



**HAL**  
open science

## Prévention des TMS en milieu de travail par des dispositifs d'assistance physique à la manutention : à propos d'une étude effectuée en centre logistique

Élodie Dalleau

### ► To cite this version:

Élodie Dalleau. Prévention des TMS en milieu de travail par des dispositifs d'assistance physique à la manutention : à propos d'une étude effectuée en centre logistique. Médecine humaine et pathologie. 2018. dumas-02153736

**HAL Id: dumas-02153736**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02153736>**

Submitted on 12 Jun 2019

**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.

**Université de Picardie Jules Vernes**

**Faculté de médecine d'AMIENS**

Année 2018

N° 2018-170

**PREVENTION DES TMS EN MILIEU DE TRAVAIL PAR DES DISPOSITIFS  
D'ASSISTANCE PHYSIQUE A LA MANUTENTION : A PROPOS D'UNE  
ETUDE EFFECTUEE EN CENTRE LOGISTIQUE**

**THESE**

**POUR LE DOCTORAT DE MEDECINE  
(DIPLOME D'ETAT)**

**PRESENTEE ET SOUTENUE  
PUBLIQUEMENT**

**LE 18 OCTOBRE**

**PAR**

**DALLEAU Elodie**

**PRESIDENT DU JURY :** Monsieur le Professeur P-L. DOUTRELLOT

**JUGES :** Monsieur le Professeur O.GANRY

Monsieur le Professeur D.CHATELAIN

**DIRECTRICE DE THESE :** Madame le Docteur C.DOUTRELLOT-PHILIPPON

## Remerciements

A mon Président de thèse,

**Monsieur le Professeur Pierre-Louis DOUTRELOT**

Professeur des Universités-Praticien Hospitalier  
(Médecine physique et de Réadaptation)

Pôle "Autonomie"

Vous m'avez fait l'honneur de présider mon jury. Je vous remercie pour vos précieux enseignements et votre bienveillance pendant ma formation. Veuillez trouver en ces mots l'expression de mon respect et de ma reconnaissance,

Aux membres du jury,

**Monsieur le Professeur Olivier GANRY**

Professeur des Universités - Praticien Hospitalier  
(Epidémiologie, économie de la santé et Prévention)  
Responsable du service d'Epidémiologie, hygiène hospitalière et santé publique  
Pôle "Biologie, pharmacie et santé des populations"

Je vous remercie respectueusement d'avoir accepté d'être membre de mon jury,

**Monsieur le Professeur Denis CHATELAIN**

Professeur des Universités-Praticien Hospitalier  
(Anatomie et cytologie pathologique)

Je vous suis reconnaissante d'avoir accepté de faire partie des membres du jury,

**A ma directrice de thèse,**

**Madame le Docteur Catherine DOUTRELOT-PHILIPPON**

Maître de Conférences des Universités – Praticien Hospitalier  
Médecine du travail et des risques professionnels

Je vous remercie pour tous les enseignements apportés lors de ma formation, pour votre soutien et vos conseils, pour le temps que vous m'avez accordé pendant la réalisation de cette thèse, et de mon mémoire. J'espère que ces quelques mots sauront vous signifier toute ma reconnaissance.

A Madame LACHAMBRE Nathalie, ergonome, pour ton enthousiasme communicatif, pour avoir partagé tes connaissances toutes ces années, pour ton soutien sans faille pendant mon mémoire, ça a été un réel plaisir que de travailler avec toi, autant pour tes compétences professionnelles que pour tes qualités humaines : un grand et très sincère merci...

A Monsieur le Docteur LEMOINE Jean-Luc, médecin du travail, et à Madame BRUN Sandrine, IPRP, pour votre participation à l'étude.

A Madame LEMONNIER Francine, directrice de l'ASMIS, pour avoir soutenu et permis ce projet grâce aux ressources de l'ASMIS.

A Monsieur ATAIN-KOUADIO Jean-Jacques, ergonome à l'INRS, pour le temps que vous m'avez accordé.

A tous les membres de l'ASMIS avec qui j'ai eu le plaisir de collaborer, en particulier les assistantes de la zone industrielle d'Amiens, Nathalie, Aurore, Catherine et Virginie.

A Madame le Professeur Yon, pour vos enseignements, votre bienveillance lors de mes tout premiers stages d'internat.

A mes parents, pour votre soutien ces dernières années.

A ma fille, pour ton sourire lumineux qui me réchauffe le cœur, pour tes rires, pour tous tes bisous-câlins, parce que je ne me lasse pas de te regarder grandir avec émerveillement, ...

A mon awesome sœur, Joanne, qui malgré la distance est toujours présente à mes côtés et avec qui je partagerais volontiers les lauriers de mon dur labeur... pour ton soutien inconditionnel, pour nos chorégraphies, et tous nos délires ! Et à mon frère, ma petite crevette, Yann, pour être toi déjà, et te rendre à chaque fois disponible pour aider ta sœur !

A mes plus fidèles amis, Sandra pour les appels du matin, pour les vendredis soirs, les discussions sans fin avec le fameux regard « on se comprend », parce que tu es ma petite Fufu ; Audrey pour toutes ces années partagées sur les bancs de la fac, pour ton soutien, pour ta folle énergie ; Maxou et Thomas Ju, mes chouchoux, qui mettez la barre de qualités humaines bien trop haute pour les autres... et à tous les quatre : pour tous ces petits moments de bonheur que vous avez su mettre dans ma vie, les rires, les conseils (plus ou moins) avisés, pour tous les moments qui sont encore à venir !

A Héloïse « petit sanglier », ancienne co-interne, pour ton amitié... Nos fous rires arrosés de boisson gazeuse light sur les bancs de la Hotoie me manquent ! J'espère que tu verras ma statue de ta montagne...

A Andrew, pour ton soutien et ta présence, pour avoir maintenu mon taux de caféine au top.

A Olivier, « dudu », pour ton appui et tes conseils, et à Bertrand, vous m'avez entraîné jusqu'ici, merci !

A ma petite tatie, à mes cousins et à tout le reste de ma famille et de mes amis.

Et une pensée toute particulière pour toi, Myriam...

## Table des Matières

1.	Introduction.....	7
1.1.	Les troubles musculo-squelettiques.....	8
1.1.1.	Définition .....	8
1.1.2.	Etiologie des TMS.....	9
1.1.3.	Epidémiologie des TMS.....	10
1.1.4.	Le compte professionnel de prévention et les facteurs de risques professionnels liés aux troubles musculo-squelettiques.....	11
1.1.5.	Obligations de l'employeur.....	14
1.1.6.	Rôle du service de santé au travail.....	14
1.1.7.	L'évaluation de la pénibilité.....	16
1.2.	Les dispositifs d'assistance physique à la manutention manuelle.....	21
1.2.1.	Définition .....	21
1.2.2.	Présentation du dispositif d'assistance physique à la manutention : le harnais V2 CORFOR.....	23
1.2.3.	Exemple de dispositif d'assistance à la manutention de type exosquelette : L'Ergosquelette GOBIO modèle IP13 Laevio.....	25
1.2.4.	Intérêt des dispositifs d'assistance physique avec contention dans la littérature.....	27
2.	Contexte de l'étude .....	28
2.1.	Origine de la demande de l'étude.....	28
2.2.	Description du poste de préparateur de commande en picking.....	30
2.3.	Objectifs de l'étude.....	31
3.	Matériels et méthode.....	31
3.1.	Population de l'étude.....	32
3.2.	Méthodologie.....	33
3.2.1.	L'étude par cardiofréquencemétrie .....	33

3.2.2.	L'étude par échelles de Borg.....	34
3.2.3.	L'observation des salariés .....	35
3.2.4.	Le questionnaire d'évaluation .....	35
3.3.	Description de la population étudiée .....	37
4.	Résultats de l'étude .....	38
4.1.	Résultats de cardiofréquencemétrie et évaluation par échelles de Borg RPE .....	38
4.2.	Résultats de la cardiofréquencemétrie .....	39
4.2.1.	La grille de Meunier .....	39
4.2.2.	L'abaque des profils cardiaques .....	40
4.2.3.	Résultats de l'évaluation de la dépense énergétique .....	41
4.3.	Résultats de l'étude de la charge de travail par échelles de Borg.....	42
4.3.1.	Etude par échelle de Borg CR10 .....	42
4.3.2.	Etude par échelle de Borg RPE .....	44
4.4.	L'observation des postes .....	44
4.5.	Résultats du questionnaire d'évaluation .....	45
5.	Discussion .....	45
5.1.	La population étudiée .....	45
5.2.	La cardiofréquencemétrie .....	46
5.2.1.	Les apports de la cardiofréquencemétrie .....	46
5.2.2.	Les limites de la cardiofréquencemétrie .....	48
5.3.	Analyse par échelles de Borg .....	48
5.3.1.	Les apports des échelles de Borg .....	48
5.3.1.	Les limites des échelles de Borg .....	49
5.4.	Les dispositifs d'assistance physique à la manutention manuelle.....	50
5.5.	Mesures de correction envisagées .....	52

6. Conclusion .....	53
Annexes.....	55
Bibliographie.....	66

## 1. Introduction

Les troubles musculo-squelettiques ou TMS sont un ensemble de pathologies touchant différentes structures de l'appareil locomoteur : les membres et le rachis.

Les TMS représentent un enjeu économique majeur de part leur impact sur la santé et leur impact socio-économique.

En effet, bien que le nombre de maladies professionnelles ait récemment diminué ces dernières années selon les rapports de la Caisse Nationale de l'Assurance Maladie, les TMS restent la première cause de maladies professionnelles reconnues en France, et représentent par ailleurs une part importante des accidents de travail, accidents de trajet et indemnités journalières en France.

La nécessité grandissante de prévenir l'apparition des TMS se reflète dans la mise en place depuis 2010 du compte professionnel de prévention (C2P, anciennement compte pénibilité), et plus récemment du programme national prioritaire TMS pros.

Notre service de santé au travail a été sollicité par une entreprise de logistique dans le cadre de sa démarche de prévention des TMS pour la mise en place de comptes professionnels de prévention des salariés et d'un plan d'action de prévention des TMS.

La population des salariés de cette entreprise est de plus en plus vieillissante et les aptitudes au poste avec restriction de port de charges sont de plus en plus nombreuses.

Cela entraîne une augmentation du port de charges pour les salariés sans restrictions de poste et une difficulté de plus en plus grande d'aménager les postes lorsque de nouvelles restrictions sont émises par le médecin du travail.

De nombreuses plaintes ont été formulées aux membres du Comité d'Hygiène, de Sécurité et des Conditions de Travail (CHSCT) sur la pénibilité croissante ressentie par les salariés occupant les postes d'employé logistiques, notamment au poste de préparateurs de commandes en picking.

L'entreprise de logistique, avec l'accord du CHSCT, a décidé de mettre en essai pour les préparateurs de commande en picking des dispositifs d'assistance physique à la manutention



manuelle afin de prévenir l'usure physique et de favoriser le maintien à l'emploi des salariés : le harnais de sécurité CORFOR.

Après échange avec l'employeur et les membres du CHSCT, nous avons proposé un protocole d'étude afin d'évaluer la pénibilité au poste de préparateur de commande en picking, et de déterminer si l'utilisation des dispositifs d'aide à la manutention manuelle choisis diminuait cette pénibilité au poste, et le risque de survenue de TMS.

Nous avons donc choisi, comme outils d'évaluation de la pénibilité, la cardiofréquencemétrie et le questionnaire de Borg dans les différentes situations de travail : sans dispositif d'assistance physique à la manutention manuelle et avec le harnais CORFOR.

En effet, la cardiofréquencemétrie est un moyen simple, fiable et reproductible d'évaluation objective de l'astreinte physique globale lors de l'activité de travail. Les échelles de Borg, couplées à la cardiofréquencemétrie, permettront d'évaluer plus précisément l'effort musculaire fourni par groupe musculaire. En parallèle, une analyse du poste par vidéo et grille d'activité nous permettra de prendre en compte des facteurs pouvant influencer les mesures.

Nous discuterons des résultats afin de mettre en place des mesures correctives au poste si nécessaire et apporter un éclairage sur la pertinence et l'utilité de dispositifs d'assistance physique à la manutention manuelle de charges pour l'activité de préparateur de commande en picking, et en milieu de travail.

## **1.1. Les troubles musculo-squelettiques**

### **1.1.1. Définition**

L'Institut National de Veille Sanitaire définit les troubles musculo-squelettiques (TMS) comme « un ensemble d'affections péri-articulaires qui peuvent affecter diverses structures des membres supérieurs, inférieurs et du dos : tendons, muscles, articulations, nerfs et système vasculaire ».

Les TMS sont aussi appelés pathologies d'hypersollicitation : les TMS résultent d'un déséquilibre entre les capacités fonctionnelles des personnes et les sollicitations extérieures.

D'un point de vue clinique, selon Roquelaure [1], les TMS se manifestent par des douleurs ou une gêne fonctionnelle des membres ou du rachis, d'intensité variable en fonction des individus mais aussi dans le temps pour un même individu, dans les activités professionnelles ou de la vie quotidienne.

Leur évolution peut être favorable sous traitement adapté mais les récurrences sont fréquentes pour les pathologies tendineuses, pouvant être cycliques [1]. Les TMS peuvent toucher plusieurs localisations anatomiques et causer dans ce cas une importante réduction des capacités fonctionnelles [1].

Les TMS sont considérés d'origine multifactorielle, avec une composante professionnelle déterminante [2].

### **1.1.2. Etiologie des TMS**

On note plusieurs types de facteurs de risques de TMS :

- Les facteurs biomécaniques ou physiques [2] : ce sont les facteurs qui portent sur les contraintes physiques au travail : la force, la répétitivité, les postures (amplitudes articulaires) et le maintien statique excessifs. Les températures extrêmes, les vibrations, le « stress » sont des facteurs aggravants. De plus, un temps de récupération insuffisant peut croître significativement l'effet des ces facteurs biomécaniques. Ces facteurs peuvent être mesurés à l'aide d'études ergonomiques mais sont en pratique souvent mesurés de manière déclarative.
- Les facteurs psycho-sociaux : ce sont les facteurs à composante subjective qui se réfèrent à la qualité de l'environnement de travail tel qu'il est perçu et vécu par les travailleurs [3]. Selon Bongers et Houtman, les facteurs de stress comme le travail monotone, la répétitivité des tâches, les faibles perspectives de carrière, l'absence d'initiative personnelle peuvent être assimilés à des facteurs psychosociaux [2,4,5].
- Les facteurs organisationnels, à composante objective, qui concernent l'organisation structurelle du travail
- Les facteurs individuels : âge [6], poids, antécédents familiaux [7] pathologie sous-jacente (en particulier endocriniennes) , traitement, activités extraprofessionnelles de loisirs ou tâches ménagères [8]

Les facteurs biomécaniques, psycho-sociaux et organisationnels sont à forte composante professionnelle et jouent un rôle prépondérant [2], ils peuvent être le plus souvent potentialisés par les facteurs individuels.

### 1.1.3. Epidémiologie des TMS

Certains TMS peuvent être reconnus comme maladies professionnelles dans le cadre de tableaux annexés au code de Sécurité Sociale (tableaux n°57, 69, 79, 97 et 98 du Régime général et tableaux n°39, 29, 53, 57 et 57bis du Régime agricole) :

- Au niveau de l'épaule :
  - les tendinopathies aiguës ou chroniques non calcifiantes avec ou sans enthésopathie de la coiffe des rotateurs,
  - la rupture partielle ou transfixiante de la coiffe des rotateurs
- Au niveau du coude :
  - les tendinopathies d'insertion des muscles épicondyliens avec ou sans syndrome du tunnel radial,
  - les tendinopathies d'insertion des muscles épitrochléens,
  - les hygromas aiguës ou chroniques,
  - l'arthrose du coude avec ostéophytose.
- Au niveau du poignet et de la main :
  - les tendinites,
  - les ténosynovites,
  - le syndrome du canal carpien,
  - le syndrome de la loge de Guyon,
  - l'ostéonécrose du semi-lunaire, et du scaphoïde carpien,
  - les troubles angioneurotiques de la main, et l'atteinte vasculaire cubito-palmaire
- Au niveau du rachis : la sciatique par hernie discale L4-L5 ou L5-S1 et la radiculalgie crurale par hernie discale L2-L3 ou L3-L4 ou L4-L5, avec atteinte radiculaire de topographie concordante.
- Au niveau du genou :
  - la compression du nerf sciatique poplité externe au col de la fibula,
  - l'hygroma aigu ou chronique,

- la tendinopathie sous quadricipitale, la tendinopathie quadricipitale, la tendinite de la patte d'oie,
  - le syndrome de la bandelette ilio-tibiale,
  - les lésions chroniques à caractère dégénératif du ménisque et/ou lésions du cartilage articulaire
- Au niveau de la cheville et du pied : la tendinite achilléenne

Selon le rapport 2016 de la Caisse Nationale d'Assurance Maladie (CNAM) [9], les TMS représentent la première cause de maladies professionnelles reconnues en France, soit 87% en 2016, on note une augmentation de 60% en 10 ans des TMS reconnus d'origine professionnelle ; de plus, 45 % des TMS entraînent des séquelles (incapacités permanentes)

Malgré une augmentation constante jusqu'en 2012, la tendance est à la baisse depuis 2012 et continue en 2015 et en 2016 : le nombre de nouvelles maladies professionnelles prises en charge en 2016 est en diminution de 4,1% par rapport à l'année précédente.

Parmi ces TMS, les lombalgies représentent 20 % du nombre d'accidents du travail (167 000 accidents du travail « lombalgie » en 2015, soit une augmentation de 2300 par an depuis 10 ans), 15 % des accidents de trajet, 7 % des maladies professionnelles reconnues en 2016. Cela équivaut à 2 mois d'arrêt de travail en moyenne pour les lombalgies indemnisés en accidents du travail et génère au total un coût de près d'1 milliard d'euros pour la branche AT/MP (Accidents du Travail/Maladies Professionnelles). On peut aussi noter que la lombalgie aiguë est le 2<sup>ème</sup> motif de consultation médicale et la lombalgie chronique le 8<sup>ème</sup>.

Toutes les entreprises doivent déclarer les facteurs de risques professionnels donnant droit à l'ouverture d'un compte professionnel de prévention.

#### **1.1.4. Le compte professionnel de prévention et les facteurs de risques professionnels liés aux troubles musculo-squelettiques**

L'ordonnance n° 2017-1389 du 22 septembre 2017 relative à la prévention et à la prise en compte des effets de l'exposition à certains facteurs de risques professionnels et au compte professionnel de prévention applicable par décret n° 2017-1769 au 27 décembre 2017 modifie la loi n°2010-1330 du 9 novembre 2010 portant réforme des retraites [10] : le compte pénibilité devient compte professionnel de prévention.

D'après Volkoff et Pueyo, la pénibilité correspond « aux contraintes et nuisances rencontrées tout au long de la vie professionnelle et qui peuvent avoir des effets à long terme sur la santé, voire l'espérance de vie » [11]. Jusqu'au 1<sup>er</sup> octobre 2017, la pénibilité au travail était dès lors définie par une exposition des travailleurs à un ou plusieurs facteurs de risques professionnels susceptibles de laisser des traces durables, identifiables, et irréversibles sur la santé [10].

Ces facteurs de risques professionnels déterminés par décrets [12,13], sont liés à des contraintes physiques marquées, un environnement physique agressif ou à certains rythmes de travail.

Ces mêmes décrets fixent des seuils d'exposition à ces facteurs de risques professionnels par une action ou situation de travail avec ou sans intensité minimale, et par une durée minimale. Ces seuils sont à prendre en compte après la prise en compte des moyens de correction collectifs ou individuels mis en œuvre par l'employeur.[14]

Certains de ces facteurs de risques professionnels du C2P [13] selon l'article D. 4161-2 du Code du travail sont des facteurs de risque connus de TMS :

- Le travail répétitif (dont la définition a été modifiée par le décret n°2015-1888 du 30 décembre 2015[13]) :
  - au moins 900 heures par an de travaux impliquant l'exécution de mouvements répétés sollicitant tout ou partie du membre supérieur à une fréquence élevée ou sous cadence contrainte (soit 15 actions techniques ou plus pendant un temps de cycle inférieur ou égal à 30 secondes ou 30 actions techniques ou plus par minute pendant un temps de cycle supérieur à 30 secondes, un temps de cycle variable, ou une absence de temps de cycle)
  
- Les postures pénibles définies comme les positions forcées des articulations
  - maintien des bras en l'air à une hauteur située au dessus de la ligne des épaules, ou positions accroupies ou à genoux, ou position du torse en flexion de 30° degrés, ou fléchi à 45 degrés
  - pendant au minimum 900 heures par an

- Les manutentions manuelles de charges définies à l'article R4541-2 du code du travail [15] :
  - lever ou porter de charges unitaires de 15 kilogrammes, de pousser ou tirer de charges unitaires de 250 kilogrammes ou déplacement du salarié avec la charge ou prise de charge au sol ou à une hauteur au dessus de la ligne des épaules de charges de plus de 10 kilogrammes
  - pendant une durée de plus de 600 heures par an, ou cumul de manutention de charges de plus de 7,5 tonnes par jour, au moins 120 jours par an
  
- Les vibrations mécaniques mentionnées à l'article 4441-1 du Code du travail [16] :
  - les vibrations transmises aux mains et aux bras avec une valeur d'exposition rapportée à une période de référence de 8h de  $2,5 \text{ m/s}^2$
  - les vibrations transmises à l'ensemble du corps avec une valeur d'exposition rapportée à une période de référence de 8h de  $0,5 \text{ m/s}^2$  pendant au moins 450 heures par an
  
- Les températures extrêmes :
  - température inférieure ou égale à  $5 \text{ }^\circ\text{Celsius}$  au moins égale à  $30 \text{ }^\circ\text{Celsius}$
  - pendant au moins 900 heures par an
  
- Le bruit mentionné à l'article 4431-1 du code du travail [17]:
  - exposition à un niveau de pression acoustique au moins égale à 135 décibels
  - au moins 120 fois par an ou niveau d'exposition au bruit rapporté à une période de référence de 8h d'au moins 81 décibels
  
- Le travail de nuit :
  - au moins une heure de travail entre minuit et 5h00
  - avec un seuil minimum de 120 nuits par an
  
- Le travail en équipes successives alternantes :
  - au moins 50 nuits par an

### **1.1.5. Obligations de l'employeur**

La prévention des facteurs de risques professionnel lié au C2P est une obligation pour tout employeur selon l'article L4121-1 du Code du Travail [14]. L'employeur doit établir une déclaration [18] lorsqu'un salarié est exposé à des facteurs de risques professionnels au-delà des seuils définis par décrets, après évaluation annuelle de l'exposition professionnelle de chaque travailleur selon ses conditions de travail. Il doit lister en annexe du document unique d'évaluation des risques professionnels, les données collectives d'exposition à ces facteurs de risques professionnels, et mettre en place des mesures de prévention et de protection collectives et individuelles.

Pour effectuer sa déclaration annuelle des données sociales par la déclaration sociale nominative, l'employeur peut utiliser un accord collectif de branche étendu ou un référentiel professionnel de branches homologué, réévalué au maximum tous les cinq ans.

L'employeur doit mettre en place un C2P ce qui permet au salarié d'acquérir des points cumulés sur le compte [18]. Ce compte ouvre droit pour le salarié à des actions de formation professionnelle en vue d'accéder à un emploi non ou moins exposé, un passage à temps partiel sans baisse de rémunération et/ou un départ anticipé à la retraite.

En plus de cette obligation légale, l'employeur a la possibilité d'adhérer depuis 2014 à un programme de prévention national prioritaire : le programme TMS pro.

L'objectif de ce programme est de diminuer la sinistralité (soit le rapport, pour les 3 dernières années connues, entre le nombre d'accidents du travail et de maladies professionnelles imputées à l'employeur, à l'exclusion des accidents de trajets, et l'effectif de l'entreprise) liée aux TMS dans les établissements auxquels plus d'un tiers des MP, AT et indemnités journalières pour cause de TMS sont imputés.

### **1.1.6. Rôle du service de santé au travail**

Tout employeur, quelle que soit la taille de son entreprise, doit adhérer à un service de santé au travail dont nous allons déterminer les missions.

L'article L 4622-2 du Code du Travail modifié par la loi n° 2015-194 du 17 août 2015 [19] définit la mission exclusive des services de santé au travail : « éviter toute altération de la santé des travailleurs du fait de leur travail ».

Pour accomplir cette mission, les services de santé au travail doivent [18] :

- mener des actions de prévention pour préserver la santé physique et mentale de tout salarié pendant son parcours professionnel.
- conseiller les employeurs, travailleurs et leurs représentants dans leurs démarches de diminution ou de suppression des risques professionnels, d'amélioration des conditions de travail, de prévention ou de réduction de la pénibilité au travail et de la désinsertion professionnelle, et de la contribution au maintien à l'emploi
- Assurer la surveillance de l'état de santé des travailleurs selon les risques professionnels impactant leur santé au travail

L'article L4622-3 du Code du Travail [20], modifié par la Loi n°2016-1088 du 8 août 2016 – art. 102 du Code du Travail [21], détermine le rôle du médecin du travail au sein du service de santé au travail.

Le médecin du travail anime et coordonne son équipe pluridisciplinaire [22]. Cette équipe pluridisciplinaire peut être composée de médecins collaborateurs, internes de médecine du travail, infirmiers, d'intervenant en prévention des risques professionnels, d'assistantes, et de tout autre professionnel de santé recruté après avis du ou des médecins du travail [23].

Le médecin du travail assure le suivi individuel des salariés [24] par des visites d'information et de prévention dont le suivi et les modalités dépendent de l'état de santé du salarié, de son âge, de ses conditions de travail et des risques auxquels il est exposé. Ces visites peuvent être déléguées au médecin collaborateur, à l'interne de médecine du travail ou à l'infirmière. Ces visites remplacent les anciennes visites d'aptitude sauf pour les salariés exposés à des risques professionnels nécessitant une surveillance individuelle renforcée [25].

A l'issue des visites, le médecin du travail peut émettre des préconisations, des restrictions ou des aménagements de poste de travail.



Le médecin du travail assure aussi le suivi des salariés au niveau collectif [22] : il participe à l'évaluation et à la traçabilité des risques professionnels auxquels sont exposés les salariés, et joue un rôle de conseiller [22] auprès de l'employeur sur les mesures nécessaires à mettre en place pour la prévention de ces risques.

C'est dans le cadre de ces missions que notre service de santé au travail a été sollicité par une entreprise de logistique, afin de l'accompagner dans sa démarche de prévention des troubles musculo-squelettiques au poste de préparateur de commande en picking par mise en place de dispositif d'assistance physique à la manutention manuelle.

### **1.1.7. L'évaluation de la pénibilité**

#### **1.1.7.1. La cardiofréquencemétrie**

Selon Jacques Leplat, « *le travail est une activité et la charge de travail représente ce que coûte cette activité à celui qui la pratique.* » [26]. Cette charge de travail est le produit de la mise en relation des contraintes de travail auxquelles doit répondre l'activité et qui peuvent être d'ordre physique, perceptif, cognitif, social, organisationnel ou d'ambiance [27] et des astreintes définies par le retentissement sur l'organisme, les effets à court, moyen ou long terme du travail sur l'état psychologique ou physique du travailleur [28].

Au niveau cardiovasculaire, les contraintes professionnelles entraînent des astreintes physiologiques, dont la modification de la fréquence cardiaque.

La cardiofréquencemétrie est l'enregistrement de la fréquence cardiaque sur un temps donné, dans notre cas sur le temps de travail. Elle permet d'évaluer la charge de physique globale à un poste de travail en étudiant l'astreinte cardiaque au cours d'un travail musculaire de type dynamique général (impliquant plus des 2/3 de la musculature).

L'étude par cardiofréquencemétrie en milieu professionnel correspond à la mesure et à l'enregistrement continu de la fréquence cardiaque lors de l'activité professionnelle. Ces données sont transmises au logiciel d'exploitation de façon informatique pour le calcul des moyennes et crêtes de la fréquence cardiaque.

Ces valeurs sont ensuite étalonnées pour éliminer les composantes individuelles de fréquence cardiaques [29,29–31] comme l'âge, le sexe, l'indice de masse corporelle, la capacité

cardiorespiratoire qui représente le paramètre individuel d'influence le plus important sur la fréquence cardiaque, ...) et déterminer la pénibilité au poste grâce à deux méthodes possibles :

- l'épreuve d'effort sous-maximale : que nous n'aborderons pas car elle est difficilement réalisable en santé au travail
- **La méthode des coûts cardiaques** : qui consiste à convertir les valeurs de fréquence cardiaque en pourcentage de la capacité totale de travail (CCR) en fonction du temps. Ces valeurs sont étalonnées en fonction de la fréquence cardiaque de référence du salarié (la plus proche possible de la FC de repos dynamique selon Malchaire [30] et de sa FCMT. On obtient alors successivement :
  - o Le **coût cardiaque absolu** (CCA) qui représente le travail supplémentaire que doit réaliser le coeur au cours d'un exercice. Il correspond à la différence entre la FC de travail (FCw) et la FC de référence (FCR) :  $CCA = FCw - FCR$ .
  - o Le **coût cardiaque relatif** (CCR) : qui représente le pourcentage de la capacité totale de travail (pourcentage entre la CCA de travail et la réserve cardiaque).  $CCR = (FCw - FCR) \times 100 / (FCMT - FCR)$ . Le CCR correspond à une estimation de l'utilisation de la capacité aérobie correspondant à l'équivalent de pourcentage du VO2 max : les différentes valeurs de CRR et sa courbe en fonction du temps permet d'évaluer la charge de travail et la pénibilité du poste [31].

#### 1.1.7.1.1. Les indices de l'astreinte cardiaque

Les indices de l'astreinte cardiaque permettent d'évaluer la pénibilité selon des grilles qui les exploitent [32–34]. Ils sont de 2 types :

- Les indices indépendants de la fréquence cardiaque de référence :
  - o La fréquence cardiaque moyenne (FC moy) qui permet d'évaluer très rapidement l'astreinte du poste de travail. Les valeurs limites données par l'INRS sur 8h de travail d'après Hrubá [35] sont : de 100 bpm pour les hommes et 105 bpm pour les femmes.

- La fréquence crête d'une phase de travail : valeur instantanée ou moyennée toutes les 5 à 15 secondes la plus élevée du tracé du poste qui permet d'identifier les phases de travail occasionnant les dépassements par leur visualisation sur la courbe. L'INRS fixe la valeur limite ne pouvant être dépassée plus de 5 minutes au cours du poste à 145 bpm pour les hommes et les femmes [36]. Des seuils absolus à ne pas dépasser même à court terme en fonction de l'âge ont été définis (38). Selon l'OMS, cette valeur maximale correspond à : 90 % FCMT ou 80 % CCR max ou FCMT – 20 bpm.
- L'indice  $\Delta FC$  : qui correspond au coût cardiaque comparé à l'accélération cardiaque au cours d'un effort :  $\Delta FC = FC \text{ crête} - FC \text{ moyenne}$ . Cet indice est préconisé pour l'appréciation de la pénibilité comportant des efforts violents contrastant avec de longue phase d'activité réduite en fonction des seuils définis par Frimat et Delépine [33].
- Le 99<sup>ème</sup> percentile de travail : le 99<sup>ème</sup> percentile de travail (FC99) correspond à la valeur de fréquence cardiaque dépassée uniquement pendant 1% du temps de travail. Proposé par Malchaire [37], il a été ensuite utilisé pour définir la grille de Meunier-Smolik et Knoché [38]. Sa valeur limite est de 140 bpm.
- Les indices dépendants de la fréquence cardiaque de référence dont l'utilisation permet d'évaluer la part d'élévation de la FC liée à l'activité professionnelle :
  - Le CCA moyen :  $CCA_{\text{moyen}} = FC \text{ moyenne} - FCR$ . Le poste est considéré comme pénible si le CCA moyen est supérieur à 30bpm.
  - Le coût cardiaque relatif moyen (CCR moyen) :  $CCR \text{ moyen} = (FC \text{ moyenne} - FCR) / (FCMT - FCR)$ . Le CCR moyen permet une évaluation de la pénibilité du poste quelque soit le salarié, son sexe, son âge ou son activité extra-professionnelle. Le CCR doit être inférieur à 30 % sur la journée en prenant comme fréquence cardiaque de référence la FCR avant travail selon l'INRS. Au-delà de ce seuil, l'astreinte est considérée par Monod et Kapitaniak comme élevée [39]. Le travail est considéré comme lourd si le CCR est supérieur à 30% d'après Chamoux [40].
  - Le CCA de crête :  $CCA \text{ crête} = FC \text{ crête} - FCR$ . C'est la valeur du CCA calculée avec la FC de crête, son calcul permet d'obtenir le CCR de crête.

- Le CCR de crête :  $CCR\ crête = CCA\ crête / (FCMT - FCR)$ . Il permet de pondérer la FC de crête par rapport à la FC de repos et à l'âge du salarié. Ces valeurs seuils sont  $CCR\ crête = 75\%$ , seuil anaérobie, qui ne doit pas être dépassé même à court terme [41], CCR de crête de 50 % [39] qui ne peut être dépassé plus que 30 minutes au poste, CCR de crête qui ne doit pas au-delà de 60 % [35].
- Le coût cardiaque du 99<sup>ème</sup> percentile : le CCR 99 représente le coût cardiaque relatif qui n'est atteint que lors de 1% du temps de travail. Sa limite est évaluée à 60 %.[38].

### 1.1.7.2. Les échelles de Borg

Il existe deux types d'échelles développées par le physiologiste Borg : l'échelle d'évaluation subjective de l'effort perçu aussi appelée échelles RPE (Ratings of Perceived Exertion Scale) et l'échelle CR10 (Category Ration 10) [42,43].

Ces échelles ont évolué depuis la création par Borg de la première échelle en 1962.

#### 1.1.7.2.1. Echelle RPE

Borg a commencé ses travaux sur des mesures d'évaluation subjective de l'effort perçu dès 1958. C'est en 1962, après la publication de sa thèse, qu'il a créé sa première échelle [44]: l'étude consistait à analyser les résultats d'épreuves de pédalage sur ergocycle (en laboratoire) d'une population de charpentiers. Borg a mis au point une échelle permettant de mettre en relation la fréquence cardiaque mesurée et une astreinte subjective d'effort.

Cette échelle comportait 21 graduations dont 9 correspondaient à une annotation de niveau de perception de l'effort verbal. Ces annotations ont été modifiées au cours des expériences de Borg.

Borg a constaté qu'il y avait une corrélation entre le RPE (valeur donnée correspondant à la graduation donnée de l'échelle) et la fréquence cardiaque ou le CCA, et que cette relation est linéaire entre le RPE et la FC (au point 17 de son échelle la fréquence cardiaque était de 170 bpm) [42].

Borg conclut après observation d'une expérience où au cours d'un exercice allant du repos à l'effort maximum, que la fréquence cardiaque moyenne d'un groupe de sujets jeunes et actifs variaient de 60 à 200 bpm, augmente de façon linéaire avec le RPE :  $FC = 10 \times RPE$ .

Il a créé une nouvelle échelle de Borg en 15 graduations pour correspondre à cette formule : le niveau de graduation minimum était 6 ce qui correspondait à une fréquence de repos de 60 bpm, et le niveau maximum de 20 ce qui correspondait à une fréquence cardiaque maximale de 200 bpm [45].

Cette équation est valable lors de son utilisation sur une population mais n'est pas indiquée pour une utilisation individuelle : les facteurs de variations de la fréquence cardiaque que nous avons déterminés précédemment peuvent contribuer à faire varier le RPE sans lien avec l'effort fourni.

D'autres modifications de l'échelle RPE ont eu lieu en 1990 et 1998 [45].

Les différentes études réalisées avec cette échelle RPE montrent son utilité dans l'évaluation de la charge physique générale.

#### 1.1.7.2.2. L'échelle CR10

L'échelle CR10 a été créée en 1982 pour les variables qui évoluent de façon exponentielle et non linéaire (telles que la perception de l'effort, la lactatémie), suite à l'évolution de l'échelle CR 20 de 1973.

Dans le cas de l'évaluation de la pénibilité à un poste ou de l'évaluation de la charge de travail, la variable qui nous intéresse est la perception de l'effort.

Cette variable [45] au cours d'un effort sur une courte durée sur un ergocycle peut se définir par une fonction de type exponentielle de type  $R = a + c.S^{\text{exponent } n}$  où :

- R est l'intensité de la perception
- a est une constante dite « perception de base »
- S est l'intensité du stimulus
- n est en général égal à 1.6

L'échelle CR10 est principalement utilisée pour évaluer l'effort perçu de façon locale (groupe musculaire ou partie du corps).

En effet, il existe une relation entre l'intensité d'une force (F) et le CR10 :

**F = CR10 x 10** où F est exprimé en fonction de la force maximale volontaire (FMV) exercée dans la même posture ce qui exempt en milieu de travail de mesurer objectivement cette force.

L'échelle CR10 s'utilise préférentiellement sur une population active en bonne santé (risque de manque de précision voire erreur dans le cas contraire) lorsqu'on évalue la charge de travail physique.

Les échelles de Borg ajoutent une dimension complémentaire aux méthodes objectives lors de l'évaluation ergonomique de la charge de travail.

La cardiofréquencemétrie couplée à l'évaluation par questionnaire de Borg de la perception de l'effort fournie par groupe musculaire semble être une méthode complète d'évaluation de la charge de physique d'un poste de travail, dans des conditions de poste normales ou avec un dispositif d'assistance physique à la manutention manuelle. Nous allons vous présenter ces différents dispositifs.

## **1.2. Les dispositifs d'assistance physique à la manutention manuelle**

### **1.2.1. Définition**

Les exosquelettes sont des structures revêtues totalement ou partiellement par un individu qui assistent les mouvements, compensent un effort et/ou augmentent les performances de cet opérateur [46].

Ces exosquelettes peuvent être robotisés (robot d'assistance physique) ou non (dispositif d'assistance physique), avec ou sans contention. La Figure 1 montre différents types de dispositifs d'assistance physique avec contention (au niveau des membres supérieurs et du dos) et de robots d'assistance physique avec contentions.

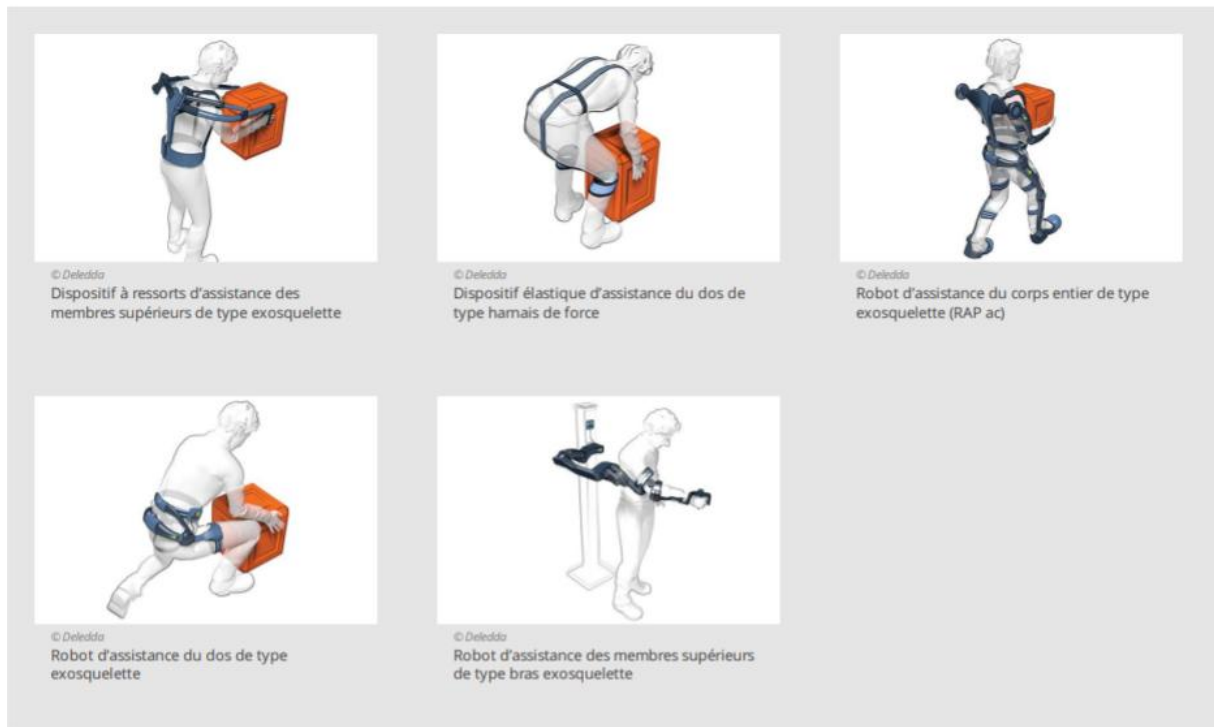


Figure 1 : différents types d'exosquelette. Source : [www.inrs.fr/risques/exosquelette.html](http://www.inrs.fr/risques/exosquelette.html)

Nous nous intéressons uniquement aux dispositifs d'assistance physique avec contention, qui selon Kouadio-Atain, sont les seuls utilisés en entreprise à ce jour en France [46].

Les dispositifs d'assistance physique à la manutention manuelle fonctionnent via un principe de restitution de l'énergie mécanique (dispositifs élastique, à ressort ou à amortisseur pneumatique). Ils sont fixés à l'opérateur, au niveau de l'articulation assistée [47]. Ils peuvent concerner la partie basse, la partie haute du corps ou le corps entier.

## 1.2.2. Présentation du dispositif d'assistance physique à la manutention : le harnais V2 CORFOR

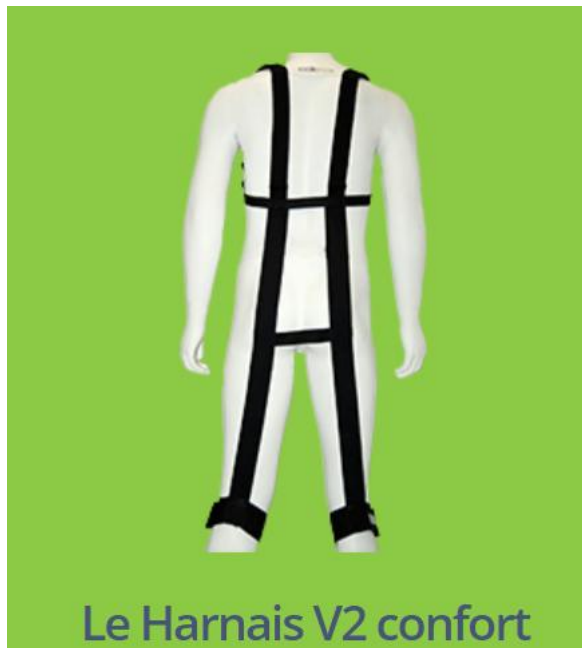


Figure 2 Illustration du harnais CORFOR source : <http://www.corfor.fr>

Le harnais de confort CORFOR est composé de deux sangles élastiques entre le rachis lombaire et l'arrière de chaque genou, de sangles d'attaches souples non élastiques au niveau du 1/3 supérieur de la jambe (sous les genoux), d'une sangle d'attache frontale, et de bretelles non élastiques (Figure 2). Sa mise en place, son utilisation et son entretien sont détaillés à l'annexe 1.

Le fournisseur le décrit comme un moyen efficace de lutte contre la pénibilité au travail, qui soulagerait la charge de l'utilisateur de 12kg selon un audit biomécanique et ergonomique. Les sangles dorsales du harnais de confort permettent de maintenir une position penchée en avant plus longue dans une posture plus proche des recommandations de bonnes pratiques de l'INRS (flexion des genoux plus importante, abaissement du centre de gravité, rapprochement de l'utilisateur à l'objet manipulé) en se supplantant à la charnière dorso-sacrée (Figure 3).



Lors de son utilisation dynamique, le dispositif apporte une aide grâce aux sangles élastiques lors de la remontée du tronc (avec à l'électromyogramme une diminution de la réponse musculaire, à la cardiofréquence-métrie une diminution de l'astreinte cardiaque).



Figure 3 : Mise en situation d'un salarié avec le harnais CORFOR Source : [www.corfor.fr](http://www.corfor.fr)

Les contre-indications médicales à l'utilisation du dispositif sont : les pathologies artérioveineuses des membres inférieurs, les pathologies cutanées sur les points de contact avec les sangles, les pathologies du genou (lésions des ligaments croisés postérieurs du genou, syndrome d'Osgood-Schlatter, douleurs de la tubérosité tibiale antérieures), les pathologies de l'épaule (syndrome de la traversée cervico-thoraco-brachiale).

Le prix du harnais est de 127,70 euros, ce tarif est dégressif en fonction du nombre de matériels commandés.

### 1.2.3. Exemple de dispositif d'assistance à la manutention de type exosquelette : L'Ergosquelette GOBIO modèle IP13 Laevio

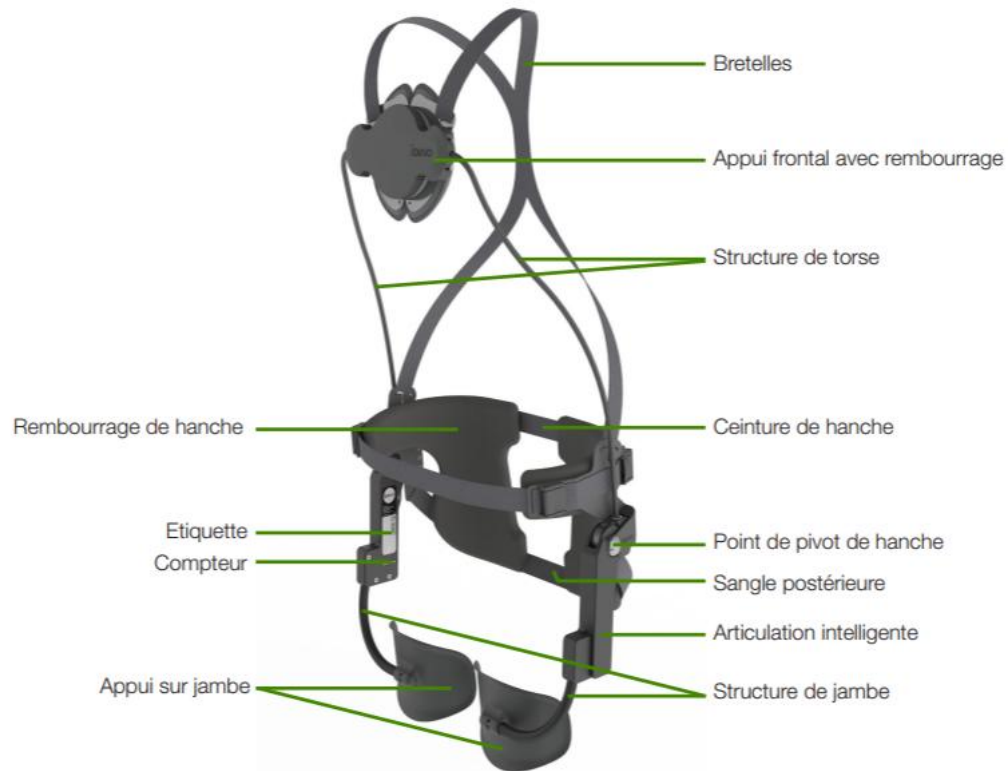


Figure 4 : Illustration détaillée de l'ergosquelette GOBIO Source : [www.gobio-robot.fr](http://www.gobio-robot.fr)

L'ergosquelette GOBIO modèle IP13 Laevio est un dispositif qui apporte un support au niveau du dos et du bassin.

Il est composé de bretelles dorsales, d'un appui frontal rembourré relié par une structure de torse rigide à la ceinture de hanche rembourrée et dotée d'une sangle postérieure, d'une articulation au niveau des hanches en lien avec structure de jambe rigide qui se termine par un appui sur la cuisse antérieure (Figure 4) (annexe 2).

L'ergosquelette est censé promouvoir le travail en position penchée principalement, mais aussi la marche, la flexion et la torsion du tronc de l'utilisateur. Selon le fournisseur, lorsque l'utilisateur est penché vers l'avant, une partie du poids du haut du corps se concentre sur les

soutiens thoraciques du harnais, et est transférée sur les membres inférieurs au travers de la structure.

L'ergosquelette doit de plus améliorer « la prise de conscience » de l'utilisateur par rapport à ses postures et entraîner une amélioration de ces postures à long terme (Figure 5).

Le fournisseur conseille une augmentation progressive du temps d'utilisation d'une heure à 8h pour que le salarié s'habitue au matériel.

L'ergosquelette doit être adapté à la taille et à la circonférence du tronc du salarié, il n'existe pas de modèle pour femme.



Figure 5 : Mise en situation d'un salarié avec l'ergosquelette source : [www.gobio-robot.fr](http://www.gobio-robot.fr)

Un institut néerlandais de recherche appliquée TNO et VU University Amsterdam ont effectué des mesures par électromyogramme qui ont montré une diminution de l'activité musculaire de 44% au niveau des muscles ilio-costaux, 37% sur les muscles longissimus et de 24% sur les muscles biceps fémoraux. Les détails de cette étude ne nous ont pas été communiqués.

Les contre-indications à l'utilisation du matériel sont le port d'un pacemaker, la présence d'implants mammaires, des antécédents d'ablation des ganglions lymphatiques axillaires, et

en cas d'utilisation prolongée : la présence de hernie inguinale, de prothèse de hanche, de prothèse de genou, de hernie discale, de pathologie du genou.

Le prix annoncé de l'ergosquelette est de 2000 euros.

#### **1.2.4. Intérêt des dispositifs d'assistance physique avec contention dans la littérature**

L'objectif principal de l'utilisation des dispositifs d'assistance physique avec contention est de diminuer les contraintes biomécaniques en améliorant les conditions de travail par la diminution de la charge physique et des TMS.

Le Personal Lift Augmentation Device (PLAD) est un dispositif d'assistance physique à la manutention manuelle de type élastique créé en laboratoire, qui peut être porté par l'opérateur pendant les tâches de manutention manuelle qui implique la levée, la dépose, ou le maintien statique de charges. Il a été conçu pour transférer la force appliquée au dos lors de la manipulation de charge au niveau des épaules, de la ceinture pelvienne et des genoux [48].

Lors du port de dispositifs d'assistance physique, certaines études montrent que lors des mouvements de levée et dépose on voit une diminution de 23 à 19 % de la force de compression sur le rachis lombaire, et de 7 à 8.5 % de la force de cisaillement [48] ou des résultats similaires [49], une réduction de l'activité musculaire du rachis lombaire de 35 à 38% pendant un travail d'assemblage et une endurance à l'effort augmentée [50], une meilleure efficacité de la réponse du système neuro-musculaire et donc un contrôle plus stable des mouvements du rachis [51], un impact positif sur le coût cardiaque et donc la charge physique [52].

Le Bending Non Demand Return (BNDR) est un dispositif d'assistance physique de type exosquelette, il fonctionne grâce un principe de transfert de poids lors de la flexion du tronc.

Une étude montre une réduction de 13% de la force de compression au niveau du rachis lombaire et de 12% de la force de cisaillement [53]. La pression dans les articulations des jambes était diminuée de 10% and 31% principalement par limitation de la torsion du tronc par le dispositif [53].

Au niveau du membre supérieur, l'essai d'un exosquelette des membres supérieurs peut avoir un impact bénéfique sur l'activité musculaire, le stress cardiovasculaire [54]

Les études réalisées en laboratoire ont tendance à montrer un aspect bénéfique de l'utilisation des dispositifs d'assistance à la manutention manuelle au niveau du dos et des bras. Leur utilisation pourrait être bénéfique en entreprise pour la prévention des TMS.

## **2. Contexte de l'étude**

### **2.1. Origine de la demande de l'étude**

L'activité logistique de l'entreprise est de gérer la réception et le conditionnement en palettes de produits de consommation, puis de l'expédition de ces palettes vers des entreprises de distribution du nord de la France.

Cette entreprise de logistique est composée de 141 salariés répartis sur plusieurs postes :

- Employé logistique
- Technicien d'approvisionnement
- Coordinateur d'équipe
- Responsable d'exploitation
- Responsable d'activité
- Technicien ou agent administratif
- Assistant Ressources Humaines (RH)
- Technicien de maintenance

Les employés logistiques représentent la majorité des salariés : l'entreprise concernée compte 112 salariés dont 104 hommes et 8 femmes.

Les employés logistiques se répartissent sur 2 secteurs : le secteur réception et le secteur expédition, et fonctionnent par équipe (fixe ou alternante) du matin (de 5h30 à 12h30 ou de 6h30 à 13h30) et/ou de l'après-midi (de 13h30 à 20h30). Ils occupent les fonctions de manutentionnaire, préparateur de commande (dont préparateur de commande en picking), de cariste et/ou d'agent de quai.

La moyenne d'âge des employés logistiques est de 45.2 ans (écart type de 11.2 ans) et 52 salariés ont plus de 50 ans (soit 46.4% des employés logistiques).

37 des employés logistiques (soit près d'un tiers des employés logistiques) ont une restriction médicale au port de charge ou au travail avec contraintes posturales (bras au dessus des épaules, cou en hyperextension, position accroupie...).

Le nombre d'accidents du travail est en hausse sur les 3 dernières années : 5 accidents du travail sont survenus en 2014, 9 en 2015 et 12 en 2016.

Ces accidents de travail ont principalement entraîné des douleurs au niveau lombaire ou au niveau des membres supérieurs, et selon les enquêtes réalisées par le CHSCT après chaque accident du travail selon l'article L4612-5 du code du travail (18), ils se sont déroulés plus fréquemment lors de manipulation manuelle de charges.

Il n'y a eu aucune maladie professionnelle déclarée entre 2015 et 2017.

Dans ce contexte, l'entreprise nous a énoncé ses difficultés de plus en plus importantes d'aménager des postes en tenant compte des restrictions médicales et/ou des aménagements préconisés.

L'entreprise avait envisagé de mettre en place une polyvalence des salariés aux différents postes d'employés logistiques afin de limiter l'exposition aux facteurs de risques de pénibilité et de troubles musculo-squelettiques (TMS) en variant les activités.

Cependant la saturation des postes considérés comme les moins pénibles, par les salariés avec restrictions ou aménagement de poste, ne permet pas un roulement efficace.

La population de salariés sans restriction médicale ou aménagement de poste a vu sa charge de travail augmenter progressivement (port de charge et cadence augmentés selon les membres du CHSCT), ce que l'entreprise met en lien avec l'augmentation du nombre des accidents de travail et de la pénibilité ressentie par ses salariés à leur poste.

L'entreprise a décidé, avec l'accord du CHSCT, dans le cadre de la démarche de prévention des TMS, de mettre en place des dispositifs assistance physique à la manutention manuelle de charges pour diminuer certains facteurs de risques professionnels et prévenir l'apparition de

TMS au poste de préparateur de commandes. Elle a ciblé prioritairement l'activité de préparation de commande en picking.

## **2.2. Description du poste de préparateur de commande en picking**

Dans cette entreprise de logistique, le préparateur de commande en picking prélève des produits de consommation qu'il met en palette en fonction des commandes des distributeurs. Les produits sont stockés dans 40 allées perpendiculaires à un axe principal.

Pour se déplacer, le préparateur de commande utilise un transpalette à conducteur porté de catégorie 1.

Il reçoit les commandes via un système de « voice picking », le WT voice picking de MOTOROLA, composé d'un casque et d'un brassard connectés par un système BLUETOOTH.

Le préparateur reçoit l'emplacement du produit. Pour valider cet emplacement, il doit énoncer ou taper sur l'écran tactile un code composé d'un chiffre et d'une couleur.

Le préparateur de commande reçoit ensuite la référence du produit et le nombre de produits à prélever via le casque ou en lecture sur l'écran tactile du brassard, qu'il valide ensuite oralement ou grâce à l'écran.

Il prélève les produits à chaque emplacement puis les place sur une palette située sur les fourches de son transpalette à conducteur porté.

Le préparateur de commandes en picking se déplace dans les allées jusqu'à constituer une palette complète.

Il procède ensuite au filmage de la palette manuellement ou grâce à un robot filmeur fixe, et dépose la palette dans la zone de déchargement.

Les horaires du préparateur de picking sont de 5h à 12h30 ou de 6h à 13h30 dans l'équipe du matin, et de 13h30 à 21h dans l'équipe d'après midi.

Les employés logistiques effectuent 2 à 3 jours maximum de préparation de commande en picking.

Les principaux risques professionnels auxquels le préparateur de commande en picking est exposé lors de cette activité sont :

- La manutention manuelle de charges
- Les postures contraignantes
- La co-activité

Le risque d'apparition de troubles musculo-squelettiques (TMS) au niveau du dos et des membres supérieurs est important.

Le dispositif d'assistance physique mis à l'essai, harnais de confort CORFOR, est présumé diminuer les risques d'apparition de TMS au poste de travail.

### **2.3. Objectifs de l'étude**

L'objectif principal de cette étude est de déterminer si l'utilisation de dispositifs assistance physique à la manutention manuelle diminue certains facteurs de risques d'apparition de TMS au poste de préparateur de commande en picking.

Les objectifs secondaires de cette étude sont de proposer des mesures de correction individuelles ou collectives afin de diminuer l'apparition de TMS et d'améliorer les conditions de travail des préparateurs de commande en picking.

## **3. Matériels et méthode**

Pour atteindre ces objectifs, nous avons évalué l'astreinte cardiaque du poste par cardiofréquencemétrie, évaluer la perception de l'effort fourni par groupe musculaire grâce à l'échelle de Borg CR10, évaluer les astreintes thermiques, mentales et générales de l'activité de préparateur de commande en picking grâce à l'échelle de Borg RPE et observer les contraintes du poste de préparateur de commande en picking avec et sans le harnais.

Nous avons également évalué les avantages et limites du harnais par l'observation directe et par vidéo du poste dans ces mêmes conditions de travail et par questionnaire d'évaluation du harnais.



### 3.1. Population de l'étude

Pour l'étude par cardiofréquence-métrie, échelles de Borg et pour l'observation du poste, les populations étudiées sont :

- En conditions de poste habituelles :
  - Critère d'inclusion : les salariés en préparation de commande en picking de l'équipe du matin volontaires pour l'étude
  - Critères d'exclusion : contre-indications à la cardiofréquence-métrie : port de pacemaker, pathologies cardiovasculaires
  
- Avec le harnais de confort :
  - Critères d'inclusion : les salariés en préparation de commande en picking de l'équipe du matin volontaires pour l'étude
  - Critères d'exclusion :
    - Contre indication à la cardiofréquence-métrie (port de pacemaker, pathologies cardiovasculaires)
    - Contre-indications à l'utilisation du dispositif: les pathologies artério-veineuses des membres inférieurs, les pathologies cutanées sur les points de contact avec les sangles, les pathologies du genou (lésions des ligaments croisés postérieurs du genou, syndrome d'Osgood-Schlatter, les douleurs de la tubérosité tibiale antérieures), les pathologies de l'épaule (syndrome de la traversée cervico-thoraco-brachiale).

Neuf salariés employés logistiques se sont portés volontaires pour l'étude dans les conditions habituelles de poste.

Parmi ces 9 salariés, 6 avaient testé le harnais et se sont portés volontaires pour l'étude avec le harnais.

Pour l'évaluation par questionnaire, les populations étudiées sont les salariés ayant testé le harnais au poste de préparateur de commande en picking.

## 3.2. Méthodologie

### 3.2.1. L'étude par cardiofréquencemétrie

15 mesures ont été effectuées les 2 et 9 juin 2017 de 6h à 13h30 :

- Le 2 juin 2017 :
  - o 6 mesures ont été réalisées sans dispositif d'aide à la manutention sur 6 salariés.
- Le 9 juin 2017 :
  - o 5 mesures ont été réalisées avec le harnais sur 5 salariés des salariés ayant participé à l'étude le 2 juin 2017.
  - o 4 mesures ont été réalisées sans le harnais de confort sur 4 salariés (dont un salarié qui avait participé à l'étude le 2 juin 2017).

Lors de ces 2 interventions, nous avons utilisé des cardiofréquencemètres de type « Polar Système » « RS 400 » et « S625 » avec podomètre intégré. Les cardiofréquencemètres sont mis en place sur les salariés dans un local isolé de l'entreprise. La ceinture à électrodes sur laquelle est fixée l'émetteur enregistreur a été positionné autour du thorax et la montre a été positionnée au poignet. Le pas de mesure choisi a été de 5 secondes.

Un appareil de mesure de la dépense énergétique a été installé au bras d'un salarié : le « Sense Wear Armband Bodymedia » : ce système a pour avantage d'être insensible aux interférences électromagnétiques, d'être de faible encombrement, et de mise en place rapide. Son arrêt et son démarrage sont automatiques. Il nécessite un étalonnage régulier.

3 thermo-hygromètres de type « Testo 175-H2 » (étalonnés tous les ans) ont été positionnés le long de l'allée principale de l'entrepôt aux allées 13, 26 et 39. Les mesures sont effectuées en continu du début de poste à la fin de poste (intégration d'une mesure toutes les 5 minutes).

Les valeurs enregistrées par les différents appareils de mesure ont été transmises à un ordinateur et traitées par des logiciels informatiques afin de calculer les indices d'astreinte cardiaque.

Les logiciels utilisés sont :

- le logiciel « Propulses Ergo Plus V8 » pour l'analyse de la FC.
- le logiciel « Sense Wear Professional » pour la dépense énergétique.
- le logiciel « Comfort Professionnel » pour les thermo-hygromètres.

Les différentes étapes de l'analyse des données de cardiofréquencemétrie sont :

- l'analyse de la courbe d'évolution de la fréquence cardiaque en fonction du temps
- l'analyse des indices d'astreinte cardiaque selon la grille de Meunier (annexe 3)
- l'analyse de l'abaque de pénibilité selon la grille de Meunier (annexe 4)
- l'analyse des types de profil cardiaque selon Meunier (annexe 5)
- l'analyse de l'évolution de la courbe du métabolisme en fonction du temps (annexe 6).

### **3.2.2. L'étude par échelles de Borg**

Nous avons utilisé une version française de l'échelle CR10 modifiée et la dernière version française de l'échelle RPE (annexe 7).

L'évaluation de la pénibilité par échelles de Borg a été réalisée les 2 et 9 juin 2017 lors de l'étude par cardiofréquencemétrie, avec la même population de salariés (6 salariés interrogés le 2 juin et 9 salariés le 9 juin), entre 8h et 13h30.

Les consignes de réponses au questionnaire de Borg (annexe 8) ont été données lors de visites médicales avec chaque salarié en mai 2017 et rappelées les 2 et 9 juin 2017 avant la pose des cardiofréquencemètres et lors de l'évaluation sur le terrain à la demande des salariés.

L'évaluation par échelle de Borg CR10 a été faite par le médecin du travail référent toutes les 1h30 : à 8h, 9h30, 11h, 12h30 sur les groupes musculaires suivants :

- Le cou et le haut du dos
- L'épaule droite et le bras droit
- L'épaule gauche et le bras gauche
- L'avant-bras droit et la main droite
- L'avant-bras gauche et la main gauche

- Le bas du dos
- La jambe droite
- La jambe gauche

L'évaluation par échelle de Borg RPE a été faite par le médecin du travail et l'IPRP en fin de poste pour l'astreinte respiratoire, thermique et physique.

Nous avons analysé les courbes de l'évolution des résultats moyens obtenus avec l'échelle CR10 en fonction du temps et fait une comparaison des différentes courbes et les résultats des moyennes obtenues avec l'échelle RPE de l'astreinte respiratoire, de l'astreinte thermique et de l'astreinte physique avec et sans le harnais après traitement des informations par le logiciel Excel.

### **3.2.3. L'observation des salariés**

L'observation directe des salariés et les enregistrements par vidéos ont été réalisés les 2 et 9 juin 2017, de 6h à 13h30.

Ils ont été effectués par 4 intervenants : le médecin du travail de l'entreprise, le médecin du travail référent en cardiologie et cardiofréquencemétrie, l'IPRP référente en cardiofréquencemétrie, et l'ergonome référente de l'entreprise (présente uniquement le 2 juin 2017).

Une grille d'activité a été remplie pour chaque salariée : les différentes tâches effectuées par le salarié sont notées et horodatées. Elles ont été ensuite confrontées aux résultats d'analyse par cardiofréquencemétrie.

Les analyses des enregistrements par vidéos ont été effectuées par le médecin du travail de l'entreprise et l'ergonome.

### **3.2.4. Le questionnaire d'évaluation**

Un questionnaire d'évaluation a été réalisé par le médecin du travail et l'ergonome. Les questions étaient :

- La mise en place du dispositif est-elle facile : oui ou non ?
- Le réglage du dispositif est-il facile : oui ou non ?

- Le dispositif est-il confortable ?
- Le dispositif entraîne-t-il une gêne : oui ou non ?
- Si oui à la question précédente : à quel endroit :
  - cou et haut du dos : oui ou non ?
  - bas du dos : oui ou non ?
  - jambes : oui ou non ?
  - épaules et bras : oui ou non ?
  - avant-bras et mains : oui ou non ?
- Le dispositif entraîne-t-il des douleurs : oui ou non ?
- Si oui à la question précédente : à quel endroit :
  - cou et haut du dos : oui ou non ?
  - bas du dos : oui ou non ?
  - jambes : oui ou non ?
  - épaules et bras : oui ou non ?
  - avant-bras et mains : oui ou non ?
- Le dispositif diminue-t-il les douleurs : oui ou non ?
- Si oui à la question précédente : à quel endroit :
  - cou et haut du dos : oui ou non ?
  - bas du dos : oui ou non ?
  - jambes : oui ou non ?
  - épaules et bras : oui ou non ?
  - avant-bras et mains : oui ou non ?
- Le dispositif aide-t-il au port de charges : oui ou non ?
- Le dispositif diminue-t-il la fatigue : oui ou non ?
- Le dispositif augmente-t-il la fatigue ?
- Le regard des autres vous gêne-t-il quand vous utilisez le dispositif : oui ou non ?
- Conseilleriez-vous le dispositif à vos collègues : oui ou non ?
- Avez-vous des commentaires ?

Les questions ont été posées par le médecin du travail aux salariés ayant testé le harnais lors de visites médicales en juin 2017.

Les résultats ont été analysés puis confrontés aux résultats obtenus lors de la cardiofréquencemétrie, de l'évaluation subjective par échelle de Borg et de l'observation des salariés.

### 3.3. Description de la population étudiée

9 employés logistiques, tous de sexe masculin, occupant les postes de préparateur de commande en picking lors des jours de prises de mesures ont participé à l'étude.

6 salariés sont en contrat de travail à durée indéterminée (CDI) et 3 salariés sont en contrat de travail à durée déterminée (CDD).

Les 6 salariés en CDI ont participé à l'essai du harnais de confort CORFOR. Les salariés en CDD n'ont participé à aucun essai de dispositifs d'aide à la manutention manuelle de charges.

La cardiofréquencemétrie avec le harnais a été effectuée sur 5 des 6 salariés ayant testé le dispositif, 1 des 6 salariés a participé 2 fois à la prise de mesures de cardiofréquencemétrie dans les conditions habituelles du poste.

**Tableau 1 : Données démographiques de la population d'étude**

	<b>Moyenne</b>	<b>Minimum</b>	<b>Maximum</b>	<b>Ecart-type</b>
<b>Age (années)</b>	<b>35,7</b>	<b>28</b>	<b>51</b>	<b>8,66</b>
<b>Taille (cm)</b>	<b>176,0</b>	<b>160,0</b>	<b>189,0</b>	<b>7,2</b>
<b>Poids (kg)</b>	<b>83</b>	<b>60</b>	<b>112</b>	<b>15,8</b>
<b>IMC</b>	<b>26,4</b>	<b>22,6</b>	<b>34,6</b>	<b>3,9</b>

## 4. Résultats de l'étude

### 4.1. Résultats de cardiofréquencemétrie et évaluation par échelles de Borg RPE

Tableau 2 : Récapitulatif des résultats pour les salariés sans harnais

	FCM	FC 99	CCR moyen	CCR 99	Meunier	Mets moyen	charges	PM	Jour	Anc. poste	Borg R	Borg AT	Borg AP
	99	133	18,2	49,1	7		1963	5,6	17	108	7	16	11
	102	129	20	44,5	8	3,3	3762	4,9	20	72	7	10	13
	91	114	18,6	42,3	5		2747	5,7	27	264	7	16	13
Résultat	93	122	21,7	45,8	7	2,7	2180	5,5	18	84	7	12	13
par	85	109	10,8	30,8	3		2661	N.C	N.C	60	7	15	11
salarié	101	140	20	55,5	10		1041	5,2	28	108	7	16	15
	86	113	22,3	43,1	5	2,5	1939	5,5	18	84	8	16	15
	113	155	36,5	80,2	13		3475	8,5	31	9	10	16	11
	111	141	34,8	68,5	12		3706	9,4	44	9	7	11	14
	66	91	10,3	28,7	2		5209	6,1	25	84	7	10	13
Moyenne	94,7	124,7	21,32	48,9	7,2	2,8	2 868,3	6,3	25,3	88,2	7,4	13,8	12,9
Valeur Min.	66	91	10,3	28,7	2,0	2,5	1 041,0	4,9	17,0	9,0	7,0	10,0	11,0
Valeur Max.	113,0	155,0	36,5	80,2	13,0	3,3	5 209,0	9,4	44,0	264,0	10,0	16,0	15,0
Ecart-type	13,8	18,7	8,6	15,8	3,6	0,4	1 197,3	1,6	8,6	71,0	1,0	2,7	1,5

Tableau 3 Récapitulatif des résultats pour les salariés avec le harnais

	FCM	FC 99	CCR moyen	CCR 99	Meunier	Mets moyen	charges	PM	Jour	Anc. poste	Borg R	Borg AT	Borg AP
	98	128	19,5	46	6		2367	5,6	17	108	7	10	13
Résultat	99	128	18,8	44,6	6	3,2	3400	4,9	20	72	7	12	13
par	89	106	15,6	33,3	3		2569	5,7	27	264	7	12	13
salarié	83	108	12,1	32,3	3		2567	n.c	nc	60	7	19	15
	96	127	16,2	44,1	6		4820	5,2	28	108	7	12	11
Moyenne	93,0	119,4	16,4	40,1	4,8	3,2	3 144,6	5,4	23,0	122,4	7,0	13,0	13,0
Valeur min.	83,0	106,0	12,1	32,3	3,0	3,2	2 367,0	4,9	17,0	60,0	7,0	10,0	11,0
Valeur max.	99,0	128,0	19,5	46,0	6,0	3,2	4 820,0	5,7	28,0	264,0	7,0	19,0	15,0
Ecart-type	6,8	11,3	2,9	6,7	1,6		1 017,6	0,4	5,4	82,0	-	3,5	1,4

Légende des tableaux 2 et 3 :

- FCM = fréquence cardiaque moyenne (bpm)
- FC99 = fréquence cardiaque de crête (bpm)
- CCR moyen = coût cardiaque moyen
- CCR99 = coût cardiaque de crête
- Meunier = score à la grille de Meunier
- Charges = poids (kg) manipulé le jour de l'étude par le salarié
- PM = poids moyen (tonnes) manipulé par jour sur les 3 mois d'avril, mai et juin 2017
- Jour = nombre de jours passé en préparation de commandes en avril, mai, et juin 2017
- Anc. Poste = ancienneté au poste (mois)

- Borg R = résultat à l'échelle de Borg RPE d'évaluation de l'astreinte respiratoire
- Borg AT = résultat à l'échelle de Borg RPE d'évaluation de l'astreinte thermique
- Borg AP = résultat à l'échelle de Borg d'évaluation de l'astreinte physique

## 4.2. Résultats de la cardiofréquencemétrie

### 4.2.1. La grille de Meunier

Tableau 4 : Répartition des salariés par score de Meunier

	Légère 1-3	Modérée 4-6	Plutôt Lourde 7-9	Lourde 10-12	Très lourde 13-15
Total	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
Sans harnais	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
Avec harnais	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>



#### 4.2.2. L'abaque des profils cardiaques

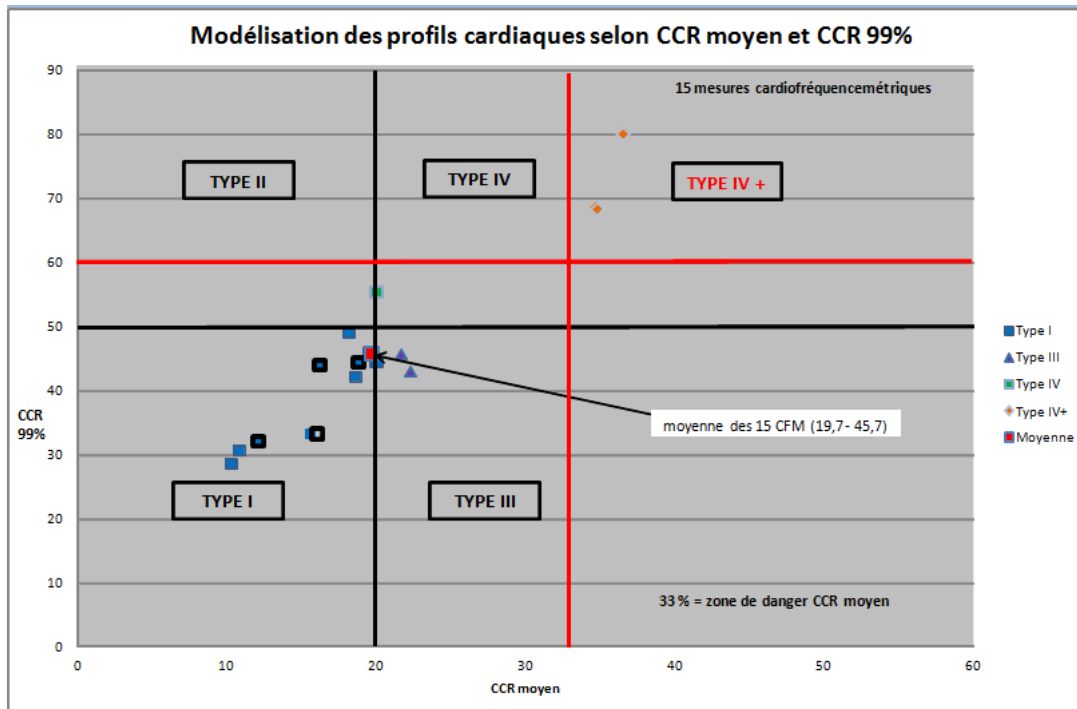



Figure 6 : Modélisation des profils cardiaques par type selon CCR moyen et CCR 99

Note : Les profils des salariés sans le harnais sont notés 

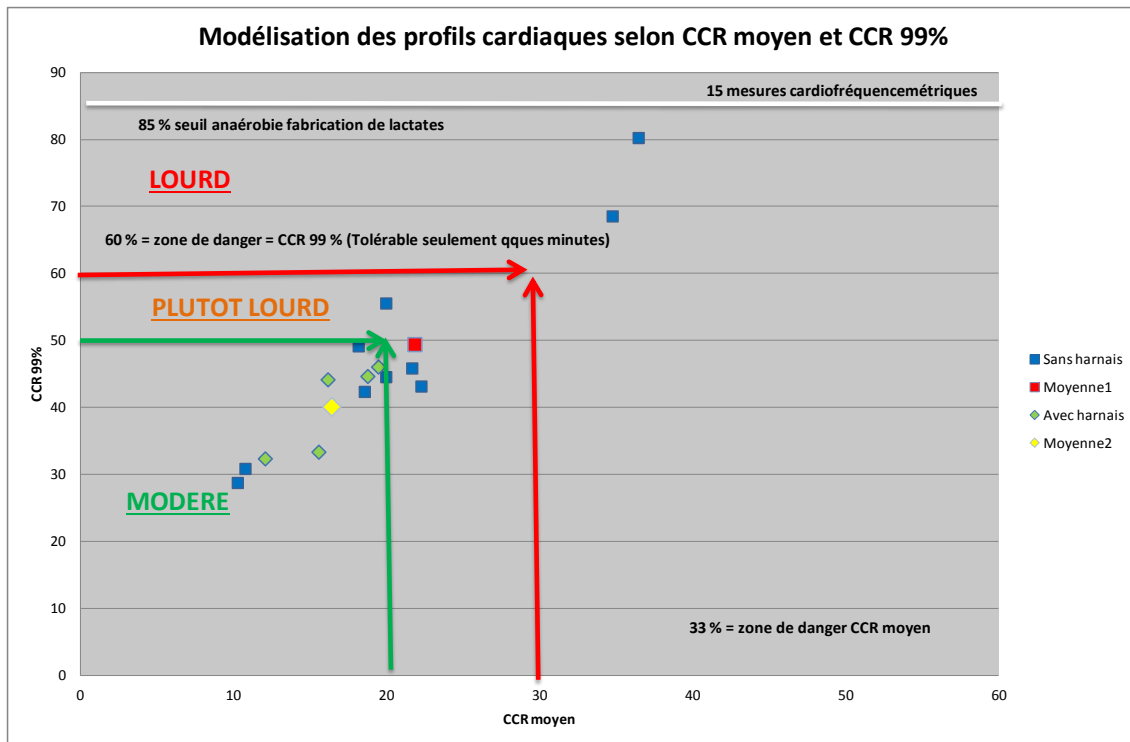


Figure 7 Modélisation des profils cardiaques selon CCR moyen et CCR99 par niveau de pénibilité selon la grille de Meunier

### 4.2.3. Résultats de l'évaluation de la dépense énergétique

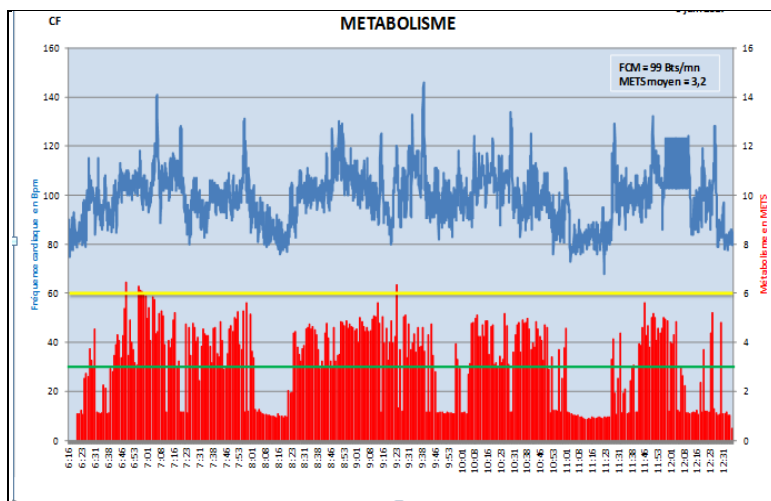
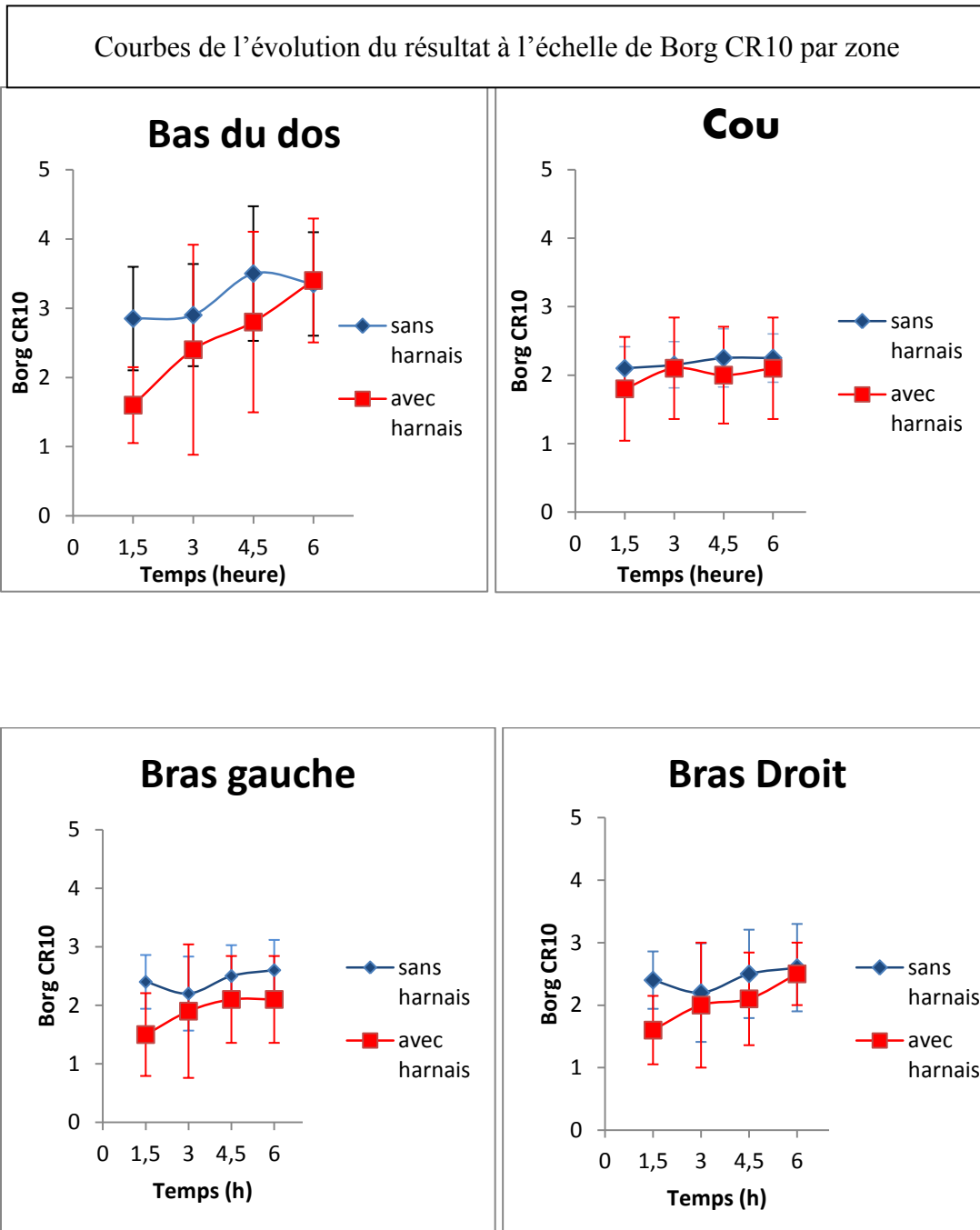


Figure 8 : Exemple de courbe de l'évolution de la dépense énergétique et de la fréquence cardiaque d'un salarié en fonction du temps

### 4.3. Résultats de l'étude de la charge de travail par échelles de Borg

#### 4.3.1. Etude par échelle de Borg CR10



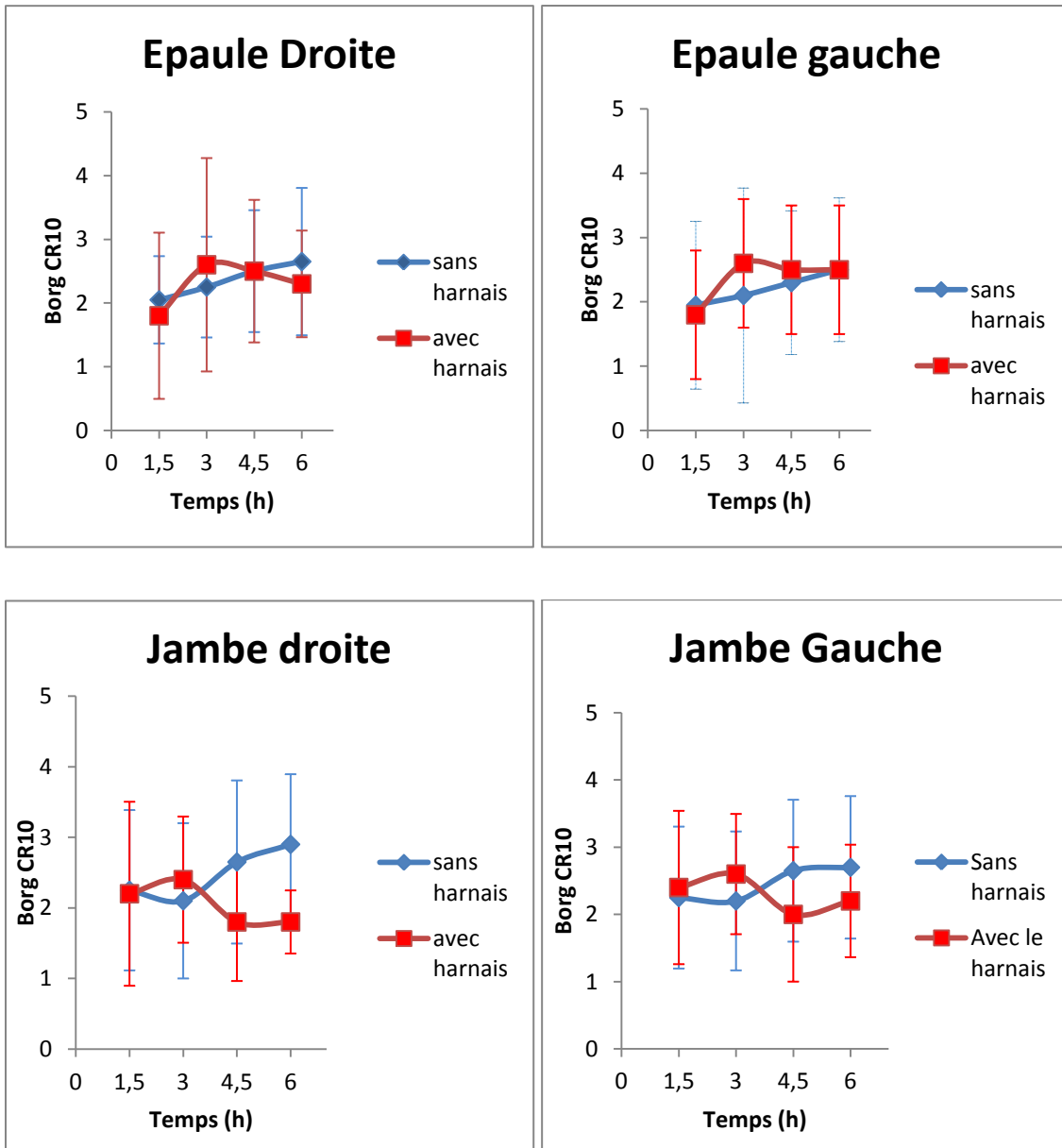


Figure 9 : Courbes d'évolution du CR10 par zone en fonction du temps et du port du harnais

### 4.3.2. Etude par échelle de Borg RPE

Tableau 5 : Moyennes des Borg RPE par astreinte

ASTREINTE RESPIRATOIRE		ASTREINTE THERMIQUE		ASTREINTE PHYSIQUE		
6		6	Frais	6		
7	Pas de difficultés respiratoires	7		7	Très très léger	
8		8	Confortable	8		
9	Difficultés respiratoires mineures	9		9	Très léger	
10		10	Assez chaud	10		
11		11		11	Juste bien	
12		12	Chaud	12		
13		13		13	Un peu dur	
14		14		14		
15		15		15	Dur	
16		Très gêné	16	Très chaud	16	
17			17		17	Très dur
18			18		18	
19	Difficultés respiratoires majeures	19	Brûlant	19	Très très dur	
20		20		20		

### 4.4. L'observation des postes

Lors de l'observation des postes au cours de l'étude par cardiofréquencemétrie, nous avons pu observer :

- les « mauvaises » postures des salariés lors des manipulations : les salariés ont rapporté que la cadence imposée par les objectifs quotidiens de nombres de colis ne leur permettait pas de prendre le temps d'appliquer les « bons gestes ».
- l'absence d'amélioration de ces postures avec le harnais sauf lors de la prise de colis au sol.
- l'utilisation de transpalette sans système d'élévation des fourches : les salariés en CDD n'avaient pas de chariots attribués avec élévation des fourches. Ils utilisaient des chariots moins ergonomiques sans élévation des fourches, ce qui favorisait les postures contraignantes.
- Le filmage des palettes se faisait principalement à la main, les robots filmeurs fixes étaient peu utilisés, certains salariés ont enlevé leur harnais pour effectuer cette opération pour ne pas être gênés en s'abaissant.

Le recueil d'informations pendant l'observation rapporte :

- Des plaintes par rapport à la rotation des postes qui ne semblaient pas équitables pour les salariés
- Des plaintes sur les pannes fréquentes du voice picking
- Des remarques sur la pondération du nombre de colis manipulés : l'entreprise compense le temps de conduite qu'elle considère comme temps de manipulation de charges en moins afin que les salariés atteignent leurs objectifs journaliers (160 colis par heure ou 7 tonnes par jour) ; les salariés affectés aux secteurs avec moins de conduite avaient un sentiment « d'injustice », qui s'ajoute à la pénibilité ressentie du poste.

Des exemples de situations de travail sont présentés en annexe 9.

#### **4.5. Résultats du questionnaire d'évaluation**

Six salariés ont répondu aux questionnaires d'évaluation du harnais.

Deux de ces salariés ont répondu au questionnaire d'évaluation pour l'ergosquelette.

Les résultats pour le harnais sont :

- Mise en place facile pour 6 salariés
- Réglage facile pour 6 salariés
- Dispositif confortable pour 6 salariés
- Gêne aux jambes pour 6 salariés, aux épaules pour 4 salariés
- Douleur aux épaules pour 2 salariés, aux genoux pour 3 salariés
- Aide à la charge : oui pour 3 salariés, non pour 3 salariés
- Fatigue : augmentée pour 2 salariés, diminuée pour 1 salarié
- Pas de gêne due au regard des autres
- 4 salariés conseilleraient les dispositifs à leurs collègues

## **5. Discussion**

### **5.1. La population étudiée**

La population étudiée est peu représentative de la population des salariés de l'entreprise.

La différence d'âge entre la population d'employés logistique et la population étudiée est de 9,5 ans (la moyenne d'âge est 45,2 ans pour les employés logistiques de l'entreprise ; 35,7 ans pour la population étudiée).

Près de la moitié des employés logistiques ont plus de 50 ans, un seul salarié a plus de 50 ans dans l'étude.

Aucune femme n'a participé à l'étude.

Aucun employé n'avait de restriction ou d'aménagement de poste.

Nous n'avons pas obtenu de données de port de charges par salarié et par an dans l'entreprise au poste de préparateur de commandes. Les données obtenues (port de charges par salarié de l'étude sur les mois d'avril, mai et juin 2017) montrent des différences importantes interindividuelles, 2 salariés dépassent les seuils de tonnage quotidien définis pour la pénibilité.

## **5.2. La cardiofréquencemétrie**

### **5.2.1. Les apports de la cardiofréquencemétrie**

La cardiofréquencemétrie est un moyen fiable, et reproductible d'évaluer la pénibilité à un poste indépendamment du facteur individuel, et permet une étude comparative entre 2 situations de travail.

Sur la Figure 6, nous voyons que dans la population sans port de harnais :

- 5 profils cardiaques sont type I : la pénibilité est modérée
- 3 profils cardiaques sont en type III : la pénibilité est moyenne avec des phases de travail soutenues et régulières
- 2 profils cardiaques sont en type IV+ : la pénibilité est excessive

Les profils cardiaques des salariés avec harnais sont tous de type I : la pénibilité est modérée sur le poste avec l'utilisation du harnais.

Sur la Figure 7, la moyenne du rapport CCR moyen / CCR 99 sans harnais se situe dans la zone de pénibilité plutôt lourde.

Avec le harnais, elle se situe dans la zone de pénibilité modérée. Les résultats de la grille de Meunier (Tableau 4) montrent que sans harnais, la pénibilité est légère à modérée pour 4 salariés, plutôt lourde à lourde pour 5 salariés, très lourde pour un salarié. Des mesures de correction individuelle sont donc à proposer au salarié avec une pénibilité très lourde à son poste. Avec le harnais, la pénibilité est légère à modérée pour 5 salariés.

La Figure 8 montre une synchronisation des courbes d'évolution de la fréquence cardiaque et de la dépense énergétique en fonction du temps. La dépense énergétique sans harnais est à 3.2 MET sur cette courbe. Les résultats avec le harnais sont identiques (dépense énergétique de 3.3 MET). Cela correspond à une pénibilité modérée (avec travail soutenu des bras, marche soutenue, conduites d'engins, chariots légers).

Au total :

- La diminution du score de Meunier de 7,2 sans le harnais à 4,8 avec le harnais fait passer le niveau de pénibilité de plutôt lourd à modéré.
- L'analyse par modélisation des profils cardiaques en fonction du CCR moyen et du CCR99 par type montre une diminution du niveau de pénibilité de moyenne à modérée
- L'analyse par modélisation des profils cardiaques en fonction du CCR moyen et du CCR99 montre une diminution du niveau de pénibilité de plutôt lourd à modéré.

Ces résultats tendent à montrer une diminution de la pénibilité au poste de préparateur de commande en picking lors du port du harnais.

Les températures dans l'entrepôt sont variables en fonction de l'année, il pourrait aussi être pertinent de réitérer l'étude dans des conditions climatiques différentes, l'astreinte thermique pouvant influencer différemment les niveaux de pénibilité du poste avec et sans harnais.

La cardiofréquencemétrie permet aussi une étude au niveau individuel : l'analyse des indicateurs de pénibilité montre une pénibilité importante notamment pour 2 salariés, qu'on peut corréliser au port de charges : les salariés concernés ont manipulé un poids plus important et la cadence de travail était soutenue.



### **5.2.2. Les limites de la cardiofréquencemétrie**

En milieu professionnel, la cardiofréquencemétrie reste difficilement réalisable en dehors des horaires de travail, ce qui limite les analyses par différentes grilles [32].

Le nombre de salariés suivis était trop important pour une observation continue : l'activité n'a pas pu être analysée en détails en fonction des tâches effectuées au cours du temps, de plus le nombre minimal préconisé de salariés pour une analyse de cardiofréquencemétrie n'est pas atteint pour la population étudiée avec le harnais.

### **5.3. Analyse par échelles de Borg**

#### **5.3.1. Les apports des échelles de Borg**

Les échelles de Borg sont le résultat d'un développement approfondi et leurs validations par des données objectives ont été faites dans de nombreux domaines (milieu professionnel, milieu sportif, réhabilitation cardiaque,...).

L'échelle RPE a une utilité comme indicateur de charge physique globale.

L'échelle CR10 est plus souvent utilisée pour déterminer des niveaux de perception de la charge physique localisée à une partie du corps ou à un groupe musculaire. Lors de l'utilisation de cette échelle dans une population active et sans pathologie (ce qui correspond à notre échantillon de salariés), les résultats sont pertinents [55].

Le choix de cette méthode subjective d'évaluation de la pénibilité a été motivé par la lecture lors de recherches bibliographiques de 2 études. Ces études de l'astreinte physique par évaluation avec échelle de Borg CR10 ont été réalisées en entreprise. La pénibilité au niveau de 7 zones (avant-bras/main droits et gauches, épaules/bras droits et gauches, cou/haut du dos, bas du dos, et jambes) a été étudiée. Une des études a montré un gain de l'évaluation subjective sur l'évaluation par électromyogramme (EMG) par la mise en évidence d'une tâche pénible non mesurée par EMG. L'autre étude a permis la modification de l'organisation de travail d'un poste grâce la corrélation des résultats par échelle de Borg avec une étude par cardiofréquencemétrie sans nécessité d'étude par EMG. On peut penser que l'analyse par échelle de Borg peut permettre de s'exempter de mesure par EMG, méthode contraignante difficilement réalisable en santé au travail, pour l'évaluation de l'effort musculaire par groupe musculaire [55].

L'étude subjective par échelles de Borg est une méthode validée par de nombreuses études, peu coûteuse, reproductible, facile à mettre en place, qui apporte des informations complémentaires aux mesures métrologiques, pouvant parfois se substituer à ces mesures.

Ainsi, les résultats à l'échelle de Borg RPE (Tableau 5) montrent que :

- Il n'y a pas de difficulté respiratoire pour les salariés
- L'astreinte thermique est perçue comme chaude
- Le niveau de pénibilité par évaluation de l'astreinte physique est un peu dur.

Sur la Figure 9, les courbes d'évolution du CR10 en fonction du temps avec ou sans harnais nous montrent les résultats suivants :

- Au niveau du bas du dos, on note une tendance à la diminution de la pénibilité en début de poste, les courbes se rejoignent en fin de poste montrant une pénibilité identique modérée.
- Au niveau des épaules, on note une tendance à l'augmentation de la pénibilité avec le port du harnais, la pénibilité est légère dans les 2 cas.
- Au niveau des bras, on note une tendance à la diminution de la pénibilité en tout début de poste, les courbes semblent identiques par la suite. La pénibilité est légère.
- Au niveau du cou et du haut du dos, les courbes semblent identiques, la pénibilité est légère
- Au niveau des jambes, on note une tendance à la diminution de la pénibilité au cours du temps sans le harnais, et une tendance à l'augmentation avec le harnais. La pénibilité est légère.

Au niveau local, l'étude par échelle CR10 montre une tendance à la diminution de la pénibilité ressentie au niveau du bas du dos et des avant-bras et mains en début de poste, mais tendance à la majoration au niveau des épaules et des jambes.

### **5.3.1. Les limites des échelles de Borg**

Il peut exister des discordances entre les résultats obtenus avec échelles de Borg et des démarches globales et approfondies de prévention.

L'explication minutieuse du protocole et de l'échelle utilisée des instructions d'utilisation de l'échelle est primordiale pour limiter au maximum les discordances liées aux problèmes de compréhension.

Il est préconisé un minimum de 10 salariés pour évaluer une astreinte par évaluation subjective par échelle de Borg. Ce nombre de salariés n'a pas été atteint pour l'étude avec le harnais, il pourrait être envisagé de réitérer l'analyse avec un nombre suffisant de salariés.

#### **5.4. Les dispositifs d'assistance physique à la manutention manuelle**

Comme nous avons vu lors de la présentation des dispositifs d'assistance physique d'aide à la manutention, différentes études montrent que leur utilisation diminue l'activité musculaire de 10 à 40 % au niveau des muscles du dos [47–49,56], diminue la sensation de fatigue [56], et les compressions et cisaillement au niveau du rachis [48].

Cependant ces études montrent certaines limites à l'utilisation des dispositifs d'assistance physique.

En effet, certaines études montrent l'apparition d'une sensation d'inconfort lors de l'utilisation des dispositifs d'assistance physique, comme par exemple au niveau des épaules et de la poitrine au point de contact d'un exosquelette rigide et du tronc [56,56]. Certains auteurs s'interrogent parfois sur l'impact néfaste au niveau des muscles abdominaux [49,51], ou des muscles antagonistes [53]. Lors d'une étude, les opérateurs n'ayant pas de pathologie lombaire connue ne percevaient pas de bénéfice par rapport aux douleurs lombaires lors de l'utilisation du PLAD, les auteurs amènent à réfléchir sur un possible bénéfice pour les salariés atteints de pathologie lombaire mais aucune étude n'a été réalisée dans ces conditions [49]. Les résultats d'une autre étude montrent le potentiel d'un exosquelette passif pour réduire les forces musculaires internes et les forces rachidiennes dans la région lombaire. Cependant, l'adoption d'une position de genou trop allongée par l'opérateur pourrait être, entre autres, l'une des préoccupations engendrées par son port [56].

Au niveau des membres supérieurs, le port d'un exosquelette peut renforcer l'activité des tensions posturales et des muscles antagonistes, modifier la cinétique des membres supérieurs [57] et peut augmenter la fréquence cardiaque moyenne [54].

Dans le cas de notre étude, les recueils des différents commentaires des 6 salariés interrogés sur l'utilisation du harnais de confort montrent :

- une mise en place facile du harnais de confort pour 6 salariés sur 6
- une gêne au niveau des genoux pour 6 salariés sur 6 et des épaules pour 4 salariés sur 6 entraînant des douleurs des genoux pour 2 salariés sur 6
- une diminution des douleurs du dos pour 1 salarié sur 6
- un niveau de fatigue identique pour 3 salariés sur 6 ou augmenté pour 2 salariés sur 6

Les salariés ont ajouté : « *que le harnais apportait une aide surtout pour les colis au sol* », qu'il est « *utile surtout pour le lourd* », qu'il « *aide à avoir une bonne posture au niveau du dos* » dans certaines situations de travail, mais qu'il « *ralentit au niveau de la productivité* ».

Ces commentaires semblent compatibles avec les résultats obtenus lors de l'évaluation par échelle de Borg qui montrait une pénibilité qui tend à augmenter lors du port du harnais au niveau des épaules et des jambes.

Un bref essai de l'ergosquelette GOBIO a été réalisé dans l'entreprise : le recueil de commentaires auprès de 2 des 3 salariés ayant testé l'ergosquelette montre :

- une mise en place facile (pour les 2 salariés, mais moins facile que le harnais)
- un inconfort lié aux dérèglages fréquents du dispositif
- une gêne au niveau thoracique et au niveau des genoux entraînant des douleurs (pour les 2 salariés)
- un ressenti d'aide au port de charge (pour les 2 salariés)

Les salariés ont ajouté que « *la posture de conduite n'est pas naturelle avec les bras en élévation* », « *la montée de la marche du chariot est difficile avec le matériel* », qu'il y a des « *accrochages fréquents avec les tiges* » (des colis, du matériel de voice picking) mais que « *l'aide au port de charge est plus important avec l'ergosquelette* ».

L'arrêt de l'utilisation de l'ergosquelette a principalement été engendré par la gêne importante thoracique et lors de la montée de la marche pour accéder au chariot ou aux palettes, et le poids du matériel. Cette décision a été appuyée par l'employeur et le CHSCT qui trouvaient son coût trop élevé, ce pourquoi nous n'avons pas retenu ce matériel en test pour notre étude.

Les résultats de ces questionnaires concordent avec les données bibliographiques concernant les intérêts et limites des dispositifs d'assistance physique à la manutention manuelle sus-cités.

Il ne faut cependant donc pas négliger les risques liés à la mise en place d'un nouveau matériel en entreprise : risques psycho-sociaux, risques mécaniques, changement de posture ou hypersollicitation des muscles antagonistes, qui peuvent engendrer des TMS.

Des améliorations des dispositifs sont à effectuer en fonction des retours d'expérience des salariés [58][59].

### **5.5. Mesures de correction envisagées**

Cette étude a permis de mettre en évidence la pénibilité au poste de préparateur de commandes causée par la cadence de travail et principalement le port de charges lourdes, facteurs de risques reconnus de TMS. Cette pénibilité tend à diminuer avec le port du harnais de confort au niveau de l'astreinte cardiaque, mais cet aspect bénéfique est à nuancer devant l'apparition de gêne voire de douleurs au niveau des genoux, des épaules et des bras.

Lors de l'observation des postes, nous avons pu observer des situations pouvant augmenter la charge physique et les risques de TMS :

- les « mauvaises » postures des salariés lors des manipulations : les salariés rapportent que la cadence imposée ne leur permet pas de prendre le temps d'appliquer leurs gestes en fonction des recommandations de bonnes pratiques l'INRS.
- l'utilisation de transpalette sans système d'élévation des fourches : les salariés en CDD n'ont pas de chariots attribués avec élévation des fourches, ils utilisent des chariots moins ergonomiques sans élévation des fourches, ce qui favorise les postures contraignantes.
- La cadence importante au poste et le poids trop important manipulé par certains salariés.

Nous avons aussi noté des facteurs de risques possibles d'augmentation de la charge mentale :

- la rotation au niveau des postes : bien qu'elle soit préconisée pour la diminution du risque de TMS, la polyvalence des postes peut être génératrice de risques psychosociaux et sa mise en place doit être prudente.
- l'utilisation du voice picking : le matériel a été mis en place il y a 2 ans et de nombreuses plaintes de salariés ont été rapportées aux réunions de CHSCT : les répétitions fréquentes lors de son utilisation gêne les salariés y compris dans leur vie extraprofessionnelle.
- la pondération du nombre de colis manipulés : l'entreprise compense le temps de conduite considéré qu'elle considère comme temps de manipulation de charges en moins afin que les salariés atteignent leurs objectifs journaliers (160 colis par heure ou 7 tonnes par jour) ; les salariés affectés aux secteurs avec moins de conduite ont un sentiment « d'injustice », qui s'ajoute à la pénibilité du poste que nous avons montrée.
- La disparité de nombre de jours passés au poste de préparateur de commande par mois.

Nous avons préconisé l'amorce d'une nouvelle réflexion sur l'organisation du travail globale au poste de préparateur de commandes, sur la polyvalence au poste et sur les objectifs de port de charges quotidien moyen.

Un renouvellement du parc automobile est aussi préconisé, ainsi qu'un accès plus fréquent aux formations de prévention des risques liés à l'activité physique (PRAP).

Le recueil des commentaires a révélé une augmentation de la fatigue avec le matériel, cette astreinte pourrait être évaluée lors d'une étude postérieure avec l'échelle de Borg.

## **6. Conclusion**

La prévention des TMS est un axe prioritaire de prévention en milieu de travail actuellement, motivé par le coût socioéconomique et humain engendré par les TMS.

L'utilisation de dispositifs d'assistance physique à la manutention manuelle de charges est en plein essor actuellement et de nombreux dispositifs ont fait l'objet d'essai en milieu de travail.

Il existe, à ce jour, peu de données bibliographiques sur les types de dispositifs à contention d'assistance physique à la manutention manuelle que nous avons étudiés en milieu de travail mais de nombreuses évaluations en milieu de travail sont actuellement en cours et les résultats des études déjà effectuées permettent des pistes de réflexion sur les améliorations à apporter aux dispositifs et sur leur surveillance.

Les données actuelles montrent la nécessité d'adapter un dispositif d'assistance physique à chaque situation de travail en fonction des contraintes du poste. Elles permettent cependant une réflexion préliminaire sur les utilisations possibles des dispositifs et les moyens d'évaluation à mettre en place.

Notre étude suit les recommandations émises par l'AFNOR (Association Française de Normalisation) qui propose depuis mars 2017 un support d'aide stratégique à l'évaluation des dispositifs d'assistance physique à contention. Elle aborde différents aspects de la pénibilité et des facteurs de risques de TMS à un poste de travail avec et sans dispositif d'assistance physique à la manutention manuelle et permet une appréciation globale. Elle est reproductible et pourrait être renouvelée pour évaluer différents types de dispositifs d'assistance physique à la manutention manuelle à plusieurs postes de travail

Cette étude a nécessité différentes compétences, présentes au sein du service de santé au travail. La prévention des TMS et la mise en place de nouveaux dispositifs en entreprise doit en effet entrer dans une prise en charge pluridisciplinaire de la prévention.

Elle a permis de mettre en évidence la diminution de la pénibilité au poste de préparateur de commandes avec le port du harnais. Celle-ci tend à diminuer avec le port du harnais au niveau de l'astreinte cardiaque mais cet aspect bénéfique est à nuancer devant l'apparition de gênes voire de douleurs au niveau des genoux, des épaules et des bras et donc potentiellement l'apparition de TMS.

Cette étude a enfin permis de proposer à l'entreprise des mesures de correction collectives afin de diminuer la pénibilité au poste de préparateur de commandes en picking.

Des études complémentaires sur l'intérêt et les limites de ces dispositifs à moyen et long terme apparaissent nécessaires afin de pouvoir les utiliser largement en entreprise.

Annexe1 : manuel d'utilisation du harnais : source <http://www.corfor.fr>

**NOTICE D'UTILISATION DU DISPOSITIF**  
**D'ASSISTANCE PHYSIQUE CORFOR®**  
Révision 0 (Orléans de la notice) novembre 2016

**Société d'Innovation et de Développement d'Équipements de Confort au Travail**  
Siège social :  
 Villa Lou Jaa - 04110  
 VILLEMUS - FRANCE  
 SAS au capital de 162 600 €  
 immatriculée au RCS de  
 Manosque  
 Siret : 789 150 117 000 24  
 APE 7112B

Siège Administratif  
 Immeuble La Grillon  
 67, Avenue du Majoral  
 Raoul ARNAUD  
 04100 MANOSQUE -  
 FRANCE

Téléphone :  
 +33 (0)4 82 87 77 87  
 Courriel :  
 cideof@ymail.com  
 Site :  
 www.corfor.fr

**CRÉE ET FABRIQUE EN FRANCE**

Prix spécial du Jury aux  
 Trophées Exprotection  
 2014

  
LES TROPHÉES  
 EXPROTECTION 2014

**1<sup>er</sup> Lauréat Catégorie EPI  
 2016**

  
Prévention Santé Travail  
 PRIX DE L'INNOVATION  
 2016

Nominé aux Prix  
 INNOVATION  
 INTRA LOGISTICS 2016



  
LA RÉPONSE AU MAL DE DOS  
*Notre Métier : Protéger le vôtre*

<p><b>1/ REPERAGE DU CORFOR®</b></p> 	<p><b>2/ ATTACHEZ LA CEINTURE A LA HAUTEUR DE LA TAILLE</b></p> 
<p><b>3/ FIXATION SANGLES CONFORTABLEMENT SOUS LES GENOUX</b></p> 	<p><b>4/ PASSEZ LES BRAS DANS LES BRIEDELLES ET REMONTEZ LA CEINTURE SOUS LE THORAX.</b></p> 
<p><b>5/ RÉGLEZ LA TENSION DESIREE. L'EQUIPEMENT DOIT ETRE NEUTRE EN POSITION DEBOUT.</b></p> 	<p><b>6/ VOUS ETES PRET A MANIPULER.</b></p> 

**ATTENTION :** Cet équipement n'est pas un harnais de travail en hauteur. Il ne doit pas être laissé à la portée des enfants. Se conformer au manuel d'utilisation.

**INDICATION :** Opérateur avec poste de travail en flexion du tronc, port de charge, posture longue. Douleur lombaire. Déficit d'endurance des muscles spinaux et ischio jambiers.

**CONSEILS D'UTILISATION :** A porter sur un vêtement de type tee-shirt. Ne pas porter le harnais à même la peau. Ne pas superposer les vêtements sous le CORFOR. Ne pas augmenter les cadences de travail ni les charges manipulées.

**ENTRETIEN :** Lavage à 30°. Ne pas utiliser d'eau de Javel. Ne pas repasser. Ranger dans le filet après utilisation.

**DURÉE D'UTILISATION :** Un an à compter de la date d'achat du produit dans des conditions normales d'utilisation.

**CONTRE-INDICATION :** Pathologie Artérielle veineuse des Membres Inférieurs. Pathologie cutanée sur le passage des sangles. Lésion Ligament croisé postérieurs. Osgood Schletter douleur tubérosité tibiaire antérieure. STTB (Tension sur épaule) Syndrome de la traversée thoraco-brachiale.




# EXO IP13

MODÈLE LAEVO™

## ERGOSQUELETTE DE POSTURE

LA SOLUTION POUR LE CONFORT  
ET LE SÉCURITÉ DE VOS SALARIÉS  
EN POSITION PENCHÉE

STRUCTURE FLEXIBLE À RESSORTS PERMETTANT  
LA ROTATION ET D'AIDER À SE RELEVER.  
HARNAIS AJUSTABLE SPÉCIFIQUEMENT  
AU GABARIT DE L'USAGER.



L'ergosquelette de posture EXO IP13 est un support de dos et du bassin qui promeut le travail en position penchée mais aussi lors de mouvements tels que la marche, la flexion ou la torsion. Ce qui rend unique l'ergosquelette Gobio est sa structure flexible brevetée.

### POURQUOI L'ERGOSQUELETTE GOBIO EST-IL EFFICACE ?

Lorsque l'on est penché en avant, beaucoup de personnes se soutiendront en plaçant leurs mains sur leurs cuisses. Cela permet à une partie de la charge d'être transférée dans les jambes à travers les bras. C'est une manière naturelle de soulager la pression sur les muscles du bas du dos et de rendre plus facile le maintien d'une position penchée en avant.



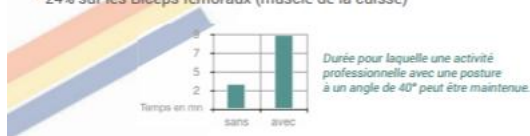
L'ergosquelette Gbio EXO IP13 fait exactement la même chose : lorsque penché en avant, une partie du poids de la partie haute du corps se repose sur les soutiens thoraciques du harnais, cette charge est alors transférée à travers la structure sur les jambes.

Pendant ce temps là vous gardez votre liberté de mouvement car l'ergosquelette Gbio se déplace avec vous.

### ÉTUDE SUR LES POSTURES DE SOUTIEN

La recherche faite par TNO (Institut Néerlandais de recherche appliquée) et VU University Amsterdam a révélé que lors de l'utilisation de cet ergosquelette Gbio, l'amplitude EMG (activité musculaire) diminuait de :

- 44% sur les Spinaux Iliocostalis (muscle du dos)
- 37% sur les Spinaux Longissimus (muscle du dos)
- 24% sur les Biceps fémoraux (muscle de la cuisse)



Une autre étude sur le mouvement des flexions montre que durant le mouvement entier, l'effort physique est inférieur, que les pics de stress sont évités et que la pression sur les disques intervertébraux diminue. L'activité musculaire étant réduite mais non annulée, les muscles restent actifs et ne se détériorent pas.

### CORRIGEZ GESTES ET POSTURES

En plus de cet effet physique, l'ergosquelette Gbio améliore aussi la prise de conscience de l'utilisateur quant à ses postures. Avec la « charnière intelligente », l'utilisateur soutenu peut se pencher jusqu'au sol. C'est cette combinaison d'une réduction de l'effort physique et d'une augmentation de la prise de conscience qui apporte une telle amélioration aussi bien à l'employabilité à long terme qu'au plaisir de l'utilisateur.

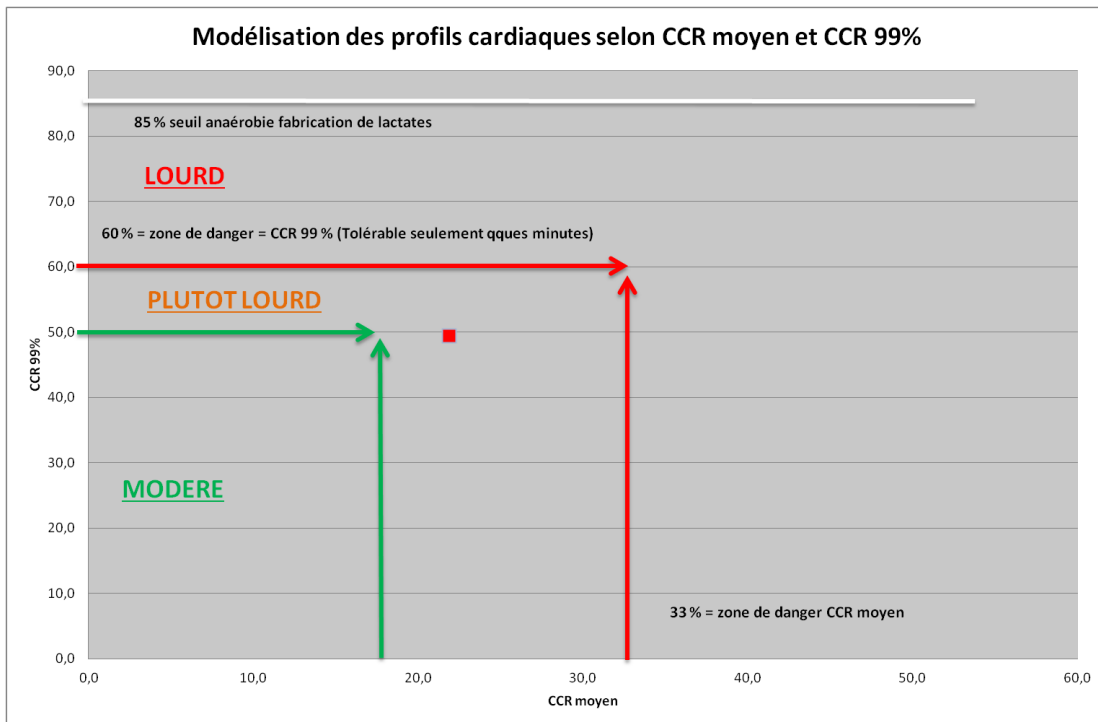
laevo

### *Annexe 3 : la grille de Meunier*

Grille de pénibilité de Meunier, Smolik et Knoché

<b>cotation</b>	<b>FC moyenne</b>	<b>99<sup>ème</sup> percentile</b>	<b>CCR moyen</b>
<b>1</b>	120 et plus	150 et plus	40 et plus
<b>2</b>	110 à 119	140 à 149	30 à 39
<b>3</b>	100 à 109	130 à 139	20 à 29
<b>4</b>	90 à 99	120 à 129	10 à 19
<b>5</b>	80 à 89	110 à 119	0 à 9
<b>Score total</b>	<b>Niveau de pénibilité</b>		
<b>13 à 15</b>	Très lourd		
<b>10 à 13</b>	Lourd		
<b>7 à 9</b>	Plutôt lourd		
<b>4 à 6</b>	Modéré		
<b>1 à 3</b>	Léger		

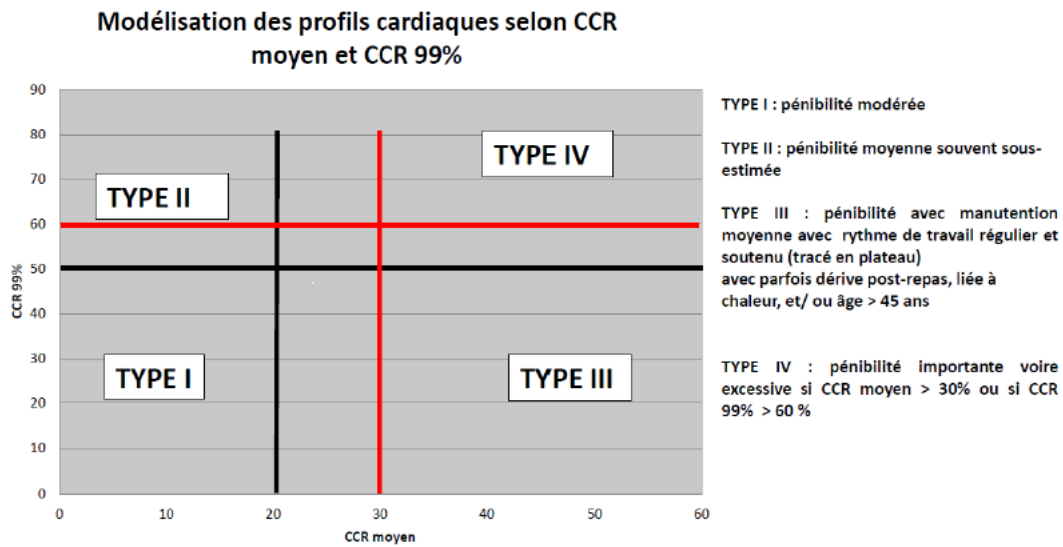
#### Annexe 4 : abaque de profil cardiaque par niveau de pénibilité




On pourra caractériser :

- le niveau de pénibilité moyen du poste étudié :
  - Acceptable si  $CCR < 20 \%$
  - Plutôt lourd si  $20 < CCR < 30 \%$
  - Lourd si  $CCR > 30 \%$
  - Excessif si nettement  $> 30 \%$
- le niveau de pénibilité de crête :
  - Acceptable si  $CCR 99 < 50 \%$
  - Plutôt lourd si  $50 < CCR 99 < 60 \%$
  - Lourd si  $CCR 99 > 60 \%$
  - Excessif si nettement  $> 60 \%$

## Annexe 5 : Abaque des profils cardiaques par type

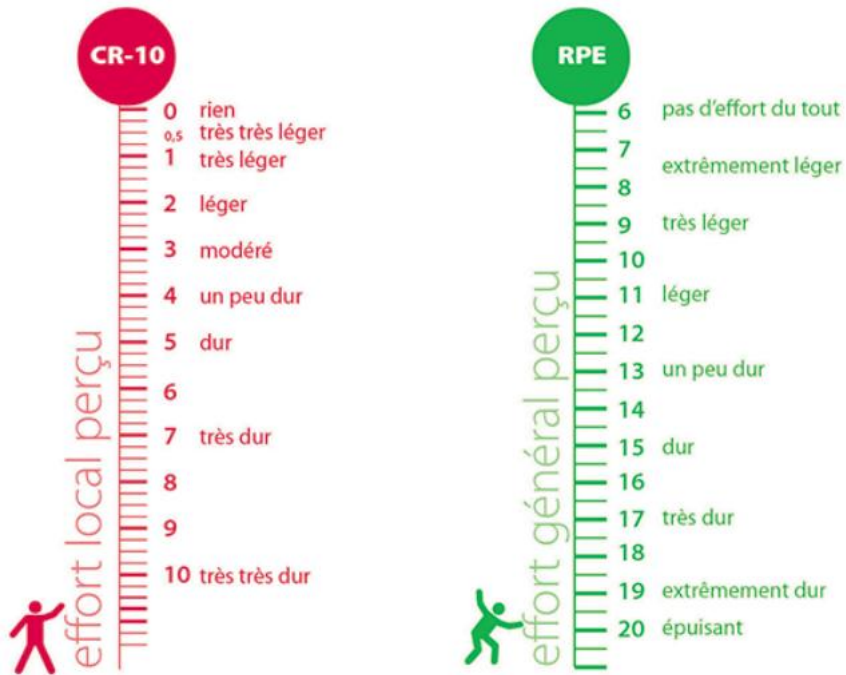


## Annexe 6 : grille d'interprétation de la dépense énergétique moyenne



	MET ua	W watt	VO <sub>2</sub> l/min	RPE ua
4 <b>Très élevé</b> Activité très intense escaliers, course, allures rapides	>4,6	>500	>1,4	15
3 <b>Élevé</b> Travail intense, pelletage, pose de blocs lourds, marche très rapide, poussées de chariots lourds et autres forces élevées	4,2 3,6-4,6	415 350-500	1,15 1,0-1,4	13
2 <b>Modéré</b> Travail soutenu bras, marche soutenu, conduite engins, agriculture, chariots légers	2,9 2,3-3,6	295 220-350	0,8 0,65-1,0	11
1 <b>Faille</b> Travail manuel léger debout, petites machines, marche lente	1,8 1,2-2,3	180 115-220	0,5 0,4-0,65	8
0 <b>Repos</b>	<1,2	>115	<0,3	6

*Annexe 7 : Echelle RPE et CR10 utilisées*



*Évaluation de l'effort perçu selon les échelles de Borg*

## Annexe 8 : texte général d'instruction pour les échelles de Borg : [55]

### >> TEXTE GÉNÉRAL

Pendant l'exercice, vous allez évaluer votre perception de l'effort grâce à cette échelle. Vous évaluez l'intensité de votre effort en référence aux différents adjectifs de l'échelle. Lisez cette échelle du début où la première valeur numérique signifie « *pas d'effort du tout* » à la fin où elle correspond à un « *effort maximal* ». Nous souhaitons que vous chiffriez votre perception de l'effort qui dépend principalement de la force développée, de fatigue ressentie, de gênes physiques à l'exécution de la tâche, de douleurs musculaires ou de l'essoufflement que vous ressentez. Essayez d'évaluer votre sensation sans tenir compte d'éventuelles informations « objectives » sur les contraintes réelles. Ne les surestimez pas, ne les sous-estimez pas. Ne vous laissez pas influencer par d'autres.

Regardez l'échelle, lisez les adjectifs puis donnez le chiffre qui leur est associé.

Commencez toujours par lire les adjectifs, choisissez celui qui correspond le mieux à votre effort puis donnez le chiffre correspondant. Vous pouvez bien sûr donner des valeurs intermédiaires telles que 6,5 ou 8,5.

Avez-vous des questions ?



*1. Annexe 9 : Illustrations de préparateurs de commandes en picking avec et sans harnais*

Postures de préparateurs de commandes en picking, avec et sans harnais





## Bibliographie

1. Roquelaure Y, Note de problématique sur les troubles musculo-squelettiques (TMS) [En ligne] 2007 [cité le 12 oct 2018]. Disponible: [http://ester.univ-angers.fr/\\_resources/Autres%2520activit%25C3%25A9s%2520scientifiques/Rapports%2520plaquettes/2007\\_noteTMS\\_Roquelaure.pdf?download=true](http://ester.univ-angers.fr/_resources/Autres%2520activit%25C3%25A9s%2520scientifiques/Rapports%2520plaquettes/2007_noteTMS_Roquelaure.pdf?download=true)
2. Bernard B, Anderson V, Burt S, Cole L, Fairfield-Estill C, Fine L et al. Musculoskeletal disorders and workplace factors. A critical review of epidemiologic evidence for work-related musculoskeletal disorders of the neck, upper extremity, and low back. [En ligne] juil 1997 [Consulté le 27 sep 2018]. Disponible: <https://www.cdc.gov/niosh/docs/97-141/>
3. Kalimo R, El Batawi MA, Cooper CL. Les Facteurs psychosociaux en milieu de travail et leurs rapports à la santé [En ligne]. Genève : Genève : Organisation mondiale de la Santé; 1988. Disponible: <http://apps.who.int/iris/handle/10665/37305>
4. Bongers PM, de Winter CR, Kompier MA, Hildebrandt VH. Psychosocial factors at work and musculoskeletal disease. *Scand J Work Environ Health*. oct 1993;19(5):297-312.
5. Houtman IL, Bongers PM, Smulders PG, Kompier MA. Psychosocial stressors at work and musculoskeletal problems. *Scand J Work Environ Health*. 1994;20(2):139-45.
6. Franklin GM, Haug J, Heyer N, Checkoway H, Peck N. Occupational carpal tunnel syndrome in Washington State, 1984-1988. *Am J Public Health*. juin 1991;81(6):741-6.
7. Assmus H. Ist das Karpaltunnelsyndrom erblich? *Aktuelle Neurol*. août 1993;20(4):138-41.
8. Pujol M, Pathologie professionnelle d'hypersollicitation : atteinte périarticulaire du membre supérieur. *Monogr Med Tr* 8. Paris : Monod ; 1993
9. L'exposition des salariés aux maladies professionnelles, l'importance toujours prépondérante des troubles musculo-squelettiques. DARES [En ligne]. déc 2016 [cité le 14 oct 2018]. Disponible: <https://dares.travail-emploi.gouv.fr/IMG/pdf/2016-081.pdf>
10. LOI n° 2010-1330 du 9 novembre 2010 portant réforme des retraites | Legifrance; [En ligne]. [cité le 12 oct 2017]. Disponible: <https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000023022127&dateTexte=20160301>
11. Volkoff S, Pueyo V. Pénibilité. Paris : Presses Universitaires de France (PUF); 2012;1: 536-541.

12. Code du travail - Article D4161-2 | Legifrance; [En ligne][cité le 12 oct 2017]. Disponible:  
<https://www.legifrance.gouv.fr/affichCodeArticle.do?cidTexte=LEGITEXT000006072050&idArticle=LEGIARTI000029560224&dateTexte=&categorieLien=cid>
13. Décret n° 2015-1888 du 30 décembre 2015 relatif à la simplification du compte personnel de prévention de la pénibilité et à la modification de certains facteurs et seuils de pénibilité | Legifrance; [En ligne] [cité le 23 sept 2017]. Disponible:  
<https://www.legifrance.gouv.fr/eli/decret/2015/12/30/ETST1526256D/jo>
14. Code du travail - Article L4121-1 | Legifrance; [En ligne] [cité le 12 oct 2017]. Disponible:  
<https://www.legifrance.gouv.fr/affichCodeArticle.do?cidTexte=LEGITEXT000006072050&idArticle=LEGIARTI000006903147&dateTexte=20080306>
15. Code du travail - Article R4541-2 | Legifrance; [En ligne] [cité le 12 oct 2017]. Disponible:  
<https://www.legifrance.gouv.fr/affichCodeArticle.do?cidTexte=LEGITEXT000006072050&idArticle=LEGIARTI000018492453&dateTexte=&categorieLien=cid>
16. Code du travail - Article R4441-1 | Legifrance; [En ligne] [cité le 12 oct 2017]. Disponible:  
<https://www.legifrance.gouv.fr/affichCodeArticle.do?cidTexte=LEGITEXT000006072050&idArticle=LEGIARTI000018491001&dateTexte=&categorieLien=cid>
17. Code du travail - Article R4431-1 | Legifrance; [En ligne] [cité le 12 oct 2017]. Disponible:  
<https://www.legifrance.gouv.fr/affichCodeArticle.do?cidTexte=LEGITEXT000006072050&idArticle=LEGIARTI000018490910&dateTexte=&categorieLien=cid>
18. Code du travail - Article L4162-1 | Legifrance; [En ligne] [cité le 12 oct 2017]. Disponible:  
<https://www.legifrance.gouv.fr/affichCodeArticle.do?idArticle=LEGIARTI000028496018&cidTexte=LEGITEXT000006072050>
19. Code du travail - Article L4622-2 | Legifrance; [En ligne] [cité le 12 oct 2017]. Disponible:  
<https://www.legifrance.gouv.fr/affichCodeArticle.do?cidTexte=LEGITEXT000006072050&idArticle=LEGIARTI000006903352&dateTexte&categorieLien=cid>
20. Code du travail - Article L4622-3 | Legifrance; [En ligne] [cité le 12 oct 2017]. Disponible:  
<https://www.legifrance.gouv.fr/affichCodeArticle.do?cidTexte=LEGITEXT000006072050&idArticle=LEGIARTI000006903352&dateTexte&categorieLien=cid>
21. LOI n° 2016-1088 du 8 août 2016 relative au travail, à la modernisation du dialogue social et à la sécurisation des parcours professionnels | Legifrance; [En ligne] [cité le 12 oct 2017]. Disponible:  
<https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000032983213&categorieLien=id>

22. Code du travail - Article R4623-1 | Legifrance; [En ligne] [cité le 12 oct 2017]. Disponible:  
<https://www.legifrance.gouv.fr/affichCodeArticle.do?cidTexte=LEGITEXT000006072050&idArticle=LEGIARTI000018492959&dateTexte=&categorieLien=cid>
23. Code du travail - Article L4622-3 | Legifrance; [En ligne] [cité le 12 oct 2017]. Disponible:  
<https://www.legifrance.gouv.fr/affichCodeArticle.do?cidTexte=LEGITEXT000006072050&idArticle=LEGIARTI000033024900&dateTexte=&categorieLien=id>
24. Code du travail - Article L4624-1 | Legifrance; [En ligne] [cité le 12 oct 2017]. Disponible:  
<https://www.legifrance.gouv.fr/affichCodeArticle.do?cidTexte=LEGITEXT000006072050&idArticle=LEGIARTI000006903371>
25. Code du travail - Article R4624-23 | Legifrance; [En ligne] [cité le 12 oct 2017]. Disponible:  
<https://www.legifrance.gouv.fr/affichCodeArticle.do?cidTexte=LEGITEXT000006072050&idArticle=LEGIARTI000018493176>
26. Leplat J. Regards sur l'activité en situation de travail: Contribution à la psychologie ergonomique. Paris : Presses universitaires de France; 1997. 263 p.
27. Schéma à 5 carrés de Leplat et Cuny – Psychologue du Travail [En ligne]. [cité le 5 oct 2017]. Disponible: <http://www.psychologuedutravail.com/psychologie-du-travail/schema-a-5-carres-de-leplat-et-cuny/>
28. Sperandio JC. L'ergonomie du travail mental. Masson; 1984. 130 p.
29. Meyer JP, Martinet C, Payot L, Didry G, Horwat F. Évaluation de l'astreinte thermique à l'aide de la fréquence cardiaque, Evaluation of the heat strain by heart rate. *Trav Hum.* 2001;64(1):29-44.
30. M. Malchaire J, Rogowsky M, Vanderputten M, Wallemacq M. Evaluation de la contrainte de travail par enregistrement continu de la fréquence cardiaque dans une entreprise d'assemblage automobile. *Le Travail Humain*, 1986;9(1):75-87.
31. Meunier P. Cardiofréquencemétrie pratique en milieu de travail. Une approche objective de la pénibilité professionnelle. Editions Docis, 2014. 191p.
32. Meunier P, Smolik HJ, Knoche C. Astreinte cardiaque et travail. Quelle grille choisir ? *Cahiers de Médecine Interprofessionnelle (CAMIP)*, 1994;2:153-158.
33. Frimat P, Delepine P. Utilisation d'une grille d'évaluation de l'astreinte cardiaque. *Revue de Médecine du Travail*, 1988; 15(4):159-160.
34. Chamoux A, Borel AM, Catilina P. Pour la standardisation d'une fréquence cardiaque de repos: la fréquence cardiaque de repos nocturne. Implications dans l'évaluation de la charge de travail. *Arch Mal Prof Médecine Trav Sécurité Soc.* 1985;46(4):241-50.

35. Hrubá D. Les limites permises de la charge physique (INRS). *Ergonomica*, 1975, 8/1, 8/10.
36. Calmus ML, Borel P, Alcouffe J. Évaluation de la pénibilité des opérations de désamiantage Réflexions sur la méthodologie de l'évaluation des coûts cardiaques. [En ligne]. 15 février 2008 [cité le 5 oct 2017]; Disponible: <http://www.em-consulte.com/en/article/72338>
37. Malchaire J. Méthodologie générale d'interprétation des enregistrements continus de fréquence cardiaque aux postes de travail. *Cahiers de Médecine du Travail*, 1988 ; 25(4): 181-186.
38. Meunier P. Pour une modélisation des profils cardiaques de poste. *Cahiers de Médecine interprofessionnelle (CAMIP)*, 2000;4:409-416.
39. Scherrer J, Monod H. Physiologie du travail (ergonomie) [En ligne]. 2017 [cité le 5 oct 2017]. Disponible: <http://www.deboecksuperieur.com/ouvrage/9782807306080-physiologie-du-sport-et-de-l'exercice>
40. Frimat P, Chamoux A, de Gaudemaris R, Cantineau A, Amphoux M. Fréquence cardiaque et travail. Quelle utilisation? Quels critères? *Archives des maladies professionnelles*. 1989; 50 : 357-360.
41. Astrand PO, Rodahl K. Précis de physiologie de l'exercice musculaire. 3ème édition. Paris: Masson, 1994; 530 p.
42. Borg G. Aspects subjectifs de la charge physique et mentale. *Trav Hum*. 1977;40(2):225-32.
43. Borg G. Borg's range model and scales. *Int J Sport Psychol*. 2001;32:110-26.
44. Borg G. Physical Performance and Perceived Exertion. 64 p. Th.: Psychologie (Studia Psychologica and Paedagogica, Series altera, Investigations XI): Stockholm. Thesis, Gleerups, Lund, 1962.
45. Borg G. Borg's perceived exertion and pain scales. USA, Human Kinetics, 1998.- 1 vol., 112 p.
46. Atain-Kouadio J. Exosquelette. Ref En Santé Trav [En ligne]. mars 2018 [cité le 27 sept 2018]. Disponible: [www.inrs.fr/dms/inrs/PDF/INRS-Webinaire.../INRS-Webinaire-Exo-19juin2018.pdf](http://www.inrs.fr/dms/inrs/PDF/INRS-Webinaire.../INRS-Webinaire-Exo-19juin2018.pdf)
47. Atain-Kouadio J, Sghaier A. Les robots et dispositifs d'assistance physique : état des lieux en enjeux pour la prévention. Note Sci Tech. [En ligne]. oct 2017 [cité le 27 sep 2018]. Disponible : <http://www.inrs.fr/inrs/recherche/etudes-publications-communications/doc/publication.html?refINRS=NOETUDE/P2017-120/NS354>
48. Abdoli-Eramaki M, Stevenson JM, Reid SA, Bryant TJ. Mathematical and empirical proof of principle for an on-body personal lift augmentation device (PLAD). *J Biomech*. janv 2007;40(8):1694-700.

49. Frost DM, Abdoli-Eramaki M, Stevenson JM. PLAD (personal lift assistive device) stiffness affects the lumbar flexion/extension moment and the posterior chain EMG during symmetrical lifting tasks. *J Electromyogr Kinesiol.* déc 2009;19(6):e403-12.
50. Bosch T, van Eck J, Knitel K, de Looze M. The effects of a passive exoskeleton on muscle activity, discomfort and endurance time in forward bending work. *Appl Ergon.* 1 mai 2016;54:212-7.
51. Graham RB, Sadler EM, Stevenson JM. Does the personal lift-assist device affect the local dynamic stability of the spine during lifting? *J Biomech.* 3 févr 2011;44(3):461-6.
52. Moyon A, Poirson E, Petiot J-F. Experimental study of the physical impact of a passive exoskeleton on manual sanding operations. *Procedia CIRP.* 1 janv 2018;70:284-9.
53. Ulrey BL, Fathallah FA. Effect of a personal weight transfer device on muscle activities and joint flexions in the stooped posture. *J Electromyogr Kinesiol.* 1 févr 2013;23(1):195-205.
54. Theurel J, Desbrosses K, Roux T, Savescu A. Physiological consequences of using an upper limb exoskeleton during manual handling tasks. *Appl Ergon.* févr 2018;67:211-7.
55. Meyer JP, Evaluation subjective de la charge de travail. Utilisations des échelles de Borg - Publication scientifique - INRS [En ligne]. [consulté 1 oct 2017]. Disponible sur: <http://www.inrs.fr/inrs/recherche/etudes-publications-communications/doc/publication.html?refINRS=NOETUDE/P2014-072/TM%2033>
56. Bosch T, van Eck J, Knitel K, de Looze M. The effects of a passive exoskeleton on muscle activity, discomfort and endurance time in forward bending work. *Appl Ergon.* 1 mai 2016;54:212-7.
57. Sylla N, Bonnet V, Venture G, Arm N, Lirrm HI, Sylla N, et al. *Assessing Neuromuscular Mechanisms in Human-Exoskeleton Interaction.* 2015.
58. Dahmen C, Hölzel C, Wöllecke F, Constantinescu C. Approach of Optimized Planning Process for Exoskeleton Centered Workplace Design. *Procedia CIRP.* 1 janv 2018;72:1277-82.
59. Spada S, Ghibaud L, Gilotta S, Gastaldi L, Cavatorta MP. Investigation into the Applicability of a Passive Upper-limb Exoskeleton in Automotive Industry. *Procedia Manuf.* 1 janv 2017;11:1255-62.





# **PREVENTION DES TMS EN MILIEU DE TRAVAIL PAR DES DISPOSITIFS D'ASSISTANCE PHYSIQUE A LA MANUTENTION : A PROPOS D'UNE ETUDE EFFECTUEE EN CENTRE LOGISTIQUE**

## **Résumé**

Les troubles musculo-squelettiques ou TMS sont un ensemble de pathologies touchant différentes structures de l'appareil locomoteur : les membres et le rachis. Les TMS ont une origine multifactorielle, à composante professionnelle. Les TMS représentent un enjeu économique majeur de par leur impact sur la santé et leur impact socio-économique. En effet, bien que le nombre de maladies professionnelles ait récemment diminué ces dernières années, les TMS restent la première cause de maladies professionnelles, et représentent une part importante des accidents de travail, accidents de trajet et indemnités journalières.

On assiste depuis quelques années à l'émergence de nouveaux dispositifs d'assistance physique à la manutention manuelle en milieu de travail. Dans ce contexte, notre service de santé au travail a été sollicité par une entreprise de logistique dans le cadre de sa démarche de prévention des TMS et de mise en place de comptes professionnels de prévention des salariés. Les objectifs de ce travail étaient d'évaluer l'impact sur la pénibilité et les facteurs de risques professionnels liés aux TMS d'un dispositif d'assistance physique à la manutention manuelle : le harnais V2 CORFOR au poste de préparateur de picking, et mettre en place si besoin des mesures correctives.

Nous avons évalué la pénibilité au poste de préparateurs de commandes en picking par cardiofréquencemétrie et questionnaires de Borg dans les différentes situations de travail : avec et sans dispositif d'assistance physique à la manutention. En effet, la cardiofréquencemétrie est un moyen simple, fiable et reproductible d'évaluation objective de l'astreinte physique globale lors de l'activité de travail. Les échelles de Borg, couplées à la cardiofréquencemétrie, permettent d'évaluer plus précisément l'effort musculaire fourni par groupe musculaire. En parallèle, une analyse du poste direct et par vidéo nous a permis de prendre en compte des facteurs pouvant influencer les mesures. Enfin, une évaluation des dispositifs par questionnaire a été effectuée.

Les résultats de cette étude montrent que la pénibilité au poste de préparateur de commande en picking tend à diminuer avec le port du harnais au niveau de l'astreinte cardiaque, mais cet aspect bénéfique est à nuancer devant l'apparition de gênes voire de douleurs au niveau des genoux, des épaules et des bras, qui pourraient générer des TMS.

Ces résultats sont compatibles avec les connaissances actuelles sur les dispositifs d'assistance physique à la manutention manuelle. Une réflexion plus approfondie sur leur mise en place en milieu de travail et leur impact à moyen et long terme est à poursuivre.

Enfin, cette étude a permis de proposer à l'entreprise des mesures de correction collectives afin de diminuer la pénibilité et le risque de survenue de TMS au poste de préparateur de commandes en picking.

**Mots-clés** : troubles musculo-squelettiques, manutention manuelle, dispositifs d'assistance physique, santé au travail, prévention, logistique