

Impact des efforts physiques en milieu de travail sur le développement de la fatigue musculaire, les propriétés tissulaires et la stabilité posturale des travailleurs plus âgés

Une étude de faisabilité

(Version corrigée)

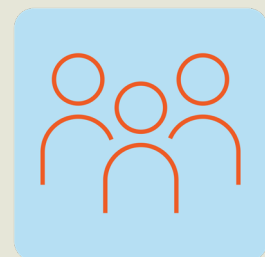
Martin Descarreaux, Jacques Abboud,
Vincent Cantin, Stéphane Sobczak,
Pierre-Yves Therriault

Collaborateurs

Michael Drouin, Julien Ducas,
Sophie Guimont, Émile Marineau, Janny
Mathieu

Université du Québec à Trois-Rivières

R-1199-fr





NOS RECHERCHES travaillent pour vous!

Solidement implanté au Québec depuis 1980, l'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST) est un organisme de recherche scientifique reconnu internationalement pour la qualité de ses travaux.

Mission

Dans l'esprit de la *Loi sur la santé et la sécurité du travail* (LSST) et de la *Loi sur les accidents du travail et les maladies professionnelles* (LATMP), la mission de l'IRSST est de : Contribuer à la santé et à la sécurité des travailleuses et travailleurs par la recherche, l'expertise de ses laboratoires, ainsi que la diffusion et le transfert des connaissances, et ce, dans une perspective de prévention et de retour durables au travail.

Pour en savoir plus

Visitez notre site Web! Vous y trouverez une information complète et à jour. De plus, toutes les publications éditées par l'IRSST peuvent être téléchargées gratuitement. www.irsst.qc.ca

Pour connaître l'actualité de la recherche menée ou financée par l'IRSST, abonnez-vous gratuitement :

- au magazine *Prévention au travail*, publié conjointement par l'Institut et la CNESST (preventionautravail.com)
- au bulletin électronique InfoIRSST

Dépôt légal

Bibliothèque et Archives nationales du Québec, 2024

ISBN 978-2-89797-306-3 (Version corrigée, 2024)

ISBN 978-2-89797-298-1 (1^{re} version, 2024)

<https://doi.org/10.70010/JGUP1519>

© Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail, 2024

IRSST – Service des communications
505, boul. De Maisonneuve Ouest
Montréal (Québec) H3A 3C2
Téléphone : 514 288-1551
publications@irsst.qc.ca
www.irsst.qc.ca

Note au lectorat

Cette étude a été financée par l'IRSST. Les conclusions et recommandations sont celles des auteurs. Conformément aux politiques de l'IRSST, les résultats des travaux de recherche publiés dans ce document ont fait l'objet d'une évaluation par des pairs.

Avis de non-responsabilité

L'IRSST ne donne aucune garantie relative à l'exactitude, la fiabilité ou le caractère exhaustif de l'information contenue dans ce document. En aucun cas l'IRSST ne saurait être tenu responsable pour tout dommage corporel, moral ou matériel résultant de l'utilisation de cette information. Notez que les contenus des documents sont protégés par les législations canadiennes applicables en matière de propriété intellectuelle. Cette publication est disponible en version PDF sur le site Web de l'IRSST.

Cadre de référence pour la recherche en SST



Prévention des atteintes à l'intégrité physique et psychique



Réadaptation, retour et maintien au travail



Surveillance et prospection des données en SST



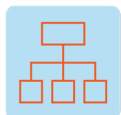
Identification des dangers, estimation et évaluation des risques



Élimination des dangers et maîtrise des risques



Métrologie appliquée à la SST



Organisation du travail



Santé mentale et psychologique



Population, société et SST

REMERCIEMENTS

Cette étude a été réalisée en collaboration avec le service des ressources humaines de l'Université du Québec à Trois-Rivières et de nombreux employeurs de la Mauricie. Ainsi nous tenons à remercier tous les intervenants qui ont facilité la diffusion, le recrutement et le bon déroulement de cette étude. Nous tenons également à remercier tous les travailleurs et travailleuses qui ont accepté de se lever aux aurores et de prolonger leur journée de travail afin de participer à cette étude. Enfin, cette étude n'aurait pas été possible sans la contribution des coordonnatrices de recherche impliquées dans le projet, Geneviève Côté et Catherine Daneau, et sans le soutien financier de l'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST).

SOMMAIRE

Problématique de santé et de sécurité du travail et objectifs

Le prolongement de la vie active représente un phénomène croissant chez les travailleurs québécois de plus de 55 ans. En 2017, ce groupe représentait près de 20 % des travailleurs occupant un emploi à temps plein. Considérant les changements physiologiques qui s'opèrent avec le vieillissement, l'emploi de travailleurs plus âgés peut nécessiter l'adaptation des tâches en tenant compte de leur capacité physique et de leurs limites de manière à préserver leur santé. Bien que peu de données soient actuellement disponibles, il est probable que les efforts physiques et les contraintes de l'environnement de travail entraînent des conséquences physiologiques différentes chez les travailleurs âgés en comparaison avec les travailleurs plus jeunes. L'objectif de cette recherche est de déterminer la faisabilité de mesurer l'impact des efforts physiques déployés au cours d'une journée de travail sur le développement de la fatigue musculaire, les propriétés tissulaires et la stabilité posturale de travailleurs âgés (>50 ans) et plus jeunes (≤50 ans).

Méthodologie

Des travailleurs jeunes (≤50 ans) et des travailleurs âgés (> 50 ans) ont été recrutés pour cette étude de faisabilité visant à identifier les impacts physiques et physiologiques encourus au cours d'une journée de travail typique. Les mesures utilisées en début et en fin de journée comprenaient un test d'endurance et de fatigue musculaire des muscles du tronc, l'évaluation de la hauteur discale pour l'ensemble du rachis et un test de stabilité posturale. De plus, au cours de la journée de travail, les participants ont porté un dispositif d'actimétrie permettant une collecte de données concernant le niveau d'activité physique journalier et les positions de travail, en plus de faire l'objet d'une analyse ergonomique de l'activité afin de comprendre la complexité de leur travail.

Résultats

Un total de 41 participants, soit 21 dans le groupe 1 (travailleurs jeunes : ≤50 ans) et 20 dans le groupe 2 (travailleurs âgés : > 50 ans) ont été recrutés. Les deux groupes ne différaient entre eux pour aucune variable sociodémographique, à l'exception de l'âge moyen, du nombre d'années d'ancienneté et du poids moyen (kg). Les participants âgés présentaient un nombre d'années d'ancienneté significativement plus élevé, se chiffrant à $13,04 \pm 13,56$ années, comparativement à $2,48 \pm 2,60$ pour les travailleurs plus jeunes ($p < 0,05$). Le poids moyen des travailleurs âgés ($79,13 \pm 16,30$ kg) était également significativement plus élevé ($p < 0,001$) lorsque comparé aux travailleurs plus jeunes ($69,4 \pm 13,31$ kg). Aucune différence statistiquement significative dans la satisfaction générale, intrinsèque et extrinsèque au travail, ainsi qu'en matière d'acceptabilité du port de l'actimètre n'a été notée entre les

travailleurs jeunes et les travailleurs plus âgés ($p > 0,05$). Les résultats indiquent un effet significatif du moment de la journée sur l'endurance, la force maximale, la hauteur discale, et la vitesse de déplacement du centre de pression en médio-latéral, les travailleurs présentant une diminution de la durée du maintien de la posture, une diminution de la force maximale et une diminution de la hauteur discale à la fin de journée par rapport au matin. L'âge n'a pas eu d'effet significatif sur la plupart des variables, à l'exception de la vitesse de déplacement du centre de pression, où les travailleurs plus âgés ont montré des valeurs plus élevées, pouvant témoigner d'une plus grande instabilité posturale. Toutefois, l'intégration de la variable du poids aux analyses statistiques révèle que les effets répertoriés s'expliquent en partie par la différence de poids entre les travailleurs âgés et les travailleurs plus jeunes. Aucune différence significative en regard du nombre de pas quotidien, de la dépense énergétique, du temps assis et debout et du nombre de passages de la position assise à debout n'a été notée entre le groupe de travailleurs jeunes et le groupe de travailleurs âgés ($p > 0,05$). L'analyse ergonomique des activités de travail n'a révélé aucune différence significative en termes de contraintes biomécaniques entre les travailleurs jeunes et âgés. La flexion antérieure du tronc était la contrainte la plus fréquente.

Retombées

Bien que l'âge ne semble pas influencer la nature des changements physiologiques et biomécaniques se produisant au cours d'un quart de travail, les conclusions de cette étude suggèrent cependant que des mesures peuvent être mises en place pour adapter l'environnement de travail et mieux outiller le travailleur pour faire face aux tâches quotidiennes requises dans le cadre de son emploi. Ces mesures auraient intérêt à ne pas se concentrer exclusivement sur les catégories d'âge des travailleurs, mais plutôt sur les capacités physiques individuelles, ouvrant la porte à des interventions personnalisées pour améliorer la santé et le bien-être au travail. L'étude éclaire également les défis liés au recrutement et au suivi des travailleurs, soulignant l'acceptabilité des mesures physiques et physiologiques utilisées pour rendre compte de l'impact des tâches déployées au cours d'une journée de travail sur la fatigue musculaire, les propriétés tissulaires du rachis et le contrôle postural des travailleurs jeunes et âgés.

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION	1
1. ÉTAT DES CONNAISSANCES	3
1.1 Changements physiologiques et pertes fonctionnelles liées à l'âge.....	3
1.1.1 Changements physiologiques affectant l'architecture musculaire.....	3
1.1.2 Pertes fonctionnelles associées aux changements de l'architecture musculaire.....	4
1.1.3 Changements physiologiques liés à l'âge et leurs impacts sur le contrôle postural.....	6
1.1.4 Changements physiologiques affectant les propriétés des disques intervertébraux.....	7
1.2 Changements neuromusculaires induits par les activités professionnelles.....	8
1.3 Vieillesse et blessures au travail.....	9
2. OBJECTIFS DE RECHERCHE	11
3. MÉTHODOLOGIE	12
3.1 Devis.....	12
3.2 Déroulement général de l'étude.....	12
3.3 Participants.....	12
3.3.1 Stratégies de recrutement.....	13
3.4 Mesures de résultats.....	14
3.4.1 Évaluation de la faisabilité.....	14
3.4.2 Évaluation en laboratoire (variables quantitatives dépendantes).....	14
3.4.3 Variables quantitatives contrôlées.....	18
3.5 Analyses statistiques.....	21
4. RÉSULTATS	23
4.1 Démarches et taux de recrutement.....	23
4.2 Caractéristiques des participants.....	23
4.2.1 Caractéristiques sociodémographiques et satisfaction au travail.....	23
4.3 Acceptabilité.....	24
4.4 Mesures quantitatives.....	25

4.4.1	Endurance et fatigue musculaire	25
4.4.2	Variations de la hauteur discale	29
4.4.3	Stabilité posturale	30
4.4.4	Niveau d'activité physique journalier	32
4.5	Résultats de l'analyse ergonomique	33
5.	DISCUSSION	35
5.1	Synthèse des principaux résultats	36
5.1.1	Recrutement et faisabilité	36
5.1.2	Endurance et fatigue musculaire, hauteur discale et stabilité posturale.....	37
5.2	Âge ou condition physique.....	38
5.3	Analyse ergonomique.....	40
5.4	Forces et limites de l'étude	41
5.5	Perspectives pratiques	42
	CONCLUSION	44
	BIBLIOGRAPHIE	45
	ANNEXE A.....	53
A.1	Questionnaire d'acceptabilité du port de l'actimètre au travail	53
	ANNEXE B.....	54
B.1	Minnesota satisfaction questionnaire	54
	ANNEXE C.....	57
C.1	Entretien compréhensif et d'explicitation : méthodologie et canevas d'entrevue	57
	ANNEXE D.....	69
D.1	Grille d'observation systématique	69
	ANNEXE E	70
E.1	Résultats des entretiens compréhensifs et d'explicitation	70
	ANNEXE F	75
F.1	Analyses statistiques pour les variables de stabilité posturale	75

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.	Critères d'inclusion et d'exclusion	13
Tableau 2.	Caractéristiques sociodémographiques des participants	24
Tableau 3.	Acceptabilité du port de l'actimètre	25
Tableau 4.	Niveau d'activité physique journalier et dépense énergétique.....	32
Tableau 5.	Contraintes biomécaniques dans les activités de travail	33
Tableau 6.	Changements physiologiques subis lors du vieillissement.....	39
Tableau 7.	Principaux thèmes relatifs au vécu des travailleurs jeunes et âgés.....	70
Tableau 8.	Analyses de variance et de covariances.....	75

LISTE DES FIGURES

Figure 1.	Test de Sorensen modifié.....	15
Figure 2.	Évaluation de la hauteur discale par stadiométrie.....	16
Figure 3.	Temps du maintien de la posture au test de Sorensen modifié.....	26
Figure 4.	Mesures de la pente de la fréquence médiane.	27
Figure 5.	Mesures des fréquences médianes.	28
Figure 6.	Forces maximales.	29
Figure 7.	Mesures de la hauteur discale.	30

LISTE DES ACRONYMES, SIGLES ET ABRÉVIATIONS

Acronyme	Définition
AF	Anneau fibreux
AM	Avant-midi
AP	Antéro-postérieur
CoP	Centre de pression
CNESST	Commission des normes, de l'équité, de la santé et de la sécurité du travail
DIV	Disque intervertébral
EMG	Électromyographie
HSE	<i>Health and Safety Executive</i>
Hz	<i>Hertz</i>
INSPQ	Institut national de santé publique du Québec
IRSST	Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et sécurité du travail
MF	Fréquence médiane
ML	Médio-latéral
MVIC	Force musculaire maximale générée lors d'une contraction isométrique volontaire
NP	Noyau pulpeux
PM	Après-midi
RMS	Moyenne quadratique (<i>Root mean square</i>)
UQTR	Université du Québec à Trois-Rivières

IRSST ■ Impact des efforts physiques en milieu de travail sur le développement de la fatigue musculaire, les propriétés tissulaires et la stabilité posturale des travailleurs plus âgés : une étude de faisabilité

INTRODUCTION

À l'instar de plusieurs pays occidentaux, le Canada est aujourd'hui confronté aux nombreux enjeux associés au vieillissement démographique. Un phénomène notable des dernières années a été le prolongement de la vie active des personnes âgées de 55 à 64 ans, et plus particulièrement celle des femmes (Cloutier, 2012). À l'image de bon nombre de pays développés, l'âge moyen de cessation des activités professionnelles des Québécois s'est accru entre 2005 et 2014, passant de 60 à 62,3 ans (Latulippe *et al.*, 2017). Les travailleurs expérimentés constituent une partie de la solution à la rareté de la main-d'œuvre, et ces derniers montrent d'ailleurs un intérêt à être plus présents sur le marché du travail (Bureau de normalisation du Québec [BNQ], 2018 ; Ressources humaines et Développement des compétences Canada, 2013). De plus en plus de travailleurs repoussent le moment de leur retraite tandis qu'une proportion non négligeable de retraités retourne au travail après une période de retrait du marché du travail. De fait, le cap du million de travailleurs âgés de plus de 50 ans a été atteint au Québec pour la première fois en 2007 (Cloutier, 2012). Alors qu'en 1990, près de 9 % des travailleurs étaient âgés de 55 à 65 ans, ce nombre a plus que doublé pour atteindre 19 % en 2014. En 2017, c'est près de 20 % des travailleurs québécois occupant un emploi à temps plein qui avaient 55 ans ou plus (Institut de la statistique du Québec [ISQ], 2017).

Bien que les raisons qui motivent le maintien d'une vie active d'un travailleur semblent différer entre les hommes et les femmes, la qualité de l'emploi et le salaire semblent des facteurs déterminants dans la prise de cette décision. Il est également démontré que plusieurs caractéristiques individuelles influencent le choix d'un travailleur âgé de rester ou non en emploi, entre autres, la santé physique et mentale personnelle. Le maintien et l'amélioration de la santé ont été identifiés comme facteur clé pour la prolongation de la vie professionnelle (Latulippe *et al.*, 2017). L'embauche de travailleurs expérimentés permet aux entreprises de bénéficier d'un bassin de recrutement diversifié et disponible pour pourvoir les postes vacants et faire face à la pénurie de main-d'œuvre grandissante (BNQ, 2018). La préparation de la relève s'effectue, entre autres, par le transfert du savoir, contribuant ainsi au maintien et à la pérennité des connaissances, des compétences et de l'expertise dans une organisation qui compte sur des travailleurs plus âgés. Néanmoins, la présence ou l'embauche de travailleurs plus âgés peut potentiellement nécessiter l'adaptation des tâches de manière à préserver leur santé. En effet, le vieillissement s'accompagne d'une diminution de la masse musculaire, appelée sarcopénie qui se caractérise par une réduction de la force et de la qualité musculaires et qui touche entre 27 et 59 % des femmes de plus de 60 ans et entre 30 et 45 % des hommes de plus de 60 ans (Shafiee *et al.*, 2017 ; Walston, 2012). Parallèlement, le vieillissement entraîne aussi des changements dégénératifs de l'appareil locomoteur (rachis, genou et hanche) (Loeser, 2010) et une détérioration du système sensorimoteur (motricité fine, locomotion et équilibre, par exemple) (Henry et Baudry, 2019 ; Krehbiel *et al.*, 2017). Bien que les travailleurs voient leur capacité de travail diminuer avec

IRSST ■ Impact des efforts physiques en milieu de travail sur le développement de la fatigue musculaire, les propriétés tissulaires et la stabilité posturale des travailleurs plus âgés : une étude de faisabilité

l'âge, les exigences professionnelles et la charge de travail (physique comme cognitive) ne sont que rarement adaptées aux caractéristiques particulières des travailleurs plus âgés (Hassmen et Koivula, 1997). Cependant, il semble que les travailleurs plus âgés soient en mesure de mettre en place des stratégies alternatives leur permettant de maintenir leur performance (qualité, rythme de production, etc.) au travail (Volkoff *et al.*, 2006). Malgré l'importante augmentation du nombre de travailleurs vieillissant au cours des 15 dernières années, et les enquêtes épidémiologiques menées auprès des travailleurs plus âgés, il n'existe que très peu de données scientifiques concernant l'impact des changements physiques et physiologiques qui accompagnent le vieillissement sur les blessures en milieu de travail. Il est reconnu que les individus de plus de 55 ans, en raison de leur plus grande expérience de travail et de l'adoption de stratégies de prudence, sont moins à risque de se blesser au travail que les groupes d'âges plus jeunes (Crawford, J. O. *et al.*, 2010). Toutefois, les blessures dont ils sont victimes seraient plus sévères. C'est d'ailleurs ce que montre Duguay (2012) qui souligne que non seulement les travailleurs âgés de plus de 55 ans s'absentent en moyenne pour une plus longue durée (46 jours de plus que la moyenne des travailleurs) lorsqu'ils subissent des lésions professionnelles, mais que ces lésions professionnelles engendrent un taux de fréquence-gravité (indice combinant à la fois le taux de fréquence et la durée moyenne de l'indemnisation) plus élevé chez les travailleurs âgés masculins (Duguay, 2012).

Ce faisant, il semble que les efforts physiques et les contraintes de l'environnement de travail n'auraient pas, du moins théoriquement, les mêmes conséquences physiques et physiologiques chez les travailleurs plus âgés que chez les travailleurs plus jeunes. Les études sur le sujet sont pourtant rares et des publications récentes montrent que le travail prolongé (simulation) entraîne une fatigue musculaire et une augmentation des oscillations posturales chez les travailleurs jeunes comme âgés (Garcia *et al.*, 2015 ; Garcia *et al.*, 2016). Cependant, ces études se sont principalement attardées à la fatigue musculaire aux membres inférieurs. Considérant la prévalence élevée des maux de dos chez les travailleurs de tout âge, il est nécessaire de s'intéresser aux impacts des efforts physiques chez des travailleurs âgés sur des variables physiologiques en lien avec la structure et la fonction de la région lombaire.

1. ÉTAT DES CONNAISSANCES

De nombreux changements physiologiques reliés à l'âge sont répertoriés dans la littérature. Ces changements sont communément porteurs d'une connotation négative, puisqu'ils tendent à être associés à une perte importante des capacités fonctionnelles et à une diminution de la qualité de vie des patients qui en souffrent. Il est toutefois important de souligner que les changements physiologiques qui accompagnent le vieillissement peuvent se manifester sous diverses formes. Par exemple, la sarcopénie se définit comme une fonte sévère de la masse musculaire. Bien que tout individu connaisse un déclin de sa masse musculaire à partir de l'âge de 50 ans, ce n'est pas toutes les personnes âgées qui souffrent de sarcopénie (Goodpaster *et al.*, 2006). Certains changements physiologiques peuvent être précipités ou aggravés par la maladie, mais la majorité de ces changements s'effectuent selon le continuum normal du vieillissement.

1.1 Changements physiologiques et pertes fonctionnelles liées à l'âge

1.1.1 Changements physiologiques affectant l'architecture musculaire

Les divers déclin fonctionnels liés au vieillissement s'expliquent notamment par les changements physiologiques qui affectent la structure et l'architecture des fibres musculaires (Goodpaster *et al.*, 2006). Plusieurs études ont tenté de quantifier les atteintes musculaires et les déclin fonctionnels associés au vieillissement. Or, malgré le travail collaboratif de multiples organisations internationales, il demeure à ce jour difficile d'établir un consensus en ce sens (Mitchell *et al.*, 2012). Parmi les changements structuraux affectant les fibres musculaires répertoriés dans la littérature, se retrouve notamment la diminution de la longueur des fibres musculaires, ainsi qu'une réduction du volume musculaire, caractérisée par une diminution de l'aire de la section transversale physiologique du muscle (Charles et Bates, 2023 ; Crawford, R. J. *et al.*, 2016). En plus d'engendrer une diminution des unités contractiles, les changements physiologiques reliés au vieillissement s'accompagnent également d'une atteinte de la qualité des fibres musculaires, et ce, même chez les individus vieillissants en bonne santé (Crawford, R. J. *et al.*, 2016). Cette diminution de la qualité de l'unité contractile se traduit notamment par une substitution des fibres musculaires de type II, à contraction rapide et intense, par des fibres musculaires de type I, à contraction lente et soutenue. De plus, l'espace créé par la diminution du volume et de la longueur des fibres musculaires se voit rapidement comblé par une infiltration de cellules graisseuses, affectant d'autant plus la capacité du muscle à répondre aux commandes motrices et à se contracter (Charles et Bates, 2023 ; Crawford, R. J. *et al.*, 2016).

Les changements liés à l'âge affectant la structure des fibres musculaires peuvent varier d'un groupe musculaire à l'autre, témoignant de fonctions motrices distinctes. Par exemple, en comparant l'architecture et la structure microscopique des fibres musculaires de 12 muscles

du membre inférieur chez des individus jeunes et âgés, l'équipe de Charles *et al.* (2023) a constaté une diminution plus importante et significative de la longueur des fibres musculaires, du volume musculaire et de l'aire transversale physiologique chez les individus âgés. Ces changements physiologiques étaient toutefois davantage concentrés aux muscles extenseurs des genoux et aux fléchisseurs des chevilles, des groupes musculaires essentiellement dédiés au contrôle postural et à diverses tâches fonctionnelles telles que la marche ou les mouvements de transition de la position assise à debout (Dehail *et al.*, 2007). Dans le même ordre d'idées, les équipes de Crawford (2016) et Hiepe (2015) se sont intéressées à la nature et à l'étendue des changements physiologiques liés à l'âge affectant les muscles paravertébraux lombaires, plus précisément les érecteurs du rachis lombaire et les multifides chez des individus asymptomatiques. En concordance avec les études précédentes, des changements dans la structure et la qualité des fibres musculaires des muscles paravertébraux ont été répertoriés, étant également plus significatifs chez les individus âgés. Ces auteurs ont également identifié que ces changements physiologiques, notamment l'infiltration musculaire de cellules graisseuses, étaient plus significatifs aux niveaux vertébraux inférieurs de la colonne lombaire (Crawford, R. J. *et al.*, 2016), ainsi que dans les muscles multifides, comparativement aux érecteurs du rachis lombaires (Crawford, R. J. *et al.*, 2016; Hiepe *et al.*, 2015). Des différences ont également été notées entre les hommes et les femmes, les sujets masculins présentant notamment une augmentation plus précoce et graduelle des infiltrations graisseuses musculaires, alors que ces changements semblent apparaître plus tardivement chez la femme, présentant des infiltrations graisseuses plus significatives que les hommes à partir de la 5^e ou 6^e décennie (Crawford, R. J. *et al.*, 2016).

1.1.2 Pertes fonctionnelles associées aux changements de l'architecture musculaire

De manière générale, les changements quantitatifs et qualitatifs de l'architecture musculaire se produisent graduellement et sont observés chez tout individu âgé, et ce, même s'il est en bonne santé, s'alimente adéquatement et est physiquement actif (Larsson *et al.*, 2019). Cependant, les pertes fonctionnelles liées aux changements de l'architecture musculaire peuvent varier d'un individu à l'autre, notamment en fonction de la capacité du corps à s'adapter et à mobiliser d'autres groupes musculaires pour répondre à une commande motrice. Le déclin de l'architecture musculaire représente le changement physiologique majeur associé au vieillissement et est notamment associé à une diminution de la force musculaire (Boocock *et al.*, 2020 ; Charles et Bates, 2023 ; Larsson *et al.*, 2019) et à des difficultés dans le contrôle postural chez les individus âgés (Larsson *et al.*, 2019).

L'endurance musculaire varie également en fonction de l'âge. Toutefois, les données probantes disponibles portant sur l'impact des changements physiologiques liés au vieillissement sur la fatigue et l'endurance musculaire se révèlent considérablement hétérogènes, bien qu'elles soulèvent certaines tendances. Cherchant à caractériser l'association entre le vieillissement et la fatigue musculaire, les travaux de Christie *et al.* (2011), bien que non spécifique à la musculature de la colonne lombaire, ont montré que

pour des contractions isométriques maximales, les participants âgés avaient tendance à développer moins de fatigue musculaire que les participants plus jeunes. Cette association était toutefois inversée, favorisant les participants plus jeunes, lors de contractions musculaires dynamiques. Malgré une plus grande activité musculaire lors de l'exécution de la tâche, les participants plus âgés présentaient des niveaux plus faibles de fatigue musculaire, caractérisée par une diminution de 2 % de la fréquence médiane (MF) initiale après la tâche de soulèvement, comparativement à une diminution entre 10-13 % chez les participants plus jeunes. L'étude de Tsuboi *et al.* (2013) avait pour sa part comme objectif de quantifier les différences dans l'activité musculaire des érecteurs du rachis lombaires entre des participants jeunes et âgés, en utilisant divers indicateurs objectifs de la fatigue musculaire tels que la pente de la MF et celle de la fréquence moyenne du spectre de puissance du signal électromyographique produit lors de l'exécution du test d'endurance de Sorensen. Bien qu'aucune différence significative dans la performance (temps en secondes) au test d'endurance n'ait été identifiée entre les jeunes et les participants âgés, une différence des pentes de la MF et de la fréquence moyenne du spectre de puissance a été notée, alors que ces dernières étaient significativement inférieures chez les participants âgés masculins comparativement aux participants jeunes masculins, témoignant d'une moins grande accumulation de fatigue musculaire chez les hommes plus âgés. Aucune différence significative n'a toutefois été identifiée entre les participants féminins jeunes et âgés (Tsuboi *et al.*, 2013). Enfin, les travaux de Champagne *et al.* (2009) consistaient également à comparer l'endurance musculaire des muscles extenseurs de la colonne lombaire chez des participants jeunes et âgés, ayant comme principaux indicateurs objectifs la performance (temps), la force musculaire maximale générée lors d'une contraction isométrique volontaire (MVIC) et le pourcentage de réduction de la force musculaire maximale (% MVIC) après l'exécution du test de Sorensen modifié. De manière générale, les individus âgés présentaient des temps plus courts au test de Sorensen, des valeurs de MVIC inférieures et un plus grand pourcentage de réduction de la MVIC après le test d'endurance comparativement aux participants jeunes, témoignant d'une plus grande fatigue musculaire. Or, ces différences liées à l'âge étaient non statistiquement significatives et témoignaient d'une grande variabilité interindividuelle, suggérant que d'autres facteurs contextuels et physiologiques peuvent influencer l'endurance musculaire.

Parmi les hypothèses soulevées pour expliquer une meilleure résistance à la fatigue musculaire des participants âgés, de nombreux auteurs évoquent que celle-ci pourrait en réalité témoigner des changements de l'architecture musculaire liés à l'âge, qui impliquent notamment une substitution des fibres musculaires de type II, à contraction rapide et intense, par des fibres musculaires de type I, à contraction lente et soutenue, favorisant ainsi une meilleure performance lors de tâches isométriques d'endurance (Christie *et al.*, 2011 ; Tsuboi *et al.*, 2013). Certaines études montrent également que l'activité musculaire et l'accumulation de fatigue musculaire varient considérablement d'un groupe musculaire à l'autre, témoignant d'une composition et d'une fonction motrice distincte (Boocock *et al.*, 2020 ; Christie *et al.*,

2011). De ce fait, les conclusions des études répertoriées et portant sur l'activité musculaire des muscles du membre inférieur peuvent ne pas être applicables aux muscles du rachis qui présentent des caractéristiques partiellement distinctes. Des études supplémentaires sont nécessaires pour documenter les effets de l'âge sur l'activité musculaire et la résistance à la fatigue des muscles de la colonne lombaire.

1.1.3 Changements physiologiques liés à l'âge et leurs impacts sur le contrôle postural

Le contrôle postural regroupe diverses stratégies d'intégration des informations visuelles, vestibulaires et proprioceptives, permettant de maintenir le corps dans une position debout stable (Roman-Liu, 2018). Le contrôle postural est essentiel, tant pour les mouvements dynamiques, pour ainsi éviter les risques de chutes, que pour l'équilibre statique. L'équilibre statique se définit par l'habileté à maintenir et contrôler le centre de masse du corps lors d'une station debout sans perturbations, s'illustrant par des oscillations lentes du corps et des corrections rapides occasionnelles (Collins et De Luca, 1995). Le contrôle postural en position statique peut être caractérisé au moyen de diverses mesures qui font état du déplacement du centre de pression (CoP), soit un point correspondant à la localisation de la force normale nette agissant sur la surface de support (Roman-Liu, 2018).

Plusieurs études se sont intéressées à l'effet de la fatigue et de l'âge sur les paramètres posturaux (Bisson *et al.*, 2014 ; Egerton *et al.*, 2009 ; Roman-Liu, 2018). Récemment, une revue systématique de la littérature complétée d'une méta-analyse a comparé les valeurs de déplacement du CoP entre des participants jeunes et des participants âgés (Roman-Liu, 2018). Ce regroupement statistique de 38 études internationales a d'abord mis en évidence une augmentation statistiquement significative du déplacement antéro-postérieur (AP) et médio-latéral (ML) du CoP entre les conditions « yeux fermés » et « yeux ouverts » chez les participants âgés, alors que les participants jeunes présentaient des valeurs similaires pour les deux conditions, témoignant de meilleures capacités à s'adapter à la déprivation visuelle. De plus, des différences dans le déplacement et la vitesse du CoP ont été répertoriées entre les deux groupes d'âge, les participants âgés présentant un déplacement et une vitesse du CoP entre 20 à 50 % plus élevés que les participants jeunes. Une plus grande hétérogénéité dans les données a également été notée pour les participants âgés, témoignant d'une grande variabilité interindividuelle pouvant notamment être attribuée à la présence ou à l'absence de maladie (p. ex. diabète) ou au niveau d'activité physique pratiqué (Hewston et Deshpande, 2016 ; Roman-Liu, 2018). En s'attardant aux changements dans le contrôle postural liés à la fatigue musculaire des muscles stabilisateurs des chevilles, l'équipe de Bisson *et al.* (2014) a mesuré une aire d'oscillation plus importante sur une surface instable en comparaison à une surface ferme avant et après une tâche de fatigue, autant pour un groupe de jeunes adultes que de personnes âgées. Dans cette étude, l'augmentation pour le groupe de personnes âgées était plus prononcée sur la surface instable (augmentation de 78 %) que sur la surface ferme (augmentation de 46 %) et plus importante, lorsque comparée au groupe de jeunes

adultes, présentant respectivement des augmentations de l'aire d'oscillation de 46 % sur la surface instable et de 31 % sur la surface ferme.

1.1.4 Changements physiologiques affectant les propriétés des disques intervertébraux

Le disque intervertébral (DIV) se trouve entre les corps vertébraux de la colonne vertébrale et est composé de trois structures principales : les plateaux cartilagineux, le noyau pulpeux (NP) et l'anneau fibreux (AF) (Purmessur *et al.*, 2013 ; Roughley, 2004 ; Westrick *et al.*, 2011). Le NP est constitué de fibres de collagène de type II et d'élastine qui sont incorporées dans un gel contenant des protéoglycanes, des macromolécules complexes qui jouent un rôle essentiel dans le maintien de la résistance et de l'hydratation des tissus conjonctifs (Dowdell *et al.*, 2017). La densité et la charge négative des protéoglycanes dans le NP génèrent des pressions osmotiques élevées, ce qui contribue à la nature fortement hydratée du NP, aide à maintenir la hauteur du DIV et permet de répartir la charge sur le plateau cartilagineux (Purmessur *et al.*, 2013). Chez le jeune individu, avant le début de la dégénérescence du disque, il existe une frontière distincte entre le noyau et les anneaux concentriques de l'AF (Westrick *et al.*, 2011). L'AF est composé de 15 à 25 lamelles (anneaux concentriques) avec des fibres de collagène parallèles à l'intérieur de chaque lamelle et des fibres de collagène perpendiculaires entre les lamelles adjacentes, ce qui lui confère une résistance à la traction. L'AF externe contient des cellules allongées minces semblables à des fibroblastes, tandis que les cellules internes de l'AF sont plus sphériques et ressemblent à des chondrocytes articulaires. La structure de l'AF a pour fonction de contenir le NP et de maintenir la pression osmotique du NP, aussi appelée pression intradiscale, sous des charges compressives (Roughley, 2004 ; Westrick *et al.*, 2011).

L'approvisionnement sanguin du DIV provient de deux plexus capillaires distincts. Le premier alimente l'AF externe et le second provient des corps vertébraux et se termine à la jonction ostéocartilagineuse (Benneker *et al.*, 2005). Le DIV est une structure avasculaire, dont certaines parties du NP sont situées à 8 mm de la plus proche alimentation sanguine. La nutrition du DIV est ainsi basée sur un gradient de diffusion de glucose, d'oxygène et d'autres macromolécules. Les cellules du NP sont les plus éloignées de l'approvisionnement sanguin, entraînant une faible tension en oxygène et un métabolisme anaérobie. Le micro-environnement du NP a donc une concentration plus élevée d'acide lactique et un pH plus bas que d'autres parties du disque, ce qui peut affecter négativement la fonction cellulaire (Benneker *et al.*, 2005). Le DIV subit des changements liés à l'âge plus tôt dans la vie que de nombreux autres tissus, entraînant des changements histomorphologiques et fonctionnels (Dowdell *et al.*, 2017). Bien que les changements liés à l'âge du DIV soient normaux, le processus de dégénérescence du disque est une condition pathologique distincte impliquant des changements structuraux pouvant se produire à un taux accéléré avec l'âge. Lors de la dégénérescence accrue du DIV, les plateaux cartilagineux ont une perméabilité réduite et un approvisionnement sanguin diminué, entraînant des altérations dans le micro-environnement

du DIV qui favorisent le catabolisme cellulaire (Roughley, 2004 ; Vo *et al.*, 2016 ; Westrick *et al.*, 2011). La teneur globale en protéoglycanes du DIV diminue ainsi avec l'âge, entraînant notamment un DIV moins hydraté et une perte de hauteur discale, altérant potentiellement la façon dont les forces sont redistribuées dans l'unité vertébrale. Les fibres de collagène de type II sont également remplacées par des fibres de collagène de type I dans l'AF interne et le NP (Roughley, 2004 ; Vo *et al.*, 2016 ; Westrick *et al.*, 2011).

1.2 Changements neuromusculaires induits par les activités professionnelles

Les activités professionnelles impliquant le maintien de postures prolongées en position assise ou debout, ainsi que le soulèvement répétitif de charges peuvent engendrer des effets significatifs sur la fonction des structures neuromusculaires, principalement celles de la colonne lombaire.

La position assise prolongée implique l'adoption de postures fléchies, engendrant un phénomène de flexion de la colonne lombaire (Callaghan et McGill, 2001). La flexion de la colonne lombaire entraîne une augmentation de la contribution relative des tissus passifs permettant le maintien d'un torse droit pendant la position assise (Callaghan et Dunk, 2002). Si de telles postures fléchies sont maintenues pendant une longue période, cela peut diminuer la rigidité passive en flexion de la colonne lombaire au fil du temps en raison du fluage viscoélastique des tissus passifs du tronc (par exemple, les muscles, les disques, les ligaments et les capsules articulaires). De telles réductions de la rigidité du tronc peuvent nécessiter une compensation neuromusculaire, car des changements dans les comportements neuromusculaires (c'est-à-dire, une augmentation des niveaux d'activation des muscles du tronc) pourraient potentiellement aider à compenser la perte de rigidité du tronc associée à une flexion prolongée (Bazrgari *et al.*, 2011 ; Hendershot *et al.*, 2011). Il est également couramment admis que s'asseoir par rapport à rester debout entraîne une pression intradiscale plus élevée dans la colonne lombaire, pouvant être associée à des douleurs lombaires, à une dégénérescence du disque, voire à une rupture (Castanharo *et al.*, 2014). L'analyse effectuée dans l'étude de Roman-Liu *et al.*, (2023) soutient cette affirmation. Le calcul de la pression intradiscale relative, son intégration et l'analyse comparative réalisée dans cette étude ont montré que, dans l'ensemble, les postures assises sont plus contraignantes que les postures debout. La pression intradiscale en position assise droite par rapport à la position debout droite se situait dans une fourchette de 1,24 à 1,45. La pression intradiscale relative agrégée en position assise droite était de 1,34, tandis qu'en position assise relaxée, elle était de 1,26. Cela signifie que tant la position assise sans support que la position assise décrite comme relaxée augmentent la charge d'environ 30 % par rapport à la position debout droite. Tout comme la position assise prolongée, rester debout pendant une longue période est également associé à une charge prolongée sur les tissus passifs et à une augmentation de la fatigue musculaire des muscles stabilisateurs thoraciques et lombaires (Callaghan et McGill, 2001). Dans son étude comparant les changements neuromusculaires des muscles du tronc et de la colonne lombaire entre les positions assise, debout et

l'alternance assis-debout, l'équipe de Park et Srinivasan (2021) ont noté une diminution de l'activité musculaire de tous les muscles du tronc avec le temps dans le protocole de position assise prolongée, une diminution de l'activité du longissimus thoracis pars lumborum dans le protocole de passage assis-debout et une diminution de l'activité musculaire du longissimus thoracis pars thoracis fil du temps pendant la position debout prolongée. Les résultats observés concordent également avec l'étude de Mörl et Bradl (2013), démontrant que davantage de flexion de la colonne lombaire lors d'une tâche donnée est associée à une réduction de l'activité musculaire des muscles stabilisateurs de la colonne lombaire, au détriment des structures passives.

La répétition de tâches, telle que le soulèvement de charges peut également être associée à des changements neuromusculaires affectant notamment les régions thoracique et lombaire. Ayant pour objectif principal de quantifier les altérations neuromusculaires des muscles du tronc provoquées par une tâche répétée de soulèvement d'une charge à partir du sol, l'équipe de Kazemi *et al.*, (2022) ont montré qu'avec le temps et l'accumulation de fatigue, les sujets adoptaient une position plus relevée pour soulever une charge au sol (diminution de l'angle moyen de la flexion du tronc), mécanisme qui semblait être activé pour assurer une meilleure stabilité posturale (Rajachandrakumar *et al.*, 2018). Les auteurs ont également noté une baisse significative de la MF, et ce, de manière similaire dans les muscles longissimus lombaires, les multifides lombaires, et les muscles grand dorsal et grand droit de l'abdomen, témoignant de l'accumulation de fatigue musculaire.

1.3 Vieillesse et blessures au travail

Le vieillissement peut influencer de manière significative la dynamique du travail et accroître la susceptibilité aux blessures professionnelles. Avec l'avancée en âge, les travailleurs peuvent faire face à des changements physiologiques, tels que la perte de masse musculaire, la diminution de la densité osseuse et la réduction de la flexibilité articulaire. Ces transformations peuvent contribuer à un risque accru de blessures musculosquelettiques et à une sensibilité accrue aux contraintes physiques liées à l'emploi. Les travailleurs plus âgés peuvent être plus prédisposés aux troubles musculosquelettiques, tels que les maux de dos, les entorses et les tendinites, en raison de la diminution de la résilience des tissus (Kenny *et al.*, 2016). Ils sont également plus à risque de chutes sur leur lieu de travail en raison des changements affectant leur contrôle postural. À titre d'exemple, les travailleurs âgés œuvrant dans le secteur de la construction subissent davantage de blessures au membre inférieur causées par des chutes comparativement aux travailleurs plus jeunes œuvrant dans le même secteur (Choi, 2015). De plus, la récupération après une blessure peut prendre plus de temps chez les individus plus âgés, affectant potentiellement leur productivité et leur qualité de vie au travail. Les travailleurs plus jeunes sont également à risque de blessures, mais la nature et la gravité de celles-ci diffèrent. En effet, une revue systématique de Bravo *et al.*, (2022) suggère que les travailleurs plus jeunes subissent davantage de blessures non fatales au travail, alors que les travailleurs plus âgés subissent plus de blessures fatales.

IRSST ■ Impact des efforts physiques en milieu de travail sur le développement de la fatigue musculaire, les propriétés tissulaires et la stabilité posturale des travailleurs plus âgés : une étude de faisabilité

Malgré ces différences, il est montré que si des stratégies appropriées sur le lieu de travail sont adoptées pour capitaliser sur les forces et protéger contre les vulnérabilités des travailleurs vieillissants, ces derniers peuvent performer aussi efficacement que leurs homologues plus jeunes (Zavanela *et al.*, 2012). À ce jour, la majorité des études portant sur l'impact d'un effort physique sur les propriétés musculaires et la stabilité posturale des travailleurs vieillissants se sont concentrées sur les groupes musculaires et les articulations du membre inférieur. Des études supplémentaires sont donc nécessaires pour mieux comprendre l'impact d'un effort déployé sur la musculature du tronc, principalement de la colonne lombaire, afin d'ultimement mettre en œuvre des stratégies sur les lieux de travail qui permettront de réduire le risque de blessures.

2. OBJECTIFS DE RECHERCHE

L'objectif principal de cette étude était d'évaluer la faisabilité de la mise en place d'un système d'évaluation de l'impact des efforts physiques chez des travailleurs âgés dans leur milieu de travail.

Plus spécifiquement, l'étude de faisabilité visait à déterminer l'impact des efforts physiques déployés au cours d'une journée de travail sur l'endurance et la fatigue musculaire, les propriétés tissulaires et la stabilité posturale des travailleurs plus âgés et à comparer ces impacts à ceux observés chez les travailleurs plus jeunes.

L'hypothèse émise initialement stipulait que pour une charge de travail équivalente, les travailleurs âgés allaient subir des changements physiologiques et biomécaniques plus importants au cours d'un quart de travail, les exposant potentiellement à un risque de blessures musculosquelettiques plus élevé.

3. MÉTHODOLOGIE

3.1 Devis

Une étude pilote a été réalisée, permettant d'établir la faisabilité relative au recrutement et à l'évaluation de travailleurs au sein de leur milieu de travail, en plus de déterminer la pertinence des mesures proposées pour l'exploration des changements physiques et physiologiques que subissent les travailleurs au cours d'une journée. Une étude pilote représente l'étape préalable à une étude de plus grande envergure (Eldridge *et al.*, 2016), permettant de coordonner et de valider à plus petite échelle les différents aspects méthodologiques de la démarche scientifique, laissant également l'opportunité d'apporter des correctifs lorsque nécessaire. Les études pilotes ont également pour objectifs d'évaluer la sécurité des évaluations proposées, le potentiel de recrutement au sein de la population d'intérêt, la faisabilité de mener à terme un projet de grande envergure, basé sur une population au profil similaire, ainsi que d'accroître les connaissances au sujet des différentes variables mises à l'étude (Thabane *et al.*, 2010).

3.2 Déroulement général de l'étude

Pour répondre aux objectifs décrits précédemment, deux groupes de travailleurs c'est-à-dire un groupe de travailleurs plus âgés (> 50 ans) et un groupe de travailleurs plus jeunes (≤ 50 ans) ont été évalués par l'équipe de recherche. Avant et après une journée de travail typique, les participants étaient invités à se présenter au laboratoire de la Chaire internationale en santé neuromusculosquelettique à l'UQTR pour compléter les évaluations des variables quantitatives physiques et physiologiques et les mesures objectives autorapportées. Les évaluations de fin de journée étaient réalisées maximum 30 minutes après la fin de la journée de travail.

Entre les deux prises de données au laboratoire, une analyse ergonomique de l'activité pour chaque participant a été réalisée, comprenant une observation générale et systématique (avec captation vidéo numérique de séquences sélectionnées) de la journée de travail.

3.3 Participants

Un nombre total de 41 travailleurs et travailleuses qui occupent des titres d'emplois variés de la catégorie active (c.-à-d. des travailleurs qui passent moins de 50 % du temps au cours d'une journée de travail en position assise). La taille d'échantillon a été établie en considérant la capacité à recruter des groupes de travailleurs équivalents sur une période de neuf mois et tenant compte que le taux d'attrition devait être minimal, voire nul. Pour participer à l'étude et afin de permettre l'identification de différences dans les changements physiques et physiologiques résultant du processus du vieillissement, les travailleurs devaient répondre

aux critères d'inclusion détaillés dans le tableau 1. La confirmation de l'admissibilité des participants a été assurée par un membre de l'équipe de recherche en contactant les participants au préalable par téléphone ou par courriel.

Tableau 1. Critères d'inclusion et d'exclusion

Critère d'inclusion	Critère d'exclusion
Occuper un emploi de catégorie active (c.-à-d. temps plein ou temps partiel)	Avoir obtenu un congé de maladie au cours des trois mois précédant l'évaluation
Être âgé(e) de 18 ans ou plus	Présenter des limitations physiques qui ne permettent pas au participant de réaliser les tâches demandées
	Avoir une pathologie active incapacitante au niveau du rachis ou des membres inférieurs
	Avoir un dossier actif à la Commission des normes, de l'équité, de la santé et de la sécurité du travail (CNESST).

3.3.1 Stratégies de recrutement

Les participants devaient être recrutés sur une période de neuf mois par le biais du portail des employés de l'UQTR, de concert avec la directrice du Service de la protection publique et de la santé et sécurité au travail de l'institution. Cette étude devait également être réalisée en partenariat avec le service des ressources humaines de l'UQTR qui s'était engagé à : 1) promouvoir l'étude; 2) faciliter la diffusion de l'information auprès des employés de l'UQTR; 3) libérer les employés qui souhaitaient participer à l'étude pendant leur quart de travail. Cependant, la stratégie initiale a été largement mise de côté en raison de la pandémie (p. ex. : suspension du projet pendant 18 mois, changement de personnel au Service de la protection publique et de la santé et sécurité au travail, pénurie d'employés et surcharge de travail postpandémie dans la majorité des services préalablement contactés). Ainsi, pour faciliter le recrutement et palier à la faible quantité de travailleurs volontaires attribuable en partie aux circonstances entourant la pandémie de COVID-19, il a été décidé de recruter des travailleurs œuvrant dans des milieux de travail similaires de la région de Trois-Rivières. Un étudiant, membre de l'équipe de recherche, a contacté les chefs de service des différentes organisations pour discuter du projet et rencontrer des travailleurs afin de les inviter à participer au projet.

3.4 Mesures de résultats

Des variables physiques et physiologiques ont été mesurées à deux reprises : avant le début et à la fin d'une journée de travail typique pour tous les travailleurs participant à l'étude. Ces mesures comprenaient : 1) un test de fatigue musculaire des muscles du tronc (tâche de Sorensen modifiée); 2) l'évaluation de la hauteur discale pour l'ensemble du rachis (stadiomètre); 3) un test de stabilité posturale (plateforme de force). Au cours de la journée de travail, une analyse ergonomique de l'activité de travail a été réalisée, comprenant une observation générale et systématique de l'activité de travail. En comparant les mesures physiques et physiologiques entre les travailleurs plus âgés et plus jeunes, cela a également permis d'identifier les contraintes potentielles dans chacun des groupes, en plus d'évaluer si tous les participants ont pu accomplir l'ensemble des tâches de façon sécuritaire.

De plus, afin d'évaluer la possibilité de mener une étude semblable à plus grande échelle et dans différents milieux de travail où œuvrent des travailleurs âgés et plus jeunes, ces mesures ont été bonifiées par une évaluation de la faisabilité de l'intervention.

3.4.1 Évaluation de la faisabilité

En plus des taux de recrutement, l'acceptabilité et le respect des conditions du port de l'actimètre ont été mesurés à l'aide du questionnaire *Technology Acceptance Questionnaire* (Rahimi *et al.*, 2018) (consulter l'annexe A pour l'adaptation française de celui-ci). Le participant était invité à autoévaluer son expérience en regard du port de l'actimètre en notant : 1) son niveau de confort; 2) sa crainte d'abîmer l'outil; 3) son sentiment de gêne dans les activités de travail; 4) son niveau de modification des tâches au travail; 5) son niveau de distraction dans les activités de travail en raison du port de l'outil. Chaque élément était noté à l'aide d'une échelle de Likert à 4 points (1 - Pas du tout d'accord ; 2 - Moyennement en désaccord ; 3 - Moyennement en accord ; 4 - Tout à fait d'accord), un pointage plus élevé signifiant un niveau plus faible d'acceptabilité de l'actimètre.

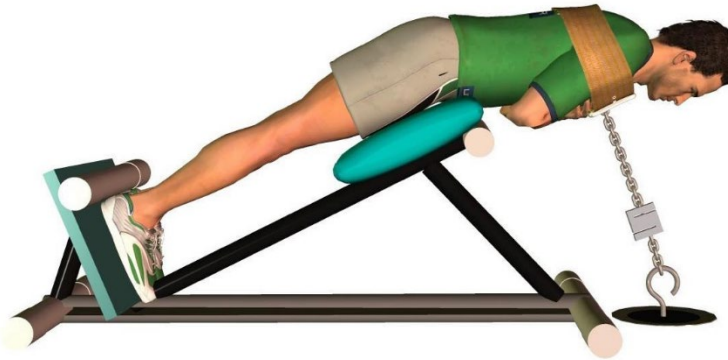
3.4.2 Évaluation en laboratoire (variables quantitatives dépendantes)

L'endurance et la fatigue musculaire

La tâche d'endurance et de fatigue musculaire a été réalisée à l'aide du test de Sorensen modifié afin de quantifier l'endurance musculaire des travailleurs. Ce test a été réalisé en décubitus ventral sur un plan incliné à 45 degrés, le sujet positionnant le bord supérieur de ses crêtes iliaques à la limite du bord de table (Abboud *et al.*, 2016 ; Champagne *et al.*, 2009). Ce test a été réalisé en décubitus ventral sur un plan incliné à 45 degrés, le sujet positionnant le bord supérieur de ses crêtes iliaques à la limite du bord de table. Deux sangles ont été utilisées pour immobiliser et stabiliser les membres inférieurs ; celles-ci ayant été disposées au niveau du bassin et des chevilles. Le test consistait à demander au

participant de maintenir, le plus longtemps possible, en isométrie, le poids de son tronc, à une charge externe de 10 livres, les bras étant croisés sur la poitrine. Le test se terminait lorsque le sujet ne parvenait plus à maintenir la position de référence pendant plus de trois secondes (Demoulin *et al.*, 2007). La figure 1 illustre la position du participant lors de l'exécution du test de Sorensen modifié et du test de MVIC.

Figure 1. Test de Sorensen modifié.



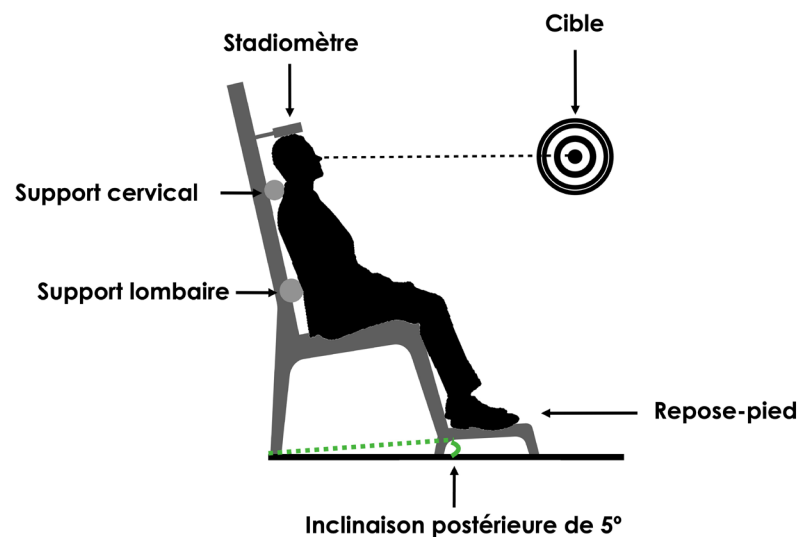
Trois indicateurs de la fatigue musculaire ont été mesurés avec ce test : 1) la durée du maintien de la posture; 2) des mesures de forces (MVIC pré-post journée de travail); 3) ainsi que des mesures d'électromyographie (EMG), permettant une évaluation des paramètres physiologiques de la fatigue musculaire durant la tâche d'endurance. L'EMG de surface a été collectée à l'aide de deux électrodes bipolaires (Modèle DE2.1, Delsys Inc., Boston, MA, États-Unis) placée sur les érecteurs du rachis vis-à-vis le processus épineux de L3. La peau a été rasée et nettoyée avec du papier sablé fin (Red DotTrace Prep ; 3M, St. Paul, MN) et de l'alcool à friction (alcool éthylique à 70 %). Les électrodes EMG ont été positionnées au même endroit par le même évaluateur et l'emplacement a été marqué au crayon pour assurer la fidélité entre les sessions d'évaluation. Les signaux EMG ont été amplifiés par un facteur de X10000. La fréquence d'échantillonnage était de 1000 Hz. Les signaux ont été importés et analysés à l'aide de Matlab (v.2022b ; The MathWorks, Natick, MA). Les signaux obtenus à partir des deux EMG ont été soumis à un filtrage passe-bande numérique à l'aide d'un filtre de Butterworth du 4^e ordre avec une plage de fréquences de 20 à 450 Hz. Des filtres notch, mis en œuvre sous la forme de filtres de Butterworth du 2^e ordre, ont également été appliqués pour éliminer les interférences de la ligne électrique à 60 Hz et de ses harmoniques (harmoniques supprimées : 60,120,180, 240 300 360 420 480 Hz). Afin d'évaluer la fatigue musculaire lors du test d'endurance, les mesures électromyographiques comprenaient la moyenne de la MF (côté droit et côté gauche) du signal EMG, la moyenne de la pente de la MF (côté droit et côté gauche) du signal EMG. Ces mesures de fatigue ont une bonne fidélité intersession pour évaluer le taux de fatigue des muscles du dos lors du

test de Sorensen (Ng et Richardson, 1996). Les données ont été analysées sur toute la durée de l'enregistrement, du début jusqu'à l'épuisement. Considérant le potentiel de variabilité interindividuelle, 3 catégories d'indicateurs potentiels de fatigue musculaire (temps au test de Sorensen, MVIC et indicateurs EMG) ont été jugées nécessaires pour rendre compte du phénomène de fatigue musculaire.

Évaluation de la hauteur discale

Le stadiomètre (235 Heightronic™ Digital Stadiometer, Measurement Concepts, Quick Medical, Snoqualmie, WA. Précision : 0,01 mm) est constitué d'une toise numérique montée sur un cadre de bois. Le stadiomètre permet de mesurer la hauteur de la colonne vertébrale du sommet du crâne aux tubérosités ischiatiques. Un coussin cervical et lombaire est apposé derrière les deux segments respectifs du participant et est stabilisé au cadre de bois. Cette étape permet de conserver les courbures physiologiques du rachis, évitant de cette manière une variation de la hauteur par modifications des concavités/convexités des courbures. Elle permet de repositionner le participant dans la même position le matin et à la fin de la journée de travail. La figure 2 illustre la position du participant lors de l'évaluation de la hauteur discale. Les mesures stadiométriques ont montré une très bonne reproductibilité, que ce soit en position assise ou debout (Kanlayanaphotporn *et al.*, 2002 ; Rodacki *et al.*, 2001). Pour cette étude, les évaluations de la hauteur discale ont été effectuées en position assise.

Figure 2. Évaluation de la hauteur discale par stadiométrie.



Test de stabilité posturale

Le contrôle postural s'effectue par l'intégration des informations vestibulaires, proprioceptives et visuelles. Dans la présente étude, le contrôle postural a été évalué à l'aide d'une plateforme de force (Bertec Corporation®, Columbus, OH, USA). Les participants devaient se tenir debout sur la plateforme pour des périodes continues de 30 secondes. Trois essais étaient réalisés pour chacune des trois conditions posturales suivantes :

1. Le tiers des essais a été réalisé en position debout bipodal avec les yeux ouverts, les bras étant maintenus de chaque côté du corps.
2. Pour le deuxième tiers, les essais ont été effectués en position debout bipodal avec les yeux fermés, les bras étant maintenus de chaque côté du corps.
3. Finalement, pour le dernier tiers, les participants avaient les yeux ouverts, mais devaient se tenir sur une surface instable (surface en mousse de 10 cm d'épaisseur).

La fermeture des yeux et l'ajout d'une surface en mousse perturbent l'un des systèmes sensoriels (vision et informations somatosensorielles du membre inférieur) ce qui nécessite une plus grande contribution des autres systèmes sensoriels.

Dans la position debout, avec les yeux ouverts et yeux fermés, la distance entre les deux pieds correspondait à la largeur des épaules (surface latérale des pieds). Les données des essais où une perte d'équilibre ou un déplacement du pied se produisait n'ont pas été prises en compte. Dans les deux conditions yeux ouverts (position debout bipodal et debout sur une surface instable), les participants fixaient une cible à trois mètres de distance, au niveau des yeux. La collecte des données commençait une fois que les participants se sentaient prêts et stables. Une série de trois essais dans chacune des trois conditions était réalisée, avec une pause de 30 secondes entre chaque essai. Chaque essai durait 30 secondes. L'ordre des conditions était aléatoire entre les participants. La position des pieds de chaque participant était dessinée sur une feuille de papier recouvrant la plateforme de force. Ces contours étaient utilisés pour s'assurer que les participants reprenaient la même position à chaque essai. Le bon déroulement des sessions et le respect de chaque condition ont été assurés par deux membres de l'équipe de recherche. Ce protocole est reconnu pour fournir des données valides et fiables pour l'évaluation du contrôle postural (da Silva *et al.*, 2013).

Les données cinétiques provenant de la plateforme de force ont été recueillies à une fréquence d'échantillonnage de 100 Hz et ont été filtrées par un filtre passe-bas du 2^e ordre à 10 Hz à l'aide du logiciel MATLAB (v.2023a ; TheMathWorks, Natick, MA).

Les variables suivantes ont été calculées, sur une période de 30 secondes (1 essai), pour rendre compte du contrôle postural :

1. Le déplacement total du centre de pression (CoP) en direction antéro-postérieure (CoP_{AP}) et médio-latérale (CoP_{ML}), calculée de la façon suivante :

$$CO_{AP} = M_{ML} \div F_Z$$

$$CO_{ML} = M_{AP} \div F_Z$$

Où F_Z représente la composante verticale de la force de réaction du sol ; M_{AP} et M_{ML} représentent les moments de force exercés sur la surface de la plateforme de force dans des directions AP (antéro-postérieure) et ML (médio-latérale), respectivement.

1. La surface totale du déplacement du CoP (mm²) représente l'étendue de la trajectoire parcourue par le CoP sur la plateforme de force pendant une période donnée.
2. La vitesse moyenne du déplacement du CoP (mm.s⁻¹) est calculée en divisant la distance totale parcourue par le CoP par la durée de l'essai. La formule générale pour calculer la vitesse moyenne dans une direction spécifique (par exemple, antéro-postérieure ou médio-latérale) est la suivante :

$$\text{Vitesse moyenne} = \frac{\text{Somme des déplacements vectoriels en 2D}}{\text{Durée totale de l'essai}}$$

1. La racine carrée de la moyenne (RMS) du déplacement du CoP (mm) indique l'étendue moyenne des déplacements du CoP pendant une période spécifique. En d'autres termes, elle mesure la dispersion ou l'amplitude des oscillations du CoP dans une direction particulière (par exemple, antéro-postérieure ou médio-latérale) au cours d'une tâche d'équilibre. En général, une valeur RMS plus élevée peut indiquer une plus grande variabilité ou instabilité dans le contrôle postural (Geurts *et al.*, 1993). L'amplitude des oscillations du CoP a été calculée par rapport à sa position moyenne.

L'analyse de la stabilité posturale dans les trois conditions détaillées ci-haut avait pour objectif d'identifier si la perturbation de l'un des systèmes sensoriels entraînait un effet plus prononcé sur l'équilibre. La moyenne des 3 essais pour chacune des trois conditions a été utilisée pour les analyses.

3.4.3 Variables quantitatives contrôlées

Évaluation du niveau d'activité physique journalier

Entre les deux prises de mesures (avant et après la journée de travail), les participants ont porté un actimètre (activPAL), permettant une collecte de données objectives relatives au niveau d'activité physique durant la journée de travail. L'actimètre est un outil dont la validité est reconnue, permettant d'obtenir des estimations individuelles des variables de comportements actifs et sédentaires chez des individus adultes en bonne santé (Lyden *et al.*,

2017). L'actimètre a été porté en continu sur le membre inférieur non dominant. Les données recueillies incluent le nombre de pas effectués ainsi que le temps (en heure) passé en situation d'inactivité (position assise), le temps passé en position debout, ainsi que le nombre d'évènements où le participant passe de la position assise à debout. De plus, l'actimètre a permis d'évaluer la dépense énergétique de cette journée de travail. L'actimètre ne considère pas les données anthropométriques ou l'âge des participants, il fournit donc une estimation globale de la dépense énergétique (Harrington *et al.*, 2011).

Satisfaction au travail

L'évaluation physique en laboratoire a été complétée par des mesures objectives autorapportées, dont un questionnaire de satisfaction au travail (*Minnesota Satisfaction Questionnaire*) (Weiss *et al.*, 1967), dont la version française a été validée par Roussel (1996). Ce questionnaire évalue la satisfaction intrinsèque (liée à des éléments relevant de la personne), la satisfaction extrinsèque (liée à des éléments relevant de l'environnement) et la satisfaction générale en regard du travail. Les résultats du questionnaire peuvent être interprétés par rapport à des percentiles selon des groupes normatifs en regard des types d'emploi. Un résultat supérieur au 75^e percentile correspond à un haut degré de satisfaction alors qu'un résultat inférieur au 25^e percentile correspond à un faible niveau.

Pour ce projet, la version courte du *Minnesota Satisfaction Questionnaire*, comprenant 20 items, a été utilisée en considérant le temps d'administration plus court (consulter l'annexe B). Le temps pour remplir le questionnaire est estimé entre cinq et 10 minutes, sans toutefois être limité, mais le répondant est encouragé à répondre rapidement. De plus, les résultats obtenus quant à la satisfaction intrinsèque, extrinsèque et générale sont suffisants pour répondre à l'objectif.

Analyse ergonomique de l'activité

L'analyse ergonomique de l'activité permet de rendre compte des différentes tâches qu'effectuent les travailleurs durant leur temps de travail et de comment ces dernières sont réalisées, en plus de mettre en évidence les différentes contraintes auxquelles les travailleurs sont confrontés. Ce type d'analyse permet de montrer l'écart entre ce qui est prescrit par l'organisation et les réalités du travail en plus de déterminer si l'effort physique déployé pour une tâche est équivalent pour des postes de travail comparables (Daniellou et Béguin, 2004). L'analyse ergonomique de l'activité permet également d'identifier les écarts possibles entre les groupes de travailleurs jeunes et plus âgés (variable contrôlée) tout en permettant d'évaluer si la définition de la tâche et de l'emploi permet de classer adéquatement le travailleur dans un groupe de travailleurs actifs (variable de faisabilité pour une étude de plus grande envergure). Les différents facteurs pouvant influencer le travail peuvent être d'origine organisationnelle (temps de travail, charge de travail, marge de manœuvre et ressources, style de management, etc.), environnementale (contraintes sonores, lumineuses, thermiques,

encombrement, normes de sécurité, etc.) ou individuelle (modes opératoires, ancienneté, expertise, genre, etc.). La charge de travail physique peut se schématiser selon le calcul suivant :

$$\text{Charge} = \text{Temps} + \text{Intensité}$$

Plus le travail est exigeant physiquement et d'une durée plus longue, plus la charge s'élève et le risque de problèmes physiques augmente. Afin d'étudier l'exposition des travailleurs aux facteurs de risque associés à la charge biomécanique et posturale (cou, tronc et membres supérieurs et inférieurs), l'analyse ergonomique s'ancre dans un devis mixte, combinant des éléments de méthodologies quantitatives et qualitatives, avec l'utilisation de trois différents outils : 1) l'observation générale et systématique d'une journée de travail; 2) l'entretien compréhensif et d'explicitation; 3) l'analyse documentaire. Dans le cadre du présent projet, seule l'observation générale et systématique de la journée de travail permettait la collecte de données complémentaires et cohérentes à l'objectif de l'activité de recherche. Ce faisant, la méthodologie et les résultats relatifs à la réalisation des entretiens et à l'analyse documentaire (étapes réalisées en parallèle à ce projet) sont présentés en annexe (voir annexe C et E).

Observation générale et systématique de l'activité de travail : Les périodes d'observation, d'une durée variable de 60 à 120 minutes chacune, avaient pour objectif de documenter les positions adoptées par les participants et de qualifier si celles-ci étaient adéquates ou contraignantes. L'observation systématique réfère à la portion de travail qui est la plus exigeante physiquement alors que l'observation générale porte une attention plus globale sur la situation de travail. En regard de l'observation systématique, une grille d'observation a été élaborée à la suite d'une analyse documentaire afin d'identifier les positions les plus exigeantes au niveau des structures physiologiques. Celles-ci ont été observées de façon systématique à l'aide du logiciel ActoGraph (SymAlgo Technologies, Paris, France). L'annexe D présente la grille d'observation utilisée pour cette étape du projet. Traditionnellement, quatre niveaux de contraintes sont considérés dans l'analyse des positions adoptées, soit : 1) les contraintes biomécaniques; 2) les contraintes organisationnelles; 3) les contraintes environnementales; 4) les contraintes cognitives et affectives. Pour ce projet, seules les contraintes biomécaniques ont été considérées. Les contraintes biomécaniques nécessitent l'implication du corps du travailleur. La présence ou l'absence d'une contrainte biomécanique se détermine par l'observation de diverses composantes, telles que la force déployée lors d'une tâche, la répétition de la tâche, ainsi que l'amplitude de mouvement nécessaire pour effectuer la tâche (Parent *et al.*, 2012). La force correspond aux actions de pousser-tirer, soulever ou déplacer des charges à deux mains. La répétition, quant à elle, se définit comme l'accomplissement d'un même mouvement par un même groupe de muscles, selon une cadence imposée ou non. Selon les normes de l'Institut national de santé publique du Québec (INSPQ), le travail répétitif des membres supérieurs est considéré comme présent si le travailleur réalise des tâches caractérisées par des cycles de travail répétés ou bien des

tâches durant lesquelles les mêmes actions sont répétées pendant plus de 50 % du cycle de travail, pour au moins une durée d'une heure par quart de travail (Stock *et al.*, 2021).

Finalement, l'adoption de positions contraignantes correspond à des mouvements qui se font dans les amplitudes extrêmes des articulations, ou à des positions statiques maintenues pour plus de quatre secondes consécutives et répétées pendant un temps significatif du quart de travail (Parent *et al.*, 2012 ; Stock *et al.* 2021). Ces positions sont qualifiées selon les zones d'atteintes dans le plan horizontal ou vertical, ce qui peut influencer les demandes physiologiques. L'un des principaux principes d'aménagement ergonomique est de favoriser l'adoption d'une position assise ou debout qui permettra de se rapprocher le plus près possible de la position naturelle du corps, évitant ainsi que les articulations ne soient mobilisées aux limites des mouvements articulaires. Dans son rapport *Contraintes du travail associées aux troubles musculosquelettiques*, l'INSPQ propose un guide d'évaluation rapide des postures statiques et contraignantes pour les principales articulations du corps (Stock *et al.*, 2021). Dans le cadre de ce projet, une attention particulière a été portée sur la présence ou l'absence de positions contraignantes au niveau du tronc de la colonne lombaire (voir les tableaux 8 et 9 p. 25-27 du rapport de l'INSPQ).

Lors de la manutention de charges, l'emplacement vertical, le déplacement vertical et la distance horizontale parcourue lors des actions de manutention sont également des paramètres considérés pour l'évaluation de situations ergonomiques critiques (Stock *et al.*, 2021). Plus précisément, comme illustré dans le rapport de l'INSPQ précédemment discuté (voir le tableau 2, p. 16 du rapport de l'INSPQ), l'emplacement vertical des mains, la distance verticale entre le point de prise et le point de dépôt de l'objet et la distance horizontale entre le corps du travailleur et la charge manutentionnée font l'objet d'une observation systématique (Stock S., 2021). La distance horizontale entre le corps et la charge manutentionnée peut également être scindée en « zones d'atteintes horizontales », principalement lorsqu'il est question de l'exécution de tâches manuelles en position assise (Centre canadien d'hygiène et de sécurité au travail [CCHST], 2018). La zone d'atteinte primaire réfère à la zone à portée de main, ne nécessitant aucun mouvement du tronc et une amplitude de mouvement minimale du membre supérieur. La zone d'atteinte secondaire peut être atteinte en étirant le bras, pouvant également nécessiter une amplitude de mouvement minimale au niveau du tronc. Enfin, la zone d'atteinte tertiaire requiert une flexion importante du tronc puisque l'objet à atteindre se trouve à une distance supérieure que la longueur du bras tendu (Stock *et al.*, 2021).

3.5 Analyses statistiques

Des statistiques descriptives permettent l'analyse de la faisabilité du projet de recherche à plus grande échelle en dressant un portrait des participants recrutés et des caractéristiques de leur travail. Le test de Shapiro-Wilk a été effectué pour toutes les variables continues afin de déterminer la distribution des données. Les données sociodémographiques, les conditions

du port de l'actimètre, les niveaux d'activité physique journalières et la présence de contraintes au travail ont été résumés à l'aide de distributions de fréquences pour les variables catégorielles, et de moyennes et écarts types pour les variables continues. Pour les comparaisons entre groupes, le test t indépendant de Student a été utilisé pour les variables continues et le test du chi carré ont été utilisés pour les variables catégorielles. Les comparaisons entre les groupes de travailleurs âgés et jeunes pour les différentes variables neurophysiologiques ont été évaluées en utilisant un modèle statistique d'analyse de la variance (ANOVA) à mesures répétées (deux temps de mesure ; AM et PM) sur deux groupes indépendants (travailleurs âgés et travailleurs jeunes). Toutes les autres mesures comprenant, entre autres, le sexe, le niveau d'activité physique ont été utilisées comme variables contrôlées lors des analyses. Plus précisément, lorsque les deux groupes présentaient des différences significatives ($p \leq 0,05$) dans ces caractéristiques de base, ces variables ont été intégrées dans un modèle d'analyse de covariances (ANCOVA) qui a permis de calculer les effets dus à l'âge tout en contrôlant l'effet des autres variables potentiellement confondantes et qui pourraient influencer la relation initiale entre l'âge et les changements physiques et physiologiques mesurés avant et après la journée de travail. Des tests post hoc de Bonferroni ont été utilisés lorsque nécessaire. Les tailles d'effet sont rapportées à l'aide de l'eta carré partiel (η^2). Les tailles d'effet ont été classées comme étant petites (0,01), moyennes (0,06) et grandes ($\geq 0,14$) (Lakens, 2013). Les résultats sont présentés en utilisant la moyenne et l'écart type. Concernant les mesures ergonomiques, des statistiques descriptives et des statistiques inférentielles (proportion entre les deux groupes de travailleurs) ont été utilisées.

4. RÉSULTATS

4.1 Démarches et taux de recrutement

Trente (30) milieux (université, petites et grosses entreprises, marché alimentaire) ont été sollicités en Mauricie afin de recruter des travailleurs correspondant aux critères d'inclusion. Quarante pour cent des milieux sollicités (12/18) se sont montrés intéressés à présenter le projet à leurs employés. Ce sont ainsi 174 personnes qui ont reçu les informations relatives au projet de recherche. Parmi ces participants potentiels, 41 travailleurs (23,56 %) ont accepté de participer au projet. Les raisons les plus souvent évoquées par les milieux approchés pour décliner la présentation du projet à leurs employés étaient le manque de personnel et l'absence de travailleurs correspondant aux critères d'inclusion.

4.2 Caractéristiques des participants

4.2.1 Caractéristiques sociodémographiques et satisfaction au travail

Un total de 41 participants, soit 21 dans le groupe 1 (travailleurs jeunes : ≤ 50 ans) et 20 dans le groupe 2 (travailleurs âgés : > 50 ans) ont été recrutés pour cette étude. Les caractéristiques sociodémographiques et les résultats relatifs à la satisfaction au travail pour chacun des groupes sont présentés au tableau 2. Les deux groupes ne différaient entre eux pour aucune variable sociodémographique, à l'exception de l'âge moyen, du nombre d'années d'ancienneté et du poids moyen (kg). Les participants âgés présentaient un nombre d'années d'ancienneté significativement plus élevé, se chiffrant à $13,04 \pm 13,56$ années, comparativement à $2,48 \pm 2,60$ pour les travailleurs plus jeunes ($p < 0,05$). Le poids moyen des travailleurs âgés ($79,13 \pm 16,30$ kg) était également significativement plus élevé ($p < 0,001$) lorsque comparé aux travailleurs plus jeunes ($69,4 \pm 13,31$ kg). Le poids a été intégré dans un modèle d'analyse de covariances (ANCOVA) pour analyser les mesures quantitatives en raison des différences entre les groupes. Ceci permet de contrôler l'effet confondant du poids sur la force, l'endurance et la fatigue musculaire (Maffiuletti *et al.*, 2007), ainsi que sur la hauteur discale (Urquhart *et al.*, 2014) et la stabilité posturale (Teasdale *et al.*, 2007).

Sur l'ensemble de l'échantillon, les données de satisfaction au travail de sept participants n'ont pu être collectées, puisque les questionnaires autorapportés de ces derniers n'ont pu être récupérés en fin de journée de travail, ou alors n'ont pas été retournés par courriel, et ce, même après plusieurs relances. Néanmoins, aucune différence statistiquement significative dans la satisfaction générale, intrinsèque et extrinsèque au travail n'a été notée entre les travailleurs jeunes et les travailleurs plus âgés ($p > 0,05$). Selon les 34 questionnaires complétés, neuf participants rapportent un faible niveau de satisfaction au travail alors que 25 participants présentent un haut niveau de satisfaction.

Tableau 2. Caractéristiques sociodémographiques des participants

Caractéristique	Groupe 1 (N= 21)	Groupe 2 (N=20)
n (%) ou moyenne \pm écart type		
Âge (années)*	29,79 \pm 7,09	59,40 \pm 5,29
Genre	M : 10 (47,6) F : 11 (52,4)	M : 12 (60,0) F : 8 (40,0)
Années d'ancienneté *	2,52 \pm 2,58	13,04 \pm 13,56
Poids (kg)*	69,40 \pm 13,32	79,13 \pm 16,30
Taille (cm)	169,14 \pm 8,60	170,50 \pm 10,70
Type d'emploi		
Enseignement	5 (23,8)	4 (20,0)
Travail administratif	5 (23,8)	4 (20,0)
Ouvrier/Ouvrière	9 (42,9)	7 (35,0)
Autre	2 (9,5)	5 (25,0)
Satisfaction au travail		
Générale	83,29 \pm 11,53	81,61 \pm 11,93
Intrinsèque	51,35 \pm 6,55	50,72 \pm 7,75
Extrinsèque	24,29 \pm 3,74	23,11 \pm 5,86

* : $p < 0,05$; F : Femme ; H : Homme ; kg : kilogrammes ; cm : centimètres

4.3 Acceptabilité

Les données relatives à l'acceptabilité du port de l'actimètre ont pu être comptabilisées pour 38 participants, soient pour 18 travailleurs jeunes et 20 travailleurs âgés. Les deux groupes de travailleurs ne diffèrent pas significativement en matière d'acceptabilité du port de l'actimètre, tant pour son acceptabilité globale que pour les différentes composantes évaluées.

- IRSST** ■ Impact des efforts physiques en milieu de travail sur le développement de la fatigue musculaire, les propriétés tissulaires et la stabilité posturale des travailleurs plus âgés : une étude de faisabilité

Tableau 3. Acceptabilité du port de l'actimètre

Composante	Groupe 1 (N=18)	Groupe 2 (N=20)
n (%) ou moyenne \pm écart type		
Acceptabilité globale	5,17 \pm 0,51	5,30 \pm 0,65
Confort	1,11 \pm 0,32	1,05 \pm 0,22
Crainte d'abîmer l'outil	1,06 \pm 0,24	1,25 \pm 0,64
Gêne dans les activités de travail	1,00 \pm 0,00	1,00 \pm 0,00
Modifications des tâches	1,00 \pm 0,00	1,00 \pm 0,00
Distraction dans les activités de travail	1,00 \pm 0,00	1,00 \pm 0,00

4.4 Mesures quantitatives

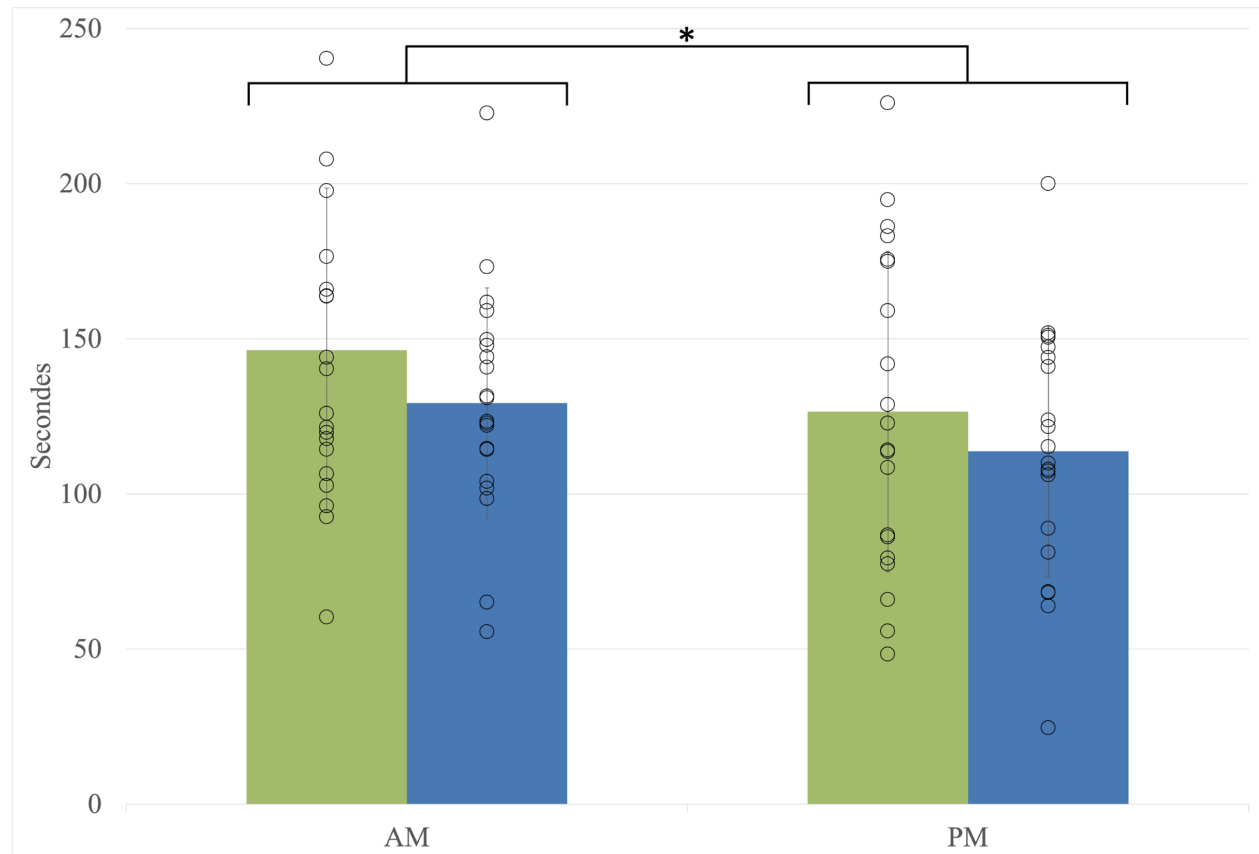
4.4.1 Endurance et fatigue musculaire

Durée du maintien de la posture au test de Sorensen modifié

Les données relatives au maintien de la posture lors de l'exécution du test de Sorensen modifié ont pu être comptabilisées pour 40 des 41 participants (20 travailleurs jeunes ; 20 travailleurs âgés). Un effet statistiquement significatif du moment de la journée (AM, PM) sur la durée du maintien de la posture lors du test de Sorensen modifié ($F(1,38) = 28,937$; $p < 0,001$; η^2 partiel = 0,432) a été observé. Les analyses *post hoc* ont révélé que, sans égard à l'âge des travailleurs, des derniers manifestent des temps de maintien de la posture d'extension lombaire plus élevés le matin (AM) qu'en fin de journée (PM) ($p < 0,001$) (figure 3). Aucune interaction significative entre le moment de la journée et l'âge des travailleurs n'a été observée ($F(1,38) = 0,419$; $p = 0,521$; η^2 partiel = 0,011). En outre, aucun effet significatif de l'âge (en tant que facteur inter-groupe) sur la durée du maintien de la posture lors du test de Sorensen modifié ($F(1,38) = 1,123$; $p = 0,296$; η^2 partiel = 0,029) n'a été observé. L'ajout du poids corporel comme covariable lors de l'ANCOVA a révélé

l'absence d'effet significatif du moment de la journée sur la durée du maintien de la posture lors du test de Sorensen modifié ($F(1,37) < 0,001$, $p = 0,982$, η^2 partiel = 0,000).

Figure 3. Temps du maintien de la posture au test de Sorensen modifié.

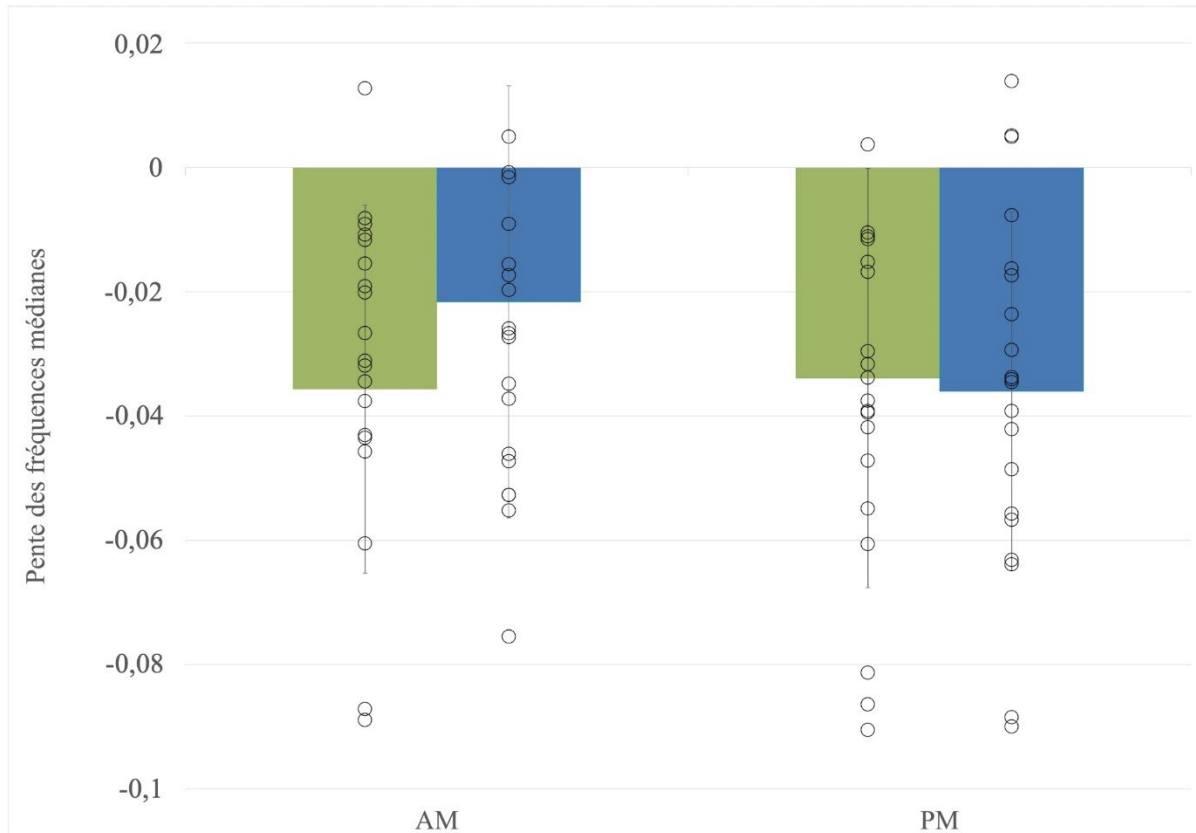


* : $p < 0,05$; AM : Avant-midi; PM : Après-midi; Jeunes travailleurs; Travailleurs âgés

Mesures électromyographiques

Les mesures électromyographiques ont pu être comptabilisées pour 40 des 41 travailleurs (20 travailleurs jeunes ; 20 travailleurs âgés). La figure 4 illustre la comparaison entre le moment de la journée et la moyenne des pentes de la MF. Aucun effet significatif du moment de la journée sur la pente de la MF n'a été observé ($F(1,38) = 1,209$; $p = 0,278$; $\eta^2 = 0,031$). De plus, aucune interaction notable entre le moment de la journée et l'âge n'a été observée ($F(1,38) = 1,983$; $p = 0,167$; $\eta^2 = 0,050$). Enfin, aucun effet principal significatif de l'âge n'a été noté ($F(1,38) = 0,519$; $p = 0,476$; $\eta^2 = 0,013$). Les conclusions de l'ANCOVA sont les mêmes que celles de l'ANOVA.

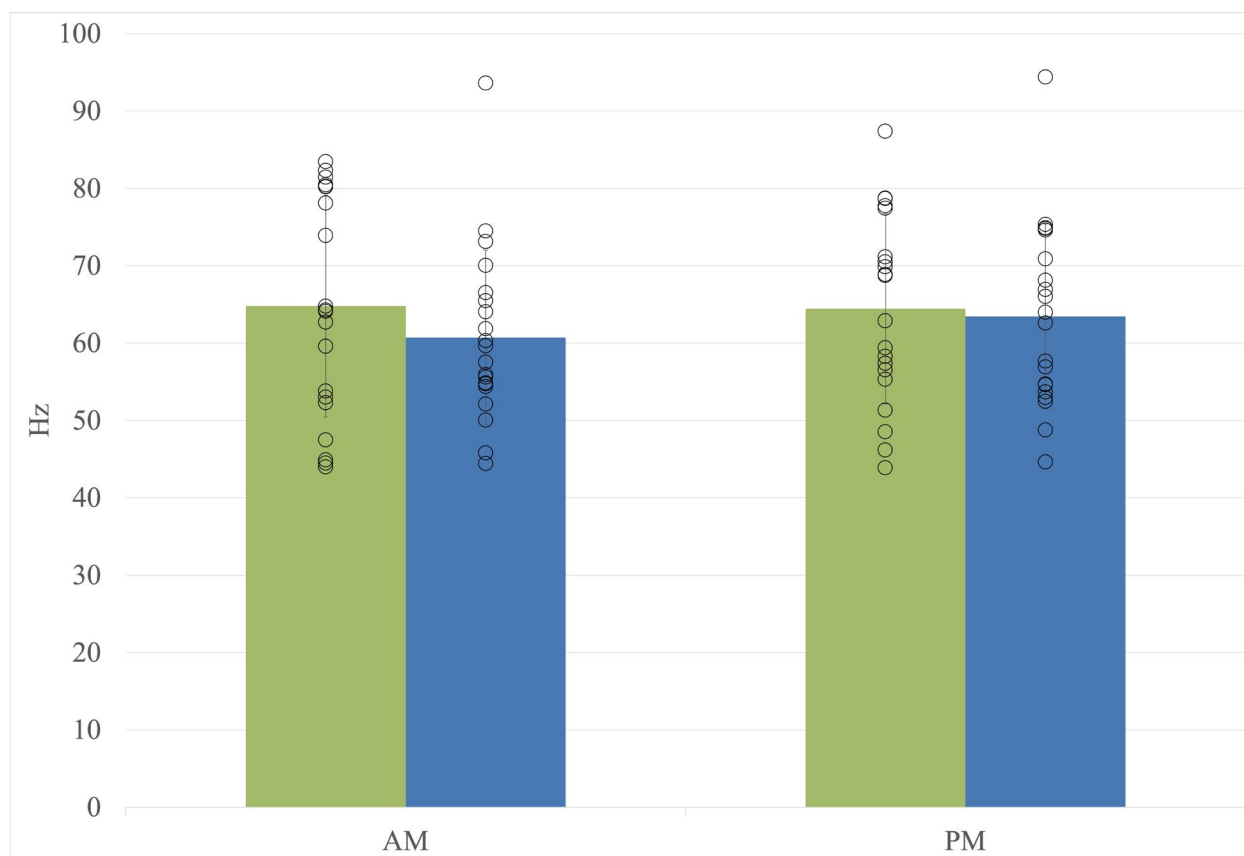
Figure 4. Mesures de la pente de la fréquence médiane.



AM : Avant-midi ; PM : Après-midi ; Jeunes travailleurs ; Travailleurs âgés

Pour les moyennes de la MF (voir la figure 5), aucun effet significatif du moment de la journée sur la valeur de la MF n'a été observé ($F(1,38) = 2,062$; $p=0,159$; $\eta^2 = 0,051$). De plus, aucune interaction significative entre le moment de la journée et l'âge n'a été identifiée ($F(1,38) = 3,392$; $p=0,073$, $\eta^2 = 0,082$). Enfin, aucun effet principal significatif de l'âge n'a été observé ($F(1,38) = 0,424$; $p=0,519$; $\eta^2 = 0,011$). Les conclusions de l'ANCOVA concordent avec celles de l'ANOVA.

Figure 5. Mesures des fréquences médianes.

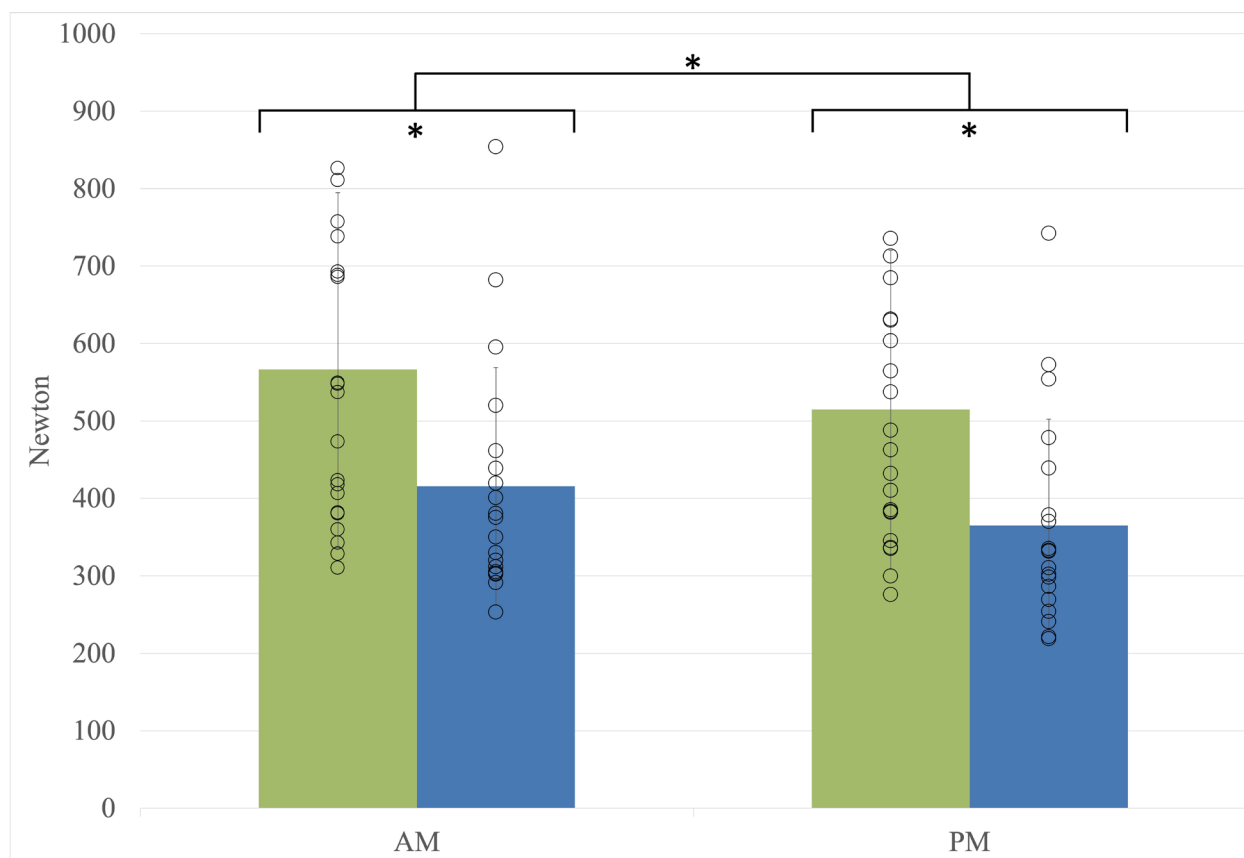


Hz : Hertz ; AM : Avant-midi ; PM : Après-midi ; Jeunes travailleurs ; Travailleurs âgés

Force musculaire maximale

Les données relatives à la force maximale ont pu être collectées pour 40 des 41 travailleurs (21 travailleurs jeunes ; 19 travailleurs âgés). Un effet significatif du moment de la journée sur la force maximale a été observé ($F(1,38)=24,637$; $p<0,001$; $\eta^2=0,393$) (voir la figure 6). Les analyses *post hoc* ont révélé que les travailleurs présentent une force maximale plus élevée le matin qu'à la fin de la journée de travail ($p<0,001$). Aucune interaction significative entre le moment de la journée et l'âge n'a été constatée ($F(1,38)=0,005$; $p=0,943$; $\eta^2=0,000$). Un effet principal d'âge a été observé sur la force maximale ($F(1,38)=6,638$; $p=0,014$; $\eta^2=0,149$). L'ajout du poids corporel en tant que covariable (ANCOVA) ont révélé l'absence d'effet significatif du moment de la journée sur la force maximale ($F(1,37)=3,500$; $p=0,069$; $\eta^2=0,086$).

Figure 6. Forces maximales.

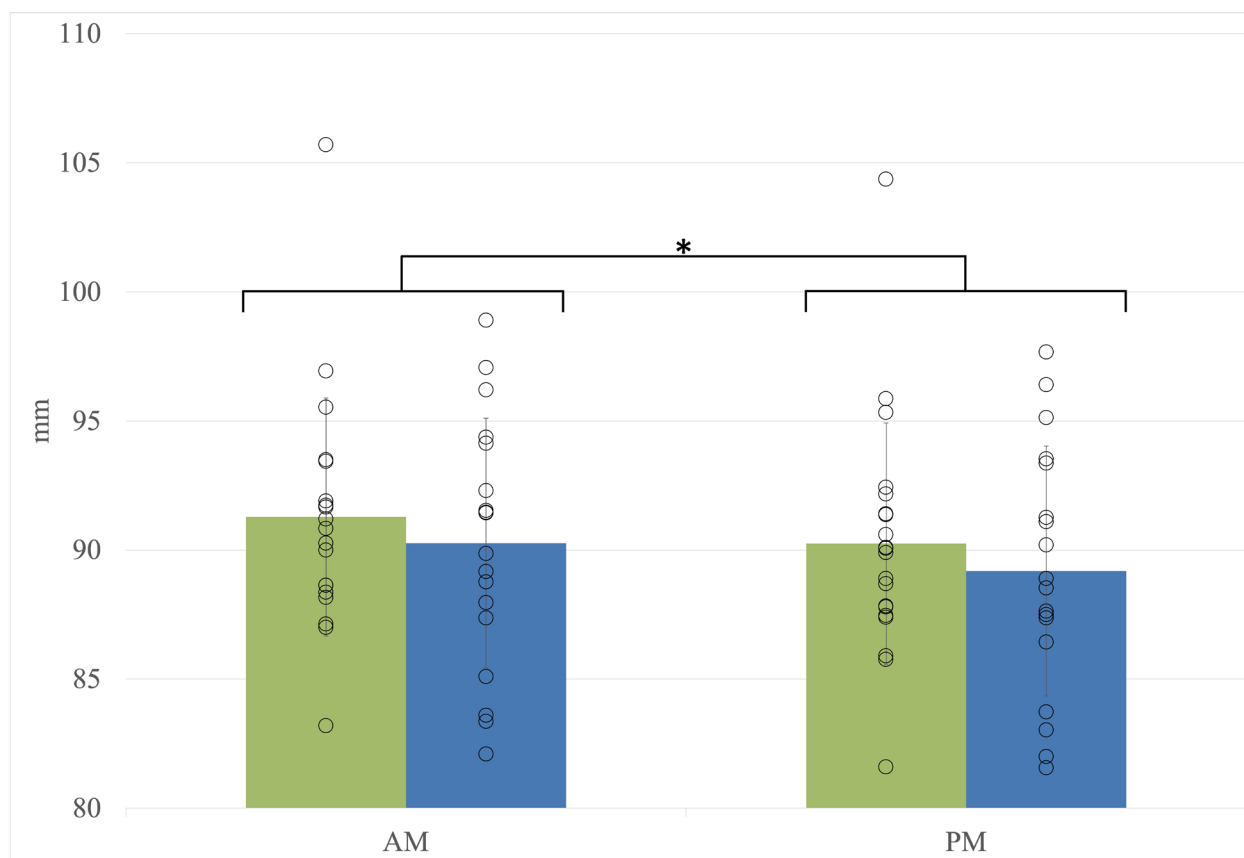


* : $p < 0,05$; AM : Avant-midi ; PM ; Après-midi ; Jeunes travailleurs ; Travailleurs âgés

4.4.2 Variations de la hauteur discale

Les données relatives à la variation de la hauteur discale ont pu être collectées pour 38 des 41 travailleurs (20 jeunes travailleurs ; 18 travailleurs âgés). Un effet significatif du moment de la journée sur la mesure de la hauteur discale par stadiométrie a été observé ($F(1,36)=155,623$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,812$). Les analyses *post hoc* ont montré que les travailleurs présentaient une hauteur discale plus importante le matin comparativement à la fin de la journée de travail ($p < 0,001$) (se référer à la figure 7). Il n'existe aucune interaction significative entre le moment de la journée et l'âge ($F(1,36)=0,079$; $p=0,780$; $\eta^2 = 0,002$). De plus, aucun effet principal significatif de l'âge n'a été identifié ($F(1,36)=0,456$; $p=0,504$; $\eta^2 = 0,013$). L'ajout du poids corporel en tant que covariable (ANCOVA) montre cependant l'absence d'effet significatif du moment de la journée sur la mesure de la hauteur discale ($F(1,35)=0,850$; $p=0,363$; $\eta^2 = 0,024$).

Figure 7. Mesures de la hauteur discale.



* : $p < 0,05$; AM : Avant-midi; mm : millimètres; PM : Après-midi; Jeunes travailleurs; Travailleurs âgés

4.4.3 Stabilité posturale

L'ensemble des résultats des analyses statistiques (ANOVAs et ANCOVAs) portant sur les variables de stabilité posturale sont détaillés sur le tableau 8 de l'annexe F. Les données relatives à la stabilité posturale ont pu être collectées pour 36 des 41 travailleurs (18 travailleurs jeunes ; 18 travailleurs âgés).

Effet des conditions posturales

L'ANOVA a montré un effet significatif des conditions de stabilité sur toutes les variables du CoP examinées. Des effets significatifs ont été observés spécifiquement pour la surface du CoP ($F(2,68) = 93,557$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,733$), la vitesse du CoP en AP ($F(2,68) = 81,721$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,706$) et en ML ($F(2,68) = 141,930$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,807$), ainsi que le RMS du CoP en AP ($F(2,68) = 89,224$; $p < 0,001$, $\eta^2 = 0,724$) et en ML ($F(2,68) = 207,011$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,859$). Les résultats des tests *post hoc* ont révélé que pour toutes les variables

du CoP, les conditions d'instabilité posturale entraînent des valeurs significativement plus élevées par rapport aux conditions yeux ouverts et yeux fermés sur surface ferme (tous avec $p < 0,001$). La condition avec les yeux fermés présentait des valeurs significativement plus élevées de vitesse en ML, ainsi que de vitesse et de RMS en AP, par rapport à la condition avec les yeux ouverts sur surface stable (respectivement : $p < 0,001$, $p < 0,001$, $p = 0,003$). Les résultats de l'ANCOVA, incluant les résultats *post hoc*, concordent avec ceux issus de l'ANOVA.

Effet principal de l'âge

L'ANOVA a révélé un effet significatif de l'âge sur la vitesse ($F(1,34) = 14,642$; $p < 0,001$, $\eta^2 = 0,301$) et le RMS ($F(1,34) = 5,877$; $p = 0,021$; $\eta^2 = 0,147$) en AP. Cependant, lorsque le poids a été inclus en tant que covariable (ANCOVA), un effet significatif de l'âge sur la vitesse en AP était toujours présent ($F(1,33) = 14,868$, $p = 0,001$; $\eta^2 = 0,311$), tandis que l'âge n'avait désormais plus aucun effet significatif sur le RMS en AP ($F(1,33) = 3,608$; $p = 0,066$; $\eta^2 = 0,099$). De plus, les résultats de l'ANCOVA ont révélé un effet significatif de l'âge sur la vitesse en ML, qui n'avait pas été initialement observé dans l'ANOVA ($F(1,33) = 6,061$; $p = 0,019$, $\eta^2 = 0,155$).

Effet principal du moment de la journée

L'ANOVA a révélé un effet significatif du moment de la journée sur la vitesse du CoP en ML ($F(1,34) = 13,234$; $p < 0,001$; η^2 partiel = 0,453). Les résultats du test *post hoc* montrent que la vitesse du CoP le matin (AM) était significativement supérieure à celle mesurée après la journée de travail (PM) ($p < 0,001$). Cependant, cet effet n'était plus présent lors de l'inclusion du poids dans l'ANCOVA ($F(1,33) = 2,507$; $p = 0,123$; $\eta^2 = 0,071$).

Interactions

L'ANOVA a révélé une interaction significative entre les conditions posturales (yeux ouverts, yeux fermés et surface instable) et l'âge sur la vitesse du CoP en AP ($F(2,68) = 3,234$; $p = 0,046$; η^2 partiel = 0,087). Les tests *post hoc* ont montré que pour toutes les conditions posturales, les travailleurs plus âgés ont présenté des valeurs de vitesse plus élevées que les travailleurs plus jeunes ($p < 0,001$). De plus, à la fois les travailleurs plus jeunes et plus âgés ont présenté des valeurs de vitesse plus élevées dans des conditions instables par rapport à la condition avec les yeux fermés (travailleurs jeunes : $p = 0,003$; travailleurs âgés : $p = 0,006$) et à celle avec les yeux ouverts (travailleurs jeunes : $p < 0,00$; travailleurs âgés : $p < 0,001$). Les travailleurs jeunes et âgés ont également tous deux présenté des valeurs de vitesse plus élevées pour la condition avec les yeux fermés par rapport à la condition avec les yeux ouverts (travailleurs jeunes : $p < 0,001$; travailleurs âgés : $p < 0,001$). De plus, lorsque le poids a été ajouté en tant que covariable, l'ANCOVA montre la même interaction,

ainsi que des résultats *post hoc*s cohérents. Pour les autres variables, les analyses ANOVA et ANCOVA n'ont révélé aucune autre interaction significative.

Un calcul de puissance a posteriori montre que la puissance ($1-\beta$) varie, pour les variables principales, entre 0,28 (stadiométrie), 0,56 (endurance) et 0,9 (stabilité posturale) pour l'effet de l'âge. Les valeurs de puissance pour l'effet de la journée sont toutes supérieures à 0,9 (endurance, stadiométrie et stabilité posturale).

4.4.4 Niveau d'activité physique journalier

Le tableau 4 présente les résultats relatifs au niveau d'activité physique journalier obtenus par le port de l'actimètre. Les données d'un participant du groupe des travailleurs âgés (Groupe 2) n'ont pu être comptabilisées. Aucune différence significative en regard du nombre de pas quotidien, de la dépense énergétique, du temps assis et debout et du nombre de passages de la position assise à debout n'a été notée entre le groupe de travailleurs jeunes et le groupe de travailleurs âgés ($p > 0,05$).

Tableau 4. Niveau d'activité physique journalier et dépense énergétique

Variable	Groupe 1 (N=21)	Groupe 2 (N=19)
n (%) ou moyenne \pm écart type		
Nb de pas quotidien	5053,05 \pm 1506,02	5395,16 \pm 1812,89
Dépense énergétique (MET)	12,27 \pm 0,78	12,77 \pm 1,17
Temps debout (h)	4,62 \pm 1,29	4,49 \pm 1,44
Temps assis (h)	3,17 \pm 1,24	3,64 \pm 1,28
Assis-debout (nb de transitions)	22,10 \pm 10,14	28,11 \pm 15,13

h : heures ; *MET* : One Metabolic Equivalent ; *Nb* : nombre

4.5 Résultats de l'analyse ergonomique

Sur les 41 travailleurs, les périodes d'observation de l'activité de travail n'ont pu être comptabilisées pour huit participants (Groupe 1 : n=2 ; Groupe 2 : n=6), en regard, entre autres, des limites de l'organisation de travail (par exemple, autorisation d'accueillir des visiteurs, respect des mesures de sécurité). Toutefois, pour les autres participants, les analyses ergonomiques ont permis d'identifier si des contraintes biomécaniques étaient présentes ou absentes dans les situations de travail. Le tableau 5 présente le nombre et la proportion de travailleurs jeunes et âgés présentant des contraintes biomécaniques dans leurs activités de travail, détaillant également si ces contraintes se caractérisent par le déploiement d'une force excessive, d'une action répétitive, d'une position contraignante du membre supérieur (spécifiquement au niveau de l'épaule) ou du tronc et/ou si celles-ci représentent des contraintes relatives aux zones d'atteintes verticales et horizontales.

Aucune différence statistiquement significative n'a été identifiée en termes de contraintes biomécaniques entre les travailleurs jeunes et âgés. Globalement, parmi les contraintes biomécaniques les plus représentées sans distinction entre les groupes d'âge, il y a la position contraignante au niveau du tronc, soit une flexion antérieure (30 participants sur 35 participants observés). La flexion antérieure du tronc était identifiée dès que le tronc n'était plus vertical.

Tableau 5. Contraintes biomécaniques dans les activités de travail

Type de contrainte	Groupe 1 (N= 19)	Groupe 2 (N=14)
n (%)		
Force	12 (63,2)	9 (64,3)
Répétition	5 (26,3)	4 (28,6)
Position contraignante		
Membre supérieur (épaule)	8 (42,1)	5 (35,7)
Tronc	17 (89,5)	13 (92,9)
Zones d'atteintes verticales		
Genou-pied	8 (42,1)	5 (35,7)

IRSST ■ Impact des efforts physiques en milieu de travail sur le développement de la fatigue musculaire, les propriétés tissulaires et la stabilité posturale des travailleurs plus âgés : une étude de faisabilité

Type de contrainte	Groupe 1 (N= 19)	Groupe 2 (N=14)
n (%)		
Coude-genou	11 (61,1)	7 (50,0)
Coude	12 (63,2)	11 (78,6)
Coude-épaule	11 (57,9)	10 (71,4)
Épaule-tête	9 (47,4)	4 (30,8)
Zones d'atteintes horizontales		
Primaire	15 (78,9)	12 (85,7)
Secondaire	14 (73,7)	12 (85,7)
Tertiaire	8 (42,1)	4 (28,6)

IRSST ■ Impact des efforts physiques en milieu de travail sur le développement de la fatigue musculaire, les propriétés tissulaires et la stabilité posturale des travailleurs plus âgés : une étude de faisabilité

5. DISCUSSION

Cette recherche a été réalisée dans un contexte où la population active du Québec est appelée à devenir de plus en plus âgée et diversifiée, justifiant la nécessité d'offrir à tous les travailleurs québécois un milieu de travail, des postes de travail et des tâches harmonisées à leurs besoins et à leurs capacités. Pour ce faire, il est éventuellement nécessaire de prendre certaines mesures pour assurer la santé, la sécurité et le confort au travail des travailleurs âgés.

Comme mentionné, le Canada, comme de nombreux pays occidentaux, fait face à des défis liés au vieillissement de sa population. La prolongation de la vie active des personnes de 55 à 64 ans, en particulier des femmes, est devenue notable ces dernières années. Au Québec, l'âge moyen de cessation d'activité de travail est passé de 60 à 62,3 ans entre 2005 et 2014 et les travailleurs expérimentés sont désormais considérés comme une des solutions à la pénurie de main-d'œuvre. Ces derniers montrent d'ailleurs un intérêt croissant à demeurer sur le marché du travail. La santé, la qualité de l'emploi et le salaire sont des facteurs clés influençant la décision des travailleurs de rester actifs. Cependant, le vieillissement s'accompagne de changements physiques pouvant affecter la capacité de travail, nécessitant parfois des ajustements dans le milieu de travail.

Malgré une augmentation significative du nombre de travailleurs âgés, les données scientifiques sur l'impact des changements physiques liés au vieillissement sur les blessures en milieu de travail sont limitées. Les travailleurs de plus de 55 ans ont un risque moindre de blessures, mais celles-ci sont souvent plus graves, entraînant des absences prolongées. Les études sur les conséquences physiques et physiologiques des efforts physiques chez les travailleurs plus âgés sont encore relativement peu nombreuses, et se concentrent principalement sur les articulations du membre inférieur.

C'est dans ce contexte qu'a été réalisée cette étude dont l'objectif principal était d'évaluer la faisabilité de la mise en place d'un système d'évaluation de l'impact des efforts physiques chez des travailleurs âgés dans leur milieu de travail. Afin de répondre à cet objectif, l'étude menée visait à évaluer l'impact des efforts physiques déployés au cours d'une journée de travail sur la fatigue musculaire, tissulaire et la stabilité posturale des travailleurs plus âgés tout en comparant l'impact de journée de travail similaire chez des travailleurs plus jeunes. L'hypothèse initiale étant que pour une charge de travail équivalente, les travailleurs âgés allaient subir des changements physiologiques et biomécaniques plus importants au cours d'un quart de travail. Les résultats devaient permettre d'évaluer la possibilité de mener une étude similaire à plus grande échelle en la déployant dans différents milieux de travail connus pour leur intégration de travailleurs âgés.

5.1 Synthèse des principaux résultats

Les travaux se sont plus particulièrement intéressés aux effets physiques et physiologiques d'une journée de travail sur l'endurance et la fatigue musculaire des muscles du tronc, la hauteur discale pour l'ensemble du rachis et la stabilité posturale, en plus d'intégrer des variables relatives à la faisabilité du projet, notamment le recrutement des travailleurs et l'acceptabilité et le respect des conditions du port de l'actimètre.

Un total de 41 participants (les données d'un participant ont dû être exclues de l'analyse), dont 21 travailleurs jeunes et 20 travailleurs plus âgés, a été recruté. Les deux groupes présentaient des caractéristiques semblables et œuvraient dans des emplois aux contraintes physiques semblables. Les travailleurs jeunes et âgés présentaient des niveaux similaires de satisfaction face à leur travail et seul le poids des participants étaient différents, les travailleurs âgés ayant un poids significativement plus élevé.

5.1.1 Recrutement et faisabilité

De nombreux milieux de travail, corps d'emploi et travailleurs ont été sollicités afin de participer à ce projet de recherche, mais la pandémie COVID-19, ses conséquences sur l'emploi et les mesures transitoires adoptées lors du retour au travail en présence ont eu un impact majeur sur le rythme et la qualité du recrutement. Ainsi, pour atteindre la taille de l'échantillon prévue initialement (en période pré-pandémie) plus de 30 milieux de travail différents ont été contactés et malgré un intérêt démontré relativement satisfaisant (40 % de milieux intéressés par le projet, soit près de 174 employés), moins du quart des employés sollicités ont accepté de participer au projet. L'acceptabilité du port de l'actimètre a, quant à elle, été très satisfaisante et permet d'envisager son utilisation dans des études subséquentes.

Au-delà des raisons évoquées par ces travailleurs et présentées dans la section résultats du rapport, la pénurie d'employés quasi généralisée au sortir de la pandémie a entraîné une surcharge de travail qui a considérablement nuit à la participation au projet. Comme les travailleurs devaient se libérer une heure le matin et l'après-midi, cela ajoutait une charge de travail supplémentaire aux autres travailleurs d'un service donné. De plus, les mesures mises en place au retour de la pandémie (le projet a été relancé en octobre 2021) limitant les contacts physiques, le nombre de personnes dans un espace donné et les contacts non nécessaires entre les travailleurs et les membres de la communauté (p. ex. chercheurs) ont aussi eu un impact sur le recrutement. Ces mesures sanitaires sont maintenant presque toutes disparues, mais des enjeux relatifs à la rareté de la main-d'œuvre ainsi que le télétravail sont toujours bien présents. Aujourd'hui, il reste encore difficile de déterminer si le déploiement d'un projet similaire à plus grande échelle et dans différents milieux de travail où œuvrent des travailleurs âgés et plus jeunes est envisageable. Le consensus, au sein de l'équipe, est le suivant : dans l'éventualité où une étude de plus grande envergure devrait

être menée, il serait préférable de limiter les mesures à celles effectuées en laboratoire et au port de l'actimètre afin d'améliorer la stratégie de recrutement et de rétention des travailleurs jeunes et âgés. Les calculs de puissance a posteriori effectués montrent qu'une quarantaine de participants est suffisante pour mesurer les effets de l'âge et l'impact de la journée de travail. Cependant, la taille de l'échantillon requis pour mesurer adéquatement les interactions entre l'âge et la journée de travail devrait être augmentée considérablement (estimation de 90 participants par groupe pour un calcul basé sur l'effet d'interaction pour l'endurance).

5.1.2 Endurance et fatigue musculaire, hauteur discale et stabilité posturale

Concernant les résultats relatifs à l'effet différencié (jeunes travailleurs vs travailleurs âgés) de la journée de travail sur la fatigue et l'endurance des muscles du rachis, la hauteur discale et la stabilité posturale, les hypothèses initiales n'ont été que partiellement confirmées. En effet, la comparaison des effets de la journée de travail sur ces variables a montré des différences significatives du moment de la journée (AM vs PM) pour plusieurs paramètres : réduction de l'endurance et de la force maximale des érecteurs du rachis chez les participants des deux groupes, diminution de la hauteur discale chez les participants des deux groupes ainsi qu'une diminution de la vitesse de déplacement du CoP en ML, toujours chez les deux groupes de participants.

Cependant, il est important de rappeler que les participants du groupe de travailleurs âgés présentaient aussi un poids plus important et l'intégration de cette variable aux analyses statistiques (ANCOVA) permet de constater que ces effets différenciés s'expliquent en partie par la différence de poids entre les travailleurs âgés et les travailleurs plus jeunes.

Les effets d'âge sur la stabilité posture et la hauteur discale sont bien connus, mais il n'existe pas, à notre connaissance, d'étude portant sur les effets des efforts physiques selon l'âge sur ces variables. Nos résultats montrent d'ailleurs que la journée de travail n'a pas eu d'impact important selon l'âge. En revanche, nos résultats ont montré une différence significative du moment de la journée sur la hauteur discale. Cependant, cette différence semble en partie due au poids corporel. Les variations de hauteur du disque intervertébral (DIV) proviennent de la redistribution de la teneur en eau à l'intérieur du DIV (Botsford *et al.*, 1994). Cette redistribution d'eau dépend de la charge appliquée sur le disque. Plus précisément, les individus ayant un IMC plus élevé exerceraient passivement une charge accrue sur les disques intervertébraux tout au long de la journée, entraînant une réduction plus marquée de la teneur en eau à l'intérieur du DIV, expliquant ainsi la réduction de la hauteur du DIV observée dans cette étude. Urquhart *et al.* (2014) ont constaté que l'obésité était associée à une réduction de la hauteur totale et moyenne du DIV lombaire.

Les résultats concernant l'endurance des muscles du tronc concordent en partie avec les résultats d'autres études qui montrent que l'âge en soi (vieillesse normale) ne semble pas affecter de façon importante les propriétés musculaires, notamment l'endurance musculaire. En effet, les travaux de Christie *et al.* (2011) et Boocock *et al.* (2020) ont montré que malgré une plus grande activité musculaire lors de l'exécution d'une tâche, les individus plus âgés avaient tendance à développer moins de fatigue musculaire pour une contraction musculaire isométrique. Les travaux de Champagne (2009) montrent que cette absence d'effet attribuée à l'âge pourrait s'expliquer par une grande variabilité interindividuelle et par les mécanismes d'adaptation du corps qui permettent de pallier certains changements physiologiques et biomécaniques liés au vieillissement.

En conclusion, bien que plusieurs variables semblent sensibles aux changements et contraintes subies lors d'une journée de travail, l'endurance et la fatigue musculaire, la hauteur discale et la stabilité posturale ne semblent pas des marqueurs qui permettent de distinguer l'impact d'une journée de travail chez des travailleurs âgés des impacts subis par les autres travailleurs.

5.2 Âge ou condition physique

Les capacités physiques requises au travail varieront grandement en fonction du travail et parfois de l'âge. Cependant, de nombreux métiers et professions exigent des travailleurs des capacités physiques particulières. Dans ce contexte, la préservation des capacités physiques chez les travailleurs âgés est un des facteurs importants dans le maintien de la santé au travail, de la productivité au travail et ultimement dans la promotion de la longévité des travailleurs expérimentés (Flower *et al.*, 2019 ; Mc Carthy *et al.*, 2013). Les données de la présente étude semblent indiquer que l'âge ne soit pas le principal déterminant de l'impact de la journée de travail chez le travailleur âgé, mais que ce soit plutôt sa condition physique qui soit déterminante (mesure indirecte par le poids des travailleurs). En effet, la plupart des différences observées entre les travailleurs âgés et les travailleurs plus jeunes lors des analyses de variances initiales disparaissent lors des analyses de covariances intégrant le poids des travailleurs. Dans la présente étude, l'absence de différence entre les groupes d'âge s'expliquerait par l'inclusion de travailleurs actifs. Les individus âgés qui maintiennent un niveau élevé d'activité physique constant grâce à leur travail connaîtraient moins de déclin neuromusculaires par rapport à leurs homologues sédentaires. Cela s'expliquerait par l'effet bien connu de l'exercice régulier sur la préservation de la fonction musculaire avec l'âge (Bao *et al.*, 2020 ; Liberman *et al.*, 2017). Des études supplémentaires sont nécessaires chez les travailleurs sédentaires pour comprendre de manière approfondie la relation entre les niveaux d'activité physique, le vieillissement et la santé musculaire.

Pour comprendre les éventuelles limitations physiques qui peuvent réduire la capacité des travailleurs âgés à répondre aux exigences d'un emploi et qui découlent du processus de vieillissement normal, il est important de s'attarder aux changements qui surviennent dans la capacité physique avec l'âge. Flower *et al.* (2019) identifient trois facteurs clés influençant la capacité physique, soit la fonction cardiorespiratoire, la force musculaire et l'endurance musculaire. Une diminution dans la capacité d'une de ces trois fonctions peut limiter la capacité d'un travailleur à s'engager dans ses activités professionnelles, en particulier si la demande physique est élevée (Shephard, 2000). Par exemple, si les capacités physiques d'un travailleur diminuent, ce travailleur pourrait avoir de la difficulté à réaliser les tâches demandées dans un temps imparti. Ce même travailleur pourrait avoir de la difficulté à maintenir un rythme prédéfini entraînant une réduction de sa capacité de travail, une productivité compromise et un risque de blessures plus important (Shephard, 2000). Le tableau 6, adapté de Flowers *et al.* (2019), présente les principaux changements cardiorespiratoires que subit potentiellement un travailleur âgé. Ces différents changements peuvent être accentués par d'autres conditions de santé comme l'obésité.

Tableau 6. Changements physiologiques subis lors du vieillissement

Changement aérobie/respiratoire	Changement cardiovasculaire
<p>Diminution de la fonction pulmonaire causée par :</p> <ul style="list-style-type: none"> -Rigidification de la paroi thoracique -Capacité pulmonaire totale demeure la même -Diminution de la capacité vitale -Augmentation de la capacité résiduelle -Rigidification de l'appareil pulmonaire -Diminution de la force musculaire et de l'endurance 	<p>Diminution du débit cardiaque :</p> <ul style="list-style-type: none"> -Diminution du débit cardiaque maximal -Diminution de la taille du cœur si épaissement des parois cardiaques ou diminution de la taille du cœur si diminution de l'élasticité et augmentation de la rigidité du système artériel
<p>Diminution de la surface alvéolaire</p>	<p>Temps de retour aux valeurs du rythme cardiaque et de pression artérielle de repos augmenté</p> <ul style="list-style-type: none"> -Diminution de la sensibilité des barorécepteurs responsables du contrôle de la pression artérielle

Changement aérobique/respiratoire	Changement cardiovasculaire
Diminution de la capacité respiratoire maximale	Épaississement des valves cardiaques
Diminution de l'élasticité des tissus	

Adapté de «Changes in aerobic/respiratory and cardiovascular function», par Flowers et al., *Work*, 63, p.512 © IOS Press, 2019.

D'autres études suggèrent d'ailleurs que chez les travailleurs âgés, le maintien d'un indice de masse corporelle bas, le fait d'être physiquement actif et de ne pas fumer sont tous des facteurs associés à une meilleure condition cardiorespiratoire au cours du vieillissement. Par conséquent, les travailleurs âgés ayant des capacités physiques réduites et œuvrant dans des milieux professionnels où la demande physique est importante risquent de voir leur capacité de travail réduite. Cette réduction de la capacité de travail pourrait s'accroître avec l'âge et la répétition des journées de travail, et ainsi entraîner une fatigue et une baisse de la réserve physiologique (capacité à répondre aux différents stressors) (Ilmarinen, 2002). Si le temps de récupération de la fatigue au cours d'une journée de travail est insuffisant, des effets cumulatifs entraîneront des problèmes de santé à long terme, une diminution de la capacité de travail (c'est-à-dire la capacité physique nécessaire pour effectuer le travail) et des absences (Sluiter, 1999). Par conséquent, lorsqu'un tel déséquilibre est présent pour un travailleur âgé, trois solutions peuvent être envisagées : 1) réduire la demande physique du travail lorsque cela est possible ; 2) améliorer ou tenter de maintenir la capacité physique du travailleur ; 3) optimiser les temps de récupération.

Au-delà de l'âge, nos résultats suggèrent que l'évaluation d'autres caractéristiques individuelles comme l'état de santé, les capacités physiques générales, les comorbidités et leurs impacts permettraient de mieux comprendre l'effet des efforts physiques déployés au travail chez les travailleurs âgés qui forment un groupe très hétérogène.

5.3 Analyse ergonomique

L'analyse ergonomique a été réalisée dans le but de mieux comprendre et de bonifier l'analyse des facteurs expliquant les changements physiologiques au cours d'une journée de travail pour les participants jeunes et âgés. Toutefois, considérant l'absence de différences importantes pour les variables principales de l'étude entre les travailleurs jeunes et âgés de la journée de travail variable quantitative, l'apport des données d'observation est peu concluant. En effet, considérant la difficulté de pairer les participants pour un même titre

IRSST ■ Impact des efforts physiques en milieu de travail sur le développement de la fatigue musculaire, les propriétés tissulaires et la stabilité posturale des travailleurs plus âgés : une étude de faisabilité

d'emploi et la diversité des tâches accomplies par la plupart des participants, les comparaisons entre les groupes d'âge et les corps de métier étaient relativement limitées. De plus, la comparaison entre les groupes ne pouvait tenir compte de l'ancienneté puisque certains participants âgés débutaient une nouvelle carrière contribuant à l'importante variabilité en regard de l'acquisition des modes opératoires.

5.4 Forces et limites de l'étude

Cette étude est, à notre connaissance, la première à s'intéresser aux effets différenciés d'une journée de travail sur la fatigue des muscles et les propriétés tissulaires du rachis ainsi qu'au contrôle de la stabilité posturale chez de jeunes travailleurs et des travailleurs âgés. La méthodologie mise en place dans le cadre de cette étude de faisabilité est à la fois originale et robuste puisqu'elle combine des approches expérimentales et observationnelles éprouvées et pour lesquelles l'équipe de recherche possédait toutes les expertises nécessaires. Bien qu'elle n'ait pas montré de différence entre les deux groupes de travailleurs étudiés, l'étude pave la voie pour d'autres études qui pourraient cibler d'autres caractéristiques physiques et physiologiques des travailleurs et ergonomique des situations de travail.

L'étude a permis dans un premier temps de préciser les enjeux relatifs au recrutement et au suivi des travailleurs au cours d'une journée complète de travail dans différents milieux. Elle a, dans un deuxième temps, montré que les mesures physiques et physiologiques ainsi que les mesures de l'intensité physique déployées au travail étaient faisables et bien acceptées par les travailleurs.

De façon générale, les études réalisées auprès d'un nombre limité de travailleurs présentent quelques limites qui doivent être considérées lors de l'interprétation des résultats. D'abord, la nature exploratoire de cette étude et son petit échantillon (≈ 20 travailleurs par groupe d'âge) limite la généralisation des données. Dans le cas de la présente étude, les travailleurs recrutés et les résultats obtenus, particulièrement quant aux efforts physiques déployés au cours de la journée de travail, limite la généralisation aux autres groupes de travailleurs qui pourraient œuvrer dans des industries ou environnements de travail où les efforts déployés et leurs impacts sont différents. Il est aussi possible que la stratégie de recrutement ait entraîné un biais de sélection et que les travailleurs ayant participé à l'étude ne soient pas représentatifs de leurs collègues n'ayant pas accepté de participer. Il est possible, par exemple, que les travailleurs en meilleure santé aient plus facilement accepté de participer au projet qui comprenait des tâches exigeant des efforts physiques soutenus ou répétés.

Une autre limitation de cette étude concerne la condition d'instabilité avec la mousse. L'épaisseur de la mousse n'a pas été intégrée dans le calcul du CoP en raison de sa faible densité. Bien que la mousse ait été initialement fixée à une hauteur de 10 cm, elle s'affaissait généralement pour atteindre une épaisseur d'environ 1 cm lorsque les participants se

tenaient debout dessus, et cette épaisseur variait en fonction du poids de chaque individu. Toutefois, cette variation n'a pas été mesurée.

Enfin, concernant plus spécifiquement le contexte dans lequel l'étude a été réalisée, il est impossible d'ignorer les impacts importants de la pandémie COVID-19 sur la réalisation du projet. Les impacts directs (restriction sanitaire, limitations relatives aux contacts avec les travailleurs et aux nombres de personnes admises dans un espace donné) et indirects (rattrapage important dans plusieurs secteurs et services, pénurie de main-d'œuvre, surcharge de travail, etc.) ont rendu impossible la stratégie initiale de pairage des travailleurs qui consistait à recruter des paires de travailleurs (âgé et jeune) dans les mêmes services, milieux ou corps d'emploi. Bien que les travailleurs des deux groupes présentent en moyenne des caractéristiques semblables (à l'exception du poids), il n'est pas impossible que l'hétérogénéité des types d'emplois, des milieux et des tâches ait limité notre capacité à identifier des différences significatives entre les travailleurs jeunes et âgés.

5.5 Perspectives pratiques

Ce travail a permis d'explorer comment les tâches journalières affectent les propriétés musculaires, tissulaires et le contrôle postural afin d'éventuellement envisager des conditions différentes pour des travailleurs différents afin de répondre aux besoins de tout employé, et non seulement à ceux du travailleur plus âgé. Les résultats montrent d'ailleurs que l'âge ne semble pas un facteur important dans l'impact de la journée de travail.

Les résultats suggèrent cependant que des mesures puissent être mises en place pour adapter l'environnement de travail ou encore mieux outiller le travailleur pour faire face aux tâches quotidiennes requises dans le cadre de son emploi. Ces mesures ne ciblent pas particulièrement les catégories d'âge des travailleurs, mais plutôt leurs capacités physiques et les exigences de la situation de travail. L'agence Health and Safety Executive (HSE) du Royaume-Uni (Beers et Butler, 2012) conclut d'ailleurs que « les travailleurs plus âgés n'ont pas besoin d'être traités différemment des travailleurs plus jeunes, à condition que les employeurs soient conscients qu'il peut y avoir une réduction de certaines capacités physiques et mentales ».

À titre d'exemple, la HSE recommande la mise en place des mesures suivantes (Health and Safety Executive [HSE], 2018) :

- Au moment d'évaluer les risques et de mettre en place des mesures, limiter les préjugés en consultant et en impliquant les travailleurs plus âgés dans le processus.
- Si nécessaire (pas systématiquement), laisser aux travailleurs plus âgés plus de temps pour assimiler les informations en matière de santé et de sécurité, par exemple par l'entremise de formations individuelles qui peuvent être réalisées au rythme du travailleur ;
- Offrir aux travailleurs plus âgés la possibilité de choisir d'autres types de travail ou d'autres tâches si cela s'avère nécessaire ;
- Ne pas présupposer que certaines tâches ou certains emplois sont physiquement trop exigeants pour les travailleurs plus âgés. La technologie peut souvent pallier de nombreuses situations où les contraintes physiques seraient plus importantes.
- Réfléchir à la manière dont le milieu de travail, le service, l'entreprise fonctionne et à la façon dont les travailleurs plus âgés pourraient contribuer à améliorer la gestion des risques en matière de santé et de sécurité. Cela comprend, entre autres, la collaboration des travailleurs plus âgés avec leurs collègues dans le cadre d'un programme structuré, afin de partager les connaissances et d'apprendre de l'expérience des travailleurs plus âgés.

CONCLUSION

Dans le cadre de la recherche intitulée *Impact des efforts physiques en milieu de travail sur le développement de la fatigue musculaire, les propriétés tissulaires et la stabilité posturale des travailleurs plus âgés : une étude de faisabilité*, nous avons tenté d'évaluer et de comparer l'impact des efforts physiques déployés au cours d'une journée de travail auprès de travailleurs âgés et de travailleurs plus jeunes. Bien que l'étude n'ait pas permis d'identifier d'impact différencié entre les deux groupes de travailleurs, les résultats soulignent l'importance des caractéristiques personnelles et de la bonne forme physique chez les travailleurs.

Les impacts positifs entourant l'intégration des travailleurs âgés sont bien connus et comprennent, l'expérience, les connaissances et le maintien des compétences organisationnelles. Ces éléments sont contrebalancés par les enjeux santé spécifiques aux travailleurs âgés qui peuvent réduire leur capacité à réaliser un travail physiquement exigeant.

Une réflexion approfondie portant sur les défis et les avantages à intégrer de plus en plus de travailleurs âgés au sein des organisations et des entreprises permettra de mieux faire face aux changements démographiques liés à l'âge et aux pénuries de main-d'œuvre qui pourraient en découler. Devant une population vieillissante et un nombre de plus en plus élevé de travailleurs âgés, le Québec devra se doter d'outils permettant d'identifier des facteurs observables et modifiables qui influencent les capacités physiques des travailleurs âgés tout en proposant des stratégies pour soutenir le prolongement de la vie active et professionnelle.

BIBLIOGRAPHIE

- Abboud, J., Nougrou, F. et Descarreaux, M. (2016). Muscle activity adaptations to spinal tissue creep in the presence of muscle fatigue. *PLoS One*, 11(2), article e0149076. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0149076>
- Bao, W., Sun, Y., Zhang, T., Zou, L., Wu, X., Wang, D. et Chen, Z. (2020). Exercise programs for muscle mass, muscle strength and physical performance in older adults with sarcopenia: A systematic review and meta-analysis. *Aging and Disease*, 11(4), 863-873. <https://doi.org/10.14336/AD.2019.1012>
- Bazrgari, B., Hendershot, B., Muslim, K., Toosizadeh, N., Nussbaum, M. A. et Madigan, M. L. (2011). Disturbance and recovery of trunk mechanical and neuromuscular behaviours following prolonged trunk flexion: Influences of duration and external load on creep-induced effects. *Ergonomics*, 54(11), 1043-1052. <https://doi.org/10.1080/00140139.2011.614357>
- Beers, H. et Butler, C. (2012). *Age related changes and safety critical work: Identification of tools and a review of the literature*. HSE.
- Benneker, L. M., Heini, P. F., Alini, M., Anderson, S. E. et Ito, K. (2005). 2004 Young Investigator Award Winner: Vertebral endplate marrow contact channel occlusions and intervertebral disc degeneration. *Spine*, 30(2), 167-173. <https://doi.org/10.1097/01.brs.0000150833.93248.09>
- Bisson, E. J., Lajoie, Y. et Bilodeau, M. (2014). The influence of age and surface compliance on changes in postural control and attention due to ankle neuromuscular fatigue. *Experimental Brain Research*, 232(3), 837-845. <https://doi.org/10.1007/s00221-013-3795-7>
- Boocock, M. G., Taylor, S. et Mawston, G. A. (2020). The influence of age on spinal and lower limb muscle activity during repetitive lifting. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 55, article 102482. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2020.102482>
- Botsford, D., Esses, S. et Ogilvie-Harris, D. (1994). In vivo diurnal variation in intervertebral disc volume and morphology. *Spine*, 19(8), 935-940.
- Bravo, G., Viviani, C., Lavallière, M., Arezes, P., Martínez, M., Dianat, I., . . . Castellucci, H. (2022). Do older workers suffer more workplace injuries? A systematic review. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 28(1), 398-427. <https://doi.org/10.1080/10803548.2020.1763609>
- Bureau de normalisation du Québec. (2018). *Guides de bonnes pratiques pour favoriser l'embauche, le maintien et le retour en emploi des travaux expérimentés*. BNQ. <https://www.bnq.qc.ca/fr/normalisation/sante-au-travail/travailleurs-experimentes.html>
- Callaghan, J. P. et Dunk, N. M. (2002). Examination of the flexion relaxation phenomenon in erector spinae muscles during short duration slumped sitting. *Clinical Biomechanics*, 17(5), 353-360. [https://doi.org/10.1016/s0268-0033\(02\)00023-2](https://doi.org/10.1016/s0268-0033(02)00023-2)
- IRSST** ■ Impact des efforts physiques en milieu de travail sur le développement de la fatigue musculaire, les propriétés tissulaires et la stabilité posturale des travailleurs plus âgés : une étude de faisabilité

- Callaghan, J. P. et McGill, S. M. (2001). Low back joint loading and kinematics during standing and unsupported sitting. *Ergonomics*, 44(3), 280-294. <https://doi.org/10.1080/00140130118276>
- Castanharo, R., Duarte, M. et McGill, S. (2014). Corrective sitting strategies: An examination of muscle activity and spine loading. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 24(1), 114-119. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2013.11.001>
- Centre canadien d'hygiène et de sécurité au travail. (2018). *Travail en position assise : exigences de base*. CCHST. https://www.cchst.ca/oshanswers/ergonomics/sitting/sitting_basic.html
- Champagne, A., Descarreaux, M. et Lafond, D. (2009). Comparison between elderly and young males' lumbopelvic extensor muscle endurance assessed during a clinical isometric back extension test. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*, 32(7), 521-526. <https://doi.org/10.1016/j.jmpt.2009.08.008>
- Charles, J. P. et Bates, K. T. (2023). The functional and anatomical impacts of healthy muscle ageing. *Biology*, 12(10), article 1357. <https://doi.org/10.3390/biology12101357>
- Choi, S. D. (2015). Aging workers and trade-related injuries in the US construction industry. *Safety and Health at Work*, 6(2), 151-155. <https://doi.org/10.1016/j.shaw.2015.02.002>
- Christie, A., Snook, E. M. et Kent-Braun, J. A. (2011). Systematic review and meta-analysis of skeletal muscle fatigue in old age. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 43(4), 568-577. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181f9b1c4>
- Cloutier, L. (2012). *Situation personnelle et professionnelle des travailleurs québécois âgés de 50 ans et plus et intentions à l'égard de la retraite*. ISQ.
- Collins, J. et De Luca, C. (1995). The effects of visual input on open-loop and closed-loop postural control mechanisms. *Experimental Brain Research*, 103, 151-163. <https://doi.org/10.1007/BF00241972>
- Crawford, J. O., Graveling, R. A., Cowie, H. et Dixon, K. (2010). The health safety and health promotion needs of older workers. *Occupational Medicine*, 60(3), 184-192. <https://doi.org/10.1093/occmed/kqq028>
- Crawford, R. J., Filli, L., Elliott, J., Nanz, D., Fischer, M., Marcon, M. et Ulbrich, E. (2016). Age- and level-dependence of fatty infiltration in lumbar paravertebral muscles of healthy volunteers. *American Journal of Neuroradiology*, 37(4), 742-748. <https://doi.org/10.3174/ajnr.A4596>
- da Silva, R. A., Bilodeau, M., Parreira, R. B., Teixeira, D. C. et Amorim, C. F. (2013). Age-related differences in time-limit performance and force platform-based balance measures during one-leg stance. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 23(3), 634-639. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2013.01.008>
- Daniellou, F. et Béguin, P. (2004). Méthodologie de l'action ergonomique : approches du travail réel. Dans P. Falzon (édit.), *Ergonomie* (p. 335-358). Presses Universitaires de France.

IRSST ■ Impact des efforts physiques en milieu de travail sur le développement de la fatigue musculaire, les propriétés tissulaires et la stabilité posturale des travailleurs plus âgés : une étude de faisabilité

- Dehail, P., Bestaven, E., Muller, F., Mallet, A., Robert, B., Bourdel-Marchasson, I. et Petit, J. (2007). Kinematic and electromyographic analysis of rising from a chair during a "Sit-to-Walk" task in elderly subjects: Role of strength. *Clinical Biomechanics*, 22(10), 1096-1103. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2007.07.015>
- Demoulin, C., Crielaard, J.-M. et Vanderthommen, M. (2007). Spinal muscle evaluation in healthy individuals and low-back-pain patients: A literature review. *Joint Bone Spine*, 74(1), 9-13. <https://doi.org/10.1016/j.jbspin.2006.02.013>
- Dowdell, J., Erwin, M., Choma, T., Vaccaro, A., Iatridis, J. et Cho, S. K. (2017). Intervertebral disk degeneration and repair. *Neurosurgery*, 80(3 Suppl), S46-S54. <https://doi.org/10.1093/neuros/nyw078>
- Duguay, P. (2012). *Lésions professionnelles indemnisées au Québec en 2005-2007 : profil statistique par industrie* (Rapport n° R-749). IRSST. <https://www.irsst.qc.ca/media/documents/PubIRSST/R-749.pdf?v=2020-04-08>
- Egerton, T., Brauer, S. G. et Cresswell, A. G. (2009). Fatigue after physical activity in healthy and balance-impaired elderly. *Journal of Aging and Physical Activity*, 17(1), 89-105. <https://doi.org/10.1123/japa.17.1.89>
- Eldridge, S. M., Lancaster, G. A., Campbell, M. J., Thabane, L., Hopewell, S., Coleman, C. L. et Bond, C. M. (2016). Defining feasibility and pilot studies in preparation for randomised controlled trials: Development of a conceptual framework. *PLoS One*, 11(3), article e0150205. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0150205>
- Flower, D. J., Tipton, M. J. et Milligan, G. S. (2019). Considerations for physical employment standards in the aging workforce. *Work*, 63(4), 509-519. <https://doi.org/10.3233/WOR-192962>
- Garcia, M.-G., Läubli, T. et Martin, B. J. (2015). Long-term muscle fatigue after standing work. *Human Factors*, 57(7), 1162-1173. <https://doi.org/10.1177/0018720815590293>
- Garcia, M.-G., Wall, R., Steinhilber, B., Läubli, T. et Martin, B. J. (2016). Long-lasting changes in muscle twitch force during simulated work while standing or walking. *Human Factors*, 58(8), 1117-1127. <https://doi.org/10.1177/0018720816669444>
- Geurts, A. C., Nienhuis, B. et Mulder, T. W. (1993). Intrasubject variability of selected force-platform parameters in the quantification of postural control. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 74(11), 1144-1150.
- Goodpaster, B. H., Park, S. W., Harris, T. B., Kritchevsky, S. B., Nevitt, M., Schwartz, A. V., . . . Newman, A. B. (2006). The loss of skeletal muscle strength, mass, and quality in older adults: The health, aging and body composition study. *The Journals of Gerontology. Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 61(10), 1059-1064. <https://doi.org/10.1093/gerona/61.10.1059>

IRSST ■ Impact des efforts physiques en milieu de travail sur le développement de la fatigue musculaire, les propriétés tissulaires et la stabilité posturale des travailleurs plus âgés : une étude de faisabilité

- Harrington, D. M., Welk, G. J. et Donnelly, A. E. (2011). Validation of MET estimates and step measurement using the ActivPAL physical activity logger. *Journal of Sports Sciences*, 29(6), 627-633. <https://doi.org/10.1080/02640414.2010.549499>
- Hassmen, P. et Koivula, N. (1997). Mood, physical working capacity and cognitive performance in the elderly as related to physical activity. *Aging Clinical and Experimental Research*, 9(1-2), 136-142. <https://doi.org/10.1007/BF03340139>
- Health and Safety Executive. (2018). *Older workers: Health and safety*. Government of the United Kingdom. <https://www.hse.gov.uk/vulnerable-workers/older-workers.htm#:~:text=A%20separate%20risk%20assessment%20is,if%20any%20changes%20are%20needed>
- Hendershot, B., Bazrgari, B., Muslim, K., Toosizadeh, N., Nussbaum, M. A. et Madigan, M. L. (2011). Disturbance and recovery of trunk stiffness and reflexive muscle responses following prolonged trunk flexion: Influences of flexion angle and duration. *Clinical Biomechanics*, 26(3), 250-256. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2010.09.019>
- Henry, M. et Baudry, S. (2019). Age-related changes in leg proprioception: Implications for postural control. *Journal of Neurophysiology*, 122(2), 525-538. <https://doi.org/10.1152/jn.00067.2019>
- Hewston, P. et Deshpande, N. (2016). Falls and balance impairments in older adults with type 2 diabetes: Thinking beyond diabetic peripheral neuropathy. *Canadian Journal of Diabetes*, 40(1), 6-9. <https://doi.org/10.1016/j.jcjd.2015.08.005>
- Hiepe, P., Gussew, A., Rzanny, R., Kurz, E., Anders, C., Walther, M., . . . Reichenbach, J. R. (2015). Age-related structural and functional changes of low back muscles. *Experimental Gerontology*, 65, 23-34. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2015.02.016>
- Ilmarinen, J. (2002). Physical requirements associated with the work of aging workers in the European Union. *Experimental Aging Research*, 28(1), 7-23. <https://doi.org/10.1080/036107302753365513>
- Institut de la Statistique du Québec. (2017). *Le bilan démographique du Québec : édition 2017*. ISQ. <http://www.stat.gouv.qc.ca/statistiques/population-demographie/bilan2017.pdf>
- Kanlayanaphotporn, R., Williams, M., Fulton, I. et Trott, P. (2002). Reliability of the vertical spinal creep response measured in sitting (asymptomatic and low-back pain subjects). *Ergonomics*, 45(3), 240-247. <https://doi.org/10.1080/00140130110115840>
- Kaufman, J.-C. (2011). *L'entretien compréhensif : l'enquête et ses méthodes* (3^e éd.). Armand Colin.
- Kazemi, Z., Mazloumi, A., Arjmand, N., Keihani, A., Karimi, Z., Ghasemi, M. S. et Kordi, R. (2022). A comprehensive evaluation of spine kinematics, kinetics, and trunk muscle activities during fatigue-induced repetitive lifting. *Human Factors*, 64(6), 997-1012. <https://doi.org/10.1177/0018720820983621>

- Kenny, G. P., Groeller, H., McGinn, R. et Flouris, A. D. (2016). Age, human performance, and physical employment standards. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 41(6), S92-S107. <https://doi.org/10.1139/apnm-2015-0483>
- Krehbiel, L. M., Kang, N. et Cauraugh, J. H. (2017). Age-related differences in bimanual movements: A systematic review and meta-analysis. *Experimental Gerontology*, 98, 199-206. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2017.09.001>
- Lakens, D. (2013). Calculating and reporting effect sizes to facilitate cumulative science: A practical primer for t-tests and ANOVAs. *Frontiers in Psychology*, 4, article 863. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00863>
- Larsson, L., Degens, H., Li, M., Salviati, L., Lee, Y. I., Thompson, W., . . . Sandri, M. (2019). Sarcopenia: Aging-related loss of muscle mass and function. *Physiological Reviews*, 99(1), 427-511. <https://doi.org/10.1152/physrev.00061.2017>
- Latulippe, D., St-Onge, S., Gagné, C., Ballesteros-Leiva, F. et Beauchamp-Legault, M.-È. (2017). Le prolongement de la vie professionnelle des Québécois : une nécessité pour la société, les travailleurs et les employeurs ? *Retraite et société*, 78(3), 45-67. <https://doi.org/10.3917/rs1.078.0045>
- Liberman, K., Forti, L. N., Beyer, I. et Bautmans, I. (2017). The effects of exercise on muscle strength, body composition, physical functioning and the inflammatory profile of older adults: A systematic review. *Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care*, 20(1), 30-53. <https://doi.org/10.1097/MCO.0000000000000335>
- Loeser, R. F. (2010). Age-related changes in the musculoskeletal system and the development of osteoarthritis. *Clinics in Geriatric Medicine*, 26(3), 371-386. <https://doi.org/10.1038/nrrheum.2016.65>
- Lyden, K., Keadle, S. K., Staudenmayer, J. et Freedson, P. S. (2017). The activPALTM accurately classifies activity intensity categories in healthy adults. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 49(5), 1022-1028. <https://doi.org/10.1249/mss.0000000000001177>
- Maffiuletti, N. A., Jubeau, M., Munzinger, U., Bizzini, M., Agosti, F., De Col, A., . . . Sartorio, A. (2007). Differences in quadriceps muscle strength and fatigue between lean and obese subjects. *European Journal of Applied Physiology*, 101, 51-59.
- Mc Carthy, V. J., Perry, I. J. et Greiner, B. A. (2013). Has your work worked you too hard? Physically demanding work and disability in a sample of the older Irish population. *Irish Journal of Medical Science*, 182(1), 47-55. <https://doi.org/10.1007/s11845-012-0824-7>
- Mitchell, W. K., Williams, J., Atherton, P., Larvin, M., Lund, J. et Narici, M. (2012). Sarcopenia, dynapenia, and the impact of advancing age on human skeletal muscle size and strength: A quantitative review. *Frontiers in Physiology*, 3, article 260. <https://doi.org/10.3389/fphys.2012.00260>

IRSST ■ Impact des efforts physiques en milieu de travail sur le développement de la fatigue musculaire, les propriétés tissulaires et la stabilité posturale des travailleurs plus âgés : une étude de faisabilité

- Mörl, F. et Bradl, I. (2013). Lumbar posture and muscular activity while sitting during office work. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 23(2), 362-368. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2012.10.002>
- Ng, J. K. et Richardson, C. A. (1996). Reliability of electromyographic power spectral analysis of back muscle endurance in healthy subjects. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 77(3), 259-264.
- Parent, D., Langlois, A., Villeneuve, J., Lamarche, C., Proteau, R. A., Marchand, D., Mandeville-Gauthier, V. (2012). *Ergonomie du bureau : guide*. http://asstsas.qc.ca/sites/default/files/publications/documents/Guides_Broch_Depl/GP67_ergonomie_bureau-2012.pdf
- Park, J.-H. et Srinivasan, D. (2021). The effects of prolonged sitting, standing, and an alternating sit-stand pattern on trunk mechanical stiffness, trunk muscle activation and low back discomfort. *Ergonomics*, 64(8), 983-994. <https://doi.org/10.1080/00140139.2021.1886333>
- Purmessur, D., Cornejo, M., Cho, S., Hecht, A. et Iatridis, J. (2013). Notochordal cell-derived therapeutic strategies for discogenic back pain. *Global Spine Journal*, 3(3), 201-217. <https://doi.org/10.1055/s-0033-1350053>
- Rahimi, B., Nadri, H., Lotfnezhad Afshar, H. et Timpka, T. (2018). A systematic review of the technology acceptance model in health informatics. *Applied Clinical Informatics*, 9(3), 604-634. <https://doi.org/10.1055/s-0038-1668091>
- Rajachandrakumar, R., Mann, J., Schinkel-Ivy, A. et Mansfield, A. (2018). Exploring the relationship between stability and variability of the centre of mass and centre of pressure. *Gait & Posture*, 63, 254-259. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2018.05.008>
- Ressources humaines et Développement des compétences Canada. (2013). *Consultations par RHDC de travailleurs âgés et d'employeurs : résumé des propos entendus*. Gouvernement du Canada. <https://publications.gc.ca/site/fra/9.639502/publication.html>
- Rodacki, A. L., Fowler, N. E. et Bennett, S. J. (2001). Multi-segment coordination: Fatigue effects. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 33(7), 1157-1167. <https://doi.org/10.1097/00005768-200107000-00013>
- Roman-Liu, D. (2018). Age-related changes in the range and velocity of postural sway. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 77, 68-80. <https://doi.org/10.1016/j.archger.2018.04.007>
- Roman-Liu, D., Kamińska, J. et Tokarski, T. (2023). Differences in lumbar spine intradiscal pressure between standing and sitting postures: A comprehensive literature review. *PeerJ*, 11, article e16176. <https://doi.org/10.7717/peerj.16176>
- Roughley, P. J. (2004). Biology of intervertebral disc aging and degeneration: Involvement of the extracellular matrix. *Spine*, 29(23), 2691-2699. <https://doi.org/10.1097/01.brs.0000146101.53784.b1>

IRSST ■ Impact des efforts physiques en milieu de travail sur le développement de la fatigue musculaire, les propriétés tissulaires et la stabilité posturale des travailleurs plus âgés : une étude de faisabilité

- Roussel, P. (1996). *Rémunération, motivation, et satisfaction au travail*. Economica.
- Shafiee, G., Keshtkar, A., Soltani, A., Ahadi, Z., Larijani, B. et Heshmat, R. (2017). Prevalence of sarcopenia in the world: A systematic review and meta-analysis of general population studies. *Journal of Diabetes & Metabolic Disorders*, 16, 1-10.
<https://doi.org/10.1186/s40200-017-0302-x>
- Shephard, R. (2000). Worksite health promotion and the older worker. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 25(5), 465-475. [https://doi.org/10.1016/S0169-8141\(99\)00031-1](https://doi.org/10.1016/S0169-8141(99)00031-1)
- Sluiter, J. K. (1999). The influence of work characteristics on the need for recovery and experienced health: A study on coach drivers. *Ergonomics*, 42(4), 573-583.
<https://doi.org/10.1080/001401399185487>
- Stock S., Botan, S., Lazreg F., Vézina N., Imbeau D., Gilbert L., Poirier-Lavallée M., . . . , Turcot A. . (2021). *Contraintes du travail associées aux troubles musculo-squelettiques : guide d'utilisation pour une évaluation rapide et approfondie*. INSPQ.
<https://www.inspq.qc.ca/sites/default/files/publications/2796-contraintes-travail-troubles-musculo-squelettiques-guide-approfondie.pdf>
- Teasdale, N., Hue, O., Marcotte, J., Berrigan, F., Simoneau, M., Doré, J., . . . Tremblay, A. (2007). Reducing weight increases postural stability in obese and morbid obese men. *International Journal of Obesity*, 31(1), 153-160.
- Thabane, L., Ma, J., Chu, R., Cheng, J., Ismaila, A., Rios, L. P., . . . Goldsmith, C. H. (2010). A tutorial on pilot studies: The what, why and how. *BMC Medical Research Methodology*, 10, article 1. <https://doi.org/10.1186/1471-2288-10-1>
- Tsuboi, H., Nishimura, Y., Sakata, T., Ohko, H., Tanina, H., Kouda, K., . . . Tajima, F. (2013). Age-related sex differences in erector spinae muscle endurance using surface electromyographic power spectral analysis in healthy humans. *The Spine Journal*, 13(12), 1928-1933. <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2013.06.060>
- Urquhart, D. M., Kurniadi, I., Triangto, K., Wang, Y., Wluka, A. E., O'Sullivan, R., . . . Cicuttini, F. M. (2014). Obesity is associated with reduced disc height in the lumbar spine but not at the lumbosacral junction. *Spine*, 39(16), E962-E966.
- Vermersch, P. (2006). *L'entretien d'explicitation*. ESF.
- Vo, N. V., Hartman, R. A., Patil, P. R., Risbud, M. V., Kleitkas, D., Iatridis, J. C., . . . Kang, J. D. (2016). Molecular mechanisms of biological aging in intervertebral discs. *Journal of Orthopaedic Research*, 34(8), 1289-1306. <https://doi.org/10.1002/jor.23195>
- Volkoff, S., Molinie, A., Elbaum, M., Queinnec, Y., Delgoulet, C., Gaudart, C., . . . Teiger, C. (2006). *Âges, santé, travail : quelles évolutions ? Quinze ans de travaux du Créapt : actes du séminaire Vieillesse et Travail*. CEET. <https://ceet.cnam.fr/publications/rapports-de-recherche/rapports-de-recherche-2007-954195.kjsp?RH=1507626803290>

IRSST ■ Impact des efforts physiques en milieu de travail sur le développement de la fatigue musculaire, les propriétés tissulaires et la stabilité posturale des travailleurs plus âgés : une étude de faisabilité

- Walston, J. D. (2012). Sarcopenia in older adults. *Current Opinion in Rheumatology*, 24(6), 623-627. <https://doi.org/10.1097/BOR.0b013e328358d59b>
- Weiss, D. J., Dawis, R. V., England, G. W. et Lofquist, L. H. (1967). *Manual for the Minnesota Satisfaction Questionnaire*. Industrial Relations Center, University of Minnesota.
- Westrick, E., Sowa, G. et Kang, J. (2011). The intervertebral disc: Normal, aging, and pathologic. Dans H. N. Herkowitz, S. R. Garfin, F. J. Eismont, G. R. Bell et R. A. Balderston (édit.), *Rothman-Simeone the spine* (6^e éd., p. 97-128). Elsevier.
- Zavanela, P. M., Crewther, B. T., Lodo, L., Florindo, A. A., Miyabara, E. H. et Aoki, M. S. (2012). Health and fitness benefits of a resistance training intervention performed in the workplace. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(3), 811-817. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318225ff4d>

ANNEXE A

A.I Questionnaire d'acceptabilité du port de l'actimètre au travail

	Pas du tout d'accord	Moyennement en désaccord	Moyennement en accord	Tout à fait d'accord
Question 1 : Avez-vous senti l'actimètre au cours de votre journée de travail ?				
Question 2 : Avez-vous eu peur d'abimer l'actimètre au cours de la journée en raison de vos activités ?				
Question 3 : Est-ce que l'actimètre a été « dans le chemin » de certaines de vos activités en raison de l'endroit où il était placé ?				
Question 4 : Avez-vous dû changer certains de vos mouvements en raison du port de l'actimètre ?				
Question 5 : Avez-vous été distrait dans vos activités en raison du port de l'actimètre au cours de la journée ?				

Référence : Weiss, D. J., Dawis, R. V., England, G. W. et Lofquist, L. H. (1967). *Manual for the Minnesota Satisfaction Questionnaire*. Industrial Relations Center, University of Minnesota.

- IRSST** ■ Impact des efforts physiques en milieu de travail sur le développement de la fatigue musculaire, les propriétés tissulaires et la stabilité posturale des travailleurs plus âgés : une étude de faisabilité

ANNEXE B

B.1 Minnesota satisfaction questionnaire

Référence : Weiss DJ, Dawis RV, England GW, Lofquise LH. Minnesota studies in vocational rehabilitation : 22, manual for Minnesota Satisfaction Questionnaire. Vocational Psychology Research, University of Minnesota, 1967.

Version française : Roussel P. Rémunération, motivation et satisfaction au travail. Economica, Collection Recherche en Gestion, Paris, 1996

CRITIQUE : les facettes du MSQ sont multiples et certains considèrent que les items sont redondants. Toutefois, c'est un des rares voire le seul questionnaire validé en langue française

UTILISATION : faire la somme de tous les items (score de 20 à 100).

Dans votre emploi actuel, êtes-vous satisfait(e) ?

1. De vos possibilités d'avancement				
Très insatisfait(e)	Insatisfait(e)	ni satisfait(e) ni insatisfait(e)	satisfait(e)	Très satisfait(e)
1	2	3	4	5
2. Des conditions de travail				
Très insatisfait(e)	Insatisfait(e)	ni satisfait(e) ni insatisfait(e)	satisfait(e)	Très satisfait(e)
1	2	3	4	5
3. Des possibilités de faire des choses différentes de temps en temps				
Très insatisfait(e)	Insatisfait(e)	ni satisfait(e) ni insatisfait(e)	satisfait(e)	Très satisfait(e)
1	2	3	4	5
4. De votre importance aux yeux des autres				
Très insatisfait(e)	Insatisfait(e)	ni satisfait(e) ni insatisfait(e)	satisfait(e)	Très satisfait(e)
1	2	3	4	5
5. De la manière dont votre supérieur dirige ses employés (rapports humains)				
Très insatisfait(e)	Insatisfait(e)	ni satisfait(e) ni insatisfait(e)	satisfait(e)	Très satisfait(e)
1	2	3	4	5
6. De la compétence de votre supérieur dans les prises de décision (compétences techniques)				
Très insatisfait(e)	Insatisfait(e)	ni satisfait(e) ni insatisfait(e)	satisfait(e)	Très satisfait(e)
1	2	3	4	5
7. Des possibilités de faire des choses qui ne sont pas contraires à votre conscience				
Très insatisfait(e)	Insatisfait(e)	ni satisfait(e) ni insatisfait(e)	satisfait(e)	Très satisfait(e)
1	2	3	4	5

IRSST ■ Impact des efforts physiques en milieu de travail sur le développement de la fatigue musculaire, les propriétés tissulaires et la stabilité posturale des travailleurs plus âgés : une étude de faisabilité

8 – De la stabilité de votre emploi				
Très insatisfait(e)	Insatisfait(e)	ni satisfait(e) ni insatisfait(e)	satisfait(e)	Très satisfait(e)
1	2	3	4	5
9 – Des possibilités d'aider les gens dans l'entreprise				
Très insatisfait(e)	Insatisfait(e)	ni satisfait(e) ni insatisfait(e)	satisfait(e)	Très satisfait(e)
1	2	3	4	5
10 – Des possibilités de dire aux gens ce qu'il faut faire				
Très insatisfait(e)	Insatisfait(e)	ni satisfait(e) ni insatisfait(e)	satisfait(e)	Très satisfait(e)
1	2	3	4	5
11 – Des possibilités de faire des choses qui utilisent vos capacités				
Très insatisfait(e)	Insatisfait(e)	ni satisfait(e) ni insatisfait(e)	satisfait(e)	Très satisfait(e)
1	2	3	4	5
12. De la manière dont les règles et les procédures internes de l'entreprise sont mises en application				
Très insatisfait(e)	Insatisfait(e)	ni satisfait(e) ni insatisfait(e)	satisfait(e)	Très satisfait(e)
1	2	3	4	5
13. De votre salaire par rapport à l'importance du travail que vous faites.				
Très insatisfait(e)	Insatisfait(e)	ni satisfait(e) ni insatisfait(e)	satisfait(e)	Très satisfait(e)
1	2	3	4	5
14. Des possibilités de prendre des décisions de votre propre initiative				
Très insatisfait(e)	Insatisfait(e)	ni satisfait(e) ni insatisfait(e)	satisfait(e)	Très satisfait(e)
1	2	3	4	5
15. Des possibilités de rester occupé(e) tout le temps au cours de la journée de travail				
Très insatisfait(e)	Insatisfait(e)	ni satisfait(e) ni insatisfait(e)	satisfait(e)	Très satisfait(e)
1	2	3	4	5
16. Des possibilités d'essayer vos propres méthodes pour réaliser le travail				
Très insatisfait(e)	Insatisfait(e)	ni satisfait(e) ni insatisfait(e)	satisfait(e)	Très satisfait(e)
1	2	3	4	5
17 . Des possibilités de travailler seul(e) dans votre emploi				
Très insatisfait(e)	Insatisfait(e)	ni satisfait(e) ni insatisfait(e)	satisfait(e)	Très satisfait(e)
1	2	3	4	5

IRSST ■ Impact des efforts physiques en milieu de travail sur le développement de la fatigue musculaire, les propriétés tissulaires et la stabilité posturale des travailleurs plus âgés : une étude de faisabilité

18. De la manière dont vos collègues s'entendent entre eux				
Très insatisfait(e)	Insatisfait(e)	ni satisfait(e) ni insatisfait(e)	satisfait(e)	Très satisfait(e)
1	2	3	4	5
19. Des compliments que vous recevez pour la réalisation d'un bon travail				
Très insatisfait(e)	Insatisfait(e)	ni satisfait(e) ni insatisfait(e)	satisfait(e)	Très satisfait(e)
1	2	3	4	5
20. Du sentiment d'accomplissement que vous retirez de votre travail				
Très insatisfait(e)	Insatisfait(e)	ni satisfait(e) ni insatisfait(e)	satisfait(e)	Très satisfait(e)
1	2	3	4	5

Satisfaction intrinsèque : Q1-2-3-4-7-8-9-10-11-15-16-20

Satisfaction extrinsèque : Q5-6-12-13-14-19

Satisfaction générale : Q1 à 20

ANNEXE C

C.I Entretien compréhensif et d'explicitation : méthodologie et canevas d'entrevue

Méthodologie

Entretien compréhensif (Kaufman, 2011) et d'explicitation (Vermersch, 2006) : Pour la plupart des participants, la portion d'entretien compréhensif a été réalisée avant de procéder à la période d'observation. Cet entretien avait pour objectif de se familiariser avec le métier exercé. Après l'observation, l'entretien d'explicitation a permis d'aborder le vécu réel du travailleur en regard de la situation de travail. Cependant, pour certains participants (n= 20), les deux composantes d'entretien ont été complétées en présence de façon consécutive, soit avant ou après la période d'observation. Dans d'autres situations (n= 6), les entretiens ont été faits en utilisant une méthode de communication virtuelle (plateforme Zoom). Les entretiens individuels, de type semi-structurés, étaient d'une durée d'environ 90 minutes et ont été enregistrés sur support audionumérique. L'annexe C présente le canevas d'entrevue utilisé.

L'analyse documentaire : À partir d'une recherche dans les bases de données CINAHL, Cochrane Library, Pubmed, Scopus et ScienceDirect, les positions impliquant un plus grand effet sur la pression intradiscale dans la région lombaire ont pu être identifiées. Par cette analyse documentaire, le croisement des différents types de données est possible et permet de faire gagner en robustesse les résultats tout en apportant un regard complémentaire et contextuel aux mesures biomécaniques.

Analyses

Les données provenant des entretiens compréhensifs et d'explicitation ont été traitées par écoute flottante afin de bonifier les données obtenues lors des périodes d'observation. En effet, les données d'entrevue abordent la description des tâches, la perception du travailleur en regard de son emploi et la description de son milieu de travail.

Pour l'interprétation des données quantitatives et qualitatives qui sont recueillies simultanément (devis concomitant), une stratégie de triangulation a permis de vérifier la constance des résultats et d'améliorer la validité interne de l'étude en offrant des résultats qui convergent ou qui se superposent. Les données qualitatives facilitent la compréhension des résultats biomécaniques/physiologiques quantitatifs obtenus et permettent d'éclairer les facteurs qui ont contribué aux changements observés au cours d'une journée de travail.

En regard des données qualitatives, la triangulation est assurée lors de l'analyse puisque les informations provenant des différentes sources de données (entretien, observation, journal

de bord de la chercheuse) sont mises en relation. Par l'écoute flottante, il est possible de déceler les thèmes émergents selon les différents groupes de participants. Ensuite, un arbre de code a été élaboré et validé par le cochercheur. Les codes sont définis et des extraits ciblés afin d'expliquer les codes et les présenter.

Canevas d'entretien pour les participants, portion analyse ergonomique

Pré-observation

Première partie : Recueil des données socio-démographiques

(environ 15 minutes)

« Dans le cadre du projet de recherche auquel vous participez, il y a une portion d'analyse ergonomique de votre travail qui permettra de mieux comprendre votre travail et de faire des liens entre les mesures physiologiques prises par l'équipe que vous avez rencontré au labo juste avant.

D'autres éléments, par exemple, l'engagement dans le travail peut aussi influencer la façon que l'on exécute notre travail et par conséquent, les mesures physiologiques.

Les parties d'entrevue seront enregistrées ce qui me permettra d'y revenir au besoin »

« Afin de débiter, je voudrais vous questionner sur certaines informations quant à vous et votre parcours professionnel. Certains éléments ont été répondus sur le questionnaire que vous avez complété plus tôt, ces informations seront donc validées. »

Éléments à voir si réponse

Âge Département Statut d'emploi Nb d'heures Affiliation syndicale

« Vous occupez cet emploi depuis combien de temps (Ancienneté) »

Affectif :

Comment voyez-vous la suite de votre carrière ?

Décrivez-moi comment vous percevez l'organisation, votre département. Sentez-vous avoir un sentiment d'attachement, d'appartenance ?

Sentez-vous impliqué ou faisant partie prenante de l'organisation ?

- Quels sont les éléments auxquels vous référez ?

Etes vous porté à faire la promotion de l'entreprise lorsque vous êtes à l'extérieur ?

IRSST ■ Impact des efforts physiques en milieu de travail sur le développement de la fatigue musculaire, les propriétés tissulaires et la stabilité posturale des travailleurs plus âgés : une étude de faisabilité

Continuité :

Vous avez ___ années d'ancienneté, qu'est-ce qui explique cette durée pour ce même employeur ?

- Peur de chercher ?
- Coûts reliés au changement, pas d'autres options, perte de bénéfices
- Loyauté envers l'organisation

Vous avez ___ années d'ancienneté, qu'est-ce qui explique que vous venez de changer d'emploi pour rejoindre l'UQTR ?

Reconnaissance :

Avez-vous des marques de reconnaissance pour votre travail ?

- Pouvez-vous me décrire des exemples ?
- De qui proviennent elles ?
- Quelles sont vos émotions lors de l'expression de cette reconnaissance ?

Deuxième partie : Description des tâches

(environ 30 minutes)

« Maintenant, je voudrais qu'on aborde précisément votre travail afin de bien le décrire et le comprendre. De plus, je vais vous questionner sur comment vous percevez votre travail pour mieux comprendre l'impact de votre travail. Tout comme la partie précédente, les données du questionnaire seront reprises pour des précisions. »

Description officielle :

Dans votre emploi de _____

Vous avez à faire _____

Les produits et services _____

Les outils et équipements qui sont utilisés _____

Éléments à voir si réponse

Horaire de travail Pauses Type de production Cadence

Est-ce que vous avez la possibilité d'une Marge de manœuvre dans l'exécution des tâches ?

Dans votre travail, comment décrire une journée type :

AM

PM

Quels sont les raisonnements que vous avez en regard de votre démarche pour l'accomplissement des tâches ? (relances)

Vous avez complété cette section du questionnaire qui me permet de mieux comprendre comment votre emploi doit être effectué. Je vois certaines exigences au niveau de la motricité, de la cognition, de la communication et ainsi de suite. Ce que j'aimerais maintenant comprendre, c'est comment vous êtes en mesure de répondre à ces exigences la...

Sentez-vous avoir l'énergie pour accomplir votre travail ?

- Comment pouvez-vous décrire votre énergie sur une journée, sur une semaine ?

Quels sont les sentiments que vous avez avant de débiter votre quart de travail ?

- Avez-vous envie de venir travailler ?

Dans une journée, comment réagissez-vous face à un obstacle, un pépin, un imprévu ?

Quand vous êtes à l'exécution de votre travail, comment pourriez-vous me décrire votre attitude ?

- Etes-vous très concentré ? Vous oubliez tout autour ? Vous ne voyez pas le temps passé ?
- Qu'est-ce qui est le plus complexe à exécuter ?
- Qu'est-ce qui est le moins complexe ?

À la fin de votre journée, arrivez-vous à vous détacher du travail ?

- Quels moments font qu'il est plus difficile de se détacher ?
- Selon vous, qu'est-ce qui vous permet de vous détacher ?

Comment pourriez-vous me décrire votre travail au niveau des émotions ressenties ?

- Aimez-vous votre travail ? Pour quelles raisons ?
- Sentez-vous qu'il a un sens, une utilité ?

Éléments à voir si réponse

Conditions environnementales

Comment vous percevez ces conditions environnementales ?

Autre caractéristique importante de l'environnement qui n'est pas indiqué ici, c'est l'environnement social. Comment la charge de travail est divisée entre les collègues :

Est-ce que dans votre travail, il y a souvent des incidents, accidents ?

Quelles mesures de correction sont apportées selon vous ?

IRSST ■ Impact des efforts physiques en milieu de travail sur le développement de la fatigue musculaire, les propriétés tissulaires et la stabilité posturale des travailleurs plus âgés : une étude de faisabilité

« Merci pour les informations que vous m'avez transmises. Par celles-ci je comprends mieux à quoi correspond votre travail. De ce fait, nous allons pouvoir débiter les périodes d'observation des tâches.

Les périodes d'observation sont d'une durée de 2 heures chacune et me permettront de me familiariser avec le contexte de travail. Une période sera filmée afin d'être analysée dans le but de décrire le niveau d'activités et d'exigence de votre travail, données qui seront utilisées en corrélation avec les mesures physiologiques prises au labo ce matin ».

Selon vous, aujourd'hui, quelle période de votre travail serait la plus exigeante ?
AM ou PM

À la suite de cette période d'environ 2 heures, ce sera l'heure du dîner. Vous aurez du temps pour dîner, et il y aura une seconde partie d'entrevue dans le but de discuter de votre engagement dans le travail selon différents attributs. Ces données sont d'une part pour mon projet de doctorat, mais apportent aussi des informations supplémentaires au projet de recherche actuel compte tenu que l'engagement dans le travail peut modifier votre façon de travailler au quotidien. Comme toutes les données recueillies dans le cadre du présent projet, celles-ci demeurent confidentielles entre vous et moi et il n'y aura aucune possibilité de vous identifier.

À la suite de la période de repas et d'entrevue, d'autres observations seront effectuées suivies d'une autre période d'entrevue sera effectuée afin de préciser certains éléments de l'accomplissement des tâches et un résumé de la journée. »

- **IRSST** Impact des efforts physiques en milieu de travail sur le développement de la fatigue musculaire, les propriétés tissulaires et la stabilité posturale des travailleurs plus âgés : une étude de faisabilité

Troisième étape : Engagement au travail

(environ 45 minutes)

« Nous en sommes maintenant à la partie qui porte sur l'engagement. Tel que mentionné avant le diner, l'engagement peut possiblement modifier l'exécution des tâches. L'engagement est considéré comme une caractéristique essentielle lorsque l'on s'investit dans une activité. Plus généralement, il est défini selon le Larousse comme un « Acte par lequel on s'engage à accomplir quelque chose », par exemple une promesse, une convention ou un contrat par lesquels on se lie.

Dans un premier temps, j'aimerais que vous me donniez votre définition de l'engagement au travail ?

Maintenant que nous avons précisé votre représentation de l'engagement, j'aimerais explorer avec vous celui-ci à partir de différents attributs qui ont été identifiés pour caractériser une situation de travail idéale. »

- IRSST** ■ Impact des efforts physiques en milieu de travail sur le développement de la fatigue musculaire, les propriétés tissulaires et la stabilité posturale des travailleurs plus âgés : une étude de faisabilité

« Le **premier attribut** est celui du Partenariat. Quelle est votre définition du partenariat ? (relances)

Dans votre travail, à quoi correspond le partenariat ? (relances)

Dans votre travail quotidien, comment ce dernier se déploie ? (relances)

Comment le Partenariat vient-il influencer/ moduler votre engagement dans votre contexte de travail ? (relances)

Le **deuxième** est le Pouvoir d'agir. Dans votre travail, qu'est-ce le pouvoir d'agir ? (relances)

Comment dans votre travail quotidien le pouvoir d'agir se déploie ? (relances)

Lesquels par exemple ? (relances)

Et comment ce pouvoir d'agir ce manifeste ? (relances)

Comment le Pouvoir d'agir vient-il influencer votre implication/engagement dans votre contexte de travail ?

Le **troisième attribut** est la Quiétude : Selon vous, quelle pourrait être la définition de Quiétude ? (relances)

Dans votre travail, qu'est-ce que la quiétude ? (relances)

Comment dans votre travail percevez-vous les contraintes de la tâche (cadence, délai, ...) ? (relances)

Pouvez-vous quantifier le niveau (contraintes élevées, moyennes, basses) ? (relances)

Comment la Quiétude vient-elle influencer votre implication/engagement dans vos tâches de travail ?

- IRSST** ■ Impact des efforts physiques en milieu de travail sur le développement de la fatigue musculaire, les propriétés tissulaires et la stabilité posturale des travailleurs plus âgés : une étude de faisabilité

Le **quatrième attribut** est le niveau de Stimulation : Selon vous, quel pourrait être la définition du niveau de stimulation? (relances)

Dans votre travail, comment pouvez-vous décrire le niveau de stimulation quant à l'accomplissement des tâches ? (relances)

Quels sont les moments les plus stimulants, les moins stimulant? (relances)

Comment le niveau de stimulation vient-il influencer votre implication/engagement dans vos tâches de travail ?

Le **cinquième attribut** est la Sécurité : Selon vous, qu'est-ce qu'on entend quand on parle de sécurité en regard d'une situation de travail? (relances)

Dans votre travail, comment vous pouvez décrire la sécurité ? (relances)

Quels aspects de votre travail considérez-vous comme étant à risque, sans risque ? (relances)

Quelles sont les modalités de sécurité mises en place ? (relances)

Comment l'aspect de la sécurité vient-il favoriser votre implication/engagement dans vos tâches de travail ? (relances)

Finalement, le **dernier attribut** réfère à la Flexibilité, qui pourrait aussi se présenter comme étant une marge de manœuvre.

Dans votre travail, comment pouvez-vous décrire cette notion de flexibilité? (relances)

Comment cette notion se déploie au niveau de l'organisation de la journée ou dans l'exécution des tâches ? (relances)

Comment cette notion de flexibilité vient-elle favoriser votre implication/engagement dans vos tâches de travail ? (relances) »

- IRSST** ■ Impact des efforts physiques en milieu de travail sur le développement de la fatigue musculaire, les propriétés tissulaires et la stabilité posturale des travailleurs plus âgés : une étude de faisabilité

Conclusion

« Merci pour votre partage quant à votre perception de l'engagement au travail ainsi que la description de comment se passe au quotidien vos situations de travail.

J'aimerais faire un résumé de toutes les données que j'ai obtenu pendant cette journée, 2h d'entrevue et 4 heures d'observation !

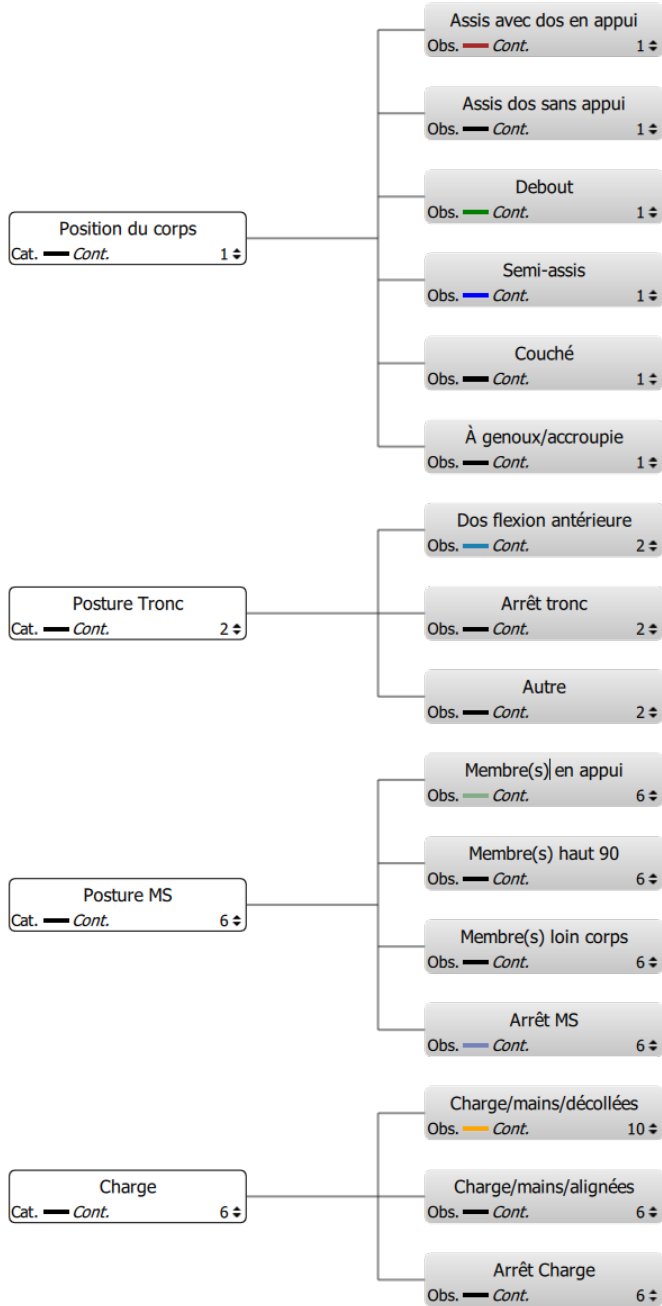
On ne peut pas dissocier l'environnement de travail, des tâches demandées, de la personne et de comment elle exécute son activité de travail. Tout s'inter-influence car une autre personne à votre emploi, au même poste pourrait avoir des perceptions tout autre !

- Attributs présents
- Perception des tâches et observations faites
- Personne : eng au travail vs dans le travail

Ce ne sont que des analyses préliminaires, mais est-ce que ca correspond à votre perception ?

ANNEXE D

D.I Grille d'observation systématique



IRSST ■ Impact des efforts physiques en milieu de travail sur le développement de la fatigue musculaire, les propriétés tissulaires et la stabilité posturale des travailleurs plus âgés : une étude de faisabilité

ANNEXE E

E.I Résultats des entretiens compréhensifs et d'explicitation

Les entretiens compréhensifs et d'explicitation ont permis d'aborder le vécu réel des travailleurs en regard de leur situation de travail. Les différents thèmes abordés par les travailleurs jeunes et âgés sont détaillés dans le tableau 7. Les motivations intrinsèques pour la poursuite de la carrière varient selon les participants rencontrés. Dans l'ensemble, ces motivations ne semblent pas différer avec l'âge, mais certaines tendances ont tout de même pu être identifiées. En général, pour les participants plus jeunes, la motivation est de poursuivre vers d'autres objectifs et de profiter des nouvelles opportunités, tandis que pour les participants plus âgés, les choix semblent orientés de façon à préparer une fin de carrière moins riche en responsabilités en optant pour une diminution dans les exigences de travail. Certains éléments du contexte de travail semblent également affecter le niveau d'énergie des travailleurs jeunes et âgés, notamment la motivation au travail et le sentiment d'appartenance. Les participants plus âgés ont également une histoire occupationnelle propre qui peut impliquer d'anciennes blessures, l'accumulation de fatigue au fil des ans, pouvant ainsi contribuer à un plus bas niveau d'énergie pour l'accomplissement des tâches.

Tableau 7. Principaux thèmes relatifs au vécu des travailleurs jeunes et âgés

1 - Motivations au travail		
Groupe de participants	Sous-thème	Extrait de verbatim
Jeunes	- Objectif de promotion	P1 : « <i>Moi je fais aussi un doctorat en parallèle à tout ça et moi, mon objectif c'est de devenir enseignante à l'université, donc professeure, chercheuse.</i> »
	- Profiter des opportunités	P3 : « <i>Là, c'est sûr que ma collègue va partir à la retraite, je vois un peu plus de responsabilités qui s'en viennent, des cours qui sont peut-être plus de défi, ce sera intéressant, c'est le fun. En attendant son départ, j'essaie de bénéficier de tout son savoir-faire, afin de pouvoir prendre le relai tranquillement.</i> »
	- Obtenir un poste correspondant aux compétences	P6 : « <i>Ça, c'est une très très bonne question. Mais je dirais que là maintenant, en date d'aujourd'hui, je suis bien. Il est donc possible que je poursuive comme ça. C'est certain que j'aspire à revenir à</i>

IRSST ■ Impact des efforts physiques en milieu de travail sur le développement de la fatigue musculaire, les propriétés tissulaires et la stabilité posturale des travailleurs plus âgés : une étude de faisabilité

		<i>retrouver un poste de technicienne en documentation parce que j'ai la formation. Le poste que j'ai occupé dans le passé, ne me convenait pas ce qui explique le mouvement là, mais c'est sûr que j'aspire à redevenir une technicienne en documentation. Mais le poste de commis que j'occupe en ce moment ne me rend pas malheureuse. »</i>
Âgés	- Diminuer les responsabilités	<i>P5 : « Ce que j'aimerais pour finir ma carrière, c'est un autre poste en haut qui est pas mal plus relaxe. Les tâches sont moins exigeantes et moins de problèmes à gérer. Aussi, je rencontre plus de gens. »</i>
2 - Énergie au travail		
Groupe de participants	Sous-thème	Extrait de verbatim
Jeunes	- Le travail comme une source d'énergie	<i>P26 : « C'est certain qu'il y a des journées que je suis plus fatiguée, mais je trouve que c'est motivant de faire ce travail, on est toujours en contact avec les gens, donc nous n'avons pas le choix de laisser les problèmes à la porte pis on rentre et on part sur autre chose, je trouve que c'est motivant ce qui me donne de l'énergie ! »</i>
Âgés	- Augmentation de l'énergie mobilisée pour le même travail	<i>P2 : « Moi j'aime encore beaucoup mon travail, je remarque qu'il est un peu plus fatiguant qu'il y a 5 ans, mais je le fais quand même. Je vais me rendre jusqu'à ma retraite à l'âge 65 ans c'est-à-dire dans 4 ans. Je vais probablement opter pour l'offre de l'employeur pour une retraite progressive dans le dernier 2 ans puisque je suis fatiguée, et je ressens quelques maux au dos et aux mains. »</i>
		<i>P7 : « À la fin de la journée, ma petite batterie Énergizer est vide surtout si j'ai rangé beaucoup de livres, si j'ai fait beaucoup de détassement, je vais</i>

IRSST ■ Impact des efforts physiques en milieu de travail sur le développement de la fatigue musculaire, les propriétés tissulaires et la stabilité posturale des travailleurs plus âgés : une étude de faisabilité

		<p><i>être plus fatiguée certainement. Et j'en ressens des impacts le lendemain, j'ai plus de difficulté à reprendre le travail »</i></p>
		<p>P8 : <i>« Je vais avoir 63 ans au mois de novembre, le 14 novembre. Puis, à la suite de ça, j'avais dans l'idée peut-être de continuer à travailler jusqu'à 64 ans, mais je n'irai pas plus loin parce que physiquement je ressens que c'est quand même un emploi lourd aussi là. Je suis fatigué. »</i></p>
3 - Sentiment d'appartenance		
Groupe de participants	Sous-thème	Extrait de verbatim
Jeunes	- Relations avec les collègues de travail	<p>P1 : <i>« J'ai vraiment une bonne relation avec plusieurs enseignants, j'en côtoie quand même certains depuis plusieurs années et je trouve que c'est une belle relation. »</i></p>
		<p>P3 : <i>« Il a des activités à l'extérieur avec les techniciennes. Ensemble, on se parle de notre quotidien, pas juste du travail. Puis tu sais, il n'y a pas de jugement, je vous dirais que tout le monde s'entend bien. Puis on a toutes des personnalités différentes, mais nous réussissons à s'entendre bien. Nous avons une belle complicité entre nous, c'est vraiment important pour moi.»</i></p>
	- Implication au travail	<p>P1 : <i>« Je suis impliquée aussi dans certaines choses du département à l'extérieur de l'université, ce qui favorise mon appartenance. »</i></p>
	- Environnement stimulant	<p>P6 : <i>« Je suis très fière de travailler dans une université, je trouve ça stimulant. Je vois les avantages sociaux, mais aussi d'avoir des spécialistes en plein de choses. Nous avons toutes sortes d'activités pour l'équipe. C'est super stimulant</i></p>

		<i>le fait de travailler dans une université et avec mon équipe. »</i>
Âgés	- Changements au sein de l'entreprise	<i>P5 : « L'entreprise, je l'ai déjà eu tatouée sur le cœur, puis j'étais fier de porter mon linge. Mais maintenant, tout a changé, ils disent une affaire, mais après ça, ce sont les directeurs qui décident. Il y a une discordance. J'ai posé des questions, j'ai écrit des courriels au bureau du personnel, puis je n'ai jamais eu de réponses, mais dans le temps, tu allais les voir, tu les rencontrais, tu pouvais leur parler de n'importe quoi. Ce n'est plus la même gang, tout a changé. Moi je suis entre les deux époques, moi j'étais dans vieille gang, puis là la nouvelle qui arrive, on dirait que c'est plus la même mentalité, je ne m'y associe pas. »</i>
	- Changements dans les priorités	<i>P7 : « Mais l'engagement, il est totalement différent parce que ma vie personnelle prend beaucoup beaucoup de place, alors que je n'en avais pas avant. Puis aujourd'hui, quand je viens travailler, moi je suis à 2000 % ici. Les gens sont gentils, je me sens appréciée, je vais faire tout ce qu'on me demande. »</i>
4- Vécu au travail		
Groupe de travailleurs	Sous-thème	Extrait de verbatim
Jeunes	- Variabilité des tâches	<i>P4 : « Mais non, je m'entends bien avec les gens, je l'aime mon travail parce que si c'était juste la partie réception, je trouverais cela long. Mais comme moi je fais les deux, soit la réception, puis je vais livrer la marchandise aux départements, j'ai quand même plus la partie sociale avec les collègues, ce qui fait mon bonheur. »</i>
Âgés	- Charge mentale de l'emploi	<i>P5 : Je n'étais pas un gars nerveux, je n'étais pas un gars stressé. Et puis j'ai fait une crise de zona il n'y a pas si longtemps, j'ai eu le cœur qui s'est mis à me débattre. Je suis allé à l'hôpital, je ne sais pas ce qui s'est passé là. La veille, je venais de me pogner avec mon supérieur, il m'obstinait pour une affaire. Il</i>

IRSST ■ Impact des efforts physiques en milieu de travail sur le développement de la fatigue musculaire, les propriétés tissulaires et la stabilité posturale des travailleurs plus âgés : une étude de faisabilité

		<p><i>est peut-être un super de bon gars, mais il n'a pas le tour avec nous autres en tout cas. (...) Il faut que j'arrête parce que j'emmenais ça chez nous. J'étais en train de me rendre malade. »</i></p>
		<p><i>P7 : « Et c'est ça, je me suis épuisée dans mon ancien emploi, donc là, j'ai retrouvé un emploi où je n'ai pas de responsabilité, où je n'ai pas de personnel à gérer, c'est parfait. Pour moi, c'est parfait. C'est vraiment génial cet endroit-là, c'est sûr que je vais faire tout ce qu'on me demande parce que d'abord, c'est facile, c'est agréable, notre patron est super gentil, il n'y a pas de compétition, on ne demande pas d'aller vite, de nous tuer au travail, c'est un emploi idéal pour moi en fin de carrière. C'est sûr qu'il y a 20 ans, je n'aurais pas fait ça »</i></p>

L'âge du travailleur ne semble pas influencer le sentiment d'appartenance à l'entreprise. En effet ce dernier se montre plutôt lié à des éléments externes au travail (du milieu micro-macro de la situation de travail), comme par exemple, la reconnaissance des pairs ou des supérieurs ou le type de gestion du personnel. La nature de l'environnement de travail et les relations avec les collègues de travail semblent étroitement reliées au sentiment d'appartenance. Les changements dans la structure et la mission d'une entreprise peuvent toutefois être source de frustration, particulièrement chez les travailleurs plus âgés qui y évoluent depuis plusieurs années. Ceux-ci semblent plus souvent contraints à s'adapter à un nouvel environnement qui répond moins à leurs attentes.

Parmi les participants âgés rencontrés, il est également à considérer que certains participants étaient dans un processus de réorientation de carrière, c'est-à-dire qu'ils débutaient un nouvel emploi, dans un autre domaine, puisque l'emploi antérieur apportait trop de contraintes physiques ou de charge mentale ayant un impact potentiellement négatif sur leur santé. Ce changement a pu teinter leurs propos, qui ne peuvent donc pas être généralisés à l'ensemble des travailleurs âgés, qui, pour la plupart, occupent le même emploi depuis plusieurs années.

ANNEXE F

F.I Analyses statistiques pour les variables de stabilité posturale

Tableau 8. Analyses de variance et de covariances

Variable	Posture	Moment de la journée	Groupe	Moyenne (ÉT)	Statistiques													
					Posture		Âge		Moment de la journée		Posture*Âge		Moment de la journée*Âge		Posture* Moment de la journée		Posture* Moment de la journée*Âge	
					ANOVA	ANCOVA	ANOVA	ANCOVA	ANOVA	ANCOVA	ANOVA	ANCOVA	ANOVA	ANCOVA	ANOVA	ANCOVA	ANOVA	ANCOVA
					df (2,68)	df (2,66)	df (1,34)	df (1,33)	df (1,34)	df (1,33)	df (2,68)	df (2,66)	df (1,34)	df (1,33)	df (2,68)	df (2,66)	df (2,68)	df (2,66)
Surface du COP (mm ²)	YO	AM	Jeune	91,85 (48,95)	F=9,557 P<0,001 $\eta^2=0,733$	F=8,785 P<0,001 $\eta^2=0,210$	F=2,532 P=0,121 $\eta^2=0,069$	F=2,319 P=0,137 $\eta^2=0,066$	F=1,199 P=0,281 $\eta^2=0,034$	F=0,284 P=0,598 $\eta^2=0,009$	F=1,055 P=0,317 $\eta^2=0,030$	F=1,673 P=0,205 $\eta^2=0,048$	F=0,015 P=0,904 $\eta^2=0,000$	F=0,041 P=0,841 $\eta^2=0,001$	F=0,563 P=0,472 $\eta^2=0,016$	F=0,133 P=0,740 $\eta^2=0,004$	F=0,171 P=0,703 $\eta^2=0,005$	F=0,192 P=0,686 $\eta^2=0,006$
			Vieux	130,26 (88,36)														
		PM	Jeune	101,71 (63,27)														
			Vieux	140,96 (93,39)														
	YF	AM	Jeune	121,34 (72,90)														

Variable	Posture	Moment de la journée	Groupe	Moyenne (ÉT)	Statistiques														
					Posture		Âge		Moment de la journée		Posture*Âge		Moment de la journée*Âge		Posture* Moment de la journée		Posture* Moment de la journée*Âge		
					ANOVA	ANCOVA	ANOVA	ANCOVA	ANOVA	ANCOVA	ANOVA	ANCOVA	ANOVA	ANCOVA	ANOVA	ANCOVA	ANOVA	ANCOVA	
					df (2,68)	df (2,66)	df (1,34)	df (1,33)	df (1,34)	df (1,33)	df (2,68)	df (2,66)	df (1,34)	df (1,33)	df (2,68)	df (2,66)	df (2,68)	df (2,66)	
		PM	Vieux	183,64(170,28)															
			Jeune	125,92 (93,39)															
		AM	Vieux	165,27(109,39)															
			Jeune	448,16(180,78)															
	Instable	PM	Jeune	474,58(274,06)															
			Vieux	549,55(396,25)															
	Velocité (COP _{AP}) (mm.s ⁻¹)	YO	AM	Jeune	5.89 (1.21)	F=81,721 P<0,001	F=9,680 P<0,001	F=14,642 P<0,001	F=14,868 P<0,001	F=2,890 P=0,098	F=2,156 P=0,151	F=3,234 P=0,046	F=4,279 P=0,018	F=0,972 P=0,331	F=0,436 P=0,514	F=1,653 P=0,206	F=1,084 P=0,335	F=0,009 P=0,974	F=0,063 P=0,911
				Vieux	7.39 (2.07)														

Variable	Posture	Moment de la journée	Groupe	Moyenne (ÉT)	Statistiques														
					Posture		Âge		Moment de la journée		Posture*Âge		Moment de la journée*Âge		Posture* Moment de la journée		Posture* Moment de la journée*Âge		
					ANOVA	ANCOVA	ANOVA	ANCOVA	ANOVA	ANCOVA	ANOVA	ANCOVA	ANOVA	ANCOVA	ANOVA	ANCOVA	ANOVA	ANCOVA	
					df (2,68)	df (2,66)	df (1,34)	df (1,33)	df (1,34)	df (1,33)	df (2,68)	df (2,66)	df (1,34)	df (1,33)	df (2,68)	df (2,66)	df (2,68)	df (2,66)	
		PM	Jeune	5,71 (0,87)															
			Vieux	7,65 (1,96)															
	YF	AM	Jeune	8,62 (1,26)															
			Vieux	12,39 (4,88)															
		PM	Jeune	7,77 (1,49)															
			Vieux	11,90 (4,53)															
	Instable	AM	Jeune	11,23 (1,65)															
			Vieux	14,79 (5,28)															
		PM	Jeune	10,68 (2,00)															

Variable	Posture	Moment de la journée	Groupe	Moyenne (ÉT)	Statistiques													
					Posture		Âge		Moment de la journée		Posture*Âge		Moment de la journée*Âge		Posture* Moment de la journée		Posture* Moment de la journée*Âge	
					ANOVA	ANCOVA	ANOVA	ANCOVA	ANOVA	ANCOVA	ANOVA	ANCOVA	ANOVA	ANCOVA	ANOVA	ANCOVA	ANOVA	ANCOVA
					df (2,68)	df (2,66)	df (1,34)	df (1,33)	df (1,34)	df (1,33)	df (2,68)	df (2,66)	df (1,34)	df (1,33)	df (2,68)	df (2,66)	df (2,68)	df (2,66)
			Vieux	14,59 (4,77)														
Vitesse (COP _{ML}) (mm.s ⁻¹)	YO	AM	Jeune	3,52 (0,73)	F=141,930 P<0,001 η²=0,807	F=16,478 P<0,001 η²=0,333	F=1,873 P=0,180 η²=0,052	F=6,061 P=0,019 η²=0,155	F=28,121 P<0,001 η²=0,453	F=2,507 P=0,123 η²=0,071	F=0,431 P=0,586 η²=0,013	F=1,198 P=0,297 η²=0,035	F=0,020 P=0,888 η²=0,001	F=0,084 P=0,774 η²=0,003	F=1,405 P=0,252 η²=0,040	F=0,935 P=0,370 η²=0,028	F=,349 P=0,637 η²=0,010	F=0,582 P=0,506 η²=0,017
			Vieux	3,76 (1,14)														
		PM	Jeune	3,14 (0,61)														
			Vieux	3,57 (1,29)														
	YF	AM	Jeune	4,06 (0,97)														
			Vieux	4,90 (2,33)														
		PM	Jeune	3,61 (0,91)														
			Vieux	4,30 (1,93)														

Variable	Posture	Moment de la journée	Groupe	Moyenne (ÉT)	Statistiques														
					Posture		Âge		Moment de la journée		Posture*Âge		Moment de la journée*Âge		Posture* Moment de la journée		Posture* Moment de la journée*Âge		
					ANOVA	ANCOVA	ANOVA	ANCOVA	ANOVA	ANCOVA	ANOVA	ANCOVA	ANOVA	ANCOVA	ANOVA	ANCOVA	ANOVA	ANCOVA	
					df (2,68)	df (2,66)	df (1,34)	df (1,33)	df (1,34)	df (1,33)	df (2,68)	df (2,66)	df (1,34)	df (1,33)	df (2,68)	df (2,66)	df (2,68)	df (2,66)	
	Instable	AM	Jeune	7,55 (1,93)															
			Vieux	8,36 (2,54)															
		PM	Jeune	6,94 (2,07)															
			Vieux	7,63 (2,35)															
RMS (COP _{AP}) (mm)	YO	AM	Jeune	3,22 (1,00)	F=89,224 P<0,001 $\eta^2=0,724$	F=15,097 P<0,001 $\eta^2=0,314$	F=5,877 P=0,021 $\eta^2=0,147$	F=3,608 P=0,066 $\eta^2=0,099$	F=0,802 P=0,377 $\eta^2=0,023$	F=0,023 P=0,881 $\eta^2=0,001$	F=0,138 P=0,841 $\eta^2=0,004$	F=0,759 P=0,463 $\eta^2=0,022$	F=0,062 P=0,805 $\eta^2=0,002$	F=0,024 P=0,878 $\eta^2=0,001$	F=0,023 P=0,978 $\eta^2=0,001$	F=0,005 P=0,995 $\eta^2=0,000$	F=0,376 P=0,688 $\eta^2=0,011$	F=0,354 P=0,703 $\eta^2=0,011$	
			Vieux	4,23 (1,60)															
		PM	Jeune	3,41 (1,07)															
			Vieux	4,23 (1,47)															
	YF	AM	Jeune	3,89 (1,11)															

Variable	Posture	Moment de la journée	Groupe	Moyenne (ÉT)	Statistiques														
					Posture		Âge		Moment de la journée		Posture*Âge		Moment de la journée*Âge		Posture* Moment de la journée		Posture* Moment de la journée*Âge		
					ANOVA	ANCOVA	ANOVA	ANCOVA	ANOVA	ANCOVA	ANOVA	ANCOVA	ANOVA	ANCOVA	ANOVA	ANCOVA	ANOVA	ANCOVA	
					df (2,68)	df (2,66)	df (1,34)	df (1,33)	df (1,34)	df (1,33)	df (2,68)	df (2,66)	df (1,34)	df (1,33)	df (2,68)	df (2,66)	df (2,68)	df (2,66)	
			Vieux	4,63 (1,35)															
			PM	Jeune	3,92 (1,54)														
				Vieux	4,88 (1,60)														
			Instable	AM	Jeune	5,94 (1,79)													
	Vieux	6,93 (1,66)																	
	PM	Jeune		6,00 (1,94)															
		Vieux		7,17 (1,82)															
	RMS (COP _{ML}) (mm)	YO	AM	Jeune	1,52 (0,52)	F=207,011 P<0,001	F=12,499 P<0,001	F=0,542 P=0,467	F=0,722 P=0,402	F=0,251 P=0,619	F=0,086 P=0,771	F=0,017 P=0,935	F=0,090 P=0,818	F=0,084 P=0,773	F=0,050 P=0,824	F=0,569 P=0,500	F=0,332 P=0,625	F=0,133 P=0,785	F=0,046 P=0,889
Vieux				1,66 (0,69)															

Variable	Posture	Moment de la journée	Groupe	Moyenne (ÉT)	Statistiques														
					Posture		Âge		Moment de la journée		Posture*Âge		Moment de la journée*Âge		Posture* Moment de la journée		Posture* Moment de la journée*Âge		
					ANOVA	ANCOVA	ANOVA	ANCOVA	ANOVA	ANCOVA	ANOVA	ANCOVA	ANOVA	ANCOVA	ANOVA	ANCOVA	ANOVA	ANCOVA	
					df (2,68)	df (2,66)	df (1,34)	df (1,33)	df (1,34)	df (1,33)	df (2,68)	df (2,66)	df (1,34)	df (1,33)	df (2,68)	df (2,66)	df (2,68)	df (2,66)	
		PM	Jeune	1,54 (0,66)															
			Vieux	1,76 (0,78)															
	Posture	Moment de la journée	Groupe	Moyenne (ÉT)															
	YF	AM	Jeune	1,67 (0,84)															
				Vieux	1,98 (1,07)														
			PM	Jeune	1,66 (0,73)														
					Vieux	1,81 (0,89)													
	Instable	AM	Jeune	4,11 (0,93)															

Variable	Posture	Moment de la journée	Groupe	Moyenne (ÉT)	Statistiques													
					Posture		Âge		Moment de la journée		Posture*Âge		Moment de la journée*Âge		Posture* Moment de la journée		Posture* Moment de la journée*Âge	
					ANOVA	ANCOVA	ANOVA	ANCOVA	ANOVA	ANCOVA	ANOVA	ANCOVA	ANOVA	ANCOVA	ANOVA	ANCOVA	ANOVA	ANCOVA
					df (2,68)	df (2,66)	df (1,34)	df (1,33)	df (1,34)	df (1,33)	df (2,68)	df (2,66)	df (1,34)	df (1,33)	df (2,68)	df (2,66)	df (2,68)	df (2,66)
			Vieux	4,32 (1,34)														
		PM	Jeune	4,27 (1,57)														
			Vieux	4,44 (1,84)														

AM : Avant-midi ; PM : Après-midi ; COP : Centre de pression ; Hz : Hertz ; mm : millimètres ; RMS : Root Mean Square; YF : Yeux Fermés ; YO : Yeux ouverts ; **Résultats statistiquement significatifs**