et Piette, A. (1997). A comprehensive strategy for the assessment of noise exposure and risk of hearing impairment. *Annals of Occupational Hygiene*, 41(4), 467-484.

Maschke, C. (2007). *Mechanisms controlling the interaction between noise and particles*. présenté à la conférence Proceedings of the International Workshop on "Combined Environmental Exposure: Noise, Air pollutants and Chemicals", 15-16 January, Ispra, Italy.

May, J.J. (2000). Occupational hearing loss. *American Journal of Industrial Medicine*, 37(1), 112-120.

Mbuligwe, S.E. (2004). Levels and influencing factors of noise pollution from small-scale industries (SSIs) in a developing country. *Environmental Management*, 33(6), 830-839.

McCrae, J.S., Cumming, R.P., Davidson, W.K., Donald, K.W., Houston, R., Kirkby, M.A., MacLachlan, W.P.G., Roberts, G.B.S., Robinson, H.G., Smith, G., Taylor, J.W., C.D., F., et Mackay, J. (1975). Medical aspects of North Sea oil. *British Medical Journal*, 3(5983), 576-580.

McMahon, C.M., Kifley, A., Rochtchina, E., Newall, P., et Mitchell, P. (2008). The contribution of family history to hearing loss in an older population. *Ear and Hearing*, 29(4), 578-584.

Melling, T.H. (1975). Noise on offshore platforms. *Noise control and vibration reduction*, 7, 205-209.

Minitab Inc. (2011). *Minitab 16 logiciel de statistiques*. State College PA.

Mizoue, T., Miyamoto, T., et Shimizu, T. (2003). Combined effect of smoking and occupational exposure to noise on hearing loss in steel factory workers. *Occupational and Environmental Medicine*, 60(1), 56-59.

Mohammadi, S., Mazhari, M.M., Mehrparvar, A.H., et Attarchi, M.S. (2010a). Cigarette smoking and occupational noise-induced hearing loss. *European Journal of Public Health*, 20(4), 452-455.

Mohammadi, S., Mazhari, M.M., Mehrparvar, A.H., et Attarchi, M.S. (2010b). Effect of simultaneous exposure to occupational noise and cigarette smoke on binaural hearing impairment. *Noise & Health*, 12(48), 187-190.

Morata, T.C. (1989). Study of the effects of simultaneous exposure to noise and carbon disulfide on workers' hearing. *Scandinavian Audiology*, 18(1), 53-58.

Morata, T.C. (1998). Assessing occupational hearing loss: beyond noise exposures. *Scandinavian Audiology. Supplementum*, 48, 111-116.

Morata, T.C. (2002). Interaction between noise and asphyxiants: a concern for toxicology and occupational health. *Toxicological Sciences*, 66(1), 1-3.

Morata, T.C., Dunn, D.E., Kretschmer, L.W., Lemasters, G.K., et Keith, R.W. (1993). Effects of occupational exposure to organic solvents and noise on hearing. *Scandinavian Journal of Work Environment & Health*, 19(4), 245-254.

Morata, T.C., Dunn, D.E., et Sieber, W.K. (1994). Occupational exposure to noise and ototoxic organic solvents. *Archives of Environmental Health*, 49(5), 359-365.

Morata, T.C., Engel, T., Durao, A., Costa, T.R., Krieg, E.F., Dunn, D.E., et Lozano, M.A. (1997). Hearing loss from combined exposures among petroleum refinery workers. *Scandinavian Audiology*, 26(3), 141-149.

Morata, T.C., et Lemasters, G.K. (1995). Epidemiologic considerations in the evaluation of occupational hearing loss. *Occupational Medicine*, 10(3), 641-656.

Moshe, S., Frenkel, A., Hager, M., Skulsky, M., Sulkis, J., et Himelfarbe, M. (2002). Effects of occupational exposure to mercury or chlorinated hydrocarbons on the auditory pathway. *Noise & Health*, 4(16), 71-77.

Mulhausen, J. (2011). IHSTATS for AIHA EASC Book. Fairfax, VA. Repéré à <http://www.aiha.org/searchcenter/pages/results.aspx?k=multilingue%20ihstat%2B>

Mulhausen, J., et Damiano, J. (2006). Establishing Similar Exposure Groups. Dans Ignacio, J.S. et Bullock, W.H. (Eds.), *A Strategy for Assessing and Managing Occupational Exposures Third Edition* (p. 33-44). Fairfax, VA: AIHA.

Mulheran, M., et Harpur, E.S. (1998). The effect of gentamicin and furosemide given in combination on cochlear potentials in the guinea pig. *British Journal of Audiology*, 32(1), 47-56.

Nakanishi, N., Okamoto, M., Nakamura, K., Suzuki, K., et Tatara, K. (2000). Cigarette smoking and risk for hearing impairment: a longitudinal study in Japanese male office workers. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 42(11), 1045-1049.

Narlwar, U.W., Surjuse, B.G., et Thakre, S.S. (2006). Hypertension and hearing impairment in workers of iron and steel industry. *Indian Journal of Physiology and Pharmacology*, 50(1), 60-66.

Neitzel, R., Seixas, N., Goldman, B., et Daniell, W. (2004). Contributions of non-occupational activities to total noise exposure of construction workers. *Annals of Occupational Hygiene*, 48(5), 463-473.

Neitzel, R., Seixas, N.S., Camp, J., et Yost, M. (1999). An assessment of occupational noise exposures in four construction trades. *American Industrial Hygiene Association Journal*, 60(6), 807-817.

NIOSH. (1998). *Criteria for Recommended Standard. Occupational Noise Exposure, Revised Criteria 1998 (DHHS/NIOSH 98-126)*. Cincinnati: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Centers for Disease Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health.

NIOSH. (2007). *NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards. DHHS (NIOSH) Publication No. 2005-149*. Cincinnati: U.S. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health.

Niven, K., et McLeod, R. (2009). Offshore industry: management of health hazards in the upstream petroleum industry. *Occupational Medicine (Oxford, England)*, 59(5), 304-309.

Ohgami, N., Kondo, T., et Kato, M. (2011). Effects of light smoking on extra-high-frequency auditory thresholds in young adults. *Toxicology and Industrial Health*, 27(2), 143-147.

OMS. (2002). Quantification de certains risques majeurs pour la santé. Dans Organisation mondiale de la Santé (Ed.), *Rapport sur la santé dans le monde 2002 : Réduire les risques et promouvoir une vie saine* (p. 51-104). Genève.

Palmer, K.T., Griffin, M.J., Syddall, H.E., et Coggon, D. (2004). Cigarette smoking, occupational exposure to noise, and self reported hearing difficulties. *Occupational and Environmental Medicine*, 61(4), 340-344.

Patel, J.A., et Broughton, K. (2002). Assessment of the noise exposure of call centre operators. *Annals of Occupational Hygiene*, 46(8), 653-661.

Pelmeur, P.L. (1985). Noise and health. Dans Tempest, W. (Ed.), *The Noise Handbook* (p. 41-46). London: Academic Press Inc.

Petrick, M.E., Royster, L.H., Royster, J.D., et Reist, P. (1996). Comparison of daily noise exposures in one workplace based on noise criteria recommended by ACGIH and OSHA. *American Industrial Hygiene Association Journal*, 57(10), 924-928.

Phillips, J.I., Heyns, P.S., et Nelson, G. (2007). Rock drills used in South African mines: a comparative study of noise and vibration levels. *Annals of Occupational Hygiene*, 51(3), 305-310.

Picard, M., Girard, S.A., Courteau, M., Leroux, T., Larocque, R., Turcotte, F., Lavoie, M., et Simard, M. (2008). Could driving safety be compromised by noise exposure at work and noise-induced hearing loss? *Traffic Injury Prevention*, 9(5), 489-499.

Pouryaghoub, G., Mehrdad, R., et Mohammadi, S. (2007). Interaction of smoking and occupational noise exposure on hearing loss: a cross-sectional study. *BMC Public Health*, 7(1), 137-142.

Prasher, D., Morata, T., Campo, P., Fechter, L., Johnson, A.C., Lund, S.P., Pawlas, K., Starck, J., Sliwinska-Kowalska, M., et Sulkowski, W. (2002). NoiseChem: An European Commission research project on the effects of exposure to noise and industrial chemicals on hearing and balance. *Noise & Health*, 4(14), 41-48.

Pyykko, I., Starck, J., et Pekkarinen, J. (1986). Further evidence of a relation between noise-induced permanent threshold shift and vibration-induced digital vasospasms. *American Journal of Otolaryngology*, 7(6), 391-398.

Rabinowitz, P.M., Galusha, D., Dixon-Ernst, C., Slade, M.D., et Cullen, M.R. (2007). Do ambient noise exposure levels predict hearing loss in a modern industrial cohort? *Occupational and Environmental Medicine*, 64(1), 53-59.

Rezk-Kallah, B., Bordji, Y., Larmed, K., Fyad, A., et Tebboune, C.B. (2006). Evaluation du risque de surdité dans une entreprise textile. *Archives des Maladies Professionnelles et de l'Environnement*, 67(2), 368-370.

Robinson, C. (2001). *Implementation of noise at work regulations, off shore*. Aberdeen: HSE Offshore Technology Report.

Rockwell, T.H. (1983). Personal vs area noise exposure monitoring. *National Safety News*, 128, 90-93.

Rose, A.S., Ebert, C.S.J., Prazma, J., et Pillsbury, H.C.I. (2008). Noise exposure levels in stock car auto racing. *Ear, Nose, and Throat Journal*, 87(12), 689-692.

Runion, H.E. (1988). Occupational exposures to potentially hazardous agents in the petroleum industry. *Occupational Medicine*, 3(3), 431-444.

Sadhra, S., Jackson, C.A., Ryder, T., et Brown, M.J. (2002). Noise exposure and hearing loss among student employees working in university entertainment venues. *Annals of Occupational Hygiene*, 46(5), 455-463.

Santé Canada. (2001). *Le bruit des avions civils à proximité des aéroports - effets sur la santé humaine - Bruits, stress et maladies cardio-vasculaires* Ottawa: Bureau de la protection contre les rayonnements des produits cliniques et de consommation, Direction générale de la santé environnementale et de la sécurité des consommateurs.

Sass-Kortsak, A.M., Corey, P.N., et Robertson, J.M. (1995). An investigation of the association between exposure to styrene and hearing loss. *Annals of Epidemiology*, 5(1), 15-24.

Schaper, M., Demes, P., Zupanic, M., Blaszkewicz, M., et Seeber, A. (2003). Occupational toluene exposure and auditory function: results from a follow-up study. *Annals of Occupational Hygiene*, 47(6), 493-502.

Schaper, M., Seeber, A., et van Thriel, C. (2008). The effects of toluene plus noise on hearing thresholds: an evaluation based on repeated measurements in the German printing industry. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health*, 21(3), 191-200.

Schnatter, A.R., Theriault, G., Katz, A.M., Thompson, F.S., Donaleski, D., et Murray, N. (1992). A retrospective mortality study within operating segments of a petroleum company. *American Journal of Industrial Medicine*, 22(2), 209-229.

Seixas, N., Neitzel, R., Sheppard, L., et Goldman, B. (2005). Alternative metrics for noise exposure among construction workers. *Annals of Occupational Hygiene*, 49(6), 493-502.

Seixas, N., Sheppard, L., et Neitzel, R. (2003). Comparison of Task-Based Estimates With Full-Shift Measurements of Noise Exposure. *American Industrial Hygiene Association Journal*, 64, 823-829.

Seris, J., Gargour, C., et Laville, F. (2007). *VAD INNES: A voice activity detector for noisy industrial environments*. présenté à la conférence Circuits and Systems, MWSCAS 5-8 Aug. 2007. 50th Midwest Symposium.

Shackleton, S., et Piney, M.D. (1984). A comparison of two methods of measuring personal noise exposure. *Annals of Occupational Hygiene*, 28(4), 373-390.

Singh, L.P., Bhardwaj, A., et Deepak, K.K. (2010). Occupational exposure in small and medium scale industry with specific reference to heat and noise. *Noise & Health*, 12(46), 37-48.

Sliwinska-Kowalska, M. (2007). Exposure to organic solvent mixture and hearing loss: literature overview. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health*, 20(4), 309-314.

Sliwinska-Kowalska, M., Bilski, B., Zamyslowska-Szmytke, E., Kotylo, P., Fiszer, M., Wesolowski, W., Pawlaczyk-Luszczynska, M., Kucharska, M., et Dudarewicz, A. (2001). [Hearing impairment in the plastics industry workers exposed to styrene and noise]. *Medycyna Pracy*, 52(5), 297-303 (lecture du résumé en anglais seulement).

Sliwinska-Kowalska, M., Zamyslowska-Szmytke, E., Kotylo, P., Wesolowski, W., Dudarewicz, A., Fiszer, M., Pawlaczyk-Luszczynska, M., Politanski, P., Kucharska, M., et Bilski, B. (2000). [Assessment of hearing impairment in workers exposed to mixtures of organic solvents in the paint and lacquer industry]. *Medycyna Pracy*, 51(1), 1-10 (lecture du résumé en anglais seulement).

Sliwinska-Kowalska, M., Zamyslowska-Szmytko, E., Szymczak, W., Kotylo, P., Fiszer, M., Wesolowski, W., et Pawlaczyk-Luszczynska, M. (2003). Ototoxic effects of occupational exposure to styrene and co-exposure to styrene and noise. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 45(1), 15-24.

Sliwinska-Kowalska, M., Zamyslowska-Szmytko, E., Szymczak, W., Kotylo, P., Fiszer, M., Wesolowski, W., Pawlaczyk-Luszczynska, M., Bak, M., et Gajda-Szadkowska, A. (2004). Effects of coexposure to noise and mixture of organic solvents on hearing in dockyard workers. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 46(1), 30-38.

Smith, A.P., et Broadbent, D.E. (1991). *Non auditory effect of noise at work: a review of literature*. HSE Research Report n°30. Londres: Health and Safety Executive.

Spear, J.E. (2004). Industrial hygiene exposure assessments: worst-case versus random sampling, consulté le 10.12.2010, de la page web <http://www.jespear.com/articles.html>

Sriwattanatamma, P., et Breyse, P. (2000). Comparison of NIOSH noise criteria and OSHA hearing conservation criteria. *American Journal of Industrial Medicine*, 37(4), 334-338.

Stansfeld, S.A., et Matheson, M.P. (2003). Noise pollution: non-auditory effects on health. *British Medical Bulletin*, 68, 243-257.

Starck, J., Toppila, E., et Pyykko, I. (1999). Smoking as a risk factor in sensory neural hearing loss among workers exposed to occupational noise. *Acta Oto-Laryngologica*, 119(3), 302-305.

Steinsvag, K., Bratveit, M., et Moen, B.E. (2007). Exposure to carcinogens for defined job categories in Norway's offshore petroleum industry, 1970 to 2005. *Occupational and Environmental Medicine*, 64(4), 250-258.

Suter, A.H. (2000a). La nature et les effets du bruit. Dans Stellman, J.M. (Ed.), *Encyclopédie de Sécurité et de Santé au Travail*, 3^e édition française, traduction de la 4^e édition anglaise (p. 47.02-47.06). Genève: Bureau International du Travail.

Suter, A.H. (2000b). Les normes et la réglementation. In Stellman, J.M. (Ed.), *Encyclopédie de Sécurité et de Santé au Travail*, 3^e édition française, traduction de la 4^e édition anglaise (pp. 47.17-47.20). Genève: Bureau International du Travail.

Suter, A.H. (2000c). Standards and regulations. Dans Berger, E.H. (Ed.), *The Noise Manual* 5th edition (p. 639-668). Fairfax, VA: American Industrial Hygiene Association.

Talbott, E.O., Gibson, L.B., Burks, A., Engberg, R., et McHugh, K.P. (1999). Evidence for a dose-response relationship between occupational noise and blood pressure. *Archives of Environmental Health*, 54(2), 71-78.

- Teixeira, C.F., Augusto, L.G., et Morata, T.C. (2003). [Hearing health of workers exposed to noise and insecticides]. *Revista de Saude Publica*, 37(4), 417-423 (lecture du résumé en anglais seulement).
- Thiéry, L. (2009). L'évaluation du risque lié au bruit professionnel. *Archives des Maladies Professionnelles et de l'Environnement*, 70(6), 649-652.
- Thiéry, L., et Canetto, P. (2009). *Évaluer et mesurer l'exposition professionnelle au bruit INRS ED 6035*. Paris: Institut national de recherche et de sécurité.
- Thiéry, L., Louit, P., Lovat, G., Lucarelli, D., Raymond, F., Servant, J.-P., et Signorelli, C. (1994). *Exposition des travailleurs au bruit. Méthode de mesurages*. Paris: Institut National de Recherche et de Sécurité.
- Thorsen, O.V., et Dalva, M. (1995). A survey of faults on induction motors in offshore oil industry, petrochemical industry, gas terminals, and oil refineries. *IEEE Transactions on Industry Applications*, 31(5), 1186-1196.
- Toppila, E., Pyykko, I., et Starck, J. (2001). Age and noise-induced hearing loss. *Scandinavian Audiology*, 30(4), 236-244.
- Triebig, G., Bruckner, T., et Seeber, A. (2009). Occupational styrene exposure and hearing loss: a cohort study with repeated measurements. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 82(4), 463-480.
- Van Dijk, F.J.H. (1990). Epidemiological research on non-auditory effects of occupational noise exposure since 1983. Dans Berglund, B. et Lindvall, T. (Eds.), *New advances in Noise Research, part 1. Proceedings of the fifth International Congress on Noise as a Public Health Problem* (p. 285- 292). Stockholm: Swedish Council for Building Research.
- Van Eyken, E., Van Camp, G., et Van Laer, L. (2007). The complexity of age-related hearing impairment: contributing environmental and genetic factors. *Audiology and Neuro-Otology*, 12(6), 345-358.
- Vipperman, J.S., Bauer, E.R., et Babich, D.R. (2007). Survey of noise in coal preparation plants. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 121, 197-205.
- Virokannas, H., et Anttonen, H. (1995). Dose-response relationship between smoking and impairment of hearing acuity in workers exposed to noise. *Scandinavian Audiology*, 24(4), 211-216.
- Vyskocil, A., Leroux, T., Truchon, G., Lemay, F., Gagnon, F., Gendron, M., Boudjerida, A., El Majidi, N., et Viau, C. (2011). *Effet des substances chimiques sur l'audition - Interactions avec le bruit Rapport R-685*. Montréal: Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST).

Vyskocil, A., Leroux, T., Truchon, G., Lemay, F., Gagnon, F., Gendron, M., et Viau, C. (2008). Ototoxicity of trichloroethylene in concentrations relevant for the working environment. *Human & Experimental Toxicology*, 27(3), 195-200.

Vyskocil, A., Leroux, T., Truchon, G., Lemay, F., Gendron, M., Lim, S., Gagnon, F., El Majidi, N., Botez, S., Emond, C., et Viau, C. (2009). *Substances chimiques et effet sur l'audition - Revue de la littérature Rapport R-604*. Montréal: Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST).

Wang, J.D., Puel, J.-L., et Bobbin, R. (2007). Mechanisms of toxicity in the cochlea (Including physical, free radical: oxidative and anti-oxidative mechanisms, protein interactions, and defense mechanisms). Dans Campbell, K.C.M. (Ed.), *Pharmacology and Ototoxicity for Audiologists* (p. 70-85). Clifton Park, NY: Thomson Delmar Learning.

Whitworth, C.A., Hudson, T.E., et Rybak, L.P. (1999). The effect of combined administration of cadmium and furosemide on auditory function in the rat. *Hearing Research*, 129(1-2), 61-70.

WHO. (1980). *Noise, Environmental Health Criteria 12*. Geneva: World Health Organization.

Wild, D.C., Brewster, M.J., et Banerjee, A.R. (2005). Noise-induced hearing loss is exacerbated by long-term smoking. *Clinical Otolaryngology*, 30(6), 517-520.

Wild, M. (1978). Le bruit et la sécurité. *Revue de la sécurité*, 9-21.

Wilkins, P.A., et Action, W.I. (1982). Noise and accidents--a review. *Annals of Occupational Hygiene*, 25(3), 249-260.

Wu, T.N., Shen, C.Y., Lai, J.S., Goo, C.F., Ko, K.N., Chi, H.Y., Chang, P.Y., et Liou, S.H. (2000). Effects of lead and noise exposures on hearing ability. *Archives of Environmental Health*, 55(2), 109-114.

Zhan, W., Cruickshanks, K.J., Klein, B.E., Klein, R., Huang, G.H., Pankow, J.S., Gangnon, R.E., et Tweed, T.S. (2011). Modifiable determinants of hearing impairment in adults. *Preventive Medicine*, In Press, Corrected Proof.

ANNEXES

Annexe I

Observation prise durant la journée de travail du 17-02-2010 de l'opérateur 2

Heures	Opérateur 2 (Op2)	Heures	Opérateur 2 (Op2)
7 h : 00	Arrivée à la station de compression et Début de quart de travail	10 h : 10	Ronde module 1 et 2 avec, respectivement, les machines A1 et D2 en service (Port de bouchon stop bruit)
7 h : 10	Port du Dosimètre	10 h : 25	Vérification de la C3 module3 (Port de bouchon stop bruit)
7 h : 15	Sortie de Op2 du bâtiment XP vers les modules contenant les turbos compresseurs (Port de bouchon stop bruit)	10 h : 30	Snack (sans port de bouchons stop bruit)
7 h : 20	Ronde de contrôle module 2 avec machine D2 en service (Port de bouchon stop bruit): Rentrée dans le module, puis dans la chambre de turbine à gaz ; accès au niveau de la machine grâce à trois marches Température très élevée jusqu'à 500°C. Contrôle des paramètres ; niveau d'huile des caisses (L), Δ Pression, Température, pression ; des bruits anormaux des machines, des fuites d'huile ou de gaz, vérification de l'état des brides et de leur étanchéité. accès par des escalier au niveau supérieur où se trouve le compresseur ; vérification des paramètres et d'éventuelles fuites.	11 h : 50	Ronde module 1 et 2 avec, respectivement, les machines A1 et D2 en service (Port de bouchon stop bruit)
7 h : 25	sortie à l'extérieur du module coté process (baissede température à l'extérieur) pour contrôler les aéro réfrigérants placés à une hauteur de 8 m. Prendre les escaliers extérieurs pour accéder à un niveau supérieur pour contrôler les soupapes de sécurité, les aéro réfrigérants et les vannes de décompression, de by- pass des lignes d'arrivée et de départ	12 h : 20	Déjeuner (au restaurant) (sans port de bouchons stop bruit)
8 h : 00	Ronde dans module 1 avec machine A1 en service	13 h : 00	Salle de contrôle (sans port de bouchons stop bruit)
8 h : 10	Déplacement vers le locale des utilités pour contrôle des utilités	14 h : 20	Ronde module 1 et 2 avec, respectivement, les machines A1 et D2 en service (Port de bouchon stop bruit)
8 h : 15	retour salle de contrôle	14 h : 25	Recyclage de la A1 dans module 1
8 h : 30	Snack (sans port de bouchons stop bruit)	14 h : 35	Salle de contrôle (sans port de bouchons stop bruit)
8 h : 40	Démarrage de la C3 dans le module 3 (Port de bouchon stop bruit)	15 h : 30	Ronde module 1 et 2 avec, respectivement, les machines A1 et D2 en service (Port de bouchon stop bruit)
9 h : 20	Salle de contrôle (sans port de bouchons stop bruit)	15 h : 40	Démarrage du turbo générateur (Port de bouchon stop bruit)
9 h : 25	Redémarrage de la C3 dans le module 3 (Port de bouchon stop bruit)	16 h : 00	Fin du démarrage du turbo générateur (Port de bouchon stop bruit)
9 h : 55	Recyclage de la C3 dans le module 3 (Port de bouchon stop bruit)	16 h : 10	Ronde module 1 et 2 avec, respectivement, les machines A1 et D2 en service (Port de bouchon stop bruit)
10 h : 05	Mise en charge de la C3 dans le module 3 (Port de bouchon stop bruit)	16 h : 45	Salle de contrôle (sans port de bouchons stop bruit)
		17 h : 15	Sortie vers bâtiment sécurité (port de bouchons stop bruit)
		18 h : 00	Ronde module 1 et 2 avec, respectivement, les machines A1 et D2 en service (Port de bouchon stop bruit)
		18 h :55	Retrait du Dosimètre
		19 h : 00	Fin de quart et retour à la base de vie en auto bus

Annexe II

Tableau I: Données d'échantillonnage du GEH opérateur (ISO)

Échantillons ISO	Date de mesure	Durée de mesure	Lavg=Leq dB(A)	Lex 8h dB(A)	Dose %
Op1	11.02.2010	11:39	97	99	1456
Op1	12.02.2010	11:41	95	97	2336
Op1	13.02.2010	11:40	93	95	1469
Op1	14.02.2010	11:41	94	96	1854
Op1	15.02.2010	11:41	91	93	927
Op1	16.02.2010	11:46	95	97	2353
Op 2	17.02.2010	11:37	93	95	1463
Op 2	18.02.2010	11:46	92	94	1176
Op 2	19.02.2010	11:47	92	94	1178
Op 2	20.02.2010	11:52	93	95	1495
Op 2	21.02.2010	11:47	88	90	467
Op 3	11.03.2010	11:51	93	95	1493
Op 3	12.03.2010	11:54	86	88	297
Op 3	13.03.2010	11:40	102	104	11759
Op 3	14.03.2010	11:47	90	92	742
Op 4	09.04.2010	11:46	92	94	1176
Op 4	10.04.2010	11:41	90	92	736
Op 4	11.04.2010	11:47	91	93	935
Op 4	12.04.2010	11:46	92	94	1176
Op 5	13.04.2010	11:38	84	86	183
Op 5	14.04.2010	11:29	84	86	180
Op 5	15.02.2010	11:43	83	85	146
Op 5	16.04.2010	11:44	92	94	1173
Op 6	14.06.2010	9:17	89	89	367
Op 6	15.06.2010	9:41	89	89	371
Op 6	16.06.2010	9:45	89	89	367
Op 6	17.06.2010	8:49	89	89	367

Op : Opérateur, Sup : Superviseur, TTab : Technicien tableau

Tableau II: Données d'échantillonnage du GEH superviseur et le GEH technicien-tableau (ISO)

Échantillons ISO	Date de mesure	Durée de mesure	Lavg=Leq dB(A)	Lex 8h dB(A)	Dose %
Sup 1	11.02.2010	11:40	97	99	3703
Sup 1	12.02.2010	11:04	93	95	1394
Sup 1	19.02.2010	11:32	94	96	1830
Sup 1	20.02.2010	11:47	93	95	1484
Sup 1	21.02.2010	11:47	90	92	742
Sup 1	22.02.2010	11:57	90	92	752
Sup 2	17.03.2010	11:50	79	81	58
Sup 2	18.03.2010	11:48	87	88	295
Sup 2	19.03.2010	11:44	93	95	1478
Sup 2	20.03.2010	11:47	84	86	185
Sup 3	09.04.2010	11:48	94	96	1873
Sup 3	10.04.2010	11:44	95	97	2346
Sup 3	11.04.2010	11:47	92	94	1178
Sup 3	12.04.2010	11:43	88	90	465
Sup 4	16.06.2010	11:32	92	94	1153
Sup 4	17.06.2010	11:45	92	94	1175
Sup 4	18.06.2010	11:39	92	94	1165
Sup 4	19.06.2010	11:40	93	95	1469
TTab 1	03.03.2010	11:33	70	72	7
TTab 1	04.03.2010	11:53	70	72	7
TTab 1	05.03.2010	11:48	70	72	7
TTab 1	06.03.2010	11:51	69	71	5
TTab 2	07.03.2010	11:57	74	76	18
TTab 2	08.03.2010	11:44	77	79	36
TTab 2	09.03.2010	11:42	75	77	23
TTab 2	10.03.2010	11:37	72	74	11
TTab 3	13.04.2010	11:37	75	77	22
TTab 3	14.04.2010	11:40	74	76	18
TTab 3	15.04.2010	11:49	75	77	23
TTab 4	21.04.2010	11:49	74	76	18
TTab 4	22.04.2010	11:37	73	75	14
TTab 4	23.04.2010	11:34	76	78	28
TTab 4	24.04.2010	11:43	74	76	18
TTab 5	18.06.2010	11:40	71	73	9
TTab 5	19.06.2010	11:36	74	76	18
TTab 5	20.06.2010	11:48	73	75	14
TTab 5	21.06.2010	11:39	75	77	22

Op : Opérateur, Sup : Superviseur, TTab : Technicien tableau

Tableau III : Données d'échantillonnage du GEHs opérateur, superviseur et technicien-tableau (AIHA)

Échantillons AIHA	Date de mesure	Durée de mesure	Lavg=Leq dB(A)	Lex 8h dB(A)	Dose %
Op 1	12.07.2010	11:41	87	89	369,6
Op 2	13.07.2010	11:32	88	90	457,7
Op 3	14.07.2010	11:36	82	84	115,1
Op 4	15.07.2010	11:39	90	92	733,9
Op 5	16.07.2010	11:44	86	88	293,3
Op 6	17.07.2010	11:37	84	86	183,0
Op 7	18.07.2010	11:40	88	90	463,0
Op 8	19.07.2010	11:43	85	87	232,5
Op 9	20.07.2010	11:45	86	88	293,8
Op 10	21.07.2010	12:03	90	92	759,1
Op 11	22.07.2010	11:39	95	97	2326,7
Op 12	23.07.2010	11:51	92	94	1185,0
Sup 1	12.07.2010	11:23	80	82	71,1
Sup 2	13.07.2010	11:32	88	90	457,7
Sup 3	14.07.2010	11:20	84	86	178,5
Sup 4	15.07.2010	12:00	85	87	238,1
Sup 5	16.07.2010	11:27	84	86	180,3
Sup 6	17.07.2010	11:28	78	80	45,1
Sup 7	18.07.2010	11:22	92	94	1136,7
Sup 8	19.07.2010	9:17	90	91	450,0
TTab 1	30.07.2010	11:39	77,0	79	36,4
TTab 2	01.07.2010	11:37	78,0	80	45,7
TTab 3	02.07.2010	11:43	75,0	77	23,1
TTab 4	03.07.2010	11:43	74,0	76	18,3
TTab 5	01.07.2010	11:19	75,0	77	22,3
TTab 6	05.07.2010	11:25	73,0	75	14,2
TTab 7	06.07.2010	11:17	71,0	73	8,8
TTab 8	07.07.2010	11:04	74,0	76	17,3
TTab 9	08.07.2010	11:16	74,0	76	17,6
TTab 10	09.07.2010	11:37	75,0	77	22,9
TTab 11	10.07.2010	11:32	75,0	77	22,7
TTab 12	11.07.2010	11:26	73,0	75	14,2

Op : Opérateur, Sup : Superviseur, TTab : Technicien tableau

Tableau IV: Données d'échantillonnage du GEH opérateur nuit (AIHA)

Échantillons	Date de mesure	Durée de mesure	Lavg=Leq dB(A)	Lex 8h dB(A)	Dose %
Op 1 N	06.07.2010	11:54	100	102	7556
Op 2 N	07.07.2010	11:48	96	98	2973
Op 3 N	08.07.2010	11:49	101	103	9453
Op 4 N	09.07.2010	11:50	92	94	1183
Op 5 N	10.07.2010	11:45	88	90	466
Op 6 N	11.07.2010	11:48	92	94	1178
Op 7 N	12.07.2010	11:48	95	97	2356
Op 8 N	13.07.2010	11:43	90	92	738
Op 9 N	14.07.2010	11:46	91	93	933
Op 10 N	15.07.2010	11:53	86	88	305
Op 11 N	16.07.2010	11:43	87	89	369
Op 12 N	17.07.2010	11:38	89	91	581

Op N: Opérateur nuit

Tableau V : Données d'échantillonnage du GEHs mécanicien, électricien et instrumentiste (ISO)

Échantillons ISO	Date de mesure	Durée de mesure	Lavg=Leq dB(A)	Lex 8h dB(A)	Dose %
Méca 1	13.02.2010	6:31	80	73	6
Méca 1	14.02.2010	8:49	85	85	110,2
Méca 1	15.02.2010	8:25	85	85	105,2
Méca 1	16.02.2010	8:36	84	84	85,3
Méca 1	17.02.2010	7:58	88	88	199,2
Méca 1	18.02.2010	8:25	87	87	167
Méca 2	08.03.2010	8:54	82	82	70,1
Méca 2	09.03.2010	8:39	86	86	85,8
Méca 2	10.03.2010	10:38	84	86	531,7
Méca 2	11.03.2010	8:57	79	79	88,8
Méca 3	13.03.2010	9:47	82	83	77
Méca 3	14.03.2010	9:33	83	84	84,4
Méca 2	15.03.2010	9:46	90	91	488,3
Méca 3	16.03.2010	9:12	83	84	81,3
Méca 4	21.04.2010	9:34	88	90	379,7
Méca 4	22.04.2010	9:32	91	93	756,7
Méca 4	23.04.2010	9:26	82	83	74,3
Méca 4	24.04.2010	9:23	82	84	93,1
Élec 1	03.03.2010	9:03	85	86	142,5
Élec 1	04.03.2010	9:12	82	83	72,4
Élec 1	06.03.2010	8:43	90	90	345,9
Élec 1	07.03.2010	8:52	87	87	175,9
Élec 2	05.04.2010	9:22	79	81	2,5
Élec 2	06.04.2010	10:06	85	87	34,7
Élec 2	07.04.2010	9:28	80	82	3,8
Élec 2	08.04.2010	9:23	78	80	1,4
Élec 3	17.04.2010	9:36	81	82	48
Élec 3	18.04.2010	9:17	91	92	462
Élec 3	19.02.2010	9:41	80	82	43
Élec 3	20.04.2010	9:45	81	83	55
Inst 1	15.03.2010	9:52	82	90	66
Inst 1	16.03.2010	9:20	75	75	14
Inst 1	17.03.2010	9:01	81	82	52
Inst 1	18.03.2010	9:40	80	81	46
Inst 2	05.04.2010	9:28	78	79	25
Inst 2	06.04.2010	10:08	85	86	131
Inst 2	07.04.2010	9:37	80	81	45
Inst 2	08.04.2010	9:24	80	81	46
Inst 3	17.04.2010	10:00	80	79	47
Inst 3	18.04.2010	9:18	85	86	144
Inst 3	19.02.2010	9:42	85	81	140
Inst 3	20.04.2010	9:42	78	81	24

Méca : Mécanicien, Élec : Électricien, Inst : Instrumentiste

Tableau VI : Données d'échantillonnage du GEHs mécanicien, électricien et instrumentiste (AIHA)

Échantillons AIHA	Date de mesure	Durée de mesure	Lavg=Leq dB(A)	Lex 8h dB(A)	Dose %
Méca 1	03.05.2010	9:38	84	85	120,42
Méca 2	04.05.2010	9:55	83	84	98,39
Méca 3	05.05.2010	9:34	94	95	1205,32
Méca 4	06.05.2010	9:24	88	89	296,08
Méca 5	07.05.2010	9:20	86	87	185,2
Méca 6	08.05.2010	9:19	90	91	465,83
Méca 7	09.05.2010	9:30	88	89	299,23
Méca 8	10.05.2010	9:37	84	85	120,21
Méca 9	11.05.2010	9:40	88	89	304,48
Méca 10	12.05.2010	9:40	94	95	1217,92
Méca 11	13.05.2010	9:41	84	85	121,04
Méca 12	14.05.2010	9:40	84	85	120,83
Élec 1	03.05.2010	9:35	89	90	380,31
Élec 2	04.05.2010	9:52	89	90	391,56
Élec 3	05.05.2010	9:31	89	90	377,67
Élec 4	06.05.2010	9:22	84	85	117,08
Élec 5	07.05.2010	9:24	86	87	186,52
Élec 6	08.05.2010	9:22	88	89	295,03
Élec 7	09.05.2010	9:29	89	90	376,35
Élec 8	10.05.2010	9:50	84	85	122,92
Élec 9	11.05.2010	9:36	77	78	23,81
Élec 10	12.05.2010	9:42	88	89	305,53
Élec 11	13.05.2010	9:22	84	85	117,08
Élec 12	14.05.2010	9:24	81	82	58,75
Inst 1	30.07.2010	10:15	85	86	177,18
Inst 2	01.07.2010	9:34	83	84	94,91
Inst 3	02.07.2010	10:21	82	83	89,38
Inst 4	03.07.2010	9:19	90	92	586,91
Inst 5	01.07.2010	9:29	87	89	298,71
Inst 6	05.07.2010	9:45	87	89	307,11
Inst 7	06.07.2010	9:48	76	78	24,31
Inst 8	07.07.2010	9:40	81	83	76,12
Inst 9	08.07.2010	9:36	77	79	30
Inst 10	09.07.2010	9:17	85	87	184,2
Inst 11	10.07.2010	9:11	76	78	22,78
Inst 12	11.07.2010	9:35	80	82	59,9

Méca : Mécanicien, Élec : Électricien, Inst : Instrumentiste

2. Résultats du test de Mann Withney pour le GEH opérateurs

GEH Opérateurs		N	Médiane
	Op am	12	89,500
	Op pm	12	93,500
jour/nuit	L'estimation ponctuelle de ETA1-ETA2 est -4,000		
(AIHA)	Le pourcentage IC (95,4) pour ETA1-ETA2 est (-8,001 ; -0,997)		
	W = 110,0		
	Le test de ETA1 = ETA2 contre ETA1 non = ETA2 est significatif sur 0,0226		
	Le test est significatif sur 0,0220 (ajusté pour les nombres de même grandeur)		

