



**HAL**  
open science

## Risques liés aux vibrations corps entier chez les jardiniers de golf de Bossey

Anne-Laure Balthazard

► **To cite this version:**

Anne-Laure Balthazard. Risques liés aux vibrations corps entier chez les jardiniers de golf de Bossey. Médecine humaine et pathologie. 2011. dumas-00636384

**HAL Id: dumas-00636384**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-00636384>**

Submitted on 27 Oct 2011

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

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

**UNIVERSITE JOSEPH FOURIER  
FACULTE DE MEDECINE DE GRENOBLE**

**ANNEE 2011**

**N°**

**RISQUES LIES AUX VIBRATIONS CORPS ENTIER CHEZ LES  
JARDINIERS DE GOLF DE BOSSEY**

**THESE  
PRESENTEE POUR L'OBTENTION DU DOCTORAT EN MEDECINE  
DIPLOME D'ETAT**

**BALTHAZARD ANNE-LAURE**

Née le 01/02/1981

A Aix-Les-Bains

THESE SOUTENUE PUBLIQUEMENT A LA FACULTE DE MEDECINE DE  
GRENOBLE

Le : 25 octobre 2011

DEVANT LE JURY COMPOSE DE :

Président du jury : Professeur Régis DE GAUDEMARIS

Membres :

Professeur Anne MAITRE

Professeur Robert JUVIN

Docteur Olivier SUROT

# Remerciements

Ce travail de thèse a été réalisé à la MSA des Alpes du Nord principalement sur le site d'Annecy.

Je remercie très sincèrement le Docteur Olivier Surot, directeur de thèse et le Docteur Bruno Sénéchal, pour l'intérêt qu'ils ont porté à cette thèse, leurs précieux conseils, leur temps et les discussions ouvertes que nous avons eues ont permis de réaliser ce travail dans un climat très favorable.

Je suis très honorée que le Professeur De Gaudemaris ait accepté d'être président de mon jury. Ses connaissances et son expérience sont pour moi source d'estime et d'enseignement.

J'ai grandement apprécié la présence au sein de mon jury du Professeur Anne Maître et du Professeur Juvin. Je les remercie de me faire l'honneur de participer au jugement de ce travail.

Un merci très chaleureux à Sébastien Montigny et à toute l'équipe de la MSA aussi bien à Grenoble qu'Annecy pour leur soutien.

Merci à toute l'équipe des jardiniers de golf de Bossey et plus particulièrement à son greenkeeper.

Pour finir, un grand merci à Benoit Froment pour ses encouragements, son soutien et ses corrections.

## TABLE DES MATIERES

### INTRODUCTION

<b>1. – DESCRIPTION DE L’ACTIVITE DE JARDINIER DE GOLF A BOSSEY .....</b>	<b>10</b>
1.1: l’activité de tonte. ....	10
1.2 : activités plus spécifiques réalisées en saison.....	14
1.2.1 : tâches réalisées sur le green.....	14
1.2.2 : travail sur les bunkers.....	18
1.2.3 : taille des végétaux.....	21
1.2.4 : entretien du fairway. ....	22
1.3 : le soufflage des feuilles .....	24
1.4 : L’élagage .....	24
1.5 : Le débroussaillage.....	25
1.6 : le traitement phyto sanitaire .....	26
1.7 : L’arrosage .....	29
1.8 : Les activités réalisées en arrière saison .....	30
1.8.1 : travaux de petite maçonnerie.....	30
1.8.2 : terrassement .....	31
1.8.3 : réfection des chemins.....	31
1.8.4 : entretien des massifs et des arbres. ....	31
1.8.5 : plantation.....	31
1.8.6 : travaux sur les bassins .....	31
1.9 : l’atelier .....	31
<b>2. – LES RISQUES LIES AUX METIERS DE JARDINIER DE GOLF.....</b>	<b>33</b>
2.1 : risques liés à l’utilisation de machines des tondeuses. ....	33
2.1.1 : Les vibrations corps entier .....	33
2.1.2 : risques liés à la position assise prolongée et aux postures contraignantes. ....	33
2.1.3 : risques lié aux machines elles-mêmes. ...	34
2.1.4 : risques liés au bruit .....	34
2.2 : risques liés aux conditions physiques. ....	34
2.3 : risques liés à l’utilisation de machines portées à bras. ....	35

2.3.1. Risques liés au débroussaillage.....	35
2.3.2 : Risques liés au soufflage.....	35
2.3.3 : Risques lié à la taille des végétaux.....	36
2.3.4 : risque lié au binage/désherbage manuel...	36
2.3.5 : risque lié à l'utilisation du peigne de balayage de la rosée.....	37
2.4 : risques liés à l'utilisation de la pelle mécanique. ....	37
2.5 : risques liés à l'arrosage.....	37
2.6 : Risques liés à des activités réalisées plus rarement. ....	37
2.6.1 : Risques liés à l'activité d'aération.....	37
2.6.2 : Risques liés au décompactage.....	37
2.6.3 : Risques liés à l'activité de sablage.....	37
2.6.4 : Risques liés à l'activité de regarnissage....	39
2.7 : Risques liés aux activités liées à l'arrière saison.....	39
2.7.1 : Risques liés à la plantation.....	39
2.7.2 : Risques liés à la petite maçonnerie.....	39
2.7.3 : Risques liés au tronçonnage.....	39
2.7.4 : Risques liés à la réfection des chemins.....	40
2.8 : risques liés à l'atelier.....	40
2.9 : Mesure du stress professionnel et risques psycho sociaux...	41
<b>3. DEFINITION ET RAPPELS PHYSIQUES SUR LES VIBRATIONS.....</b>	<b>45</b>
3.1 : Définition d'une vibration.....	45
3.2 : Rappels physiques sur les vibrations .....	46
3.3 : Classification des vibrations .....	47
<b>4. BIBLIOGRAPHIE : EFFETS DES VIBRATIONS SUR LE CORPS HUMAIN.....</b>	<b>49</b>
4.1 : éléments de biodynamique du corps humain.....	49
4.2 : effets généraux sur le corps humain .....	52
4.3 : pathologies rachidiennes.....	54
4.3.1 : types de pathologies induites par les vibrations corps entier.....	54
4.3.2 : Maladies professionnelles.....	54

4.3.3 : Etudes épidémiologiques sur le lien entre vibrations corps entier et pathologies rachidiennes.....	59
<b>5. MATERIEL ET METHODES .....</b>	<b>72</b>
5.1 : Méthode d'évaluation des vibrations corps entier .....	72
5.2 : Mesure des vibrations corps entier grâce à l'EVEC .....	73
<b>6. RESULTATS DES MESURES.....</b>	<b>75</b>
6.1 : Mesures des vibrations lors de la tonte des green .....	75
6.2 : Mesures des vibrations lors d'autres activités de tonte .....	77
6.3 : Mesure des vibrations lors du ratissage des bunkers.....	90
<b>7. DISCUSSION.....</b>	<b>92</b>
7.1 : Discussion de la méthode utilisée. ....	92
7.2 : Discussion des normes et des résultats.....	93
7.2.1 : pour les machines à green.....	93
7.2.2 : pour les machines à fairway et à rough .....	94
7.2.3 : pour les machines à bunker .....	94
7.3 : Préconisations pour réduire les vibrations .....	95
7.3.1 : effet de réduction de la vitesse .....	95
7.3.2 : rôle de l'information des salariés .....	95
7.3.3 : influence du parcours .....	96
7.3.4 : rotation des personnes .....	97
7.3.5 : mise en place d'un siège adapté .....	97
7.3.6 : utilisation d'une machine moins vibrante .....	98
7.3.7 : amélioration de la posture .....	98
7.3.8 : diminuer les lombalgies d'autres activités .....	99
7.4 : Préconisations en matière d'autres risques .....	102
7.4.1 : le risque chimique .....	102
7.4.2 : risque lié à la cohabitation avec les joueurs de golf .....	103
<b>CONCLUSION.....</b>	<b>105</b>
<b>REFERENCES.....</b>	<b>107</b>

<b>ANNEXE : RAPPEL JURIDIQUE .....</b>	<b>110</b>
1.1 : Décrets et directives européens .....	110
1.1.1 : Directive européenne 2002/44/CE .....	110
1.1.2 : Directive 98/37/EC .....	110
1.1.3 : Loi n°85-610 du 18 juin 1985 .....	111
1.2 : Code du travail .....	111
1.2.1 : articles R4441-R4442.....	111
1.2.2 : articles concernant la prévention .....	112
1.2.3 : articles concernant les valeurs limites d'exposition réglementaires.....	112
1.2.4 : Articles concernant l'évaluation des risques.....	113
1.2.5 : articles concernant les moyens de prévention ....	114
1.2.6 : Articles R4446-1 à R4446-4.....	116
1.2.7 : Articles concernant l'information des salariés.....	117
1.3 : Décrets et arrêtés ministériels.....	117
1.3.1 : Décret n° 2005-746 du 4 juillet 2005.....	117
1.3.2. : Décret n°92-767 du 29 juillet 1992.....	119
1.3.3 : Arrêté du 4 mai 2007 et du 3 juillet 2007.....	119
1.3.4 : Arrêté ministériel du 20 octobre 2004.....	120

## **Introduction**

Chaque année le nombre de licenciés de golf ne cesse d'augmenter. Ils étaient 397000 en 2009 contre 410000 en 2010. Ainsi le golf représente le sixième sport le plus pratiqué en France. Pour s'occuper des 563 golfs français, 13000 emplois directs ont été créés avec plus de 7250 salariés dédiés entièrement à l'entretien des terrains.

Le golf se pratique sur un terrain (ou parcours) de golf. Généralement, un parcours compte 18 trous mais il peut n'en comporter que 9, voire moins. Selon son implantation et l'architecte qui l'a conçu, un parcours peut présenter des parties arborées, des buissons ou arbustes, mais aussi des plans d'eau, rivières ou ruisseaux, que l'on nomme obstacles. Placées à des endroits stratégiques, des pièces de sable, appelées bunkers permettent de pimenter le jeu. Chaque trou comporte quatre zones: le fairway ou allée (l'herbe y est tondue courte), le green autour du trou (l'herbe est très courte, de quelques millimètres), le pré-rough (où l'herbe est plus haute que sur l'allée) et le rough (où l'herbe est plus haute que sur le pré-rough).

La Mutualité sociale agricole (MSA) est chargée de la protection sociale du régime agricole. Elle s'occupe de la prévention des risques professionnels et de la surveillance médicale des jardiniers de golf, du personnel et de l'encadrement directement chargés de l'entretien du golf, le reste des salariés (personnel d'accueil, de restauration) étant gérés par le régime général. Certains golfs sont d'ailleurs gérés entièrement par le régime général. Nous allons nous intéresser plus particulièrement au golf de Bossey qui appartient aux 10 golfs dont la prévention des risques professionnels et la surveillance médicale sont confiés à la MSA des Alpes du Nord (départements de l'Isère, Savoie et Haute Savoie). Le golf de Bossey est situé sur la commune de Bossey, à proximité de la Suisse et du lac Léman. Il est entretenu par une équipe de 10 jardiniers de golf qui sont sous la responsabilité d'un « intendant » (greenkeeper). Il comprend un parcours de 18 trous.

Le jardinier de golf possède généralement une formation de paysagiste. Dans son activité, on retrouve ainsi un certain nombre de tâches communes avec l'activité de paysagiste (tonte de gazon, débroussaillage, élagage) mais il est chargé en plus d'activités spécifiques liées à l'aménagement et l'entretien des terrains et peut être amené à réaliser des opérations d'entretien du matériel ou des systèmes d'irrigation. Il est donc soumis à de nombreux risques professionnels (troubles musculo squelettiques avec des postures

contraintes et une position assise prolongée, risques chimiques, vibrations corps entier, machines dangereuses).

En 2010, l'intendant (greenkeeper) du golf de Bossey en Haute Savoie a contacté le service de prévention des risques professionnels et le service médecine du travail de la MSA, notamment le Dr Sénéchal, médecin du travail du golf de Bossey, pour une problématique liée aux vibrations corps entier chez les conducteurs de machines tondeuses de green. En effet, il avait reçu plusieurs plaintes de jardiniers de golf concernant les machines tondeuses de green qui d'après eux « vibraient » beaucoup notamment sur les trajets pour se rendre au green. C'est ainsi qu'en 2010, lorsque le Dr Sénéchal a reçu en visite médicale périodique annuelle les salariés de ce golf, ceux-ci lui ont fait part du caractère inconfortable de ces machines. Des recherches bibliographiques ont été effectuées afin de rechercher s'il existait des données sur les vibrations corps entier concernant les jardiniers de golf et plus spécifiquement les tondeuses à green. Aucun document spécifique n'a été trouvé. Il a donc été décidé de procéder lors de la période de tonte (qui s'étale de mars à octobre) à plusieurs séries de mesures de vibrations corps entier afin de cerner au mieux ce risque professionnel et d'évaluer la nécessité et la possibilité de réduire les vibrations corps entier. Il faut savoir que la tonte des greens est une activité qui se doit d'être réalisée tous les jours, l'herbe devant rester très courte pour permettre aux balles de rouler. Cette activité doit être réalisée le matin tôt avant l'arrivée des premiers golfeurs. Les jardiniers de golf commencent donc leur travail vers 7 heures du matin pour une tonte durant environ 1h30. Il y a de plus 18 greens correspondant à 18 trous à tondre de superficies variables.

La première partie de ce travail s'intéressera plus spécifiquement au métier de jardinier de golf. Nous présenterons de manière détaillée les différents outils, produits et machines utilisés par les jardiniers.

Dans une deuxième partie, nous détaillerons les risques professionnels encourus par les jardiniers lors de leurs activités professionnelles.

La troisième partie sera consacrée aux vibrations corps entier induites par les machines tondeuses de green à la fois sur le green et sur le parcours (lors du trajet jusqu'au green). Nous rappellerons d'abord une définition des vibrations puis nous intéresserons plus

spécifiquement aux effets sur la santé des vibrations corps entier. Dans une quatrième partie, nous présenterons les résultats des mesures d'exposition avec report des différentes accélérations sur les différents axes et calcul de A(8) : accélération journalière rapportée sur une journée de travail.

Enfin, dans la cinquième partie de ce travail nous discuterons les résultats en nous référant à une étude détaillée de la littérature. Nous nous intéresserons plus spécifiquement aux liens entre vibrations corps entier et lombalgies. Nous suggérerons des pistes pour réduire les vibrations corps entier mais aussi des recommandations pour diminuer les autres risques professionnels.

Enfin, nous concluons notre étude.

## I) Description de l'activité de jardinier de golf à Bossey.

Nous allons commencer par décrire l'activité des jardiniers afin de pouvoir mieux évaluer les risques.

L'équipe de jardiniers de golf de Bossey comprend dix personnes (en plus du greenkeeper, chargé de l'organisation et du management de l'équipe des jardiniers).

Cette équipe est composée de 8 permanents dont 1 apprenti et 2 saisonniers.

Les horaires des permanents sont variables dans l'année. Le golf est fermé au mois de décembre, janvier, février. Ces derniers réalisent donc moins d'heures à cette période de l'année. En fait, leurs horaires de travail sont répartis en trois zones pour les permanents :

- l'hiver (décembre, janvier, février), ils effectuent 28 heures en commençant à 7h30 et en finissant à 16h30 avec une pause déjeuner d'une heure le midi avec une équipe travaillant du lundi au jeudi et une du mardi au vendredi.

- le printemps et l'automne : ils travaillent 39 heures aux mois de mars, septembre, octobre, novembre.

- l'été, période de plus forte activité : ils travaillent dès 7 heures jusqu'à 16h30 avec une pause le midi. Période d'avril, mai, juin, juillet, août.

Les saisonniers qui ne travaillent qu'en période de forte activité effectuent 35 heures par semaine. Ils travaillent de 7h à 15h30 avec une pause d'une heure à midi.

L'activité de jardinier de golf est très diversifiée. Elle comprend un certain nombre de tâches communes avec le métier de paysagiste et des activités plus spécifiques. Chaque matin, le greenkeeper définit les tâches de chacun pour la journée. Chaque jardinier est polyvalent et peut donc réaliser la totalité des tâches même si certains ont une formation spécifique dans chaque domaine.

### 1.1 : l'activité de tonte.

L'activité principale réalisée chaque jour est la tonte des greens. Bien entendu, s'il pleut trop fort, celle-ci n'est pas réalisée.

C'est au cours de cette tonte que nous avons réalisée nos premières mesures de vibrations.

La figure I.1 présente la machine à green avec ses lames hélicoïdales, son siège non suspendu.



Fig I.1 : machines à tonte de green. Pas de siège suspendu. Commandes sur le côté. Lames hélicoïdales.

La figure I.2 nous montre la machine à green en fonctionnement sur le green. Les lames sont abaissées.



Fig I.2 : machine à green en fonctionnement sur le green. Les lames sont abaissées lorsque le paysagiste est en train de tondre.

De plus, trois fois par semaine sont réalisées les tontes de fairway. Ces tontes se font à une, deux ou trois machines. Il n'y a pas de parcours type pour ce type de tonte. Les fairways sont tondus les uns après les autres. La figure 3 nous présente la machine de tonte du fairway. Les lames sont abaissées lors de la tonte des fairways.



Fig 1.3 : machine à tonte de fairway. Présence de 3 lames hélicoïdales. Les lames sont abaissées lors de la tonte des fairways.

Deux fois par semaine il y a en plus une tonte des roughs. (il s'agit des zones d'herbe à l'extérieur de la zone de jeu). La figure 4 représente la machine à tondre les roughs.



Fig 4 : machine à tondre les roughs. Les lames sont abaissées lors de la tonte. Les lames sont ici vues de dessous.

## 1.2 : activités plus spécifiques réalisées en saison.

### 1.2.1 : *taches réalisées sur le green.*

#### 1.2.1.1 : l'aération.

La qualité d'un bon green est étroitement liée à de multiples facteurs. En fait, la condition d'un green a un rapport direct avec son sous-sol. Pour maintenir un gazon tondu à moins de 4 mm en bonne forme, cela implique des racines profondes et vigoureuses. Les racines ont besoin d'oxygène qui est excessivement important pour les racines et la plante, car celui-ci aide à la production de nourriture pour la plante. Dans un bon sol, les racines du gazon obtiennent leur oxygène par les petites poches d'air piégées entre les particules de sable et de sol.

L'aération est un processus mécanique qui crée des espaces remplis d'air dans le sol et qui permet donc un enracinement plus profond, améliorant la capacité des racines du gazon à obtenir de l'oxygène et permettant aussi de relâcher le dioxyde de carbone et autres toxines accumulées dans le sol. Dans la plupart des cas, ce processus est réalisé en prélevant des "carottes" de 1.25 cm avec divers types d'équipement.

L'aération est réalisée plusieurs fois par an grâce à la machine présentée figure I. 5.



Fig I.5 : machine utilisée pour l'aération : la machine fait des trous dans le green en prélevant des carottes.

#### 1.2.1.2 : le sablage.

Après l'aération est réalisé un sablage pour remplir les trous. Cette opération est réalisée grâce à un sableur en assiette, présenté en figure I.6.



Fig I.6 : le sableuse : un tapis roulant vient déposer le sable sur le green. Des commandes hydrauliques permettent de régler la vitesse de délivrance du sable.

Les greens ne sont pas les seules surfaces à être sablées. Le fairway et les départs sont également sablés. L'objectif est de permettre à la balle de mieux rouler.

Le sablage peut également être réalisé sans aération. Il s'agit alors d'un sablage très fin appelé topdressing. La machine utilisé pour le top dressing est présentée en figure I.7.



Fig I.7 : machine pour réaliser le top dressing.

L'objectif est d'enlever les imperfections et d'améliorer le roulement de la balle.

#### 1.2.1.3 : le balayage de la rosée.

Il se fait manuellement, on utilise un grand balai en aluminium (présenté en figure I.8) que l'on transporte grâce à un tracteur de green en green. Il est réalisé une à deux fois par semaine.



Fig I.8 : balai en aluminium utilisé pour le balayage de la rosée. Il pèse environ 5 kg. Il possède un long manche et une grande envergure.

### 1.2.2 : *travail sur les bunkers.*

#### 1.2.2.1 : le ratissage des bunkers.

Il est réalisé une à deux fois par semaine. Une machine spécifique (visible en figure I.9) est utilisée pour faire l'intérieur du bunker puis le jardinier réalise un tour à la main avec un rateau. La figure I.10 présente un jardinier en train de ratisser à la main le tour du bunker.



Fig I.9 : Machine à bunker. A noter l'absence de suspension au niveau du siège, seuls les pneus sont amortisseurs. Pas de possibilité d'adapter un siège suspendu.



Fig I.10 : ratissage à la main du tour des bunkers.

### 1.2.2.2 : Le remontage des bunkers.

Lorsque la pluie est abondante (lors des orages notamment), le sable a tendance à glisser au fond du bunker. Il faut donc le remonter grâce à la machine présentée en figure I.11.



Fig I.11 : machine pour remonter le sable du bunker grâce à sa lame située à l'avant.

### 1.2.2.3 : Pompage de l'eau des bunkers.

A la suite d'orages importants, il peut être nécessaire de pomper l'eau des bunkers. La figure I.12 nous montre la pompe à eau des bunkers.



Fig I.12 : pompe à eau des bunkers.

### 1.2.3 : Taille des végétaux.

Elle se fait notamment aux abords du club et un peu sur le parcours. Le jardinier taille notamment les buis et les ifs du jardin à la française des abords du club.

Il utilise une cisaille à main ou un taille haies électrique, présente en figure I.13.



Fig I.13 : le taille haie électrique.

#### 1.2.4 : *L'entretien du fairway.*

##### 1.2.4.1 : le régarnissage.

L'objectif est de remettre en place les divots (morceaux de terre arrachés par les golfeurs lorsqu'ils jouent) des fairways (une fois tous les 15 jours, 2 personnes pendant une journée complète) et surtout des départs. (1 fois par semaine).

Il peut se faire :

- manuellement : le jardinier porte un seau assez lourd sur le bras. A l'aide d'un transplantoir (sorte de petite pelle individuelle à manche court) , il fait un trou. Il met ensuite un mélange de terreau, sable et graines puis tasse avec le pied.

- mécaniquement : à l'aide d'un regarnisseur : cette machine s'installe derrière un tracteur, fait des sillons dans le sol, une trémie dépose ensuite des graines, un rouleau tasse ensuite. Le problème de cette machine c'est qu'elle réalise un défreutage (elle extrait de la matière). Elle ne peut donc être utilisée s'il pleut.

##### 1.2.4.2 : Les opérations spécifiques sur le gazon

#### **l'engazonnement.**

Il se fait grâce à une pelle. Le jardinier dépose de la terre puis la griffe. Il est réalisé rarement (1 à 2 fois par an).

#### **Le décompactage.**

Du fait du passage régulier de la tondeuse et de l'utilisation de la surface gazonnée par de nombreux joueurs, du manque d'activité biologique du sol (peu de vers de terre), il se crée une zone compacte en profondeur de 15 à 20 cm au niveau du fairway.

L'objectif du décompactage est d'améliorer les zones compactes grâce à une machine avec des broches. (présentée en figure I.14) L'objectif est de redonner une perméabilité au sol en profondeur permettant à l'eau d'accéder au réseau de drainage. Le décompactage favorise

l'enracinement plus profond du gazon. A la différence de l'aération pour le green, le traitement est ici plus profond.



Fig I.14 : le décompacteur. Il ressemble à l'aérateur sauf qu'il permet un traitement plus profond.

### **Le défeutrage**

Le défeutrage profond consiste à enlever la couche de matière organique qui se reconstitue naturellement chaque année, à la surface du terrain.

Cette couche organique est causée par la décomposition des racines, aux déchets de tontes et à une mauvaise activité des micro-organismes du sol qui normalement assimilent le feutre.

La couche de feutre peut atteindre de 4 à 8 mm d'épaisseur par année. Si un défeutrage profond n'est pas réalisé régulièrement, peu à peu, les réseaux de drainage s'enfouissent dans le sol et perdent leur efficacité drainante.

De plus, la couche de feutre crée une stratification du sol, qui a pour conséquence de retenir l'eau dans les premiers centimètres du sol et empêche les racines de se développer en profondeur.

Le défeutrage est réalisé avec une machine spécifique, visible en figure I.15 qui en une seule opération enlève le feutre. De plus, cette machine, grâce à des couteaux fixes, permet de récupérer la planéité, en atténuant les micro-déformations de surface.



Fig I.15 : Défeutreux sur le fairway : on enlève la couche de feutre présente sur le gazon.

### 1.3 : le soufflage des feuilles.

Il peut se réaliser un peu en saison avec une petite souffleuse à dos ou en arrière saison avec une plus grande souffleuse, présentée en figure I.16 qui se branche derrière un tracteur agricole, une tondeuse ou un rateau à bunker.



Fig I.16 : Souffleuse derrière un tracteur.

#### 1.4 : l'élagage.

Les jardiniers réalisent des travaux d'élagage en montant dans les arbres grâce à un harnais. Cette activité est principalement réalisée à l'arrière saison.

#### 1.5 : le débroussaillage.

Il permet de nettoyer les abords du fairway et du club. Il peut se faire au fil et au disque. La figure I.17 présente une débroussailleuse à fil.



Fig I.17 : débroussailleuse à fil

#### 1.6 : Traitement phyto sanitaire.

Il est réalisé par le greenkeeper.

Il utilise surtout des herbicides principalement sélectifs pour le gazon et un peu de fongicides.

L'épandage se fait grâce à un pulvérisateur derrière un tracteur.

Comme fongicides, il utilise :

- Des produits classés nocifs Xn et CMR.
  - o Le Milfal qui est du triazole + dérivé benzénique. Ce composé est utilisé environ 5 fois par an en pulvérisation derrière le tracteur. Il est classé R40 : cancérigène suspecté avec risque d'hémopathies.
  - o Le Chipco green qui est du iprodione de la famille des dicarboximides. Il est classé R40. Il est utilisé environ 1 à 2 fois par an.

- Le Diskus EV qui est du strobilurine. Il est classé R40. Il est utilisé environ 5 fois par an.
  - Le Systhane paysage qui est du myclobutanil. Il appartient à la famille du triazole. Il est classé R63. (risque mutagène). Il est utilisé 4 à 5 fois par an.
- Des produits classés irritants Xi.
- Le Cabestor qui est du triazole seul. Ce composé est utilisé 15 à 20 fois par an en pulvérisation derrière un tracteur. Il est classé R43 et R36/38. Il est donc irritant pour la peau.
  - Le Banner max qui est du propiconazole. Il est de la même famille que le triazole. Il est classé R43. Il est irritant pour la peau.
  - Le trimanoc DG et le Trimanoc jardin qui sont du mancozèbe. Ils appartiennent à la famille des dithiocarbamates. Ils sont classés R36 et R43. Ils sont donc irritants pour les yeux et la peau.

Comme herbicides, il se sert de :

- Des produits classés nocifs et/ou mutagènes.
- Le Mogeton qui appartient à la famille des quinones. Il est classé R36, R 43 (donc irritant) ainsi que R63. (risque tératogène). Il est utilisé 5 à 6 fois par an.
  - Le Turfnet qui comprend l'association d'un dérivé du phénol, d'un benzonitrile ainsi que de l'acide aryloxyacétique. Il est classé R22/R36 (donc irritant) ainsi que R63. (risque tératogène). Il est peu utilisé.
  - L'Ektar qui est toujours utilisé par le golf bien qu'il est été retiré du marché en 2007. Son produit est une association de benzonitrile et de phytohormone de synthèse. Il est classé R63 et R20/21/22.
  - L'Hertin Sélectif gazon qui est de l'acide aryloxyacétique. Il a été retiré en 2006 du marché.
  - Le Scanner qui est un dérivé picolinique avec de l'acide aryloxyacétique. Il est classé R41 (risques de lésions oculaires graves) et R20/21/22 (nocif par inhalation, contact avec la peau et par ingestion).

- L'amazon qui est un dérivé picolinique. Il est classé R22 (nocif en cas d'ingestion) et R43 et R38. Il est donc irritant pour la peau.
- Des produits classés irritants :
  - L'Evade qui est un dérivé picolinique. Il est classé R36/38 : irritant pour la peau et les yeux et R43.
  - Le Winch qui est une amide (benzamide) avec de la toluidine. Il est classé R43.
  - Le Greenor qui comme de Scanner contient un dérivé picolinique et de l'acide aryloxyacétique. Il est classé R 36 et R43. Il est donc irritant pour la peau et les yeux.

Les produits sont appliqués grâce à un pulvérisateur derrière le tracteur, visible en figure I.18. Le greenkeeper réalise les traitements tôt le matin (5h, 6h du matin) avant l'arrivée des premiers joueurs.

Par rapport à la législation se pose la question du délai de réentrée sur les parcelles traitées. Cette donnée est notée sur les étiquettes. Elle est 6 heures de manière générale mais de 24 heures pour les produits R36,38,41 et de 48 heures pour les produits R43. Or beaucoup de produits classés R36 ou R 43 sont utilisés par le golf de Bossey ce qui pose un problème de respect de la législation. Nous discuterons de ce problème dans la partie consacrée à la discussion.



Fig I.18 : le pulvérisateur.

### 1.7 :l'arrosage.

C'est une activité cruciale pour le golf. Un réseau souterrain parcourt la totalité du golf. Des arroseurs de différentes tailles permettent de distribuer l'eau sur des surfaces de tailles différentes.

L'arrosage est géré informatiquement en fonction des conditions météorologiques.

Cette activité est managée par un jardinier ayant reçu une fonction spécifique de fontainier.

## 1.8 : Les activités réalisées en arrière saison.

En période d'arrière saison, l'équipe des jardiniers réalise différents travaux d'entretien du golf.

### 1.8.1 : *travaux de petite maçonnerie.*

Ce travail est ponctuel, il peut s'agir de monter un petit muret ou entretenir un mur abimé. Le jardinier utilise un malaxeur, montré en figure I.19 pour réaliser du ciment.



Fig I.19 : le malaxeur.

### *1.8.2 : terrassement.*

Certains jardiniers ont le CACES et utilisent donc la pelle mécanique. La pelle est utilisée pour la plantation de gros arbres ou pour la pose d'enrochement. Son utilisation est également ponctuelle.

### *1.8.3 : réfection des chemins.*

En arrière saison, le jardinier crée et entretient les chemins préexistants. Du gazon synthétique peut être posé. Celui-ci est ensuite sablé.

### *1.8.4 : entretien des massifs et des arbres.*

Les massifs vont être binés avec en plus un désherbage manuel.

Pour les arbres et les sous bois, le jardinier peut réaliser de l'abattage, tronçonnage et broyage ainsi que des travaux d'élagage.

### *1.8.5 : plantation.*

En automne ou à la fin de l'hiver sont plantées surtout des fleurs (création de massifs, plantation de tulipes en automne), des arbustes, parfois des arbres. Les plantes sont généralement vivaces.

### *1.8.6 : travaux sur les bassins.*

En hiver, les jardiniers effectuent un vidage et un nettoyage de certains bassins. Pour les bassins les plus profonds, ils utilisent une barque pour se déplacer et en hiver ils rentrent les oxygénateur d'eau.

## 1.9 : L'atelier.

Les jardiniers utilisant beaucoup de machines, ils peuvent être amenés à réaliser des travaux d'entretien mécanique. Les plus gros travaux sont généralement faits par un mécanicien mais les jardiniers peuvent s'occuper eux-mêmes de certaines tâches

Les différentes activités réalisées sont :

- discage
- affutage
- presse
- meulage
- vissage, perceuse
- soudure

Dans ce chapitre, nous avons vu de façon détaillée l'ensemble des tâches et les machines utilisées pour les effectuer. L'activité de jardinier de golf est donc une activité très variée. Passons maintenant aux différents risques que présentent ces activités.

## II) Les risques liés aux métiers de jardinier de golf.

Après avoir décrit les différentes activités que réalisent les jardiniers intéressons nous maintenant aux différents risques présentés.

### 2.1 : risques liés à l'utilisation de machines des tondeuses.

Comme cela a été expliqué dans le paragraphe précédent, les jardiniers utilisent de nombreuses machines notamment des tondeuses.

Les risques des machines de tondeuse sont communs à ce type d'engins, qu'il s'agisse de machines de tonte de green, de fairway ou de rough.

#### *2.1.1 : Les vibrations corps entier.*

L'étude de ce risque fera l'objet de la seconde partie de ce travail. Nous verrons notamment les conséquences de cette exposition sur les douleurs lombaires et la gêne que peuvent ressentir les salariés.

#### *2.1.2 : risques liés à la position assise prolongée et aux postures contraignantes.*

Toutes les machines de tonte comportent un siège plus ou moins confortable suivant les machines. Les sièges ne comportent généralement pas d'appui tête. Le caractère peu confortable de ces machines et la position assise prolongée peut aussi expliquer une partie des douleurs lombaires.

De plus, les jardiniers adoptent souvent des positions contraignantes pour le rachis. Ils doivent se tourner sur le côté par exemple pour attraper le drapeau lorsqu'ils tondent les greens ou suivre une balle venant vers eux.

Ces deux facteurs jouent un rôle important dans la survenue de douleurs lombaires.

### 2.1.3 : *risques lié aux machines elles-mêmes.*

Comme pour les autres types de machine agricole, il y a un risque de retournement, notamment dans les pentes et lorsqu'il pleut.

De plus, les jardiniers peuvent glisser car les pneus sont lisses avec risque de choc contre un arbre ou mur. L'engin peut aussi glisser sur un golfeur.

Ensuite, lors de la tonte, il existe un risque de collision avec les branches basses lorsque le jardinier tond par exemple le rough ce qui peut engendrer des lésions oculaires ou un traumatisme de la région faciale.

Enfin, lors de la tonte avec la machine à fairway, on note un risque de coupure (déblocage par le jardinier d'un bourrage au niveau des lames rotatives) et un risque de projection, y compris oculaire du fait que les lames sont des lames rotatives.

### 2.1.4 : *risques lié au bruit.*

La puissance sonore à la sortie de la machine est de 90 dB à l'aplomb de l'oreille de l'utilisateur pour la plus vieille des machines à green et à 70 dB pour la machine la plus récente.

## 2.2 : risques liés aux conditions physiques.

Les jardiniers travaillent à l'extérieur aussi bien en été qu'en hiver.

En été, les risques principaux sont liés au soleil.

Il peut s'agir d'insolation, de déshydratation et de coups de soleil voir d'allergies ou de lucite pour les effets aigus

Les risques aigus liés au travail à la chaleur sont classés en 4 niveaux :

Niveau 1 - Coup de soleil : rougeur et douleur, oedème, céphalées

Niveau 2 - Crampes : spasmes douloureux (jambes et abdomen), transpiration

Niveau 3 - Epuisement : forte transpiration, faiblesse, froideur et pâleur de la peau, pouls faible, température normale

Niveau 4 - Coup de chaleur : température corporelle > 40.6°C, peau sèche et chaude, pouls rapide et fort, perte de conscience possible.

Pour les effets à long terme du soleil, il s'agit des effets classiquement rencontrés de vieillissement cutané et d'augmentation de risque de cancer cutanés (carcinome baso cellulaire, spino cellulaire et mélanome) des zones photo exposées.

A noter également le risque de piqures d'hyménoptères, de moustique, de morsures d'animaux et de tique (risque de maladie de Lyme).

L'hiver, ce sont les conséquences du froid qui sont à redouter.

Les engelures et les gelures sont des lésions cutanées associées à l'exposition au froid. La gravité des atteintes cutanées est plus ou moins marquée. L'engelure (sans séquelles) représente le premier degré de la gelure.

L'exposition au froid peut provoquer des douleurs d'intensité différentes.

Le froid peut enfin aggraver un acrosyndrome ou un syndrome de Raynaud.

## 2.3 : risques liés à l'utilisation de machines portées à bras.

### 2.3.1 : *Risques liés au débroussaillage.*

Les risques sont nombreux.

En plus des risques évidents de projection oculaire ou faciale, de chute de plain pied et de coupures, il existe des risques de :

- TMS et lombalgies du fait du port de la machine.
- Risque vibratoire au niveau de l'axe main/bras.
- Risque lié aux gaz d'échappement des machines et notamment à la présence d'HAP cancérigènes.
- Bruit important dont l'intensité peut dépasser 100 dB.
- Risque d'explosion (par exemple si l'utilisateur fume) et de brûlure.

### 2.3.2 : *Risques liés au soufflage.*

On retrouve des risques communs avec le débroussaillage lors de l'utilisation de la souffleuse portative.

On note comme risques :

- TMS et lombalgies du fait du port dans le dos de la machine.
- Bruit important pouvant dépasser 100 dB.
- Risque vibratoire au niveau de l'axe main/bras.
- Risque de lombalgies, de coupures, de coincement, d'écrasement en cas d'utilisation du souffleur derrière une machine (risque de l'attelage/dételage).
- Risque de projection de poussière au niveau de l'œil.
- Risque d'explosion (par exemple si l'utilisateur fume) et de brûlure.
- Risque lié aux gaz d'échappement. (cf débroussailleuse).

En cas d'utilisation de l'aspirateur derrière un tracteur :

- risque de happement.
- Bruit important.
- Risque lié à la projection de poussières.
- TMS et lombalgies liés de l'attelage/dételage.

### *2.3.3 : Risques lié à la taille des végétaux.*

La taille des végétaux est réalisée grâce à un taille haies ou un sécateur manuel.

Il y a un risque évident de coupure et de chutes (chute de hauteur ou chute de plein pied).

Les jardiniers utilisent des taille haies électriques peu bruyants.

Il existe de plus du fait du caractère vibrant du taille haies un risque de syndrome du canal carpien en plus des risques liés aux vibrations main/bras.

### *2.3.4 : risque lié au binage/désherbage manuelle.*

Pour désherber les massifs et un peu le parcours (surtout les escaliers), les jardiniers peuvent réaliser du binage et désherbage manuels. Cette activité est réalisée aussi bien en hiver qu'en plein saison. Les risques principaux sont les TMS et les lombalgies.

A noter l'emploi parfois d'un désherbeur thermique (sac à dos avec lance flammes) d'où un risque de brûlures.

#### 2.3.5 : *risque lié à l'utilisation du peigne de balayage de la rosée.*

Les risques sont peu importants. Il y a un risque de TMS et de lombalgies mais il est peu important du fait du caractère léger du peigne (moins de 5 kg).

Le risque principal réside dans le transport du fait de la grande envergure du peigne.

Le transport se fait grâce à un Quad. Il y a risque de choc lors du transport et de retournement du quad.

#### 2.4 : risques liés à l'utilisation de la pelle mécanique.

En arrière saison principalement, les jardiniers peuvent utiliser la pelle mécanique. Certains ont d'ailleurs le CACES.

Les risques liés à l'utilisation de la pelle mécanique sont nombreux et principalement dus à la coactivité :

- Risque de renversement au chargement en cas de mauvaise répartition de la charge.
- Risque de perte du godet si celui-ci n'a pas été bien verrouillé. Risque de fait d'écrasement en cas de coactivité.
- Risque de glissade/retournement d'engin.
- Risque de chute à la descente du véhicule.
- Risque de TMS et de lombalgies liés aux positions contraignantes et à la position assise prolongée dans la pelle.
- Risque lié aux vibrations corps entier.
- Risque d'accident routier.
- Bruit important.

#### 2.5 : risques liés à l'arrosage.

L'arrosage est géré automatiquement par un système informatique. L'eau provient principalement d'un puits situé au niveau d'un des petits lacs du golf. Dans cette eau est

injecté de l'acide sulfurique tamponnée par de l'urée. Il y a un risque de brûlure lié à l'utilisation de cet acide sulfurique. Le réseau d'arrosage étant alimenté électriquement, il y a en plus un risque électrique (risque d'électrocution).

Il y a aussi un risque de lombalgies/TMS lié à l'utilisation de pioches pour mettre en place les arroseurs. De l'eau provenant d'une cuve externe peut également être utilisée. Il y a alors un risque de glissade/renversement sur le terrain ainsi qu'un risque routier lors de l'acheminement de la cuve.

## 2.6 : Risques liés à des activités réalisées plus rarement.

### 2.6.1 : *risque lié à l'activité d'aération.*

La machine utilisée étant autoportée, les risques principaux concernent l'axe main/bras. Il s'agit donc des risques de TMS au niveau de l'épaule notamment et des risques vibratoires au niveau de l'axe main/bras.

Il y a en plus un risque de perforation lié au ponçonnage réalisée par ma machine.

### 2.6.2 : *Risques liés au décompactage.*

Les risques sont des risques de retournement/glissade, risque de perforation (comme pour l'aération), risque lié à l'attelage/dételage.

### 2.6.3 : *Risques lié à l'activité de sablage.*

Le sable utilisé peut être sec ou humide. La livraison se fait par camions. Les jardiniers utilisent ensuite la pelle pour mettre le sable sous abris. Les risques lors de cette activité sont donc ceux vus un peu plus haut pour la pelle mécanique.

Lors de l'utilisation de la sableuse qui est attelée derrière un tracteur, les risques sont comme pour les autres machines des risques de glissade/retournement de la machine, des risques lors de l'attelage/dételage (risque de coincement/écrasement, risques de lombalgies), risque de projection oculaire en cas de vent ou sur une autre personne.

### 2.6.4 : *Risques liés au regarnissage.*

Comme le déplacement sur le parcours se fait grâce à des engins, il existe des risques de retournement et de glissement.

De plus, il y a un risque de lombalgies et de TMS du fait du port du seau pour regarnir l'herbe ainsi qu'un risque de glissement de plain pied.

## 2.7 : Risques liés aux activités liées à l'arrière saison.

### 2.7.1 : *risques liés à la plantation.*

Le mois de plantation est principalement le mois de novembre.

Les risques principaux sont des risques de TMS et de lombalgies ainsi que des risques liés à des glissements de plain pied ou des écrasements.

### 2.7.2 : *risques liés à la petite maçonnerie.*

Cette activité se fait en automne et en hiver. Il s'agit principalement de la pose de petit muret. Il s'agit d'une activité annexe.

Les risques principaux concernent :

- évidemment, les lombalgies/ TMS.
- les risques liés au ciment (irritation/allergies).
- les risques liés au malaxeur. (risque de happement peu important, risque de choc au niveau de la trappe).
- risque de chute en hauteur si échafaudage.

### 2.7.3 : *risques liés au tronçonnage/abattage/broyage.*

Les risques sont importants. Cette activité est généralement réalisée par un jardinier ayant de l'expérience.

Les risques principaux pour le tronçonnage sont :

- évidemment le risque de coupure.
- le risque de lombalgies et de TMS.
- le risque des vibrations transmises à l'axe main/bras.
- le risque d'écrasement.

- le bruit.

Cette activité est réalisée ponctuellement, surtout en arrière saison.

Pour le broyage, il y a en plus un risque de projection notamment oculaire.

#### *2.7.4 : risques lié à la réfection des chemins.*

Cette activité se fait principalement en arrière saison.

Les risques principaux sont les risques liés à l'utilisation de la pelle mécanique. (cf paragraphe plus haut : risque d'écrasement, de choc, de glissade, de renversement de la machine, TMS, lombalgies, vibrations).

De plus, l'utilisateur d'un rouleau vibrant pour aplanir et compacter rajoute un risque non négligeable de vibrations corps entier mais cette activité est très ponctuelle et n'a pas lieu souvent dans l'année. (1 à 2 fois par an).

#### 2.8 : risques liés à l'atelier.

Les risques sont nombreux. Ils concernent surtout le mécanicien mais peuvent aussi concerner les jardiniers lorsqu'ils effectuent certaines tâches à l'atelier (changement de bougies...)

Les risques principaux sont :

- risque de glissade dans l'atelier et chutes de plain pied pouvant être favorisées par la présence d'huile.
- Risque d'incendie.
- Risque électrique.
- Bruit
- Coupure, écrasement/choc.
- Vibrations main/bras (visseuse, perceuse)
- TMS/lombalgies.
- Risque lié à l'activité de soudure (fumées de soudure, risque de projection oculaire, arc électrique).
- Gaz et particules (notamment HAP) liés aux émissions des moteurs thermiques.

## 2.9 : Mesure du stress professionnel et risques psycho sociaux.

Pour mesurer le stress professionnel ressenti par les salariés, un questionnaire de Karasek a été employé. La médiane du score de latitude décisionnelle était à 27 pour une médiane théorique à 23.5. La médiane du score d'exigences mentales était à 19 pour une médiane théorique à 20.

Si on trace le graphique latitude décisionnelle en fonction de l'exigence mentale (graphique présenté en figure II.1) et que l'on compare les médianes obtenues avec les médianes théoriques, les salariés du golf se classent donc en moyenne dans la catégorie « détendus ».

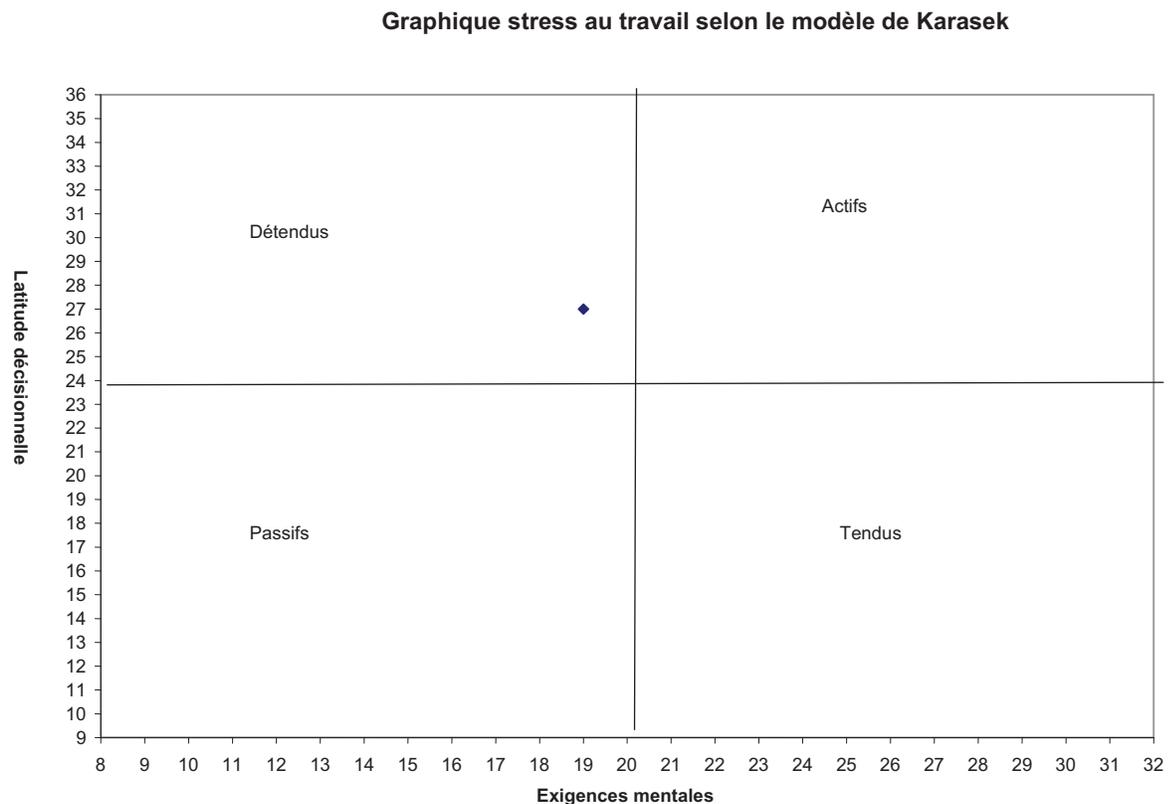


Fig II.1 : Graphique stress au travail selon le modèle de Karasek. Le point bleu sur le graphique représente la médiane des scores latitude décisionnelle et exigences mentales.

De plus, on note également que les salariés du golf bénéficient d'un bon soutien social. En effet, le score médian du paramètre soutien social est à 30 pour une médiane théorique à 27.5.

Le stress professionnel est donc peu important chez les salariés du golf.

La réalisation d'entretiens courts individuels avec chaque salarié a confirmé ce fait mais il a aussi permis de découvrir que ce qui pose problème aux jardiniers du golf ce n'est pas le cœur du métier ni les relations avec le greenkeeper mais les relations parfois difficiles avec les joueurs. En effet, ils doivent travailler souvent en même temps que les golfeurs jouent et la cohabitation est parfois difficile.

Pour explorer un peu mieux ces difficultés nous leur avons posé trois questions supplémentaires en plus du questionnaire de Karasek.

A l'affirmation « Je suis parfois obligé de me presser dans mon travail car j'ai peur de gêner », voici la répartition des réponses donnée par la figure II.2 qui représente le camembert des réponses données par le jardiniers en pourcentage.

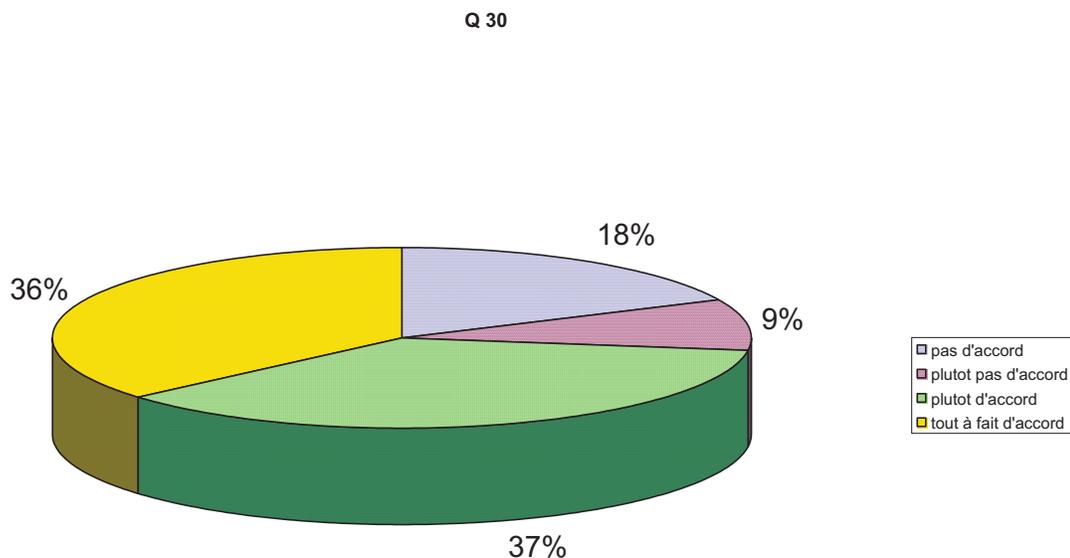


Fig II.2 : camembert des réponses en pourcentage à l'affirmation « je suis parfois obligé de me presser dans mon travail car j'ai peur de gêner ».

On note ainsi qu'une majorité de jardiniers (plus de 70 %) sont plutôt d'accord ou tout à fait d'accord avec l'affirmation.

Les 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> questions s'intéressaient plus spécifiquement au comportement des joueurs. Voici leurs intitulés : 2<sup>e</sup> question « Les joueurs n'attendent pas forcément assez longtemps pour jouer » 3<sup>e</sup> question « Certains joueurs ont parfois un comportement qui manque de respect vis-à-vis de moi ».

Ces questions ont été élaborées à partir d'entretiens individuels réalisés avec les jardiniers. La répartition des réponses pour ces deux questions est présentée en figure II.3 et II.4.

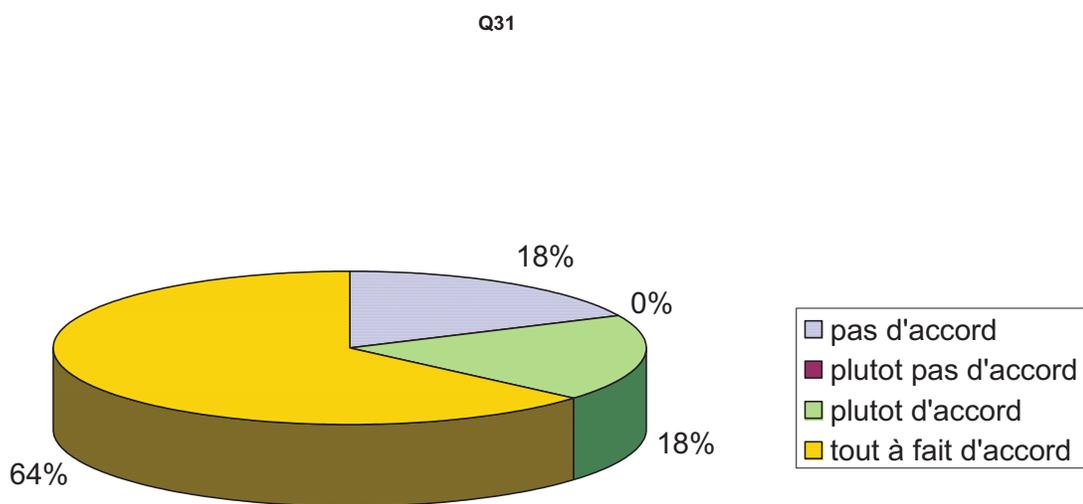


Fig II.2 : camembert des réponses en pourcentage à l'affirmation « Les joueurs n'attendent pas forcément assez longtemps pour jouer ».

Q32

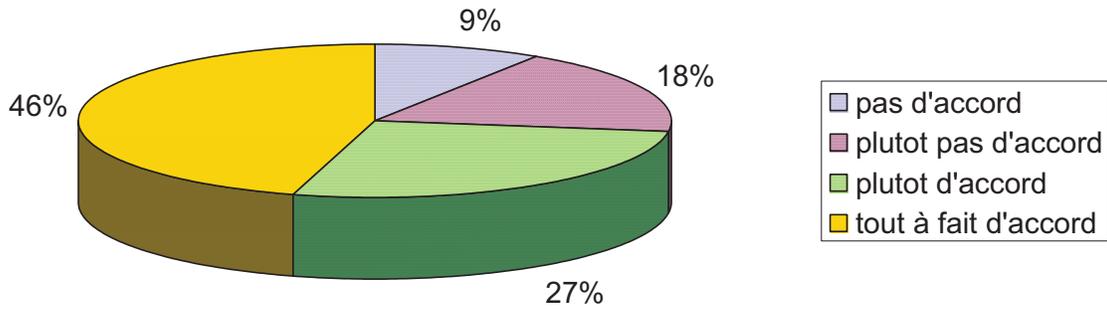


Fig II.2 : Camembert des réponses en pourcentage à l'affirmation « Certains joueurs ont parfois un comportement qui manque de respect vis-à-vis de moi ».

Pour ces deux questions on note que la majorité des jardiniers sont plutôt d'accord ou tout à fait d'accord avec les deux affirmations. Même si les résultats du questionnaire de Karasek montrent que ceux-ci bénéficient d'un bon soutien social, les réponses à ces deux questions suggèrent que les difficultés relationnelles pour les jardiniers peuvent provenir plutôt des relations avec les joueurs.

Dans ce chapitre, nous avons donc présenté l'ensemble des risques auxquels sont confrontés les jardiniers de golf. On note que le risque de lombalgies est présent dans un grand nombre d'activités. De plus, nous avons mis en évidence que la cohabitation entre joueurs et jardiniers de golf pouvaient parfois être difficiles.

En ce qui concerne le risque de lombalgies, nous allons maintenant nous intéresser plus spécifiquement au risque lié aux vibrations corps entier et son lien avec les lombalgies.

## 3 : Définition et rappels physiques sur les vibrations.

Avant de nous intéresser aux vibrations corps entier et à leurs mesures, rappelons quelques définitions sur les vibrations.

### 3.1 : définition d'une vibration.

Une vibration est une onde mécanique qui correspond au mouvement d'oscillation autour d'une position d'équilibre stable ou d'une trajectoire moyenne.

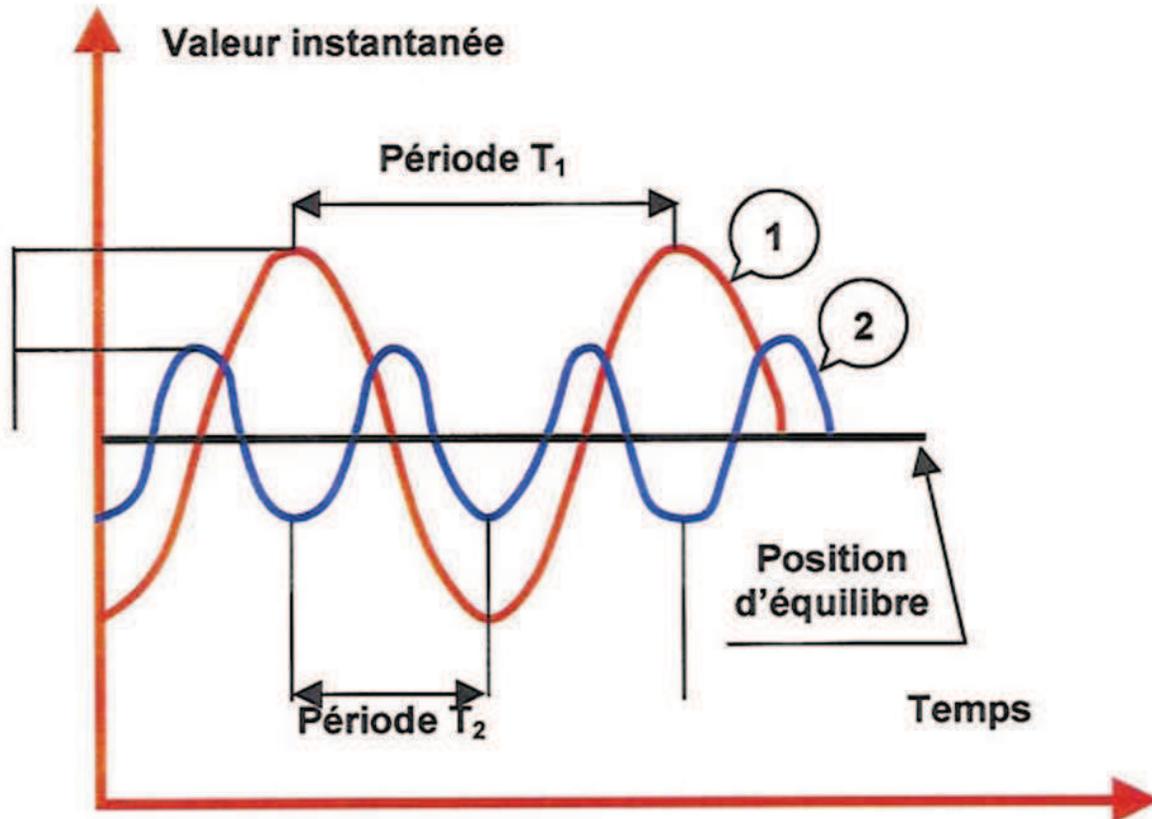
Les ondes mécaniques comprennent entre autres les secousses et les vibrations, les premières étant utilisées pour les bâtiments et les secondes pour les machines et les appareils.

Une vibration peut être périodique (la source a un mouvement sinusoïdal, c'est-à-dire qu'il se répète dans le temps selon une période  $T$ ) ou aléatoire (il n'y a pas de période).

### 3.2 : rappels physiques sur les vibrations.

Différentes grandeurs physiques caractérisent les ondes comme le montre la figure 3.1.

- la direction: pour les vibrations transmises à l'ensemble du corps, on observe les oscillations selon trois directions ou axes  $x$ ,  $y$ ,  $z$  (l'axe dos poitrine est l'axe  $Ox$ , l'axe droite/gauche est l'axe  $Oy$ , l'axe séant-tête est l'axe  $Oz$ ).



Fig

ure 3.1 : caractéristiques physiques des ondes.

- l'amplitude: de la vibration correspond aux déplacements du sujet sur les trois axes (x,y,z). Le capteur de vibrations doit mesurer les oscillations transmises à l'ensemble du corps sur les trois axes.

-la période T : est la durée d'une oscillation complète, exprimée en seconde.

-la fréquence: C'est l'inverse de la période c'est-à-dire le nombre de fois par seconde où le corps, en vibrant, se déplace dans un sens puis dans l'autre. On l'exprime en Hertz. Le risque de dommage n'est pas égal à toutes les fréquences, une pondération en fréquence du signal d'accélération ( $a_w$ ) est utilisée pour représenter la probabilité de dommage du à différentes fréquences. (1)

-l'accélération: correspond à la dérivée seconde de l'amplitude en fonction du temps et à

la dérivée de la vitesse en fonction du temps.

Pour évaluer les risques sur la santé résultant de vibrations multidirectionnelles transmises à l'ensemble du corps, on multiplie chaque accélération correspondant à chaque direction, par un facteur multiplicateur K. Pour les deux axes horizontaux, le facteur K est égal à 1.4 et pour l'axe vertical est égal à 1. (1).

Dans le cas d'une exposition simple d'une seule machine pour une tâche donnée, on retiendra la plus grande des trois valeurs (accélération dominante) sur les axes orthogonaux pour déterminer l'accélération équivalente ( $a_{eq}$ ). (1)

-l'exposition quotidienne (A (8)): elle correspond à l'accélération continue équivalente, normalisée pour une journée de 8 heures et s'exprime en  $m/s^2$ . C'est la moyenne quadratique (c'est-à-dire la racine carrée de la *moyenne* du carré des valeurs instantanées) du signal d'accélération. A (8) est calculée pour les trois axes et on retient la valeur la plus élevée. (accélération dominante).

$$A_i w(8) = k_i \sqrt{\frac{\sum a_{wi}^2 \times T_i}{T_0}}$$

### 3.3 : Classification des vibrations.

Deux types principaux d'effets ont donc été décrits en fonction de la fréquence de l'onde de vibration :

-Les effets des vibrations mécaniques plutôt à hautes fréquences transmises au système mains -bras:

Lorsqu'un travailleur manipule une machine vibrante tenue à la main, (marteaux-piqueurs, tronçonneuse, burin pneumatique), le contact avec la machine produit des

effets sur les membres, pouvant provoquer à moyen terme un ensemble de syndromes appelés « syndrome des vibrations ».

Des premiers troubles peuvent apparaître, plusieurs mois à plusieurs années après le début de l'exposition. Selon les individus ou le matériel utilisé, il peut s'agir d'un phénomène de Raynaud (douleur et blanchiment des doigts en cas d'exposition au froid), douleur des bras et des mains, une diminution de sensation au toucher, au chaud au froid, gêne fonctionnelle des articulations du coude, du poignet et de la main. A long terme, ce syndrome peut devenir irréversible.

-Les effets des vibrations mécaniques plutôt à basses fréquences transmises au corps entier :

Lorsqu'un travailleur est assis ou debout sur un plancher ou un siège vibrant (véhicules, chariots élévateurs) l'exposition produit des effets sur tout le corps.

Les vibrations peuvent être inconfortables, gêner l'exécution de tâches et à la longue entraîner des pathologies.

C'est ce type de vibrations auxquelles nous allons nous intéresser. L'objectif de ce chapitre était de rappeler quelques définitions concernant les vibrations et d'explicitier les données d'accélération qui sont mesurées par les appareils. Voyons maintenant l'effet des vibrations sur le corps humain.

## IV) Bibliographie : effets des vibrations sur le corps humain. Focus sur le lien entre lombalgies et vibrations corps entier.

Dans ce chapitre, après avoir rappelé quelques éléments de biodynamique du corps humain, nous nous intéresserons dans ce chapitre plus spécifiquement aux conséquences sur la santé des vibrations corps entier et plus spécifiquement aux pathologies lombaires engendrées par les vibrations.

### 4.1 : éléments de biodynamique du corps humain.

Le corps humain n'est pas homogène. Soumis à des vibrations il ne se comporte pas comme un système passif. De ce fait, il ne réagit pas de la même façon dans toutes ses parties, aux fréquences vibratoires auxquelles il est soumis. Certaines se trouveront amplifiées d'autres amorties. L'application d'une vibration est à l'origine de déplacements relatifs des différents organes d'un corps autour de leurs positions de repos. Les segments du corps vibrent à des fréquences qui leur sont propres et jouent un rôle dans la transmission de la vibration.

La fréquence propre d'un système, ici d'un organe, est celle qui correspond à la transmission maximum du mouvement qui lui est appliqué.

Dans un système amorti, la transmission maximale se fait pour une fréquence nommée fréquence de résonance. (Chaque objet, selon sa composition, sa taille, sa structure, son poids, sa forme, a tendance à vibrer à une fréquence particulière. Cette vibration naturelle est appelée la fréquence de résonance. Une machine vibrante transmet la quantité maximale d'énergie à un objet lorsqu'elle vibre à la fréquence de résonance).

Le corps humain constitue donc un ensemble de sous-systèmes mécaniques. On a l'habitude d'assimiler la tête, le thorax et le bassin à des masses. Celles-ci sont réunies par des systèmes d'amortissement viscoélastique constitués de muscles, de ligaments et de disques intervertébraux. Des phénomènes de résonance des organes apparaissent. Ils sont susceptibles de provoquer des effets physiologiques, psychologiques et pathologiques.

La figure IV.1 nous montre un schéma du corps humain avec analogie biomécanique.

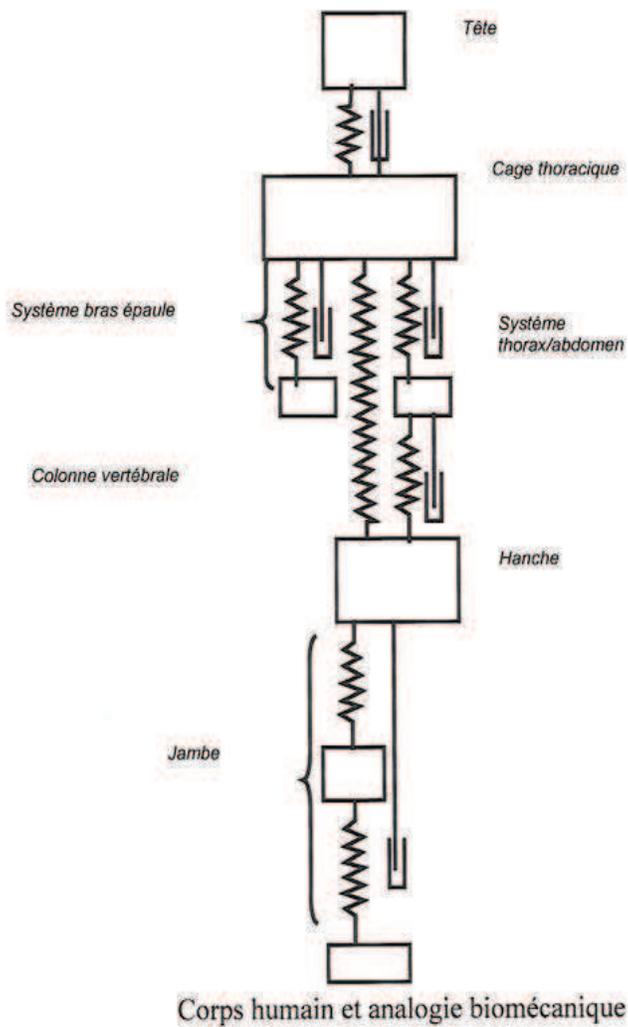


Fig IV.1 : corps humain et analogie biomécanique.

L'intérêt de développer des modèles biodynamiques du corps humain est de simuler numériquement le comportement vibratoire.

Le schéma présenté ci-dessus est très simple et permet de comprendre comment grossièrement fonctionnent les modèles du corps humain.

En fait, on distingue deux types d'approche : la phénoménologie et l'anatomique comme le montre la figure IV.2. (4)

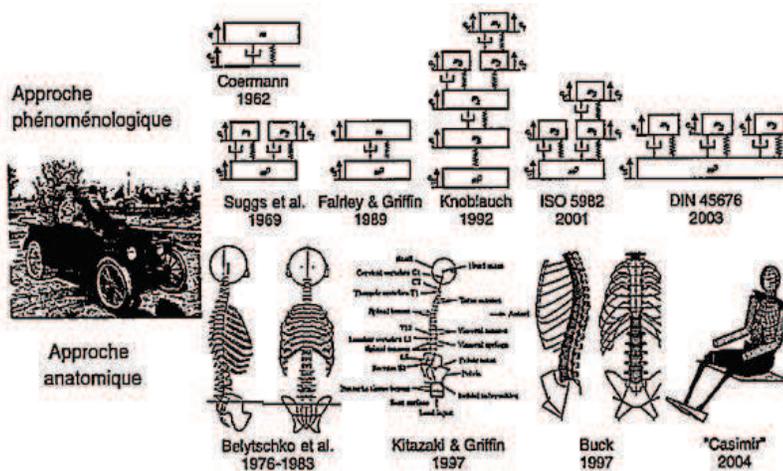


Fig IV.2 : différence entre approche phénoménologique et approche anatomique.

Le modèle phénoménologique vise à reproduire le comportement vibratoire du corps en utilisant certaines données physiques particulières et en réalisant des systèmes discrets composés de masses, de ressorts et d'amortisseur à plusieurs degrés de liberté.

Le but des modèles anatomiques est de stimuler toutes les parties du corps intéressantes pour l'évaluation du comportement vibratoire en se rapprochant au maximum de l'anatomie.

Les modèles utilisés pour simuler les vibrations globales du corps sont de plus en plus complexes. Ils sont essentiels à une analyse systématique de la relation entre réponse vibratoire et dommage. Le recours à ces modèles nécessite un examen critique des propriétés des propriétés biodynamiques employées pour décrire ces modèles, ainsi que de la façon dont ils sont validés. (5,6). Ainsi, Tamaoki et Yoshimura (7) ont réalisé une modélisation multicorps d'un corps humain. Pour cela, ils ont construit un mannequin qui imite le tronc humain depuis la région fémorale et se compose concrètement d'une colonne vertébrale (24 vertèbres sacrum et disques intervertébraux), d'une tête, d'un thorax, de hanches, d'un bassin et de fémurs. Les disques intervertébraux et les hanches sont aussi représentés. La masse correspondant aux viscères et aux tissus gras est intégrée au mannequin. L'objectif est de réaliser une modélisation qui permettra l'évaluation plus facile de l'effet des vibrations sur la colonne vertébrale.

La validation des modèles nécessite une large base de données et une étude de la corrélation entre résultats expérimentaux et données réelles. Ainsi, De Craeker (8) a construit un modèle numérique de colonne qui se compose de deux corps rigides

représentant les vertèbres et leur environnement. Il a réalisé une validation détaillée de son modèle numérique en mesurant les transmissibilités du siège à la tête chez 6 individus tests et en les comparant à celle du modèle.

En combinaison avec des modèles mécaniques, ils permettent de développer des systèmes techniques destinés à réduire les vibrations. Ainsi, Fleury et Mistrot (9) de l'INRS ont développé un modèle masse/ressort/amortisseur représentatif d'un homme assis sur un siège soumis à des vibrations avant/arrière. L'objectif de ce modèle est de concevoir des suspensions plus performantes pour limiter ces vibrations avant/arrière. Les auteurs cherchent à développer un siège de chargeuse plus performant.

#### 4.2 : Effets généraux sur le corps humain.

##### **Incidence de la fréquence**

On considère très importantes les fréquences qui sont comprises dans la gamme des fréquences naturelles de résonance du corps.

Les vibrations n'ont pas toutes le même effet, on distingue :

- les très basses fréquences entre 0 et 2 Hz qui par leur action sur le vestibule sont à l'origine des cinétoses,
- les basses fréquences entre 2 et 20 Hz qui sont celles rencontrées dans les transports,
- les hautes fréquences entre 20 et 1000 Hz sont à l'origine des troubles angioneurotiques des mains reconnus par le tableau n° 69 des maladies professionnelles.

##### **Points d'application au corps**

Pour les vibrations corps entier, celles ci pénètrent dans le corps par les pieds et les fesses. Elles suivent une direction souvent verticale des pieds à la tête.

Dans le cas du système mains-bras, elles se transmettent, généralement le long de l'axe de la main, du bras et de l'épaule.

## **Durée**

L'effet des vibrations dépend beaucoup de leur durée dans le temps.

## **Interférences avec le fonctionnement de l'organisme.**

A une vibration correspond :

- un déplacement du corps dans son ensemble,
- une tentative de compensation de l'effet de cette vibration par une réaction musculaire surtout pour le sujet se tenant debout,
- la compensation est insuffisante, le mouvement se trouve transmis aux différentes parties de l'organisme et peut-être à l'origine de troubles divers.

## **ACTION sur les PERFORMANCES**

Les vibrations ont probablement un effet perturbateur sur l'activité professionnelle, tant au niveau physique qu'au au niveau intellectuel.

Ces vibrations gênent l'exécution correcte de certains gestes ainsi que la concentration. (10)  
(11) (12)

## **ACTION sur certaines FONCTIONS PHYSIOLOGIQUES**

### *ACUITE VISUELLE*

Entre 20 et 30 Hz, qui est la fréquence de résonance de la tête on signale des baisses d'acuité visuelle. (10)

Entre 60 et 90 Hz, la résonance des globes oculaires déclenche des troubles visuels. (11)

### *APPAREIL RESPIRATOIRE*

La respiration subit l'influence des vibrations. Entre 3 et 7 Hz, fréquence de résonance du thorax, des difficultés respiratoires ont été observées.

Les différents paramètres (fréquence, volumes, consommation d'oxygène) ont tendance à augmenter. (10)

Entre 4 et 12 Hz, la ventilation augmente plus que la consommation d'oxygène. (10)

#### *APPAREIL CARDIO-VASCULAIRE*

D'une façon générale, les vibrations amènent une accélération du rythme cardiaque. (13). (14).

La fréquence de résonance du cœur se situe entre 4 et 8 Hz et il est intéressant de savoir que certains sujets se plaignent à ces niveaux de douleurs d'allure angineuse.

Entre 4 et 11 Hz, des vibrations brusques et sévères sont signalées comme pouvant induire des extrasystoles et de la tachycardie. (10)

Des variations diverses de la tension artérielle apparaissent.

Dans quelques cas rares, des infarctus du sujet jeune sans antécédents d'artériosclérose, sans insuffisance coronaire connue ont été rapportés à une étiologie vibratoire. (10).

### 4.3 Pathologies Rachidiennes.

Dans le cas des machines tondeuses de golf, vu la fréquence des vibrations, les risques principaux concernent les pathologies rachidiennes. Ce sont d'ailleurs ce type de pathologies notamment les douleurs lombaires qui ont été le plus étudiées.

Les vibrations sont à l'origine de microtraumatismes rachidiens. Des pathologies douloureuses : lombaires, dorsales, cervicales, ainsi que des radiculalgies sont observées.

Nous commencerons cette sous partie par décrire les pathologies rachidiennes pouvant être provoquées par les vibrations corps entier puis nous ferons un historique des connaissances sur les vibrations corps entier en faisant le lien avec les pathologies rachidiennes.

#### 4.3.1 : *types de pathologies induites par les vibrations corps entier.*

##### 4.3.1.1 : dégénérescence du disque inter vertébral.

Le disque intervertébral est formé de deux éléments : un anneau fibreux avec au centre le nucléus pulposus de consistance gélatineuse. L'anneau fibreux est constitué de lamelles fibro cartilagineuses concentriques. Il est inséré sur les corps vertébraux.

Il est épais en bas et latéralement et moins épais en arrière. La figure VI.3 présente un schéma du disque intervertébral.

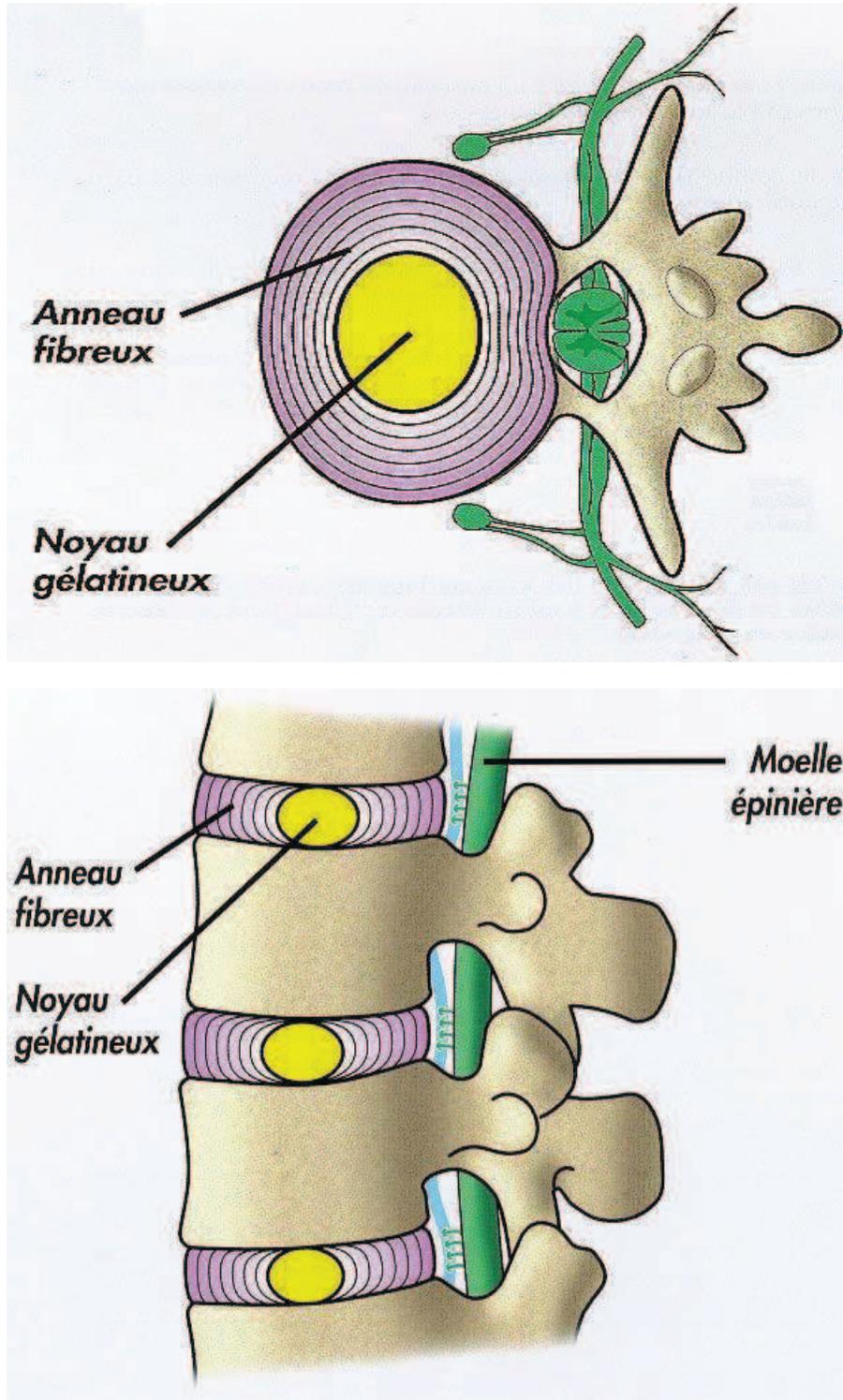


Fig IV.3 : anneau fibreux et noyau gélatineux.

Le nucléus pulposus a l'allure d'une gelée blanchâtre. Sa fonction est de permettre les mouvements des vertèbres l'une sur l'autre en transmettant et en répartissant les pressions sur les lamelles de l'anneau fibreux qui par leur élasticité amortissent et absorbent les vibrations.

La dégénérescence discale est liée à deux facteurs :

–Le vieillissement du disque lié à l'âge qui est variable selon les individus. La présence de malformations de la charnière lombo sacrée crée une fragilité en plus.

– Les micro et macro traumatismes liés à l'environnement. Dans ce cadre, le contexte professionnel peut jouer un rôle important notamment les vibrations corps entier.

La dégénérescence du disque a plusieurs conséquences :

–perte des qualités mécaniques de ces éléments.

–déformation progressive (affaissement).

– apparition d'ostéophytes du corps vertébral au niveau des attaches des ligaments vertébraux.

La fragilisation des disques expose à l'apparition d'hernies discales notamment nucléaires postérieures qui rendent compte des lombalgies aiguës et des lombalgies chroniques discales ainsi que des radiculalgies. (cruralgies, sciatalgies).

L'apparition d'ostéophytoses au niveau des articulations inter apophysaires postérieures peut être à l'origine de lombalgies et de radiculalgies.

4.3.1.2: Description des pathologies rachidiennes induites par les vibrations corps entier.

### **Les douleurs cervicales.**

Le rachis cervical est soumis aux mêmes vibrations que le reste du corps. Les pathologies décrites sont de type arthrosiques avec compression possible des racines nerveuses. Des

douleurs peuvent être classiquement décrites. Néanmoins, en ce qui concerne les vibrations, ce type de pathologies est beaucoup moins fréquent que les douleurs lombaires.

### **Les problèmes lombaires.**

#### LA LOMBALGIE AIGUE

Très fréquent, il apparaît généralement après l'âge de 30 ans.

Son début est :

- soit brutal (classique mouvement de soulèvement d'une charge éventuellement trop lourde, mal négocié sur le plan de la mécanique articulaire vertébrale) ;
- soit plus progressif, en quelques heures ou quelques jours, succédant le plus souvent à un surmenage rachidien ou sans raison apparente.

Il s'agit d'une violente douleur de la région lombo-sacrée empêchant le redressement du buste.

Il est classiquement associé à une raideur lombaire majeure.

Le lumbago guérit seul en une huitaine de jours. Il peut récidiver ou se transformer en lombalgie chronique ou sciatalgie. Il concerne à l'évidence plus la manutention que la conduite. Nous avons vu dans la partie de description de poste de jardinier de golf qu'un certain nombre de tâches pouvaient induire des lombalgies chez les jardiniers.

Certaines lombalgies aiguës évoluent vers la chronicité. Il s'agit d'un faible pourcentage puisque 50% des lombalgies aiguës régressent en moins de 8 jours, 90% en moins de un mois.

#### LA LOMBALGIE CHRONIQUE :

L'agence nationale d'accréditation et d'évaluation en santé (ANAES) définit la lombalgie chronique comme une douleur habituelle de la région lombaire dont l'évolution dure depuis plus de 3 mois.

Un groupe d'experts internationaux, la Paris Task Force, parle de lombalgie aiguë si la douleur dure depuis moins d'un mois, de lombalgie subaiguë si la durée est comprise entre 1 et 3 mois.

La lombalgie chronique touche des personnes de 30 à 60 ans en général, ayant un passé de lombalgies aiguës ou non. Cette douleur lombaire basse peut irradier vers le bas (sacrum, fesses). Elle est aggravée dans un certain nombre de circonstances dont les efforts de manutention, la conduite de véhicules, les stations debout ou assise prolongées.

Son évolution se fait sur le long terme, avec rémissions et récurrences ou aggravation, poussée aiguës (lumbagos), apparition de sciatiques.

C'est ce type de pathologies qui concerne le plus les jardiniers de golf qui sont soumis à des vibrations corps entier.

## LES SCIATIQUES

Le diagnostic de sciatique d'origine discale est important puisqu'il y a une possibilité de prise en charge au titre des tableaux des maladies professionnelles n° 97 et 98.

Cette douleur du membre inférieur suit le trajet du nerf sciatique, il faut la reconnaître, c'est-à-dire la différencier des autres douleurs du membre inférieur et faire le diagnostic de conflit disco radiculaire.

*4.3.2: Maladies professionnelles pouvant être reconnues correspondant à cette exposition.*

Certaines lombalgies peuvent être reconnues au titre de maladie professionnelle.

Les tableaux n° 97 du Régime Général et n°57 du Régime Agricole,

**Ces tableaux indemnisent les affections chroniques du rachis lombaire provoquées par les vibrations de basses et moyennes fréquences transmises au corps entier.**

Les diagnostics médicaux portant droit à indemnisation sont :

- Sciatique par hernie discale L4-L5 ou L5-S1, avec atteinte radiculaire de topographie concordante.

-Radiculalgie crurale par hernie discale L2-L3, ou L3-L4, ou L4-L5, avec atteinte radiculaire de topographie concordante.

Pour ces pathologies, le délai de prise en charge est de 6 mois, c'est à dire que 6 mois au maximum doivent s'être écoulés entre le moment où la personne a cessé d'être exposée aux vibrations et la constatation médicale de la pathologie.

Le salarié doit avoir été exposé au moins 5 ans aux vibrations pour pouvoir prétendre à une indemnisation, en effet le tableau mentionne une durée d'exposition de 5 ans.

La liste des travaux susceptibles de provoquer ces pathologies est limitative, ce qui signifie que le travail effectué par le salarié doit figurer dans cette liste pour pouvoir prétendre à une reconnaissance au titre d'une maladie professionnelle.

Cependant, dans tous les cas si une condition du tableau n'est pas remplie, (délai de prise en charge, temps d'exposition, travail effectué), il est possible d'effectuer une déclaration et le Comité Régional de Reconnaissance des Maladies Professionnelles sera alors saisi.

Pour mémoire, les tableaux n° 69 du Régime Général et n° 29 du Régime Agricole indemnisent les affections provoquées par les vibrations et les chocs transmis par certaines machines-outils, outils, et objets, par les chocs itératifs du talon de la main sur des éléments fixes.

*4.3.3 : Etudes épidémiologiques sur le lien entre vibrations corps entier et pathologies rachidiennes, histoire des connaissances.*

4.3.3.1 : avant 1945.

Dès les années 20 et 30, les vibrations sont reconnues comme des facteurs de stress environnemental. Les premières suspensions notamment avec Olley (15) sont développées. Reiher et Meister (1931) (16) réalisent les premières études expérimentales en laboratoire en soumettant des sujets à des vibrations comprises entre 5 et 60 Hz dans toutes les directions avec des fréquences d'accélération comprises entre 50 mm/s<sup>2</sup> et 10m/s<sup>2</sup>. Ils demandent aux sujets de signaler lorsque les vibrations deviennent insupportables voir très insupportables. Cette étude est subjective et ne permet pas de connaître l'effet des vibrations sur le rachis mais constitue une première analyse de l'effet des vibrations.

#### 4.3.3.2 : de 1945 à 1960.

De 1945 à 1960 de nombreuses études expérimentales sont effectuées en laboratoire. Elles permettront de développer des suspensions de siège plus performantes. (Radke, 1957). (17) A Dortmund, en Allemagne, Dieckmann (1957) (18) réalise une étude sur les vibrations transmises à un individu assis sur un siège. Il définit un facteur k correspondant à niveau d'accélération horizontale et verticale. La valeur k=100 est définie comme la valeur maximale devant être tolérée pour l'homme et k=10 la valeur devant être autorisée pour l'industrie. Ces travaux vont constituer la base de la norme standard allemande VDI 2057.

Pendant la même période, des études sur les effets des vibrations sont faites aux USA. (Magid et al, 1960) (19) Ces études sont à la base de la norme américaine ISO 2631. Les auteurs demandent aux sujets d'arrêter l'étude dès que la limite tolérable est atteinte. Les raisons principales sont « douleurs abdominales, douleurs dans la poitrine, mal de tête, dyspnée, anxiété et inconfort ». La liste n'incluait pas les douleurs lombaires. Mais les fréquences utilisées (4-8 Hz) et surtout les accélérations importantes ne correspondent pas aux conditions réelles d'utilisation (durée plus longue, amplitudes moins fortes).

Clayberg (1949) (20) décrit plusieurs problèmes de santé chez les conducteurs d'engins de l'armée notamment des douleurs lombaires (« jeep back »).

En 1960, Rosseberg (21) publie une étude qui sera beaucoup reprise par la suite. Il s'intéresse à l'état de santé des conducteurs de tracteurs de ferme. Il compare deux groupes de travailleurs un groupe conduisant des tracteurs et un groupe n'en conduisant pas. Les problèmes médicaux principaux concernaient des troubles gastro intestinaux et les

lombalgies. Pour les auteurs les problèmes gastro intestinaux étaient liés à des habitudes alimentaires (alimentation irrégulière et pauvre). En ce qui concerne les douleurs lombaires, les auteurs notent que « la majorité des conducteurs de tracteurs sans problèmes lombaires ne conduisent les tracteurs que depuis moins de 2 ans alors que seulement 1/5 des conducteurs depuis plus de 4 ans n'ont pas de problèmes lombaires. Ils essaient aussi de comparer différents types de tracteurs mais ne retrouvent pas de différence entre les tracteurs. Ils parlent de « microlésions de la colonne ». Selon eux, « la conduite de tracteurs peut causer des problème de santé aux opérateurs et« cela est du aux chocs et vibrations ainsi qu'aux postures inconfortables ».

Ainsi durant cette période les vibrations corps entier sont considérées comme pouvant être responsables des douleurs lombaires sans qu'aucune preuve scientifique ne puisse être apportée.

#### 4.3.3.3 :1960-1970.

De nombreux progrès sur les conséquences des vibrations corps entier sur le corps humain sont réalisés. Un groupe de travail se réunit pour finaliser la rédaction de la norme américaine ISO 2631 en 1975 (et indirectement la norme ISO 5349 pour les vibrations transmises au système main/bras).

Une nouvelle génération de tests en laboratoire apparaît avec les échelles de sensations basées sur les travaux de Steven. Les tests sont plus précis, moins subjectifs.

Le groupe de travail américain sur les normes ISO définit dans les années 1960 des courbes d'accélération à ne pas dépasser en fonction de la fréquence. Ces courbes de référence seront la base du modèle ISO 2631 et resteront inchangées pendant de nombreuses années.

Des études sont également réalisées à cette époque sur les effets des vibrations corps entier sur les performances humaines comme l'acuité visuelle (Lange et Coermann, 1962) (22). Griffin (1990) (23) fait état de 14 études sur la fonction cardio vasculaire, 6 sur la fonction respiratoire, 2/3 sur la fonction métabolique, 20 sur la fonction motrice, 3 ou 4 sur le système nerveux (EEG) mais seulement quelques études sur les effets sur la colonne lombaire alors qu'il s'agit de l'effet principalement décrit en conditions réelles.

Les études les plus importantes de cette période sont celles réalisées par Dupuis et Chris (1966, 1968, 1972) (24) (25) (26) qui correspondent au suivi longitudinal d'un groupe de jeunes conducteurs de tracteurs. Des examens cliniques et des radiographies lombaires sont réalisées. Les auteurs montrent dès le premier examen qu'aussi bien les douleurs que les signes radiologiques augmentent avec la durée d'utilisation annuelle d'un tracteur. Après dix ans d'utilisation les signes radiologiques sont tous en augmentation. Néanmoins, les auteurs restent prudents et n'attribuent pas avec certitude les détériorations radiologiques aux vibrations corps entier. En effet, la période étudiée et le nombre de cas ne sont pas suffisants. Par contre, ils suspectent que la détérioration de la colonne peut être considérée comme « prématurée » ou « exogène » et que les vibrations corps entier constituent sans doute ce facteur exogène.

A cette période peu de mesures d'accélération en situation réelle peuvent être faites. En effet, les appareils devant être utilisés sont coûteux et de trop grande taille. Les quelques mesures réalisées sont faites dans l'agriculture (Matthews (27)) et non dans l'industrie.

En résumé, durant cette période, l'intérêt pour les vibrations corps entier est grandissant. Néanmoins, on manque de matériel pour réaliser des études en conditions réelles. Les études en laboratoire progressent. On définit les premières normes notamment aux USA (ISO 2631) avec la définition de valeurs d'accélération à ne pas dépasser et ce sans études épidémiologiques.

#### 4.3.3.4 : de 1970 à 1990.

Kelsey et al (28) (29) (30) se sont intéressés à des patients issus de la population générale du Connecticut chez qui a été posé une indication chirurgicale au niveau de la colonne lombaire. De 1971 à 1973, ils ont inclus 217 patients et ont noté un risque augmenté par rapport au groupe contrôle chez les patients assis toute la journée dans une voiture et un risque encore supérieur encore plus chez les conducteurs de camion. Dans la 2<sup>e</sup> série d'études réalisées de 1979 à 1981 (325 patients) les auteurs affirment que les vibrations corps entier jouent un rôle dans l'apparition des problèmes lombaires des patients mais sans apporter de preuves (pas de mesures en conditions réelles). Ils citent simplement des études réalisées en laboratoire sur les sièges.

Gruber et Ziperman (31), dans une étude de 1400 conducteurs d'autocars, montrent une augmentation de la prévalence des douleurs lombaires chez ces derniers. Ils utilisent trois groupes contrôle : des conducteurs d'autocar professionnels avec moins de 5 ans d'expérience, un groupe de la population générale et un groupe de personnes travaillant dans un bureau. Ils suggèrent que les vibrations peuvent être la cause d'augmentation des problèmes lombaires chez les conducteurs d'autocar mais une fois de plus sans apporter de preuves.

Milby et Spear (32) s'intéressent aux chauffeurs de poids lourds et à leurs pathologies. Ils disent identifier des groupes « exposés aux vibrations » ainsi que le degré d'exposition. Mais il apparaît qu'ils ont sélectionné les groupes « exposés » et non exposés uniquement en fonction de la description du poste et non en réalisant des mesures. Ils ont également quantifié le degré d'exposition non en réalisant des mesures mais en fonction du temps du travail ce qui constitue une mesure très imparfaite du degré d'exposition. Ils n'ont d'ailleurs trouvé aucune augmentation de la morbidité chez les sujets exposés ce qu'ils expliquent par l'effet du travailleur sain : les travailleurs plus à risque de développer des pathologies lombaires liées aux vibrations évitent de trouver un emploi où ils risquent d'être exposé à ces vibrations.

Au Japon, en 1982, Konda et al (33) rapportent une incidence élevée de problèmes vertébraux chez les membres d'équipage des bateaux circulant au-delà de 30 noeuds. En 1985, Konda et al (33) réalise un questionnaire chez les conducteurs des camions à conteneurs dans les ports et montrent une augmentation de l'incidence des problèmes lombaires dans cette population. Ils suggèrent que les chocs et les vibrations pourraient être à l'origine de cette augmentation d'incidence des problèmes lombaires.

En 1986, Seide et Heide (34) d'une part Hulshof et van Zanten (35) réalisent des revues de la littérature concernant les vibrations corps entier. Ils sont tous très critiques vis-à-vis des études qui sont pour la plupart réalisées sans mesures d'exposition.

C'est avec les années 1990 puis les années 2000 que vont vraiment être publiées des études épidémiologiques avec mesures de vibrations.

#### 4.3.3.5: de 1990 à 2000.

C'est durant cette période qu'apparaissent de véritables études épidémiologiques cherchant à démontrer le lien entre vibrations corps entier et douleurs lombaires.

Dans ce chapitre seront abordées les études principales réalisées lors de la période 1990-2000.

### **Le laboratoire de Coronel.**

Des études dans différents secteurs d'activité sont réalisées par ce laboratoire : grutiers, conducteurs de tracteurs (Bongers et al, 1988) (36), pilotes d'hélicoptères (bongers et al, 1990) (37), caristes (Boshuizen, 1992) (38)

### **L'étude de Boshuizen. (1992). (38)**

Les auteurs étudient l'impact des vibrations corps entier chez les caristes et les conducteurs de camion de frêt. Ils ont utilisé un questionnaire de santé qu'ils ont fait remplir à 242 conducteurs de 6 compagnies portuaires avec un groupe témoin de 210 personnes. Ils ont également mesuré les vibrations corps entier pour chaque machine de chaque compagnie. Ils ont montré que les conducteurs jeunes, y compris ceux soumis à de faibles doses de vibrations corps entier avaient une prévalence plus grande des douleurs lombaires à court et à long terme. Cette prévalence plus élevée par rapport au groupe de référence disparaissait avec l'âge ( sans doute effet travailleur sain ), les travailleurs âgés peu exposés ayant d'ailleurs une prévalence des douleurs lombaires sur le long terme plus faible que les travailleurs âgés non exposés.

Les accélérations moyennes notées sont en moyenne de 0.8 à 1m/s<sup>2</sup> mais avec une distribution très variable des vibrations au cours du temps : les chariots automoteurs avaient par exemple des valeurs d'accélération plus importante lors des phases de mouvements en avant ou en arrière mais des valeurs beaucoup plus faibles à l'arrêt.

Au contraire, les camions de frêt ont des valeurs plus faibles

Pour mesurer les vibrations dans le temps, les auteurs ont réalisé une intégration temporelle en utilisant le carré des valeurs d'accélération moyennes.

Ils ont conclu dans leur étude que le rôle des vibrations corps entier dans l'apparition des douleurs lombaires était incertain, puisqu'on ne retrouvait pas chez les sujets âgés une plus grande prévalence de douleurs lombaires.

### **Les conducteurs de tracteurs. (39)**

Boshuizen et al vont essayer en 1990 de mettre en évidence un lien dose/effet entre vibrations corps entier et douleurs lombaires chez les conducteurs de tracteurs.

Néanmoins cette étude souffre de nombreuses lacunes : toutes les mesures de vibration ont été réalisées en trois jours donc toutes les tâches réalisées par les opérateurs n'ont pas pu être prises en compte.

Les accélérations mesurées sont en moyenne de  $0.6 \text{ ms}^2$  sur le terrain et de  $1.1 \text{ ms}^2$  sur la route mais ses valeurs ne prennent pas en compte les accélérations pouvant être plus importantes dans certaines tâches, ni le comportement des opérateurs. (choix de la vitesse, ...).

Cette étude ne peut donc être considérée comme suffisante pour démontrer un lien entre dose à effet entre vibrations corps entier et douleurs lombaires.

### **Les études de Bovenzi.**

Bovenzi a étudié les chauffeurs de bus (avec Zadini, 1992) (40) et les tracteurs de ferme (avec Betta, 1994). (41).

### **Les chauffeurs de bus.**

Bovenzi et al vont inclure dans leur étude 234 chauffeurs de bus. Pour chaque type de bus, les accélérations moyennes vont être mesurées. (awz compris entre  $0.2$  et  $0.6 \text{ ms}^2$ ). Elles vont être considérées comme constantes dans le temps ce qui pour ce type de tâche paraît

plus réaliste que pour les conducteurs de tracteurs dans l'étude de Boshuizen (cf paragraphe précédent).

Ils vont étudier les douleurs lombaires, les douleurs dans les jambes, les lombalgies aiguës, les absentéismes dues à des problèmes lombaires et ce sur la vie entière, les douze derniers mois et les 7 derniers jours. Ils montrent un lien statistique entre douleur lombaires et vibrations corps entier et ce même pour les vibrations faible dose. Ils mettent également en évidence un lien possible avec les positions assises et contraignantes.

### **Les tracteurs agricoles.**

Ils étudient 1115 chauffeurs de tracteurs agricoles. Ils montrent que les douleurs lombaires sur la vie entière, les douleurs lombaires aiguës et les sciatiques ont une fréquence qui augmente avec l'augmentation du nombre d'heures de conduites.

Néanmoins, tout comme dans l'étude de Boshuizen les mesures de vibrations corps entier posent le problème de leur extension à l'ensemble des tâches effectuées par les conducteurs, celles-ci pouvant être très variables.

Les Odd ratio concernant les vibrations corps entier en year  $m^2/s^4$  (années  $m^2/s^4$ ) montrent un risque plus élevé de développer des douleurs lombaires avec l'augmentation de l'exposition aux vibrations corps entier.

### **Les études de Schwarze et al. (42).**

Une étude de cohorte prospective publiée en 1998 a été réalisée par Schwarze et al. 388 conducteurs de chariots automoteurs et de camions ainsi que d'engins de terrassement ont été inclus.

La prévalence des douleurs lombaires au début de l'enquête est comparable entre les différents groupes ( 65 % chez les conducteurs de chariots automoteurs, 64 % chez les conducteurs de camion, 60 % chez les conducteurs d'engins de terrassement). Dans le groupe non exposé, la prévalence des douleurs lombaires est de 58 %. Mais les auteurs vont finalement supprimer le groupe contrôle du fait de biais de sélection.

Ils vont classer les participants à l'étude en fonction de leur exposition aux vibrations. Ils vont ainsi réaliser trois groupes : faible, moyenne, forte exposition en se basant sur l'exposition sur 8 heures (seuil fixé à  $0.6 \text{ m/s}^2$  pour séparer les groupes faible et moyenne exposition) et sur l'exposition sur la vie entière (somme des expositions quotidiennes au carré x nombre de jours fixé à  $1414 \text{ m/s}^4 \times \text{days}$  (jours) pour séparer les groupes moyenne et forte exposition). Ils vont montrer une prévalence croissante des douleurs lombaires avec l'augmentation de la durée d'exposition.

#### 4.3.3.6: Etudes les plus récentes.

##### **La revue de la littérature de Lings en 2000.** (43)

Les auteurs réalisent une revue sur 24 articles publiés. Les articles majeurs ont été expliqués plus haut. Pour eux, les articles publiés sont de qualité médiocre mais la qualité des articles s'améliore avec le temps. Six études rapportent une augmentation plus fréquente des douleurs lombaires dans les groupes exposés. Quatre études s'intéressent à la relation dose/effet mais seulement deux études rapportent une relation dose/effet dont celle de Schwarze vue précédemment.

Pour eux, de nouvelles études doivent être entreprises en respectant des critères de qualité : définition claire et non biaisée des groupes exposés aux vibrations et des groupes de témoin, mesures d'exposition, informations sur d'autres facteurs de risque de douleurs lombaires (position assise prolongée).

##### **La revue de la littérature de Bovenzi en 1997.** (44)

Il s'agit d'une revue de la littérature et d'une méta analyse. Les auteurs trouvent initialement 45 articles mais ils vont ne garder que 17 (inclusion des articles seulement avec des mesures précises de vibrations)

Une méta analyse va être réalisée, montrant une augmentation de la prévalence des douleurs lombaires sur un an et des douleurs de type sciatique avec un OR = 2.13 IC à 95 % 1.8-2.9) entre les groupes de travailleurs exposés aux vibrations corps entier et le groupe non exposé.

### **La revue de la littérature de Waters en 2008.** (45)

Il s'agit d'une revue de la littérature sur les facteurs de risque de développer des douleurs lombaires et cervicales chez les conducteurs d'engins de chantier (grue, bulldozer, chariot automoteur, etc...). Les douleurs lombaires et cervicales sont d'origine plurifactorielle, les vibrations corps entier étant une des causes possibles.

Les auteurs vont réaliser une méta analyse de 185 articles. Ils vont montrer que les conducteurs d'engins de chantier ont 2.2 fois plus de risque de développer des douleurs lombaires. (IC 95 % 1.8-3.0).

Les auteurs vont retenir l'exposition aux vibrations corps entier et sa dose comme un des facteurs de risque de développer des douleurs lombaires ou cervicales. Par exemple les odds ratio pour les douleurs lombaires sont de 2.39 pour les tracteurs (95% CI 1.57–3.66) et de 1.42 (95% CI 1.13–1.78) pour les chariots automoteurs. les accélérations moyennes mesurées (rms) étant de 0.90 m/s<sup>2</sup> pour ceux-ci et de 1.97 m/s<sup>2</sup> pour les chariots automoteurs.

### **Le projet Vibrisks et l'étude de Bovenzi** (46).

Le projet Vibrisks est un projet européen de 4 ans qui s'intéresse au lien entre douleurs lombaires et facteurs physiques notamment vibrations corps entier.

L'étude réalisée par Bovenzi est une étude de cohorte qui examine le lien entre vibrations corps entier et douleurs lombaires. Bovenzi explique que deux types de mesures de vibrations corps entier peuvent être réalisés en ce qui concerne les expositions journalières.

La méthode qui a été retenue par l'Union Européenne et qui se retrouve donc dans la loi française est la méthode de mesure de A(8) qui a été explicitée dans les premiers chapitres. (A(8) est égale à la racine carrée de la *moyenne* du carré des valeurs instantanées) du signal d'accélération.

L'autre méthode, plutôt utilisée aux USA, est le calcul de la VDV (vibration dose value) dont la formule est la suivante :

$$VDV = a_{wi (rmq)} \times (T(\text{période d'exposition en secondes}) \times 60 \times 60)^{1/4}$$

$$\text{Avec } a_{wi (rmq)} = 1/[T \text{ somme } (a^4(t))^{1/4}]$$

Les auteurs vont également utiliser des calculs de dose cumulée basée soit sur la VDV soit sur A(8).

L'objectif secondaire (en plus de rechercher un lien entre vibrations corps entier et lombalgies) est de comparer le système de mesure VDV versus A(8). 628 personnes vont être incluses dans l'étude. Un questionnaire nordique modifié va être utilisé pour préciser les douleurs lombaires. Trois paramètres vont être pris en compte : les douleurs lombaires, les douleurs importantes et la gêne fonctionnelle dans l'année écoulée. Des mesures de vibration au niveau du siège sur une période la plus représentative possible de l'activité vont être réalisées.

Trois groupes vont être formés :

- groupe A : machines de terrassement,
- groupe B : chariots automoteurs,
- groupe C : bus.

Les résultats montrent que A(8) et VDV du groupe A sont significativement plus élevées que le groupe B. ( $p < 0.05$ ) et que dans le groupe C ( $p < 0.05$ ). Les valeurs moyennes de A(8) étaient de  $0.38 \text{ m/s}^2$  pour le groupe A,  $0.28 \text{ m/s}^2$  pour le groupe B,  $0.27 \text{ m/s}^2$  pour le groupe C. Les valeurs moyennes de VDV étaient de  $10.7 \text{ m/s}^{1.75}$ ,  $8.9 \text{ m/s}^{1.75}$ ,  $5.9 \text{ m/s}^{1.75}$ .

Si l'on compare ces valeurs au seuil défini par la loi française, aucun des groupes n'est au-dessus du seuil impliquant une intervention de l'employeur pour réduire les vibrations.

En ce qui concerne la VDV, le seuil d'intervention définie par l'Union Européenne est de  $9.1 \text{ m/s}^{1.75}$ , le groupe A est donc au dessus du seuil d'intervention.

Dans la population, la prévalence initiale (avant étude) pour les douleurs lombaires, les douleurs importantes et la gêne fonctionnelle était respectivement de 44.1, 26.4, et 17.5% avec une prévalence significativement plus élevée de la gêne fonctionnelle dans le groupe des machines de terrassement.

Pendant la période de suivi (2003-2006), 109 nouveaux cas de douleurs lombaires sont apparus sans différence significative entre les 3 groupes de métiers. Les auteurs montrent qu'il n'existe pas de lien statistiquement significatif entre A(8), VDV et douleurs lombaires. Par contre si on s'intéresse à la dose cumulée d'exposition, une différence statistiquement significativement apparaît pour des doses supérieures à  $14.1 \times 10^3$  heures. OR = 2.95 (IC à 95 % 1.46 - 5.97).

A noter que si on utilise A(8) comme mesure de base des vibrations corps entier, seul 7.8 % des travailleurs inclus étaient au dessus du seuil d'intervention définie par l'Union Européenne de  $0.5 \text{ m/s}^2$  alors que si on utilise la VDV 22 % des travailleurs se trouvaient au dessus du seuil défini.

En conclusion, les auteurs expliquent que ce sont les doses cumulées qui prédisent le mieux l'apparition de douleurs lombaires, et ce d'autant plus qu'on utilise les doses cumulées dérivées de la VDV. La VDV semble donc une meilleure méthode mesure des vibrations corps entier.

### **L'étude de Tiemessen.** (47)

Il s'agit d'une étude d'évaluation des vibrations corps entier avant et après intervention.

126 conducteurs de chariots auto moteurs vont être inclus dans cette étude. Un questionnaire basé sur le projet Vibriks (cf article précédent) va être donné à ces 126 conducteurs qui ont tous dans leur travail une mesure de A(8) supérieure à 0.5 m/s<sup>2</sup>. Une information est donnée aux conducteurs sur les vibrations corps entier, les risques pour la santé et les moyens de réduire ces vibrations. Au bout de 7 mois, de nouvelles mesures de vibrations sont réalisées. On note une diminution des vibrations corps entier mais non significative.

Cette étude est intéressante car elle ouvre la voie à des études basées sur les comportements des utilisateurs pour réduire les vibrations.

Dans ce chapitre, nous avons donc cherché à nous intéresser au lien entre vibrations corps entier et lombalgies. Celui-ci était suspecté depuis longtemps mais ce sont les études les plus récentes qui ont permis de le mettre en évidence. Ceci a abouti à la reconnaissance en maladies professionnelles des sciatiques par hernie discale L4-L5 ou L5-S1 et des radiculalgies crurales par hernie discale L2-L3, ou L3-L4, ou L4-L5.

Si le lien entre vibrations corps entier et lombalgies est aujourd'hui reconnu, il n'en reste pas moins que les lombalgies peuvent avoir plusieurs causes qui ont tendance à s'additionner.

Nous allons maintenant passer aux résultats de nos mesures de vibrations corps entier que nous discuterons par la suite en fonction des données de la littérature.

## V) Matériel , méthodes.

Dans ce chapitre, nous allons nous intéresser aux techniques de mesures des vibrations corps entier.

### 5.1 : Méthode d'évaluation des vibrations corps entier.

L'évaluation des vibrations corps entier peut se faire avec ou sans mesure d'accélération.

Pour estimer l'émission vibratoire des machines utilisées, l'employeur peut avoir recours :

- aux valeurs fournies dans la documentation INRS ED 6018. Guide des bonnes pratiques en application du décret vibrations.

Dans cette documentation on trouve la gamme des émissions vibratoires (accélération équivalente aeq) pour les familles de machines mobiles les plus courantes mesurées en situation réelle. A défaut d'information spécifique, elles permettent une estimation rapide et simple de l'exposition vibratoire en choisissant la valeur moyenne correspondant au véhicule à estimer. Outre la valeur moyenne, le document comprend les valeurs correspondant au quart des mesures les plus faibles (25<sup>e</sup> percentile) et les plus fortes (75<sup>e</sup> percentile). En fonction des conditions vibratoires (très favorables, moyennes ou défavorables), on retiendra la valeur du 25<sup>e</sup> percentile, la moyenne ou le 75<sup>e</sup> percentile.

En connaissant la durée d'exposition (durée réelle quotidienne où le salarié est exposé aux vibrations corps entier), on pourra ensuite estimer l'exposition journalière A(8).

Pour les machines de golf, on ne trouve pas de données spécifiques dans ce document.

- aux déclarations des fabricants.

En effet, la directive « Machines » 98/37/EC définit les exigences essentielles en matière d'hygiène et de sécurité pour les machines commercialisées dans l'Union Européenne, notamment en ce qui concerne les vibrations. Elle exige entre autres des fabricants, importateurs et fournisseurs de machines, de fournir des informations sur les risques vibratoires, ainsi que des valeurs moyennes de vibrations pour l'ensemble du corps. Ces valeurs d'émission vibratoire doivent figurer dans les notices d'instruction des machines. Pour certaines machines (chariots élévateurs industriels et aéroportuaires) il existe des codes d'essai spécifiques (code d'essai européen harmonisé). Néanmoins, pour la plupart

des machines et c'est le cas des machines de tonte de green il n'existe pas de code d'essai spécifique. De fait, les valeurs déclarées par les fabricants ne sont souvent que des valeurs indicatives qui facilitent certes la comparaison des machines entre elles mais sous estiment les valeurs d'émission en situation réelle.

- à des mesures de vibrations. Elles sont réalisées grâce à des accéléromètres.

## 5.2 : Mesure des vibrations corps entier grâce à l'EVEC.

Complicée, coûteuse et pas toujours fiable la mesure des vibrations transmises à l'ensemble du corps est restée longtemps une affaire de spécialistes. En effet, les exposimètres étaient souvent chers et complexes d'utilisation.

Mais à la suite du décret n°2005-746 du 4 juillet 2005 qui obligeait désormais les entreprises à évaluer les risques d'exposition de leur salariés aux vibrations mécaniques, l'INRS, avec le soutien du ministère du travail, décide de participer au développement d'un appareil peu coûteux et facile d'utilisation. Elaboré en partenariat avec les centres régionaux de mesures physiques (CMP), le nouvel exposimètre devra mesurer automatiquement la valeur réglementaire A(8), dose vibratoire reçue par le conducteur d'engin au cours de sa journée de travail. Il sera équipé d'un système de détection de personne et corrigera automatiquement les artefacts de mesure. Quant à la transmission des résultats, elle se fera via une liaison sans fil, pour faciliter le maniement de l'appareil.

Plusieurs années s'écoulaient avant qu'une société belge Micromega Dynamics ne réponde à l'appel d'offre.

Simple et pratique baptisé EVEC (comme exposimètre pour la mesure des vibrations corps entier), l'exposimètre est constitué d'une partie capteur qui prend la forme d'une enveloppe, pesant à peine 300 grammes et d'une partie lecteur qui comprend un logiciel exécutable sur ordinateur portable voir PDA. Le capteur prend la forme d'une interface semi-rigide selon la norme ISO 10326 et comporte : un accéléromètre trois axes, un circuit électronique effectuant la pondération des signaux d'accélération suivant la norme ISO2631, un algorithme de détection des artefacts, une détection de présence du conducteur, une transmission sans fils permettant de transmettre les résultats sur le lecteur.

Grâce au système de détection de personne, le capteur se met en route automatiquement quand le conducteur s'assoit sur son siège, s'arrête dès qu'il se relève et peut également détecter et corriger les secousses anormales. Le capteur se dépose simplement sur le siège du conducteur. Il n'y a aucune connexion à effectuer. La mesure et les résultats sont obtenus en quelques clics grâce au logiciel fourni avec l'appareil. Le logiciel EVEC communique avec le capteur via une liaison sans fil bluetooth. Aucun tri, aucune manipulation des résultats ni aucun calcul ne doit être effectué par l'utilisateur.

Grâce à la détection de présence du conducteur intégré dans le capteur EVEC, la durée de l'exposition aux vibrations est mesurée parallèlement aux valeurs de vibration dans les 3 axes x,y,z. Cela permet d'afficher directement les valeurs d'exposition et notamment la valeur A(8). Le logiciel indique aussi clairement comment la valeur d'exposition mesurée se situe par rapport aux valeurs limites définies dans le décret vibration.

La figure 5.1 nous montre le capteur EVEC installé sur le siège d'une machine de tonte à green.



Figure V.1 : capteur EVEC installé sur le siège d'une machine à green.

## VI) Résultats des mesures.

### 6.1: mesure des vibrations corps entier lors de la tonte des greens.

Pour les machines de tonte de green, plusieurs séries de mesures ont été réalisées. 3 séries de mesures ont été réalisées pour chacun des 2 sous parcours.

Pour chaque mesure, on dispose de deux capteurs : un au niveau du siège, l'autre au niveau du plancher ce qui permet de mesurer l'effet du siège (atténuation ou amplification des vibrations corps entier).

Les mesures d'accélération sont obtenues dans les trois dimensions de l'espace.

La figure VI.1 nous présente les différents axes.

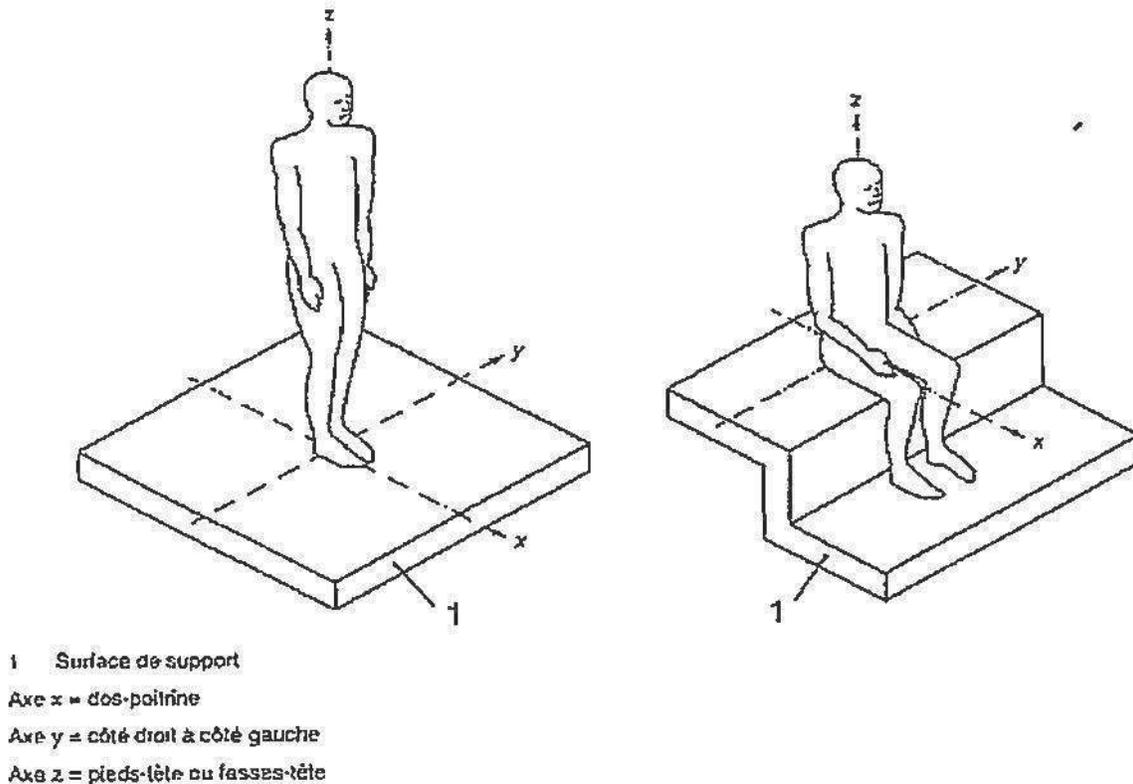


Figure VI.1 : axes du corps humain servant de référence à la mesure des vibrations corps entier.

Pour la tonte des greens, le parcours est divisé en 2 sous parcours A et B. La figure VI.2 nous présente ses deux sous parcours.

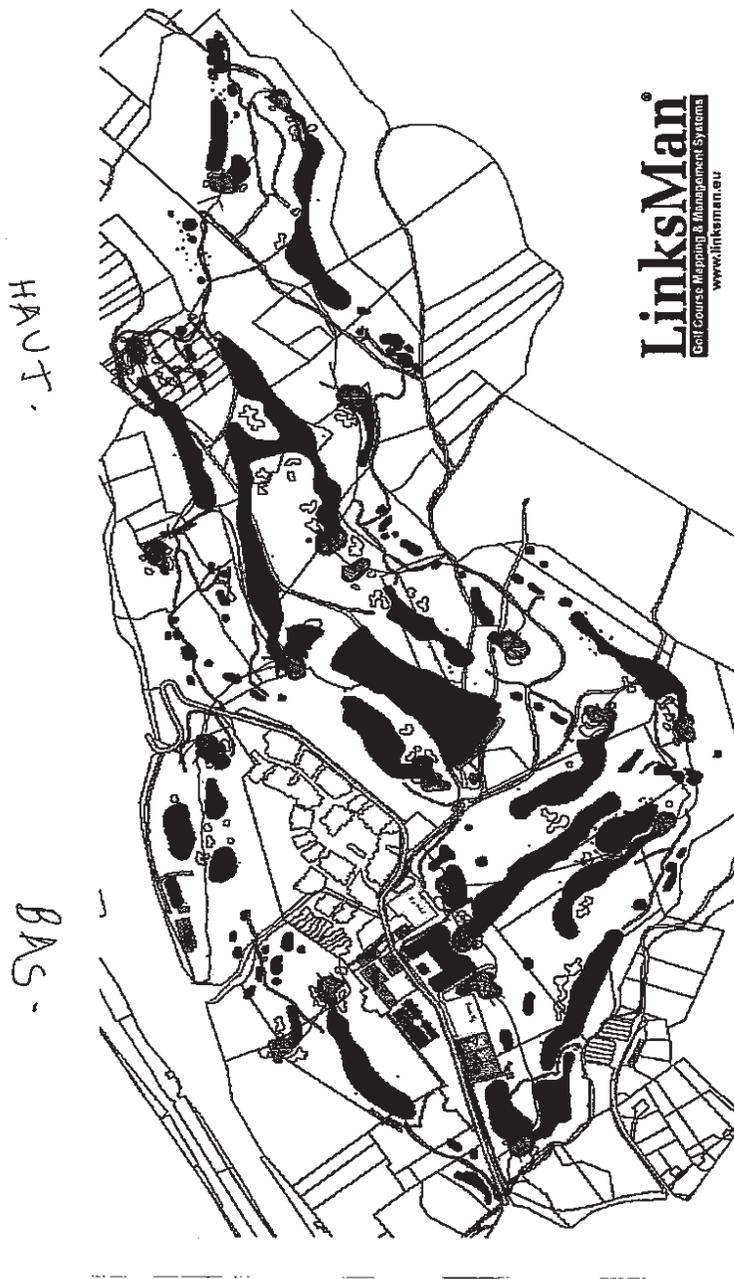


Figure VI.2 : tracé des 2 sous parcours sur le plan du golf

Chaque sous parcours comprend 10 trous donc 10 greens. Pour se rendre à chaque green, le conducteur de la machine emprunte des chemins qui peuvent être en terre ou goudronnés. Les chemins sont plus ou moins pentus.

Après avoir tondu un green, il repart puis s'arrête pour jeter l'herbe.

Type de machine utilisée : La machine utilisée est une machine de type Greenmaster 3150. C'est une machine de marque américaine, d'environ 10 ans. Elle ne comporte pas de siège suspendu.

Il n'y a pas de valeurs indicatives de vibrations corps entier sur la notice. Il est simplement mentionné que ces machines ne dépassent pas le seuil réglementaire de  $0.5 \text{ m/s}^2$  en ce qui concerne les vibrations corps entier.

La figure VI.3 nous présente la courbe d'accélération dans les 3 dimensions en fonction du temps au niveau du siège pour le parcours A.

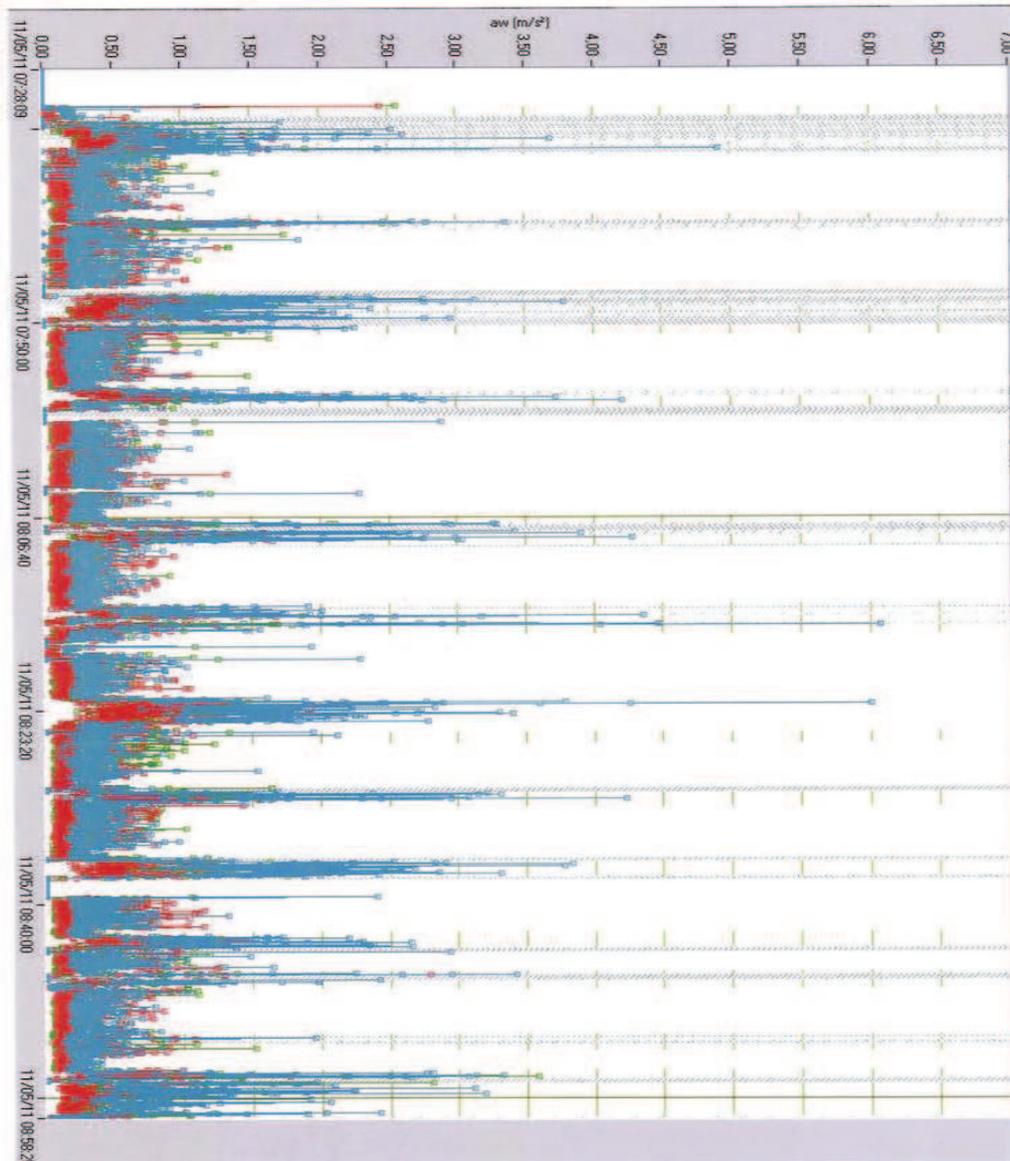


Figure VI.3 : courbe d'accélération dans les 3 dimensions en fonction du temps au niveau du siège pour le parcours A.

Si on visualise la courbe d'accélération au cours du temps, on note plusieurs périodes notamment 2 périodes principales : la période hors du green qui est celle où les valeurs d'accélération sont les plus fortes et la période sur le green où les valeurs d'accélération sont plus faibles.

Pour la période hors du green, les valeurs d'accélération atteignent parfois 2 à 3  $m/s^2$  mais sur des courtes périodes ne durant que quelques secondes.

Pour la période sur le green, les valeurs sont plus faibles (de l'ordre de 0.5 à 1 m/s<sup>2</sup>).

Bien entendu la période la plus longue est celle se déroulant sur le green (3 à 4 fois plus longue).

La figure VI.4 représente la courbe d'accélération dans les 3 dimensions en fonction du temps au niveau du siège. Mesure n°2. Trajet B.

On retrouve le même aspect en deux parties : une partie correspondant à la période sur le green où les valeurs d'accélération sont plus faibles et une période hors green où les valeurs sont plus élevées.

Pour la période à l'extérieur du green, les valeurs d'accélération sont de l'ordre de 0.5 à 4 m/s<sup>2</sup> avec des pointes pouvant atteindre 5 à 6 m/s<sup>2</sup>.

Sur le green on retrouve le même type de valeurs d'accélération que pour le trajet A (de l'ordre de 0.5 à 1 m/s<sup>2</sup>).

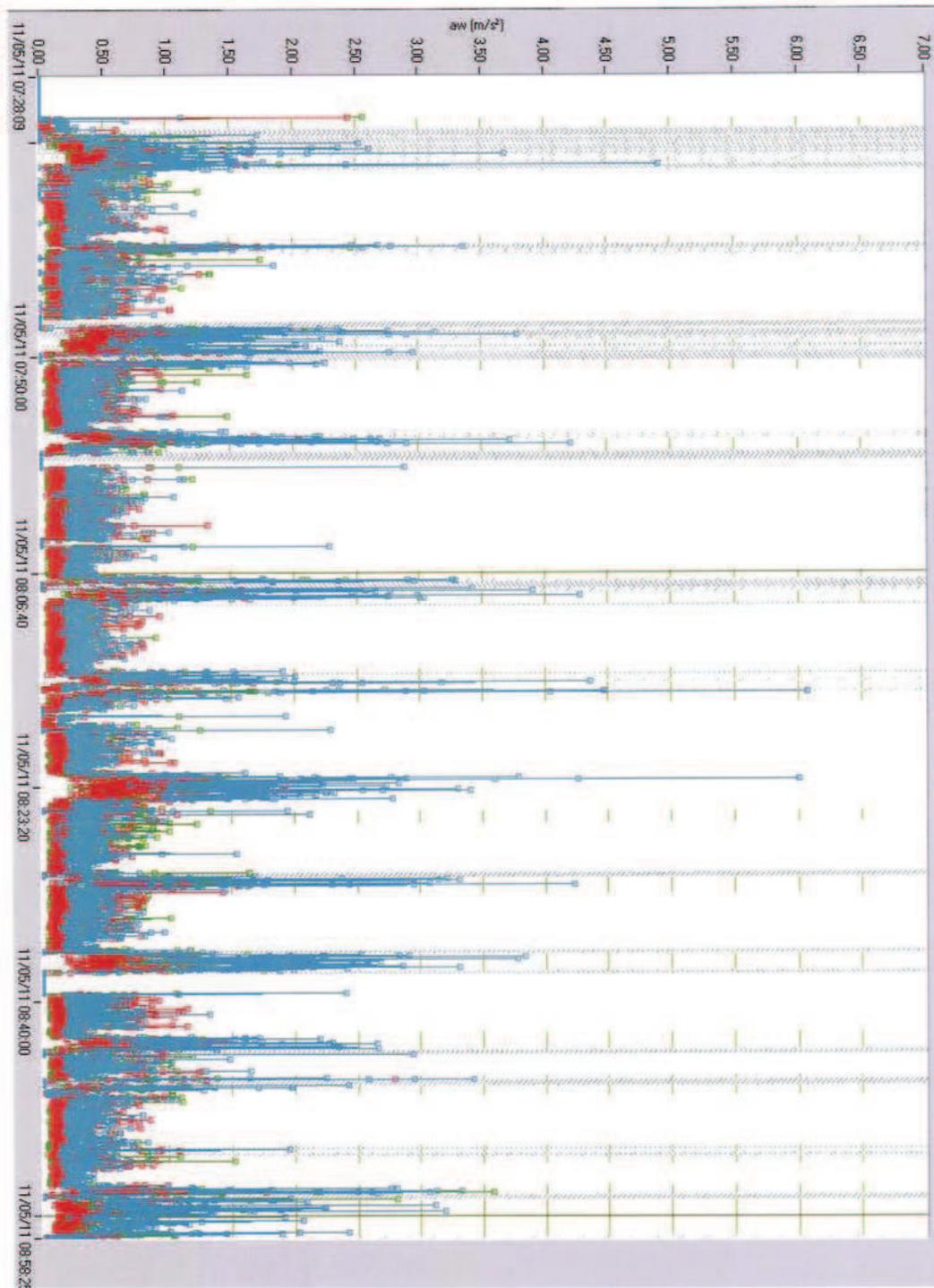


Figure VI.4 : Courbe d'accélération dans les 3 dimensions en fonction du temps au niveau du siège. Mesure n°2. Trajet B

Pour chaque mesure, le tableau VI.1 nous présente les résultats des mesures.

Dans ce tableau, on retrouve :

- les valeurs d'accélération  $E_{qx}$ ,  $E_{qy}$ ,  $E_{qz}$  au niveau du siège qui représentent les valeurs suivant les différents axes.
- les valeurs  $A(8)_x$ ,  $A(8)_y$ ,  $A(8)_z$  qui correspondent à l'exposition journalière.
- Les valeurs d'accélération  $E_{qx}$ ,  $E_{qy}$ ,  $E_{qz}$  au niveau du siège en s'intéressant seulement à la partie hors green.
- Les valeurs  $A(8)_x$ ,  $A(8)_y$ , et  $A(8)_z$  en s'intéressant uniquement à la partie hors green.
- les valeurs d'accélération  $E_{qx}$ ,  $E_{qy}$ ,  $E_{qz}$  au niveau du plancher qui permettent de déduire l'effet du siège.
- Le coefficient d'atténuation/amplification du siège (SEAT) défini par la formule suivante :

$$SEAT = \frac{E_{qsiège}}{E_{qplancher}} \times 100$$

Numéro de mesures	1	2	3	4	5	6
Durée de la mesure	1h26	1h26	1h27	1h31	1h53	1h30
Parcours	A	A	A	B	B	B
$E_{qz}$ m/s <sup>2</sup> (siège)	0,7	0,8	0,67	0,77	0,46	0,68
$E_{qx}$ m/s <sup>2</sup> (siège)	0,63	0,69	0,64	0,59	0,43	0,58
$E_{qy}$ m/s <sup>2</sup> (siège)	0,58	0,52	0,53	0,56	0,41	0,54
$A_x(8)$ (m/s <sup>2</sup> )	0.18	0.23	0.22	0.24	0.18	0.23
$A_y(8)$ (m/s <sup>2</sup> )	0.21	0.22	0.21	0.22	0.17	0.22
$A_z(8)$ (m/s <sup>2</sup> )	0.26	0.28	0.27	0.27	0.18	0.28
$E_{qx}$ siège hors green	0.75	0.72	0.81	0.63	0.40	0.62
$E_{qy}$ siège hors green	0.53	0.51	0.54	0.58	0.51	0.59
$E_{qz}$ siège hors green	0.92	0.88	0.96	0.91	0.60	0.91
$A_x(8)$ hors green	0.19	0.22	0.24	0.28	0.19	0.24
$A_y(8)$ hors green	0.22	0.26	0.26	0.21	0.18	0.24
$A_z(8)$ hors green	0.32	0.31	0.30	0.33	0.21	0.31
$E_{qx}$ m/s <sup>2</sup> (plancher)	0.63	0.59	0.58	0.59	0.41	0.59
$E_{qy}$ m/s <sup>2</sup> (plancher)	0.48	0.54	0.53	0.61	0.42	0.55
$E_{qz}$ m/s <sup>2</sup> (plancher)	0.7	0.7	0.62	0.7	0.5	0.69
Facteur SEAT $O_x$	100%	116%	99%	100%	104%	105%
Facteur SEAT $O_y$	120%	103%	100%	91%	102%	98%
Facteur SEAT $O_z$	100%	114%	108%	110%	92%	98%

Tableau VI.1 : Valeurs d'accélération, d'exposition journalière et facteurs SEAT pour les 6 mesures réalisées sur le green.

### Analysons maintenant les données du tableau.

En ce qui concerne les valeurs d'accélération moyennes pour chaque axe, on peut les représenter par un graphique. La figure VI.5 nous présente les valeurs d'accélération pour chaque axe pour le parcours A.

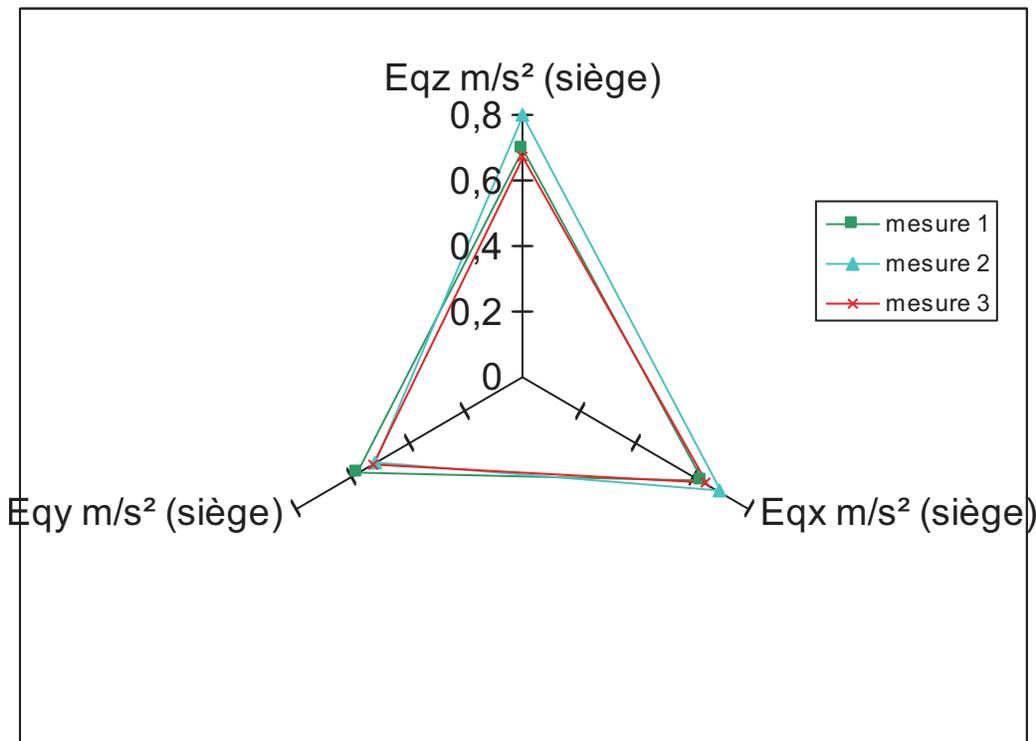


figure VI.5 : valeurs d'accélération pour chaque axe pour le parcours A

Pour le parcours A, les trois mesures donnent des valeurs comparables soit une accélération moyenne pour l'axe des x d'environ 0.65 m/s<sup>2</sup>, de 0.55 m/s<sup>2</sup> pour l'axe des y, et de 0.72 pour l'axe des z.

L'accélération la plus importante correspond à l'axe Oz.

Pour le parcours B, la figure VI.6 nous montre les valeurs d'accélération pour chaque axe.

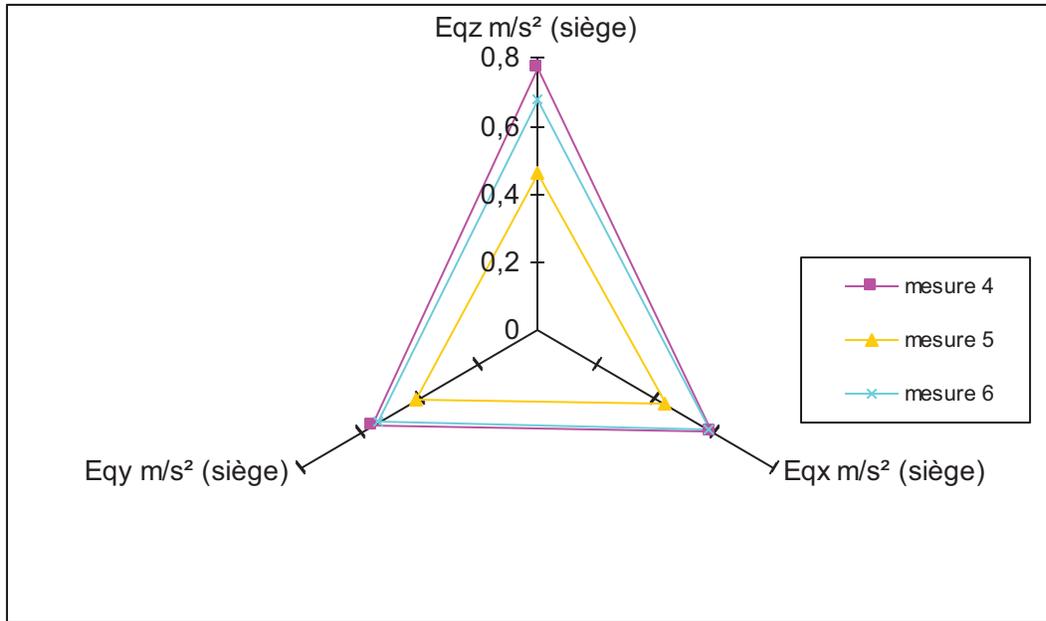


figure VI.6 : les valeurs d'accélération pour chaque axe pour le parcours B.

Pour le parcours B, l'accélération principale concerne l'axe Oz. On a deux mesures comparables 4 et 6 correspondant à une accélération moyenne pour l'axe des x d'environ 0.58 m/s<sup>2</sup>, 0.55 m/s<sup>2</sup> pour l'axe des y et de 0.72 pour l'axe des z.

La mesure 5 du parcours B donne des chiffres plus faibles (0.43 pour l'axe des x, 0.41 pour l'axe des y et 0.46 pour l'axe des z). En effet, du fait d'un réglage différent de la machine (vitesse maximale réduite), le jardinier a été moins rapide (durée plus longue de la tonte) et les valeurs d'accélération ont été réduites. On note déjà ici une piste pour réduire les vibrations corps entier.

Comparons maintenant les 6 mesures d'accélération Eqx, Eyz et Eqz pour les green. On a volontairement exclu la mesure n°5 du fait de sa spécificité. (accélération plus faible du fait de la vitesse réduite). Les résultats sont présentés figure VI.7.

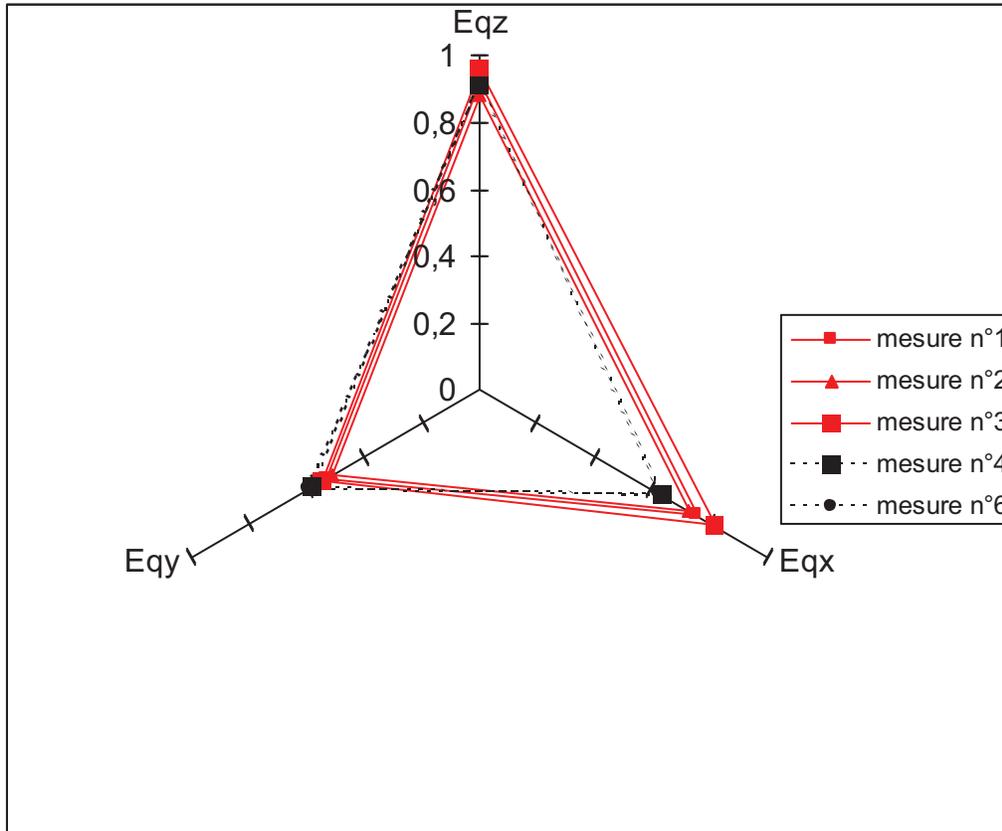


Figure VI.7 : comparaison entre les différentes mesures d'accélération moyenne pour les 5 mesures réalisées sur les machines à green.

Pour les 2 parcours les valeurs d'accélération sont comparables notamment pour l'axe des Oy et l'axe des Oz. Pour l'axe des Ox les valeurs d'accélération moyennes sont un peu plus élevées pour le parcours A.

**Intéressons maintenant à la valeur A(8)** : valeur d'accélération correspondant à 8 heures de travail.

La valeur la plus élevée de A(8) est celle de l'axe Oz, c'est donc elle qui a été retenue par le logiciel de l'EVEC comme valeur de référence A(8).

Pour le parcours A, la valeur A (8) est donc en moyenne de 0.27 m/s<sup>2</sup>.

Pour le parcours B, comme pour les accélérations moyennes on retrouve des valeurs comparables pour les mesures 4 et 6 soit une valeur de A(8) ; de 0.27 m/s<sup>2</sup>, la valeur 5 étant plus faible du fait d'un réglage différent de la machine.

Au total, pour les 2 parcours A et B les valeurs d'accélération A (8) sont comparables.

### **Etude de la portion hors green**

Grâce au logiciel fourni avec l'EVEC, on peut recalculer les valeurs d'accélération moyennes et la valeur d'exposition quotidienne A(8) en ne s'intéressant qu'à la période hors green.

Pour les 2 sous parcours, on note une augmentation des accélérations moyennes notamment sur l'axe Oz. On retrouve ainsi une accélération moyenne à 0.92 m/s<sup>2</sup> pour l'axe Oz sur le parcours A et à 0.91 m/s<sup>2</sup> sur le parcours B si on ne tient pas compte de la mesure 5 (mesure réalisée avec une vitesse moins importante).

Ce résultat correspond bien à ce que ressentent les jardiniers : c'est surtout lors de la période hors green que sont présentes les vibrations corps entier les plus importantes.

Voyons maintenant l'effet sur la valeur d'exposition A(8). Les valeurs d'A(8) pour chaque axe sont présentées dans le tableau VI.4.

Les valeurs de A(8) de l'axe Oz (axe correspondant aux vibrations corps entier les plus importantes) en excluant le travail sur le green sont peu différentes des valeurs de A(8) précédentes. En effet, les déplacements hors du green sont de courte durée (de 1 à 5 minutes environ) et rapportées à une journée de travail, ces vibrations corps entier qui correspondent aux vibrations ressenties par les jardiniers font donc peu varier la valeur d'exposition A(8).

### **Facteur d'atténuation et d'amplification du siège.**

Rappelons que pour chaque mesure, deux capteurs ont été utilisés : un au niveau du siège et un au niveau du plancher ce qui permet de calculer un facteur d'amplification ou d'atténuation au niveau du siège en faisant le rapport entre les valeurs de siège et de plancher.

Le siège présent sur la machine de green a plutôt tendance à amplifier qu'à atténuer les vibrations corps entier. Le facteur d'amplification pour l'axe Oz (axe où l'accélération est

maximale) est légèrement supérieur à 100 %. Ce résultat n'est pas très étonnant car la machine de green utilisée n'a pas de siège suspendu.

### **Test avec une machine électrique à siège suspendu.**

Le golf voisin du golf de Bossey utilise une machine électrique de marque Jacobssen avec siège suspendu, présentée figure VI.7 et VI.8



Figure VI.7 et VI.8 : Photos de la tondeuse Jacobssen. On retrouve les lames hélicoïdales. A noter la présence d'un siège suspendu, réglable au niveau du poids.

Le tableau VI.2 nous présente les résultats obtenus pour l'accélération moyenne au niveau du siège et du plancher, les valeurs d'exposition A (8) et le facteur SEAT défini dans le paragraphe 4.3.1 et compare les machines électrique et thermique.

	Machine électrique	Machine thermique
Durée d'utilisation	01:52	01:30
Eqx	0,36	0,58
Eqy	0,43	0,55
Eqz	0,41	0,72
A(8)x	0,09	0,23
A(8)y	0,1	0,22
A(8)z	0,12	0,27
Eqx (plancher)	0,4	0,59
Eqy (plancher)	0,5	0,57
Eqz (plancher)	0,6	0,7
Facteur SEAT Ox	90%	102%
Facteur SEAT Oy	86%	100%
Facteur SEAT Oz	70%	102%

Tableau VI.2 : Résultats des mesures pour les machines thermique et électrique.

La figure VI.8 nous présente les valeurs d'accélération moyennes pour les 2 types de machine.

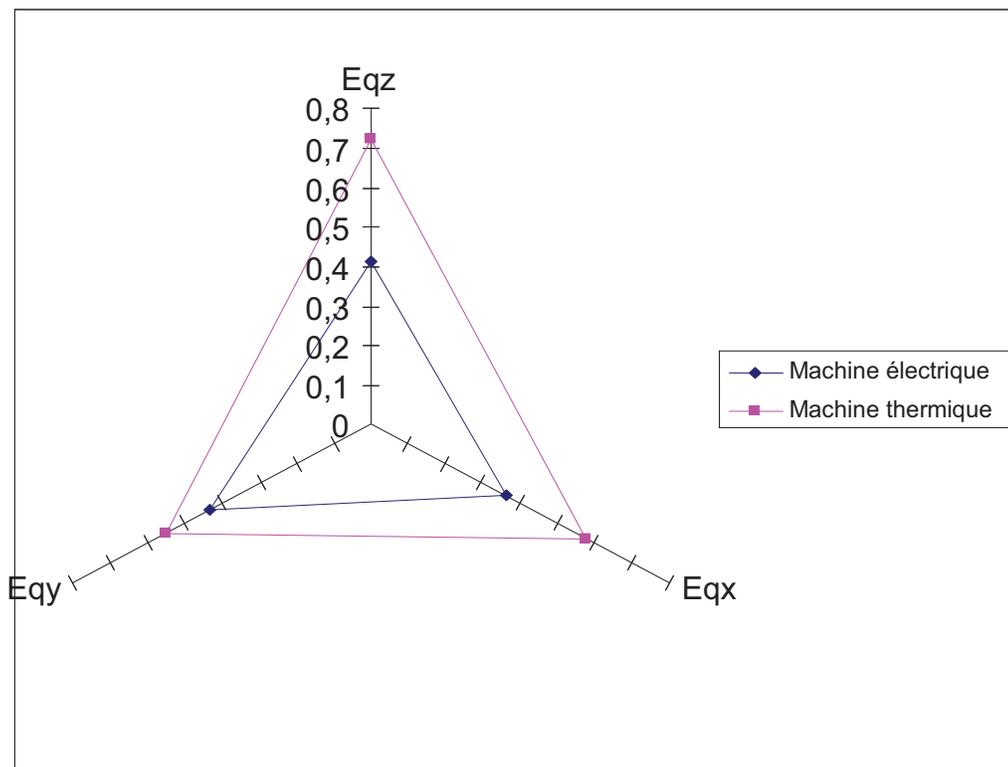


Figure VI.8 : représentation graphique des valeurs d'accélération moyennes pour les machines thermique et électrique.

Si on réalise une représentation graphique (graphique VI.5), les valeurs d'accélération moyennes pour les 3 axes sont nettement inférieures pour la machine électrique. On a donc une nette diminution des vibrations si on utilise la machine électrique.

Pour la machine électrique, la valeur de A(8) retenue est de 0.12 m/s<sup>2</sup> contre 0.27 m/s<sup>2</sup> pour la machine thermique.. D'autre part, la machine électrique roule moins vite ce qui peut expliquer en partie la diminution des valeurs d'accélération. A noter que le jardinier qui a utilisé la machine électrique a dit ressentir beaucoup moins de « secousses » lors de son utilisation.

Enfin, notons que le siège de la machine électrique, à la différence de la machine thermique est capable d'atténuer les vibrations au niveau du siège notamment pour l'axe Oz (axe où les vibrations sont les plus importantes).

## 6.2 : Mesures des vibrations lors d'autres activités de tonte.

Le tableau VI.3 présente les valeurs d'accélération moyennes pour chaque axe et les valeurs de A(8) et les facteurs SEAT pour chaque axe lors de la tonte du fairway et lors de la tonte du rough.

	Tonte de fairway	Tonte de rough
Durée d'utilisation	03 :10	01:30
Eqx	0,31	0,58
Eqy	0,32	0,55
Eqz	0,42	0,72
A(8)x	0,12	0,23
A(8)y	0,13	0,22
A(8)z	0,15	0,27
Facteur SEAT Ox	92%	98%
Facteur SEAT Oy	93%	102%
Facteur SEAT Oz	88%	95%

Tableau VI.3 : Valeurs d'accélération moyennes pour chaque axe, valeurs de A(8), facteurs SEAT lors de la tonte du fairway et du rough.

Voyons maintenant la représentation graphique des accélérations moyennes pour chaque axe. (figure VI.9)

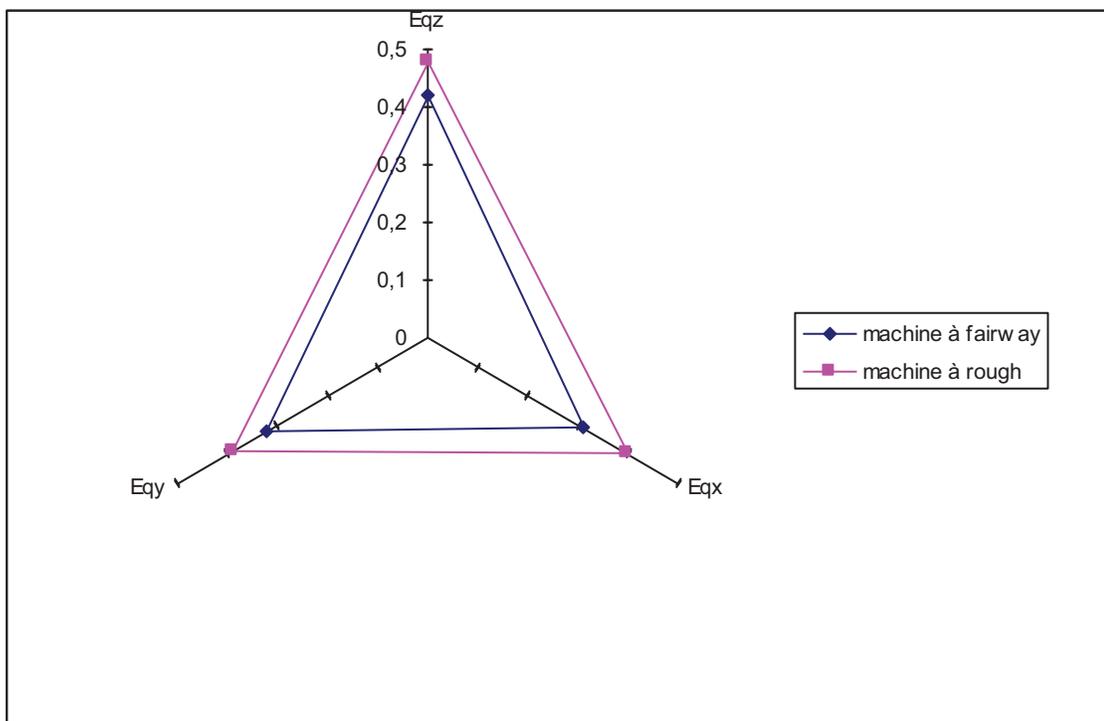


Figure VI.9 : représentation graphique des valeurs d'accélération moyennes pour chaque axe pour la tonte des fairway et rough.

**Pour le fairway**, la machine utilisée, une Jacobbsen LF 3400, est une machine assez récente (achetée en 2006). Sur le manuel d'utilisation de la machine, il est inscrit une valeur indicative de vibrations corps entier d'environ 0.09.

La valeur retrouvée par nos mesures est d'environ 0.15 m/s<sup>2</sup> soit une valeur plus élevée que la valeur indicative mais qui reste néanmoins faible.

Les vibrations corps entier lors de la tonte du fairway sont donc peu importantes. En effet, les fairways sont des zones de jeu peu accidentés et la machine est plus grosse donc plus stable que celle dédiée au green.

Le siège atténue modérément les vibrations.

Les jardiniers se plaignent assez peu de cette machine sans doute parce que la tonte des fairways n'est pas quotidienne (tonte une à 2 fois par semaine).

**Lors de l'utilisation de la machine à rough**, les vibrations corps entier sont supérieures à celles de la tonte du fairway. Les accélérations moyennes sont inférieures à celles de la

machine sur le green mais les valeurs d'exposition journalière sont proches. (durée plus importante de l'exposition).

La machine à rough est une Toro groundmaster 4500 qui date de 2004. Sur le manuel d'utilisateur, il est noté que la valeur d'exposition aux vibrations corps entier rapportée sur 8 heures A(8) est inférieure à 0.5 m/s<sup>2</sup> mais sans plus de précision.

Les jardiniers se plaignent assez peu de cette machine d'autant plus que la tonte de rough n'est pas quotidienne.

Les roughs étant des zones plus accidentées que les fairways (l'herbe y est plus épaisse, il peut exister des trous), ces résultats ne sont donc pas étonnants.

Le siège de la machine à rough a tendance à transmettre les vibrations sans les atténuer.

### 6.3 : Vibrations corps entier lors de l'utilisation de la machine à ratisser les bunkers.

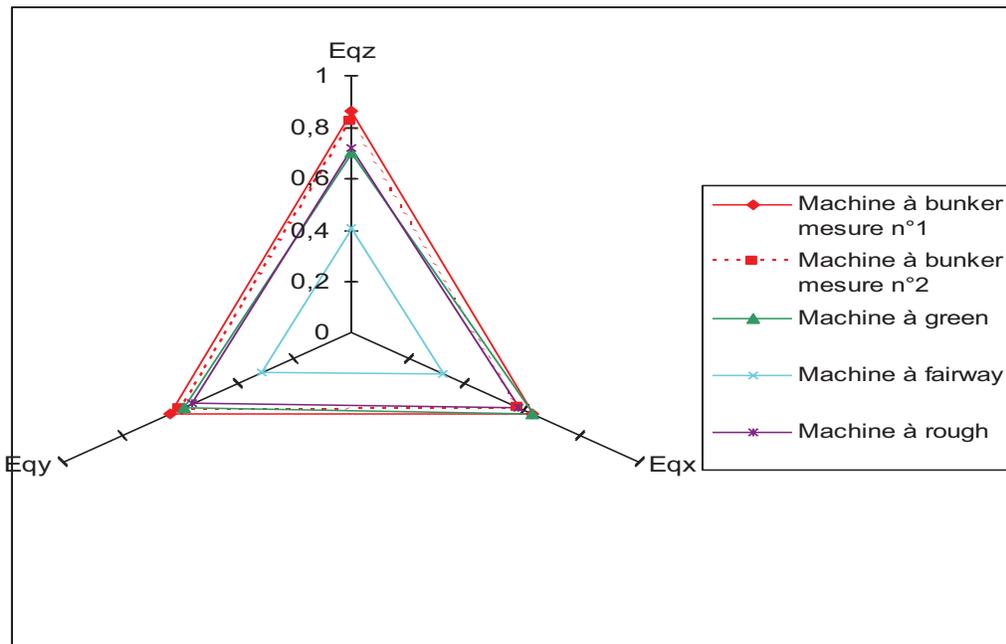
Le tableau VI.3 nous présente les valeurs d'accélération moyennes pour chaque axe, les valeurs de A(8) et les facteurs SEAT lors du ratissage du bunker.

	Machine à ratisser le bunker Mesure n°1	Machine à ratisser le bunker Mesure n°2
Durée d'utilisation	01:56	02:05
Eqx	0,63	0,58
Eqy	0,63	0,59
Eqz	0,86	0,82
A(8)x	0,38	0,35
A(8)y	0,39	0,36
A(8)z	0,47	0,45
Eqx (plancher)	0,57	0,51
Eqy (plancher)	0,57	0,57
Eqz (plancher)	0,74	0,76
F d'amplification du siège en Ox	110	112
F d'amplification du siège en Oy	109	102
F d'amplification du siège en Oz	115	107

Tableau VI.3 : valeurs d'accélération moyennes pour chaque axe, les valeurs de A(8) et les facteurs SEAT lors du ratissage du bunker.

Les deux mesures pour la machine à ratisser le bunker sont comparables.

Le graphique VI.10 nous présente la comparaison des accélérations moyennes pour les différents types de machine.



Graphique VI.10 : accélération moyennes pour les différents types de machine

La machine à ratisser le bunker est la machine la plus vibrante de toutes les machines testées. C'est une Toro Sand Pro. Elle est ancienne puisqu'elle date de 1997. Elle ne comporte pas de mention légale concernant les vibrations corps entier.

Les valeurs d'accélération moyennes sont les plus élevées. En ce qui concerne les valeurs  $A(8)$ , si on prend la valeur la plus élevée de  $A(8)$ , on est très proche de la valeur seuil des  $0.5 \text{ m/s}^2$  définie dans la loi comme nécessitant une intervention pour limiter les vibrations corps entier.

En ce qui concerne le coefficient d'atténuation du siège, on retrouve des coefficients d'atténuation supérieurs à 100 %. Le siège de la machine à rough a donc tendance à amplifier les vibrations sans les atténuer.

Dans ce chapitre, nous avons vu que des mesures de vibrations corps entier pouvaient être facilement réalisées grâce à L'EVEC. Nous avons donc réalisé des mesures pour les différentes activités de tonte et le ratisage des bunkers.

Analysons maintenant ces résultats.

## VII) Discussion.

En annexe, se trouve l'ensemble des textes de loi concernant les machines et les vibrations. Cet annexe rappelle l'importance de l'évaluation des risques et le rôle central de l'employeur. Il donne pour les vibrations A(8) les valeurs réglementaires à ne pas dépasser. Les valeurs d'exposition journalière rapportée sur 8 heures A(8) pour les 6 mesures réalisées sont donc inférieures au seuil à ne pas dépasser (valeur plafond fixée à 1,15 m/s<sup>2</sup> pour les vibrations transmises à l'ensemble du corps) mais aussi au seuil déclenchant des actions de prévention (valeur d'action) qui est fixé à 0,5 m/s<sup>2</sup> pour les vibrations transmises à l'ensemble du corps.

L'employeur n'est donc pas tenu par loi de déclencher des actions de prévention.

Néanmoins, d'un point de vue scientifique, le risque pour la santé est-il nul ?

Dans cette partie, nous commencerons par discuter la méthode utilisée puis les résultats obtenus par rapport aux données de la littérature. Nous comparerons nos valeurs d'accélération moyennes ainsi que nos valeurs de A(8) avec celles des articles présents en annexe. Ensuite, nous suggérerons quelques préconisations pour réduire les vibrations et nous donnerons enfin au greenkeeper quelques conseils en ce qui concerne le risque chimique.

### 7.1 : Discussion de la méthode utilisée.

Pour ce travail, nous avons utilisé l'exposimètre EVEC. En effet, celui-ci est relativement simple d'utilisation et il permet grâce à un ordinateur d'obtenir directement les valeurs d'accélération moyennes et les valeurs A(8). De plus, nous avons à notre disposition deux capteurs : un pour le sol et un pour le siège ce qui a permis de calculer les coefficients d'atténuation ou d'amplification du siège.

Nous avons réalisé plusieurs mesures pour les machines à green qui étaient notre principal sujet d'étude. Au vu des résultats qui étaient comparables le nombre de mesures paraît suffisant. Par contre, nous n'avons réalisé que quelques mesures pour les autres types de machine. Du fait que les résultats des mesures pour les machines à green étaient

comparables, nous n'avons pas jugé nécessaire de faire plus de mesures pour les autres machines.

Pour estimer l'exposition journalière, nous avons utilisé la mesure de A(8). En effet, cette mesure est la seule donnée par l'exposimètre EVEC et c'est elle qui a été choisie par l'Union Européenne pour définir la norme à ne pas dépasser légalement. Néanmoins, nous avons vu dans l'étude de Bovenzi (46) que la mesure de la VDV (vibration dose value) peut également être utilisée et que d'après Bovenzi elle paraît meilleure pour estimer le risque de développer des pathologies liées aux vibrations corps entier. Il est dommage que l'exposimètre EVEC ne donne pas également les valeurs de VDV ce qui permettrait une comparaison entre les deux méthodes.

## 7.2 : Discussion des normes : résultats obtenus et lien avec les données de la littérature.

### 7.2.1 : *pour les machines à green.*

Pour les machines à green, on obtient un A(8) autour de 0.27 m/s<sup>2</sup> avec des accélérations moyennes à 0.72 m/s<sup>2</sup> pour l'axe des Oz. Si on exclue les parties hors green, A(8) ne change guère mais les accélérations moyennes augmentent à 0.92 m/s<sup>2</sup>. Si on compare aux valeurs publiées dans les données de l'étude de Lings (43) et de l'étude de Waters (2008), les résultats obtenus sont supérieurs à ceux obtenus pour les bus (0.4 m/s<sup>2</sup> en moyenne) et les tracteurs (0.6 m/s<sup>2</sup> en moyenne sur le terrain), comparables à ceux obtenus pour les camions, les chargeuses (0.8 m/s<sup>2</sup> en moyenne) et inférieurs à ceux obtenus pour les chariots automoteurs (1.4 m/s<sup>2</sup>).

Si on réfère à l'étude de Bovenzi sur les chauffeurs de bus (40), celui-ci note une augmentation de la fréquence des pathologies lombaires et ce même pour des accélérations faibles. Il est donc possible que les vibrations des machines à green même si elles sont inférieures au seuil légal de 0.5 m/s<sup>2</sup> soient responsables de pathologies lombaires.

Par contre, si on prend en compte les études de Bovenzi sur les tracteurs agricoles (41) et l'étude de Schwarze (42), on voit que c'est surtout l'exposition cumulée sur plusieurs années qui est liée au risque de développer des pathologies lombaires. Si on voulait démontrer un lien entre pathologies lombaires et utilisation de machines à green, il faudrait réaliser une étude épidémiologique complète avec estimation de l'exposition sur plusieurs années.

Néanmoins, comme le souligne la revue de la littérature de Waters en 2008, les douleurs lombaires sont plurifactorielles, les vibrations corps entier n'étant qu'une des causes possibles et si on démontre facilement que les conducteurs d'engins ont plus de risque de développer des pathologies lombaires, il est souvent difficile de séparer les différentes causes.

En résumé, on peut dire que les chiffres d'accélération moyennes concernant les vibrations corps entier des machines de golf sont comparables à ceux que l'on retrouve dans la littérature et que des doses cumulées de ce type d'accélération sur de nombreuses années peuvent provoquer des pathologies lombaires.

Concernant plus spécifiquement la valeur de  $A(8)$ , si on se réfère à l'étude de Bovenzi et au projet Vibriks (46), on note qu'il obtient malgré de nombreuses données peu de mesures supérieures au seuil d'intervention fixé par la loi. De plus, il montre que c'est bien la dose cumulée d'exposition et non la valeur de  $A(8)$  qui est liée à l'apparition de douleurs lombaires.

On peut donc dire que même si nous sommes pour les machines de green inférieur au seuil légal de  $A(8)$ , il paraît souhaitable de faire des préconisations pour diminuer les vibrations corps entier car non seulement il y a plainte des jardiniers mais sur le long terme des pics d'accélération répétés peuvent entraîner des douleurs lombaires.

Si on fait une comparaison avec le bruit, la valeur moyenne d'exposition ( $A(8)$  ici) ne dépasse le seuil légal mais des valeurs de crête peuvent être quant à elles dommageables.

#### *7.2.2 : pour les machines à fairway et à rough.*

Pour les machines à fairway, les valeurs d'accélération moyennes sont inférieures à celles obtenues pour les green. Elles sont de l'ordre de 0.3 à 0.4  $m/s^2$ , la valeur d'exposition  $A(8)$  étant à 0.15  $m/s^2$ .

Pour les machines de tonte de rough, les valeurs d'accélération sont de l'ordre de 0.4 à 0.5  $m/s^2$ , la valeur d'exposition  $A(8)$  étant à 0.25  $m/s^2$ .

Les valeurs d'accélération sont donc comparables à celles mesurées dans la littérature pour les chauffeurs de bus.

Les remarques faites pour les machines tondeuses de green restent donc valables pour ce type de machines. Elles peuvent jouer un rôle dans la survenue de douleurs lombaires chez les salariés même si ce rôle apparaît moindre que pour les machines de tonte de green. A noter que les salariés se plaignent peu de ces deux types de machine et que la tonte des fairway tout comme celles ne sont pas réalisées quotidiennement.

### *7.2.3 : pour les machines à bunker.*

Pour ce type de machines, nous sommes très près du seuil d'intervention fixé à  $0.5 \text{ m/s}^2$ . Les salariés réalisant cette tâche se plaignent de ressentir des secousses.

Le rôle de cette machine dans la survenue de douleurs lombaires n'est pas à négliger même si le ratissage des bunkers, à la différence de la tonte des green n'est pas une activité quotidienne.

On voit de nouveau le rôle important du calcul de données cumulatives, plutôt que de simples mesures, pour estimer le risque lié aux vibrations corps entier.

## 7.3 : Préconisations pour réduire les vibrations corps entier des différentes machines.

### *7.3.1 : effet de réduction de la vitesse.*

Lors de la mesure n°5 du parcours B, la vitesse a été réduite du fait d'un réglage différent de la machine effectué par le mécanicien. Or on note une baisse tant des accélérations moyennes ( $0.46 \text{ m/s}^2$  pour l'axe Oz contre  $0.72 \text{ m/s}^2$ ) que de la valeur de A(8) ( $0.18 \text{ m/s}^2$  contre  $0.27 \text{ m/s}^2$ ).

La réduction de la vitesse est donc une solution intéressante pour réduire les vibrations corps entier mais elle ne doit pas être imposée mais son intérêt doit être expliqué aux salariés.

Nous avons donc préconiser, avec l'accord des salariés, de réduire la vitesse de la machine à green surtout dans la partie hors green.

### 7.3.2 : Rôle de l'information aux salariés.

Comme dans l'étude de Tiemessen (47), il peut être intéressant de donner une information aux salariés sur les vibrations corps entier afin qu'ils prennent en compte les risques et qu'ils adhèrent au projet de réduction des vibrations.

La tenue d'une réunion associant médecin du travail et conseiller en prévention de la MSA a donc été décidée dans le but d'informer les salariés sur les risques liés aux vibrations corps entier et sur les méthodes pour diminuer les vibrations.

### 7.3.3 : influence du parcours.

Bien entendu, le cheminement du salarié sur le terrain va influencer de façon importante les doses de vibrations reçues. Nous avons donc été décidé d'établir avec le greenkeeper un parcours « idéal » censé réduire au minimum les vibrations. Ce parcours sera présenté aux salariés et son intérêt sera explicité.

De plus, ce parcours idéal sera réaménagé afin de réduire au maximum les vibrations.

Pour les transferts herbe/béton, du gazon synthétique sera posé, le facteur limitant étant son coût.



fig VII.1 : tapis de gazon synthétique

En arrière saison, il y aura en plus une réfection des chemins (suppression des trous notamment). Certains chemins stratégiques seront regoudronnés.

Ce parcours idéal sera défini pour les machines à green mais aussi pour les machines à bunker ainsi que pour les machines à rough.

#### *7.3.4: rotation des personnes.*

Comme nous l'avons vu, les conséquences des vibrations apparaissent surtout avec des doses cumulées importantes de vibrations. Les jardiniers étant polyvalents, il paraît souhaitable de favoriser au maximum les rotations dans l'équipe notamment pour le ratissage des bunkers.

#### *7.3.5 : mise en place de siège adapté.*

Pour les différentes machines utilisées dans le golf le siège a tendance au mieux à laisser complètement passer les vibrations au pire à les amplifier. Seule la machine électrique d'Esery, plus récente, atténue les vibrations au niveau du siège.

Le choix d'un siège est souvent difficile surtout si on veut changer le siège d'origine.

#### **fonctionnement d'une suspension de siège.** (42).

L'ensemble constitué par un conducteur assis sur un siège suspendu peut être schématisé sous forme d'une masse (M) suspendue avec un ressort (R) et freinée par un amortisseur (A).

La suspension ne joue son rôle de réduction des vibrations que pour une certaine gamme de fréquences. Au-delà d'une certaine fréquence appelée « fréquence de coupure » le siège atténue les vibrations, en dessous il les amplifie.

Une suspension de siège doit donc être choisie de telle sorte que sa fréquence de coupure soit inférieure à la fréquence dominante des vibrations sur le plancher de la cabine.

Il existe deux types de siège :

- les sièges compacts avec une articulation à l'avant de l'assise et un ressort dans le dossier ou sous l'assise du siège.
- Les sièges non compacts où assise et dossier peuvent se déplacer verticalement grâce à un système de croisillons sous le siège ou une glissière située à l'arrière du siège.

### **conséquences pour les suspensions de siège des machines à golf.**

Sur les machines à golf sont utilisés des sièges compacts avec ressort sous le siège.

Il n'existe pas sur les machines du golf de système de réglage du poids du conducteur. Seule la nouvelle machine d'Esery comporte un système de réglage du poids.

L'adaptation de nouveaux sièges sur les machines de golf paraît difficile. En effet, il n'existe pas d'étude de l'INRS sur des sièges homologués et la proximité du volant ne rend pas le changement de siège facile. (sièges trop encombrants). C'est plutôt lors du changement de machines qu'il faudra voir pour choisir un siège plus adapté.

#### *7.3.6 : utilisation d'une machine moins vibrante.*

Lors du test de la machine électrique d'Esery sur le même parcours, une nette diminution des vibrations a été observée. De plus, d'après le conducteur, cette machine était plus agréable à conduire et il ressentait beaucoup moins de vibrations. Le golf n'envisage pas de changer de machine pour l'instant mais cette solution pourrait être envisagée d'ici quelques années.

#### *7.3.7 : amélioration de la posture.*

L'INRS (49) a émis des recommandations sur la posture idéale à adapter lors de la conduite des chariots automoteurs. Elle est présentée par la figure VII.2.

Cette posture peut être adaptée aux machines de golf.



Figure VII.2 : Schéma posture idéale à adopter pour travailler de façon ergonomique.

Nous avons donc expliqué la position à adopter au jardinier de golf et leur avons conseillé d'essayer d'avoir le plus possible cette position.

### 7.3.8 : Diminuer les lombalgies liés à d'autres activités.

La tonte n'étant pas la seule activité génératrice de lombalgies, il peut être intéressant de diminuer les lombalgies liés à d'autres activités.

#### **lors du débroussaillage et du soufflage.**

Une formation gestes et postures pourra être proposée à l'ensemble des salariés du golf. L'utilisation d'une bonne technique est déterminante dans l'apparition d'une lombalgie. Il faut

reporter le mouvement de rotation au niveau des jambes et conserver les épaules et le bassin sur un même plan.

Plus spécifiquement, pour l'activité de débroussaillage, on pourra proposer d'adapter l'outil utilisé (fil, lame) à l'activité devant être réalisée. Un bon entretien des machines nous pourrait également nécessaire (maintien d'une lame qui coupe bien, changement régulier du fil).

Un harnais avec réglage adapté pourra également être proposé. Un modèle de ce type d'harnais est présenté en figure VII.3



Fig VII.3 : harnais de débroussaillage

### **lors de la plantation et du binage/déserbage manuel.**

Pour la plantation, afin de limiter au maximum le port d'arbres qui peuvent être lourds, le travail devra être réalisé en équipe. Pour être plus confortable, les jardiniers pourront tant pour la plantation que pour le binage/déserbage se mettre à genoux.

Pour cela, une mousse spécifique qui s'intègre dans le pantalon à type de genouillère pourra être mise en place.

### **Lors de la taille des haies.**

Le choix de la machine est important. Le golf prévoit d'investir dans des machines électriques. Le poids de la machine sera un élément à prendre en compte pour réduire le risque de lombalgies.

De plus, le greenkeeper prévoit de tester un dispositif de type trompe éléphants. Celui-ci est présenté en photo VII.4



Photo VII.4 : dispositif de type trompe éléphants.

Dans ce dispositif, c'est l'ensemble de notre torse qui soutient le taille-haie ; et en réglant la tension du ressort de l'enrouleur le poids porté du taille-haie est réduit à 1.5 kg seulement.

### **lors du regarnissage.**

L'activité de regarnissage peut être génératrice de TMS. (port prolongé d'un seau contenant un mélange de sable et de matières organiques)

Une réflexion est en cours au sein de la MSA pour réfléchir à l'utilisation d'un harnais avec poche.

Une rotation des personnes faisant cette activité a également été mise en place.

### **Lors du tonconnage/abattage/broyage.**

Cette activité est plus anecdotique. Pour prévenir les risques de lombalgies, il faut que les machines soient bien entretenues et régulièrement affûtées.

#### 7.4 : Préconisations en matière d'autres risques.

En plus du risque vibratoire et de la prévention des lombalgies, nous avons travaillé sur des préconisations en ce qui concerne le risque chimique et le risque lié à la cohabitation avec les joueurs

##### *7.4.1 : le risque chimique. (59,50,51,52)*

#### **Produits utilisés.**

Le golf utilise deux produits ayant été retirés du marché : l'Ektar et le Hertin Sélectif gazon. Nous avons donc conseillé au golf d'arrêter immédiatement d'utiliser ses produits.

En ce qui concerne l'utilisation de CMR, nous avons vu avec le greenkeeper comment il pouvait arrêter ou substituer ses produits classés CMR. Il a été tout à fait d'accord pour arrêter les produits supposés cancérigènes notamment le Milfal, le chipco green et le diskus EV et le ronstar TX. Il comptait les remplacer par le Primo maxx.

Par contre, il a paru moins motivé pour arrêter les produits classés reprotoxiques. Ces produits malgré nos explications lui paraissaient moins dangereux.

#### **mise en place de fiche d'exposition.**

Du fait d'une exposition à des produits potentiellement dangereux, conformément au décret du 23 décembre 2003, une fiche d'exposition a été mise en place. Le greenkeeper étant le

seul à effectuer des traitements, seulement une fiche d'exposition a été remplie avec les différents produits utilisés.

### **port des EPI.**

Nous avons rappelé au greenkeeper l'importance de bien porter lors des traitements tous les EPI : masque à cartouche, gants, combinaison étanche, bottes.

### **Gestion des délai de réentrée.**

Une solution a été proposée par le greenkeeper, en accord avec la MSA, pour permettre d'éviter de traiter les zones où vont jouer les golfeurs. Un jeudi tous les 15 jours le golf sera fermé et les traitements auront lieu à ce moment là. Le jour de fermeture les joueurs pourront aller gratuitement jouer au golf voisin d'Esery. De même un jeudi sur 2 le golf d'Esery fera ses traitements et ses membres iront jouer au golf de Bossey.

### **le local de conservation des produits phyto.**

Le golf de Bossey a entièrement refait son local phytosanitaire sur les conseils de la MSA. Il dispose désormais d'un local isolé, sec et ventilé avec un bac de rétention. Les produits sont stockés dans leur emballage d'origine sur des étagères.

### **gestion des effluents.**

Une solution simple a été trouvée pour gérer les effluents en attendant une éventuelle évolution de la législation.

Lorsque le greenkeeper a fini de traiter, il réalise une nouvelle dilution du produit restant dans la cuve du pulvérisateur et l'étend sur une parcelle dédiée.

Les effluents ne sont pas, conformément à la législation, rejetés directement dans la nature.

#### 7.4.2 : *risques lié à la cohabitation avec les joueurs de golf.*

Lors de l'étude du stress chez les jardiniers, nous avons vu que ceux-ci se plaignaient des relations parfois difficiles avec les joueurs (manque de respect, de considération). La cohabitation avec les joueurs pouvait en plus être responsable de risques pour les jardiniers (risque de projection de balle notamment).

Pour réduire ce risque, la MSA en association avec le greenkeeper a décidé de mettre en place un code permettant une communication plus aisée entre joueurs et jardiniers. De plus, il a été décidé de réaliser une affiche sur un mode humoristique afin de sensibiliser les joueurs au fait que sans les jardiniers le jeu serait impossible.

Dans ce travail de thèse, nous avons donc pu mettre en place un certain nombre de préconisations qui ont permis d'améliorer les conditions de travail des jardiniers. Nous avons notamment conseillés de réduire la vitesse des machines à green avec l'accord du salarié, de définir d'un parcours idéal, de poser un tapis synthétique. Nous avons également informés les salariés sur les vibrations. Nous avons de plus conseillé le greenkeeper sur le risque chimique (suppression des produits CMR, réorganisation du local phyto).

THESE SOUTENUE PAR : Anne-Laure BALTHAZARD

TITRE : Risques liés aux vibrations corps entier chez les jardiniers de golf de bossey

## CONCLUSION

Le jardinier de golf exerce une activité très variée, utilisant de nombreuses machines notamment des appareils dédiés à la tonte du gazon. C'est suite à une plainte exprimée par les jardiniers du golf de Bossey, relayée par le greenkeeper, que nous avons été amenés à réaliser des études de poste ainsi que des mesures de vibrations corps entier lors des activités de tonte. Ces mesures tout d'abord consacrées au green ont été étendues au niveau du fairway et au ratissage de sable du bunker.

Les mesures de vibrations lors de la tonte du green ont montré que chaque mesure se décomposait en deux parties : une partie hors green où les accélérations moyennes pouvaient être importantes et une partie sur le green où les chiffres d'accélération étaient plus faibles. Si on s'intéressait en revanche à la valeur A(8), valeur d'exposition sur 8 heures, les valeurs étant en moyenne de 0.28 m/s<sup>2</sup> pour les machines à green, 0.15 m/s<sup>2</sup> pour les machines à fairway, 0.25 m/s<sup>2</sup> pour les machines à rough et 0.46 pour les machines à bunker. Toutes ces valeurs étaient inférieures au seuil légal d'intervention fixé par la réglementation à 0.5 m/s<sup>2</sup>. Le golf n'était donc pas tenu par la loi de prendre des mesures de réduction pour réduire les vibrations corps entier. Néanmoins, si on se réfère à la bibliographie, on note que ce seuil de 0.5 m/s<sup>2</sup> peut être discutable au vu d'un certain nombre d'études où la fréquence des lombalgies augmentait entre groupe exposé et non exposé sans que ce seuil ne soit pas dépassé. De plus, la période hors green où les accélérations sont les plus fortes et où les salariés peuvent ressentir de la gêne est très courte et elle est moyennée sur 8 heures dans le calcul du A(8).

Nous avons alors émis un certain nombre de préconisations pour réduire les vibrations corps entier lors de la tonte des qui ont permis les conditions de travail des jardiniers. Nous avons notamment conseillé de réduire la vitesse des machines à green avec l'accord du salarié, de définir d'un parcours idéal, de poser un tapis synthétique. Nous avons également informé les salariés sur les vibrations. Nous avons de plus conseillé le greenkeeper sur le risque chimique (suppression des produits CMR, réorganisation du local phyto).

Si les vibrations corps entier jouent un rôle sans doute important dans la survenue de lombalgies, les autres activités pouvant être responsables de douleurs lombaires sont également nombreuses. Il paraît donc important d'avoir une approche globale de prévention des risques afin de suggérer des pistes de réduction des lombalgies dans l'activité de jardinier de golf.

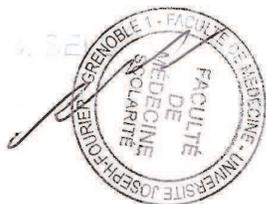
Ce travail apporte donc également un regard sur l'activité de jardinier de golf et sur les différents risques de la profession notamment le risque de survenue de lombalgies.

Il serait intéressant d'étendre les mesures, préconisations et recommandations mises en place au golf de Bossey à d'autres golfs. Nous pensons notre étude et notre démarche généralisables à condition d'effectuer bien sûr des mesures sur d'autres golfs là où les machines et les terrains peuvent être différents.

VU ET PERMIS D'IMPRIMER

Grenoble, le 21-05-11

LE DOYEN



LE PRESIDENT DE THESE

PROFESSEUR DE GAUDEMARIS

## Annexe : Rappel juridique concernant les machines et les vibrations.

### 1.1. : décrets et directives européens. (2)

#### 1.1.1 : *Directive européenne 2002/44/CE du 25 Juin 2002:*

C'est la directive dite « vibrations ». En 2002, il a été jugé nécessaire de publier cette directive afin d'introduire des mesures de protection des travailleurs contre les risques dus aux vibrations. Ces mesures visent non seulement à assurer la santé des travailleurs pris isolément, mais également à créer pour l'ensemble des travailleurs de la communauté un socle minimal de protection qui évitera de possibles distorsions de concurrence.

La directive fixe des prescriptions minimales, ce qui donne aux États membres la possibilité de maintenir ou d'adopter des dispositions plus favorables pour la protection des travailleurs, en particulier la fixation de valeur inférieure pour la valeur journalière déclenchant l'action ou la valeur limite d'exposition journalière aux vibrations de basses et moyennes fréquences, transmises aux membres supérieurs ou au corps entier.

#### 1.1.2 : *Directive 98/37/EC*

La "Directive Machines" de l' Union Européenne définit les exigences essentielles en matière d'hygiène et de sécurité pour les machines commercialisées dans l'Union Européenne, notamment des exigences spécifiques au problème des vibrations.

Selon cette Directive, les machines doivent être conçues et construites de façon à ce que les risques résultants des vibrations émises par les machines soient réduites au niveau le plus faible, prenant en compte les progrès techniques et la disponibilité des moyens pour réduire les vibrations, si possible à la source.

La Directive précise aussi que le siège doit être conçu pour réduire les vibrations transmises au conducteur au plus bas niveau qui peut être raisonnablement obtenu.

Entre autres, la Directive Machines exige des fabricants, importateurs et fournisseurs de machines qu'ils fournissent des informations sur les risques vibratoires, ainsi que des valeurs des vibrations globales du corps émises par les machines mobiles.

Ces informations sur les vibrations émises doivent figurer dans les informations ou instructions qui accompagnent la machine. Les données d'émissions vibratoires proviennent généralement de codes d'essais européens harmonisés, élaborés par des instances de normalisation européennes ou internationales.

#### 1.1.3 : *Loi n° 85-610 du 18 juin 1985 :*

La Convention Internationale du Travail n°148, signée par la France (Loi n°85-610 du 18 juin 1985) oblige les employeurs à prendre les moyens nécessaires pour limiter l'exposition, protéger, et informer les travailleurs sur les risques et assurer une surveillance médicale.

#### 1.2 : Code du travail. (2)

Les dispositions réglementaires concernant le risque « vibrations mécaniques » correspondent aux articles de loi suivants.

##### 1.2.1 : *articles R4441-R4442 : dispositions générales.*

L'article R4441-1 du code du travail rappelle les définitions des vibrations :

1° Une vibration transmise aux mains et aux bras est une vibration mécanique qui, lorsqu'elle est transmise aux mains et aux bras chez l'homme, entraîne des risques pour la santé et la sécurité des travailleurs, notamment des troubles vasculaires, des lésions ostéo-articulaires ou des troubles neurologiques ou musculaires ;

2° Une vibration transmise à l'ensemble du corps, une vibration mécanique qui, lorsqu'elle est transmise à l'ensemble du corps, entraîne des risques pour la santé et la sécurité des travailleurs, notamment des lombalgies et des microtraumatismes de la colonne vertébrale.

L'article R4441-2 rappelle que les paramètres physiques caractérisant l'exposition aux vibrations mécaniques sont définis comme la valeur d'exposition journalière aux vibrations rapportée à une période de référence de huit heures.

Un arrêté conjoint des ministres chargés du travail et de l'agriculture précise le mode de détermination de ces paramètres physiques.

1.2.2: *articles concernant la prévention. R4442-1 et R4442-2.*

Ces deux articles concernent la responsabilité de l'employeur : c'est à l'employeur de « prendre des mesures de prévention visant à supprimer ou à réduire au minimum les risques résultant de l'exposition aux vibrations mécaniques, en tenant compte du progrès technique et de l'existence de mesures de maîtrise du risque à la source. »  
La réduction des risques d'exposition aux vibrations mécaniques se fonde sur les principes généraux de prévention prévus à l'article L. 4121-2.

1.2.3 : *articles concernant les valeurs limites d'exposition réglementaires. R4443-1 et R4443-2.*

**Pour les vibrations corps entier, il existe des valeurs limites d'exposition réglementaires.**

*L'exposition journalière d'un travailleur aux vibrations mécaniques, rapportée à une période de référence de huit heures, ne peut dépasser les valeurs limites d'exposition suivantes :*

1° 5 m/s<sup>2</sup> pour les vibrations transmises aux mains et aux bras ;

**2° 1,15 m/s<sup>2</sup> pour les vibrations transmises à l'ensemble du corps.**

*La valeur d'exposition journalière rapportée à une période de référence de huit heures déclenchant l'action de prévention prévue à l'article R. 4445-1 et à l'article R. 4446-1 est fixée à :*

1° 2,5 m / s<sup>2</sup> pour les vibrations transmises aux mains et aux bras ;

**2° 0,5 m / s<sup>2</sup> pour les vibrations transmises à l'ensemble du corps.**

1.2.4 : *articles concernant l'évaluation des risques. Articles R4443-1 à 4443-7.*

Les articles R4444-1 et R4444-2 rappellent que c'est à l'employeur d'évaluer et de mesurer au besoin les niveaux de vibrations mécaniques auxquels les travailleurs sont exposés.

Cette évaluation et ce mesurage ont pour but de déterminer les paramètres physiques définis à l'article R. 4444-2 et d'apprécier si, dans une situation donnée, les valeurs d'exposition fixées au chapitre III sont dépassées.

Selon l'article R4444-2, « l'évaluation des niveaux de vibrations mécaniques et, si nécessaire, le mesurage sont planifiés et réalisés par des personnes compétentes à des intervalles appropriés avec le concours, le cas échéant, du service de santé au travail. »

Les résultats de l'évaluation des niveaux de vibrations mécaniques ou du mesurage sont conservés sous une forme susceptible d'en permettre la consultation pendant une durée de dix ans. (article R4444-3)

Les résultats de l'évaluation des niveaux de vibrations mécaniques ou du mesurage sont tenus à la disposition des membres du comité d'hygiène, de sécurité et des conditions de travail, des délégués du personnel ainsi que du médecin du travail.

Ils sont également tenus, sur leur demande, à la disposition de l'inspection du travail, des agents des services de prévention des organismes de sécurité sociale et des agents des organismes de santé, de sécurité et des conditions de travail mentionnés l'article L. 4643-1. (article R4444-4).

L'article R4444-5 rappelle que lorsqu'il procède à l'évaluation des risques, l'employeur prend en considération :

- 1° Le niveau, le type et la durée d'exposition, y compris l'exposition à des vibrations intermittentes ou à des chocs répétés ;
- 2° Les valeurs limites d'exposition ou les valeurs d'exposition déclenchant l'action de prévention fixées à l'article R. 4443-2 ;
- 3° Toute incidence sur la santé et la sécurité des travailleurs particulièrement sensibles à ce risque, notamment les femmes enceintes et les jeunes travailleurs de moins de 18 ans ;
- 4° Toute incidence indirecte sur la sécurité des travailleurs résultant d'interactions entre les vibrations mécaniques et le lieu de travail ou d'autres équipements,

notamment lorsque les vibrations mécaniques gênent la manipulation correcte des commandes ou la bonne lecture des appareils indicateurs, ou nuisent à la stabilité des structures ;

5° Les renseignements sur les émissions vibratoires, fournis par les fabricants des équipements de travail, en application des règles techniques de conception auxquels ils sont soumis ;

6° L'existence d'équipements de travail permettant de réduire les niveaux d'exposition aux vibrations mécaniques et susceptibles d'être utilisés en remplacement ;

7° La prolongation de l'exposition à des vibrations transmises à l'ensemble du corps au-delà des heures de travail, par exemple lorsque la nature de l'activité amène un travailleur à utiliser des locaux de repos exposés aux vibrations, sous la responsabilité de l'employeur ;

8° Des conditions de travail particulières, comme les basses températures ;

9° Les conclusions tirées par le médecin du travail de la surveillance de la santé des travailleurs.

L'article R4444-6 rappelle que l'employeur doit mettre en place des mesures adaptées lorsque les résultats de l'évaluation des risques mettent en évidence des risques pour la santé ou la sécurité des travailleurs dus aux vibrations mécaniques, l'employeur met en œuvre les mesures prévues aux chapitres II, III et VII ainsi que, sous réserve des prérogatives du médecin du travail, au chapitre VI.

1.2.5 : *articles concernant les moyens de prévention. R 4445-1 à R 4445-6.*

Lorsque les valeurs d'exposition journalière déclenchant l'action de prévention fixées à l'article R. 4443-2 sont dépassées, l'employeur établit et met en œuvre un programme de mesures techniques ou organisationnelles visant à réduire au minimum l'exposition aux vibrations mécaniques et les risques qui en résultent, en prenant en considération notamment, les mesures mentionnées à l'article R. 4445-2. La réduction des risques d'exposition aux vibrations mécaniques se fonde sur, notamment :

- 1° La mise en œuvre d'autres procédés de travail permettant de réduire les valeurs d'exposition journalière aux vibrations mécaniques ;
- 2° Le choix d'équipements de travail appropriés, bien conçus sur le plan ergonomique et produisant, compte tenu du travail à accomplir, le moins de vibrations possible ;
- 3° La fourniture d'équipements auxiliaires réduisant les risques de lésions dues à des vibrations, tels que des sièges atténuant efficacement les vibrations transmises à l'ensemble du corps ou des poignées atténuant efficacement les vibrations transmises aux mains et aux bras ;
- 4° Des programmes appropriés de maintenance des équipements de travail et du lieu de travail ;
- 5° La modification de la conception et de l'agencement des lieux et postes de travail ;
- 6° L'information et la formation adéquates des travailleurs afin qu'ils utilisent correctement et de manière sûre les équipements de travail, de façon à réduire au minimum leur exposition à des vibrations mécaniques ;
- 7° La limitation de la durée et de l'intensité de l'exposition ;
- 8° L'organisation différente des horaires de travail, prévoyant notamment des périodes de repos ;
- 9° La fourniture aux travailleurs exposés de vêtements les maintenant à l'abri du froid et de l'humidité.

Les équipements de protection individuelle contre les effets nuisibles des vibrations mécaniques sont tels qu'ils réduisent les vibrations en dessous des niveaux portant atteinte à la santé et à la sécurité. (Article R4445-3).

En liaison avec le médecin du travail, l'employeur adapte les mesures de prévention prévues au présent chapitre aux besoins des travailleurs particulièrement sensibles aux risques résultant de l'exposition aux vibrations. (article R4445-5).

Lorsqu'en dépit des mesures mises en œuvre en application du présent chapitre, les valeurs limites d'exposition ont été dépassées, l'employeur :

- 1° Prend immédiatement des mesures pour ramener l'exposition au-dessous de celles-ci ;
- 2° Détermine les causes du dépassement des valeurs limites d'exposition et adapte les mesures de protection et de prévention en vue d'éviter un nouveau dépassement. (article R4445-6).

### 1.2.6 : Articles R4446-1 à R4446-4.

Ces articles rappellent le rôle du médecin du travail en ce qui concerne la surveillance des salariés exposés aux risques vibrations.

Ainsi, le médecin du travail exerce une **surveillance médicale renforcée** pour les travailleurs exposés à un niveau de vibrations mécaniques supérieur aux valeurs limites d'exposition fixées à l'article R. 4443-2. (article R4446-1).

Lorsqu'un travailleur est atteint d'une maladie ou d'une affection identifiable, considérée par le médecin du travail comme résultant d'une exposition à des vibrations mécaniques sur le lieu de travail, ce travailleur est informé par le médecin des résultats et de l'interprétation des examens médicaux dont il a bénéficié.

*L'article R4446-3 rappelle que le médecin du travail a un rôle d'alerte et de conseil et que c'est à l'employeur de prendre des mesures correctives pour limiter l'exposition aux vibrations corps entier.*

Ainsi, l'employeur est informé de toute conclusion significative provenant de la surveillance médicale renforcée exercée par le médecin du travail, dans le respect du secret médical.

L'employeur en tire toutes les conséquences utiles, et notamment :

- 1° Revoit l'évaluation des risques conformément au chapitre IV ;
- 2° Revoit les mesures prévues pour supprimer ou réduire les risques conformément au chapitre V ;
- 3° Tient compte de l'avis du médecin du travail pour la mise en œuvre de toute mesure jugée nécessaire pour supprimer ou réduire les risques conformément au chapitre V, y compris l'éventuelle affectation du travailleur à un autre poste ne comportant plus de risque d'exposition.

Le médecin du travail détermine la pertinence et la nature des examens éventuellement nécessaires pour les travailleurs ayant subi une exposition semblable à celle d'un travailleur atteint d'une maladie ou affection susceptible de résulter d'une exposition à des vibrations.

1.2.7 : *articles concernant l'information des salariés. R4447-1 et R4447-*

2.

Ces deux articles font référence à l'obligation d'information des salariés par l'employeur. L'employeur peut demander conseil et aide au service de santé au travail et au médecin du travail qui a un rôle de conseiller de l'entreprise.

Ainsi, lorsque l'évaluation des risques fait apparaître que des travailleurs sont exposés à des risques dus aux vibrations mécaniques, l'employeur veille à ce que ces travailleurs reçoivent des informations et une formation en rapport avec le résultat de l'évaluation des risques et avec le concours du service de santé au travail.

Ces informations et cette formation portent, notamment, sur :

- 1° Les mesures prises en application du chapitre V en vue de supprimer ou de réduire au minimum les risques résultant des vibrations mécaniques ;
- 2° Les résultats des évaluations et des mesurages de l'exposition aux vibrations mécaniques réalisés en application chapitre V ;
- 3° Les valeurs limites d'exposition et les valeurs d'exposition déclenchant l'action de prévention ;
- 4° Les lésions que pourraient entraîner l'utilisation d'équipements de travail produisant des vibrations, ainsi que l'utilité et la façon de dépister et de signaler les symptômes de ces lésions ;
- 5° Les conditions dans lesquelles les travailleurs ont droit à une surveillance médicale renforcée ;
- 6° Les pratiques professionnelles sûres permettant de réduire au minimum les risques dus à l'exposition à des vibrations mécaniques.

1.3 : Décrets et arrêtés ministériels. (2)

1.3.1 : Décret n° 2005-746 du 4 juillet 2005.

*C'est la transposition en droit français de la directive européenne de 2002/44/CE. Il définit pour les opérateurs exposés à des vibrations, les limites suivantes que l'on retrouve dans le code du travail :*

*-une valeur d'exposition journalière déclenchant des actions de prévention* (valeur d'action) rapportée à une période de huit heures qui est fixé à  $0,5 \text{ m/s}^2$  pour les vibrations transmises à l'ensemble du corps, et à  $2,5 \text{ m/s}^2$  pour les vibrations transmises aux membres supérieurs.

Lorsque ces valeurs sont dépassées, l'employeur doit établir et mettre en oeuvre un programme de mesures techniques et organisationnelles visant à réduire au minimum l'exposition aux vibrations, de méthodes de travail alternatif, d'équipements auxiliaires réduisant les risques de lésions, limitation de la durée d'exposition.

*-d'une valeur limite d'exposition journalière rapportée à une période de huit heures et à ne dépasser en aucun cas (valeur plafond)* est fixé à  $1,15 \text{ m/s}^2$  pour les vibrations transmises à l'ensemble du corps et à  $2,5 \text{ m/s}^2$  pour les vibrations transmises aux membres supérieurs.

Si en dépit des mesures prises par l'employeur pour réduire les risques dus aux vibrations, ses valeurs limites d'exposition sont dépassées, alors l'employeur doit prendre immédiatement des mesures pour ramener l'exposition en dessous de celle-ci.

L'employeur évalue si nécessaire et mesure les niveaux d'exposition aux vibrations par un échantillonnage représentatif de l'exposition du salarié. Il peut se référer aux informations fournies par le fabricant du matériel et l'observation des pratiques de travail. Il surveille l'interaction des vibrations sur la stabilité des structures, la lecture d'appareils indicateurs ou la manipulation de commandes. Il met à disposition des équipements susceptibles de réduire les vibrations. Il utilise les renseignements fournis par le fabricant en application des règles techniques.

On retrouve de plus dans ce décret les dispositions inscrites dans le code du travail.

Ainsi, le décret rappelle que les évaluations des mesures doivent être effectuées à intervalles appropriés et conservées 10 ans, elles doivent être mises à la disposition du CHSCT, des délégués du personnel, du médecin du travail ou du service de prévention.

De plus, d'après ce décret l'employeur doit prendre en compte le type et la durée d'exposition, la limite d'exposition ainsi que la valeur d'action, l'incidence sur la santé notamment des femmes enceintes et des jeunes de moins de 18 ans. Il doit sensibiliser les salariés au risque, les informer des maladies pouvant être

provoquées par l'exposition aux vibrations mécaniques et savoir qu'ils doivent consulter le médecin du travail dès l'apparition des premiers symptômes de la pathologie, les former pour qu'ils travaillent en sécurité. Il tient compte des conclusions tirées par le médecin du travail, concernant la surveillance médicale quand il y a un risque pour la santé des travailleurs.

### 1.3.2. : *Décret n°92-767 du 29 juillet 1992*

C'est une directive plus ancienne qui concerne la partie « machine ». Il a été modifié le 18 août 1996.

C'est un décret relatif aux règles techniques et aux procédures de certification de conformité applicables aux équipements de travail visés aux 3°, 4° et 5° de l'article R. 233-83 du code du travail et aux moyens de protection visés aux 1° et 2° de l'article R. 233-83-2 du code du travail et modifiant le code du travail.

Il rappelle l'importance de construire les machines de façon à réduire au maximum les risques vibratoires. Pour chaque machine, il doit être fourni la valeur vibratoire émise. Si elle est supérieure à  $0.5\text{m/s}^2$  pour l'ensemble du corps ou supérieure à 2.5 pour le système main bras, des mesures techniques doivent être utilisés pour réduire les vibrations.

### 1.3.3 : *Arrêté du 4 mai 2007 et du 3 juillet 2007.*

L'arrêté du 4 mai 2007 détermine les catégories d'équipements de travail susceptibles de ne pas avoir à respecter les valeurs limites d'exposition fixées au 1 de l'article R. 231-1 19 du code du travail.

L'arrêté du 3 juillet concerne plus spécifiquement les machines agricoles.

Les valeurs limites fixées au 1 de l'article R. 231-1 19 s'appliquent à partir du 6 juillet 2010 avec périodes transitoires de 5 ans à partir du 6 juillet 2005 (plus quatre années supplémentaires pour les machines agricoles et forestières).

Cet arrêté concerne donc les machines livrées avant le 6 juillet 2007 pour lesquelles la valeur limite d'exposition peut ne pas être respectée. Néanmoins, tous les moyens techniques et organisationnels doivent être mis en œuvre afin de contrôler le risque.

#### 1.3.4 : *Arrêté ministériel du 20 octobre 2004 :*

Il fixe la liste des travaux effectués dans les entreprises agricoles nécessitant une surveillance médicale renforcée. Il comprend notamment « les travaux exposant aux vibrations de basses et moyennes fréquences, transmises aux membres supérieurs ou au corps entier ».

## Références

- 1 : guide des bonnes pratiques de l'Union Européenne en matière de vibrations globales du corps. Guide consultatif des bonnes pratiques en vue de l'application de la Directive 2002/44/EC.
- 2 : [www.legifrance.gouv.fr](http://www.legifrance.gouv.fr).
- 3 : Donati P. Encyclopédie medico chirurgicale. Evaluation des vibrations transmises à l'ensemble du corps humain ou du membre supérieur.
- 4 : Buck B. Wölfel HP (1998) : dynamic three-dimensional finite element model of a sitting man with a detailed representation of the lumbar spine and muscles. Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering.
- 5 : Seidel, Griffin. 2001 : Modeling the response of the spinal system to whole-body vibration and repeated shock. Clinical biomechanics 16 Suppl No1, S3-S7.
- 6 : Griffin. The validation of biodynamic models. Clinical Biomechanics 16 Suppl n°1 S81-S92.
- 7 : Tamaoki et Yoshimura Biodynamic response and spinal load estimation of seated body in vibration using finite element modeling .3e conference internationale sur les risques liés aux vibrations transmises à l'ensemble du corps humain.
- 8 : De Craeker. Mouvements pelviens de sujets assis exposés à des vibrations coprs entier. 3e conference internationale sur les risques liés aux vibrations transmises à l'ensemble du corps humain
- 9 : , Fleury et Mistrot. Modèle de masse apparente de l'homme assis exposé à des vibrations avant-arrières. 3e conference internationale sur les risques liés aux vibrations transmises à l'ensemble du corps humain
- 10 : Bovenzi M. Health risks from occupational exposures to mechanical vibration. Med Lav. 2006 May-Jun;97(3):535-41. Review.
- 11 : Satou Y et al. Effects of short-term exposure to whole-body vibration on wakefulness level. Ind Health. 2007 Apr;45(2):217-23.
- 12 : McLeod RW, Griffin MJ.Effects of whole-body vibration waveform and display collimation on the performance of a complex manual control task. Aviat Space Environ Med. 1990 Mar;61(3):211-9.
- 13 : Effects of whole-body mechanical stimulation at double the heart rate on the blood pressure waveform in rats. Hsiu H, Jan MY, Wang WK, Wang YY. Physiol Meas. 2006 Feb;27(2):131-44. Epub 2006 Jan 4.
- 14 : Acute physiological responses in healthy men during whole-body vibration.Maikala RV, King S, Bhambhani YN. Int Arch Occup Environ Health. 2006 Feb;79(2):103-14. Epub 2005 Sep 21.
- 15 : Olley M (1934) Independent wheel suspension - its whys and wherefores SAE Journal Vol 34, No 3, pp 73-81
- 16 : Reiher H & Meister F J (1932) Die Empfindlichkeit des Menschen GEGEN Stösse (Thesusceptibility of human beings to impulses) Forschung auf dem geniete des Ingenieurwesen.
- 17 : Radke A O (1957 ) Vehicle vibration - Man's new environment Paper to ASME ann meeting, New York, Dec 1957 (no 57-A--54)
- 18 : Dieckmann D (1957) A study of the influence of vibration on man Ergonomics 1: 347-355
- 19 : Magid et al. Magid (1960) Human tolerance to whole-body sinusoidal vibration: short-time, one-minute and three-minute studies Aerospace Medicine 31: 915-924

- 20 : Clayberg H D (1949) Pathologic physiology of truck and car driving The Military Surgeon 105: 299-301
- 21 : Rosegger R Health effects of tractor driving J. agric. Engng. Res. 5 p241-275
- 22 : Lange et Coermann Visual acuity under vibration Human Factors October 1962 291-300
- 23 : Griffin M J (1990 ) Handbook of human vibration Academic Press Ltd, London
- 24 : Dupuis H & Christ W (1966) Untersuchung der Möglichkeit von Gesundheitsschädigungen im Bereich der Wirbelsäule bei Schlepperfahrern - Abschlussbericht über die erste Folgeuntersuchung bei 137 jungen Landwirten Max-Planck-Institut für Landarbeit und Landtechnik, Bad Kreuznach,
- 25 : Dupuis H & Christ W (1972) Untersuchung der Möglichkeit von Gesundheitsschädigungen im Bereich der Wirbelsäule bei Schlepperfahrern - Zweite Folgeuntersuchung Max-Planck-Institut für Landarbeit und Landtechnik, Bad Kreuznach, report Heft A 72/2
- 26 : Dupuis H & Zerlett G (1986 ) The effects of whole-body vibration (Current state of knowledge) Springer-Verlag, Berlin ISBN 3-540-16584-3 Dupuis et Chris
- 27 : Matthews J (1973) The measurement of tractor ride comfort Pap to SAE meeting, Milwaukee Sept 1973 (730795)
- 28: Kelsey J L (1975) An epidemiological study of the relationship between occupations and acute herniated lumbar intervertebral discs Internat. Jnl. Epidemiology 4: 197-205
- 29 : Kelsey J L & Hardy R J (1975) Driving of motor vehicles as a risk factor for acute herniated lumbar intervertebral disc Amer. J. Epidemiology 102 (1) p63-73
- 30: Kelsey J L, Githens P B, O'Connor T, Weil U, Calogero J A, Holford T R, White A A, Walter SD, Ostfield A M & Southwick W O (1984) Acute prolapsed lumbar intervertebral disc: An epidemiologic study with special reference to driving automobiles and cigarette smoking Spine 9 (6) p608-613
- 31 : Gruber G J & Ziperman H H (1974) Relationship between whole-body vibration and morbidity patterns among motor coach operators N.I.O.S.H. HEW Publication No (NIOSH) 75104, Washington DC: U.S. Dept of Health, Education & Welfare
- 32 : Milby T H & Spear R C (1974) Relationship between whole body vibration and morbidity patterns among heavy equipment operators HEW Publication (NIOSH) 74 131. Cincinnati, Ohio: U.S. Dept of Health, Education & Welfare
- 33 : Konda Y, Mito H, Kadowaki I, Yamashita N & Hosokawa M (1985) Low back pain among container tractor drivers in harbour cargo transportation Proc 9th Congress Internat Ergonomics Assoc, pp802-804
- 34 : Seidel H & Heide R (1986 ) Long-term effects of whole-body vibration - a critical survey of the literature Int. Arch. Occup. Environ. Health 58 (1986) p1-26
- 35 : Hulshof C & van Zanten B V (1987 ) Whole-body vibration and low back pain - a review of epidemiological studies Int. Arch. Occup. Health 59 p205-220
- 36 : Bongers P M, Boshuizen H C, Hulshof C T J & Koemeester A P (1988) Back disorders in crane operators exposed to whole-body vibration Internat. Arch. Occup. Environ. Health 60: 129-137
- 37 : Bongers P M, Hulshof C T J, Groenhout H J, Dijkstra L, Boshuizen H C & Valken E (1990) Backpain and exposure to whole-body vibration in helicopter pilots Ergonomics 33 p1007-1026

- 38 : Boshuizen H C, Bongers P M, & Hulshof C T J (1992) Self-reported back pain in fork-lift truck and freight container tractor drivers exposed to whole-body vibration Spine 17 (1): 59-65
- 39 : Boshuizen H C, Bongers P M, Hulshof C T J (1990a) Self-reported back pain in tractor drivers exposed to whole-body vibration Int. Arch. Occup. Environ. Health 62 p109-115
- 40 : Bovenzi M & Zadini A (1992) Self-reported low back symptoms in urban bus drivers exposed to whole-body vibration SPINE, Vol 17 No 9 pp1048-1058
- 41 : Bovenzi M & Betta A (1994 ) Low-back disorders in agricultural tractor drivers exposed to whole-body vibration and postural stress Applied Ergonomics 25 p231-240
- 42 : Schwarze et al. (1998). Schwarze S, Notbohm G, Dupuis H & Hartung E (1997 ) Dose-response relationships between whole-body vibration and lumbar disc disease - A field study on 388 drivers of different vehicles Journal of Sound and Vibration (1998) 215(4), 613-628
- 43 : S. Lings á C. Leboeuf-Yde .Whole-body vibration and low back pain: a systematic, critical review of the epidemiological literature 1992±1999 Int Arch Occup Environ Health (2000) 73: 290±297.
- 44 : Bonvenzi et al. An updated review of epidemiologic studies on the relationship between exposure to whole-body vibration and low back pain (1986±1997) Int Arch Occup Environ Health (1999) 72: 351±365.
- 45 : The impact of operating heavy equipment vehicles on lower back disorders. Thomas Waters Ergonomics Vol. 51, No. 5, May 2008, 602–636
- 46 : Metrics of whole-body vibration and exposure–response relationship for low back pain in professional drivers: a prospective cohort study. Massimo Bovenzi Int Arch Occup Environ Health (2009) 82:893–917.
- 47 : Effectiveness of an Occupational Health Intervention Program to Reduce Whole BodyVibration Exposure: An Evaluation Study with a Controlled Pretest–Post-test Design. Ivo J.H. Tiemessen et al. AMERICAN JOURNAL OF INDUSTRIAL MEDICINE 52:943–952 (2009)
- 48 : INRS fiche pratique de sécurité ED42
- 49 : INRS. Prévention et port des équipements de protection individuelle. 4. L'utilisation de produits phytosanitaires
- 50 : INRS. L'applicateur de produits phytosanitaires.
- 51 : document MSA « stockez vos produits professionnel »
- 52 : document MSA « gants, combinaison, masque, que choisir ?

## **Résumé**

Le jardinier de golf exerce une activité très variée, utilisant de nombreuses machines dont des appareils dédiés à la tonte du gazon. Ces équipements utilisés parfois sur des parcours accidentés peuvent générer des vibrations corps entier susceptibles d'affecter la santé des jardiniers. A la suite d'une plainte exprimée par les jardiniers du golf de Bossey lors de la tonte des greens, il a été décidé de réaliser ce travail sur les vibrations corps entier et leurs conséquences sur la santé. L'originalité de notre étude réside dans le fait que de multiples mesures d'accélération ont été réalisées grâce à l'exposimètre EVEC, tant au niveau des machines à green que des autres machines de tonte. Ces mesures ont ensuite été commentées et comparées aux valeurs limites réglementaires et aux données de la littérature. Enfin leur analyse nous a permis d'aboutir à des préconisations pour réduire les vibrations subies par les jardiniers lors de la tonte du gazon du parcours de golf.

The golf gardener has a very varied activity, using many machines including equipment dedicated to the mowing. These equipments used sometimes on hilly routes may generate whole body vibrations which might affect the health of the gardeners. Following a complaint expressed by the gardeners of Bossey golf during the greens mowing, it has been decided to carry out this work on the whole body vibrations and their consequences on health. The originality of our study lies in the fact that multiple acceleration measurements have been achieved through the exposimeter EVEC, both at the green machine level and at the other mowing machines. Then these measurements have been discussed and compared to the regulatory limit values and the data from literature. Finally, their analysis allowed us to achieve some recommendations to reduce the vibrations undergone by gardeners during the golf course mowing.

MOTS CLES : jardinier, paysagiste, golf, risques professionnels, vibrations corps entier, lombalgies.