

Confort thermique et mobilité des policiers motards lors du port du gilet pare-balles

Une analyse ergonomique

Steve Vezeau
Alain S. Comtois
Victoria Budico

RAPPORTS
SCIENTIFIQUES

R-1115



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

Contribuer, par la recherche, à la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles ainsi qu'à la réadaptation des travailleurs qui en sont victimes;

Assurer la diffusion des connaissances et jouer un rôle de référence scientifique et d'expertise;

Offrir les services de laboratoires et l'expertise nécessaires à l'action du réseau public de prévention en santé et en sécurité du travail.

Doté d'un conseil d'administration paritaire où siègent en nombre égal des représentants des employeurs et des travailleurs, l'IRSST est financé par la Commission des normes, de l'équité, de la santé et de la sécurité du 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
2021
ISBN : 978-2-89797-138-0

IRSST - Direction des communications
et de la valorisation de la recherche
505, boul. De Maisonneuve Ouest
Montréal (Québec)
H3A 3C2
Téléphone : 514 288-1551
publications@irsst.qc.ca
www.irsst.qc.ca
© Institut de recherche Robert-Sauvé
en santé et en sécurité du travail
Mars 2021

Confort thermique et mobilité des policiers motards lors du port du gilet pare-balles

Une analyse ergonomique

Steve Vezeau¹, Alain S. Comtois², Victoria Budico¹

¹ Groupe 3D, École de design, UQAM

² Sciences de l'activité physique, UQAM

RAPPORTS
SCIENTIFIQUES

R-1115



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.



ÉVALUATION PAR DES PAIRS

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.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à transmettre nos plus sincères remerciements à l'ensemble des personnes qui ont permis d'assurer la réussite de cette activité.

D'abord, nous exprimons notre reconnaissance envers M. François Ouellet et M^{me} Chantal Tellier de l'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST) pour leur accompagnement et leurs judicieux conseils tout au long du projet.

Nous tenons aussi à saluer chaleureusement les membres du groupe de « liaison police » de l'Association paritaire pour la santé et la sécurité du travail - secteur affaires municipales (APSAM) pour leur contribution plus que pertinente, mais plus spécialement M. Charles Plante, conseiller de l'APSAM, qui grâce à son appui et à son engagement, a favorisé la genèse de ce projet et nourri de très fructueux échanges.

Nous témoignons également de notre gratitude envers M^{me} Denise Soucy, directrice générale de l'APSAM, M. Denis Côté, président de la Fédération des policiers et policières municipaux du Québec, MM. Robert Roberge et Charles Marcoux du Service de police de la Ville de Québec (SPVQ), ainsi que M^{me} Marie-Claude Duford et MM. Martin Beaulé et Denis Rivest du Service de l'approvisionnement de la Division des ressources matérielles de la Sûreté du Québec. Vos appuis respectifs ont permis de souligner l'importance de mettre en œuvre et de mener à terme cette activité de recherche.

Évidemment, il est primordial de remercier les premiers concernés, soit tous les policiers motards et les patrouilleurs, les chefs d'équipe, les formateurs et les membres du personnel des postes de police qui ont participé à l'étude. Nous saluons leur grande coopération et leur disponibilité assidue tout au long de notre intervention. Des remerciements plus particuliers s'adressent aux responsables suivants : MM. Patrick Belley, Jonathan Filteau, Eric Grenier, Sébastien Houle, Eric Imbeau, Alain Labbé, Pierre Lamarre, Claude Lefebvre, Julien Lévesque, Charles Marcoux, Steve Riendeau, Bruno Roberge, Daniel Rolland, Claude Salvat, Rémi St-Onge, Patrick Talbot et Sébastien Talbot.

Nous souhaitons aussi dire merci à M^{me} Caroline Tanguay, pathologiste judiciaire au Laboratoire des sciences judiciaires et de médecine légale du ministère de la Sécurité publique pour ses éclaircissements sur les besoins en matière de protection.

De plus, il nous apparaît indispensable de souligner la contribution des personnes suivantes :

- M. Charles Gagné de l'IRSST qui nous a précieusement guidés au début des démarches menant à l'élaboration de cette activité;
- M^{mes} Dominique Robitaille et Louise Arvisais du Service de la recherche et de la création de l'Université du Québec à Montréal (UQAM) ainsi que les membres du comité d'éthique de la recherche sur des êtres humains, plus spécialement sa présidente, M^{me} Maria Nengeh Mensah, pour leur engagement respectif;
- M. Marc-Olivier Defoy, maître-instructeur du Module motard du Service de police de la Ville de Montréal (SPVM) pour ses explications très appréciées sur les gilets pare-balles et leurs modalités d'utilisation;

- MM. Denis Renaud, consultant, André Beaudoin, directeur de Ten4 Body Armor, ainsi que MM. Daniel Lamarche et Nicolas Juillard de Texonic, pour les échanges très enrichissants sur la technologie des gilets pare-balles;
- M^{mes} Andrée-Anne Parent et Carole Roy ainsi que MM. Yves Reynald et Robin Drolet du Département des sciences de l'activité physique de l'UQAM, qui ont grandement aidé pour l'instrumentation liée à l'analyse de la contrainte thermique;
- M. François Ranger du Groupe 3D de l'UQAM pour son soutien et ses précieux conseils.

Finalement, merci à ceux et celles que nous aurions oubliés, mais qui ont permis d'enrichir cette activité de recherche.

SOMMAIRE

Plusieurs études démontrent une diminution importante des risques de décès chez les agents de police qui portent un gilet pare-balles (GPB). Cependant, certains patrouilleurs demeurent réticents à le revêtir à cause des inconforts qu'il engendre sur les plans thermique et de la mobilité; ceux-ci représentent 8 % de l'ensemble des agents de police et 47 % des agents motards, ce qui accroît les risques pour leur sécurité. Les agents des unités motocyclistes seraient donc parmi les plus exposés, notamment en raison de conditions particulières telles que le travail à l'extérieur, la proximité d'une source de chaleur (moteur), le port de pièces d'uniforme supplémentaires (manteau, bottes, casque), ainsi que les postures et manœuvres de conduite nécessitant de grandes amplitudes articulaires. Ce projet de recherche découle à la fois d'une intervention ergonomique antérieure faisant état des contraintes thermiques et opérationnelles liées au port du GPB et d'un intérêt manifesté par le milieu après la diffusion de ces résultats auprès des membres de l'Association paritaire pour la santé et la sécurité du travail – secteur affaires municipales (APSAM) et de l'Association paritaire pour la santé et la sécurité du travail – secteur administration provinciale (APSSAP) pour évaluer les contraintes liées au port de ce type de gilet dans les unités motocyclistes. Les objectifs de cette étude exploratoire visaient donc à étudier les contraintes ergonomiques liées au port du GPB par les agents motards, notamment les entraves à la mobilité et les astreintes thermiques, puis à élaborer des critères de sélection et de conception de gilets mieux adaptés à leur travail.

La méthode déployée inclut à la fois une analyse ergonomique réalisée sur le terrain avec des agents motards en situations réelles et un protocole expérimental qui intégrait des simulations d'activités de travail « contrôlées ». Deux organismes policiers ont participé à l'étude : un organisme policier provincial (PP) et un organisme policier municipal (PM). La méthodologie comportait cinq grandes étapes : 1) une revue de la littérature incluant une analyse des modèles de GPB offerts et des données des organismes policiers; 2) une analyse de l'activité des agents motards ($n = 5$ motards) effectuée à l'aide d'observations, d'entrevues et d'un questionnaire spécifique sur les contraintes de mobilité; 3) une analyse des contraintes de mobilité lors du port du gilet ($n = 16$ motards) réalisée à l'aide d'une simulation expérimentale; 4) une analyse des contraintes thermiques lors du port du GPB réalisée aussi à l'aide de deux approches parallèles, soit : i) une approche ergonomique sur la contrainte thermique durant le travail réel en monitorant, entre autres, les indices physiologiques (température corporelle interne [TCI], température cutanée [T_{cut}], fréquence cardiaque [FC], coût cardiaque relatif [CCR]) et ii) une approche expérimentale en situation de simulation pour évaluer l'influence de certains déterminants sur la contrainte thermique, notamment le gilet, l'activité et le vêtement (terrain, $n = 22$ motards; simulations, $n = 16$ motards); 5) l'élaboration et la validation de critères de sélection et de conception de GPB qui sont adaptés aux caractéristiques de leur travail.

Les résultats montrent que les unités motocyclistes dans les organismes de police jouent un rôle très important. Également, l'ensemble des conditions d'exécution du travail, notamment les aspects physiques, cognitifs et environnementaux, en font un travail exigeant, voire plus exigeant que celui en autopatrouille. Les valeurs de CCR recueillies sur le terrain montrent globalement une intensité de travail modérée sur le plan physique, mais les motards ont été soumis à plusieurs reprises à des exigences physiques lourdes ($CCR > 30\%$), très lourdes ($CCR > 40\%$), voire intenses ($CCR > 50\%$). Le port du GPB exacerbe les contraintes de mobilité et l'astreinte thermique déjà omniprésentes dans le travail.

L'étude permet de montrer que le port de trois modèles de GPB a engendré des entraves et des points de pression plus marqués aux « épaules, creux de l'épaule et aisselles », et des inconforts plus intenses sur les « côtés » et sur « l'abdomen ». La coupe, le poids, l'ajustement et la souplesse des GPB à l'étude n'étaient pas en adéquation avec l'importante mobilité du tronc et des membres supérieurs, requise pour effectuer le travail, et aussi avec la position de conduite de la moto qui exige de nombreuses flexions et rotations du tronc, des postures liées à la montée et à la descente de la moto, au ciblage avec le cinémomètre, à la gestion de la circulation, etc. Le devant, les côtés et les poches du gilet interféraient avec les équipements du ceinturon.

La plupart des agents motards ont été soumis à des astreintes thermiques importantes, dont des TCI supérieures à 38 °C, dépassant les valeurs critiques établies par le National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), l'Organisation mondiale de la Santé (OMS) et la British Occupational Hygiene Society (BOHS), pendant des périodes répétées et prolongées. L'ensemble des données convergent et témoignent de ces astreintes : indices physiologiques, verbalisations, réponses aux questionnaires, observations. À l'instar de la TCI, la T_{cut} moyenne était aussi plus élevée lorsque le GPB était porté. Des T_{cut} moyennes supérieures à 35 °C ont été mesurées chez la majorité des motards ($n = 15/18$). Cependant, l'intensité de l'activité physique du travail des motards s'est avérée être un facteur déterminant de l'élévation de la TCI, de la T_{cut} moyenne et du CCR des agents, plus que l'endossement du gilet lui-même, bien que celui-ci procure un effet isotherme qui maintient une température corporelle élevée. L'astreinte thermique était présente à des températures ambiantes aussi basses que 14 °C, voire 9 °C lors du port du manteau en cuir. Toutefois, les données de CCR et d'EPCT tendent à démontrer que la situation globale ne présente pas de risques pour la santé. Les verbalisations et symptômes notés se situent dans la catégorie des « malaises de chaleur modérés ». En ce qui concerne la perception globale des motards, elle corrobore les données d'astreinte thermique recueillies. Les conséquences du travail à la chaleur sont nombreuses : fatigue, maux de tête, étourdissements, irritations cutanées, baisse de la vigilance, difficulté à se concentrer, etc.

L'étude montre également que les équipements comme la moto, le ceinturon et les autres pièces de vêtement, ainsi que leurs interactions avec le GPB, constituent d'autres déterminants qui peuvent exacerber les contraintes thermiques et de mobilité. La superposition de différents vêtements (T-shirt, chemise, sous-vêtements, pantalon, chaussettes, bottes, GPB, dossard de sécurité à haute visibilité) multiplie les couches de tissus, ce qui accroît les contraintes.

Les pistes de changement portent sur les principaux déterminants qui participent à la genèse des contraintes thermiques et de mobilité, notamment (i) les critères de recouvrement, de choix des matériaux textiles (housse et panneaux balistiques) et de confection d'un GPB; (ii) la méthode d'essayage qui doit intégrer les gestes réellement déployés dans le travail; (iii) les technologies alternatives de refroidissement des gilets; (iv) les autres pièces d'équipements; (v) l'organisation du travail. Les perspectives de recherche portent, entre autres, sur la conception d'un nouveau design de GPB léger favorisant plus de souplesse et d'aération, et sur le développement d'une logique de conception et d'achat de pièces d'uniforme permettant d'éviter la superposition de plusieurs couches de tissu ou de matériau.

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS	i
SOMMAIRE	iii
LISTE DES TABLEAUX.....	ix
LISTE DES FIGURES	xi
LISTE DES ACRONYMES, SIGLES ET ABRÉVIATIONS	xv
1. INTRODUCTION	1
2. ÉTAT DES CONNAISSANCES	7
2.1 Milieu militaire.....	7
2.2 Milieu policier.....	9
3. OBJECTIFS DE RECHERCHE.....	13
4. MÉTHODOLOGIE	15
4.1 Analyse des modèles de GPB existants et étude de la documentation	15
4.2 Les terrains d'études	15
4.2.1 Organisme de police municipal.....	16
4.2.2 Organisme de police provincial.....	19
4.3 Analyse de l'activité des motards	21
4.3.1 Observations et entrevues préliminaires.....	21
4.3.2 Observations systématiques de l'activité et entrevues avec les agents	21
4.4 Analyse des contraintes de mobilité lors du port du GPB	25
4.4.1 Portrait des contraintes de mobilité des motards lors du port du GPB - durant leur quart de travail	25
4.4.2 Analyse des contraintes de mobilité des motards lors du port du GPB - en situations simulées	26
4.5 Analyse des contraintes thermiques lors du port du GPB	28
4.5.1 Analyse de l'état thermique des motards lors du port du GPB – durant leur quart de travail	29
4.5.2 Analyse de l'état thermique des motards lors du port du GPB - en situations simulées	32
4.6 Formulation du diagnostic, des recommandations et élaboration de critères pour le choix ou la conception de vestes mieux adaptées au travail des agents motards	36
5. RÉSULTATS	39
5.1 Travail des policiers motards.....	39

5.1.1	Les aspects physiques du travail des agents motards	41
5.1.2	Les aspects cognitifs du travail des agents motards	43
5.1.3	Les aspects environnementaux du travail des agents motards	46
5.1.4	Principales tâches des motards et modes opératoires requis pour les effectuer	47
5.1.5	Effet des équipements sur l'activité des motards.....	59
5.1.6	Effets de la moto et de ses équipements sur l'activité des agents motards	61
5.1.7	Conséquences des déterminants sur la santé et sur l'efficacité des motards	63
5.2	Analyse des contraintes de mobilité des motards lors du port du GPB.....	65
5.2.1	Entraves et points de pression ressentis lors du port du gilet pare- balles selon les zones du corps, les activités déployées et le modèle de gilet porté	70
5.2.2	Effets de la coupe et de l'ajustement du gilet sur l'apparition d'inconforts aux épaules, creux de l'épaule et aisselles	76
5.2.3	Effets de la morphologie de l'agent et de l'ajustement du gilet pare- balles sur les inconforts	78
5.2.4	Effets du port des équipements du ceinturon sur l'apparition des inconforts	80
5.2.5	Effets des équipements ajoutés au gilet et des poches sur l'apparition des inconforts	81
5.2.6	Entraves à la mobilité causées par le port du manteau en cuir	82
5.2.7	Synthèse des caractéristiques du gilet pare-balles favorisant des contraintes à la mobilité	83
5.3	Analyse de l'astreinte thermique	83
5.3.1	Portrait de l'état thermique des agents spécialisés lors du port du gilet pare-balles durant un quart de travail	84
5.3.2	Portrait de l'état thermique des motards en situations simulées.....	97
5.3.3	Conséquences de l'astreinte thermique pendant le quart de travail.....	111
5.4	Besoins de protection pour les agents motards	112
5.4.1	Situations de danger dans le cadre du travail et perception de protection des agents motards interrogés.....	112
5.4.2	Vulnérabilité des structures anatomiques	112
6.	DISCUSSION	115
6.1	Port du gilet pare-balles lors du travail à moto par rapport à celui fait en autopatrouille	115
6.2	Mobilité des agents lors du port des gilets pare-balles.....	117
6.2.1	Apports de l'analyse des contraintes de mobilité.....	117
6.2.2	Limites de l'analyse sur la mobilité	118
6.3	Astreinte thermique des agents lors du port du gilet pare-balles	119
6.3.1	Apports de l'analyse de l'astreinte thermique	119

6.3.2	Limites de l'analyse sur l'astreinte thermique	121
6.4	Pistes de solutions visant à améliorer les contraintes associées au port du gilet pare-balles lors du travail des agents motards	123
6.4.1	Agir sur le gilet pare-balles	123
6.4.2	Méthode d'essayage pour évaluer le modèle et la taille du gilet pare-balles	133
6.4.3	Technologies de refroidissement alternatives.....	133
6.4.4	Agir sur les autres pièces d'équipements	135
6.4.5	Agir sur les déterminants organisationnels.....	135
7.	CONCLUSION.....	137
	BIBLIOGRAPHIE	139
	ANNEXE I : Poids des équipements du motard	143
	ANNEXE II : Questionnaire subjectif sur la mobilité	145
	ANNEXE III : Exemple de graphes réalisés dans CAPTIV pour étudier les contraintes de mobilité.....	147
	ANNEXE IV : Questionnaire de jugement subjectif permettant l'évaluation de l'astreinte thermique	149
	ANNEXE V : Analyse de l'activité des motards et chroniques de quart.....	151
	ANNEXE VI : Effets de la morphologie de l'agent et de l'ajustement du GPB	159
	ANNEXE VII : Fluctuation de la TCI durant la simulation des agents de la PP selon le port ou non du GPB et selon différentes activités	165
	ANNEXE VIII : Fluctuation de la température cutanée des agents selon le port ou non du GPB et selon différentes activités.....	167
	ANNEXE IX : Coût cardiaque relatif et EPCT enregistrées lors des séances de simulation sans et avec GPB, selon l'activité et le vêtement porté.....	175
	ANNEXE X : Caractéristiques des panneaux balistiques disponibles	177
	ANNEXE XI : Recommandations relatives à d'autres équipements.....	179

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.	Homicides de policiers aux É.-U., entre 2002 et 2011, selon le site atteint et le port ou non du gilet pare-balles	3
Tableau 2.	Homicides de policiers portant un GPB aux É.-U., entre 2002 et 2011, selon le point d'entrée de la balle ayant causé la blessure fatale au torse	4
Tableau 3.	Description du gilet pare-balles chez les policiers municipaux.....	18
Tableau 4.	Description du gilet pare-balles chez les policiers provinciaux.....	21
Tableau 5.	Caractéristiques des participants aux observations ergonomiques systématiques	22
Tableau 6.	Description du quart de travail, de l'uniforme porté et des conditions météorologiques	23
Tableau 7.	Caractéristiques des participants aux séances expérimentales de l'analyse des contraintes de mobilité.....	26
Tableau 8.	Caractéristiques des participants aux séances expérimentales de l'analyse de l'état thermique	32
Tableau 9.	Description des scénarios expérimentaux.....	33
Tableau 10.	Conditions météorologiques lors de chaque séance d'expérimentation	34
Tableau 11.	Description des principales tâches, durée en continu et pourcentage maximal de leur durée dans un quart de travail	48
Tableau 12.	Température de surface des motos	63
Tableau 13.	Problèmes de santé et d'efficacité liés à la chaleur ou aux entraves à la mobilité	65
Tableau 14.	Évaluation subjective des entraves et points de pression ressentis aux zones « épaules, creux de l'épaule et aisselles » et « côtés » lors du port du gilet selon les activités déployées et le modèle de gilet porté (PP, PM et PX)	67
Tableau 15.	Évaluation subjective des entraves et points de pression ressentis aux zones « abdomen » et « dos » lors du port du gilet selon les activités déployées et le modèle de gilet porté (PP, PM et PX)	68
Tableau 16.	Évaluation subjective des entraves et points de pression ressentis aux zones « poitrine » et « encolure » lors du port du gilet selon les activités déployées et le modèle de gilet porté (PP, PM et PX)	69
Tableau 17.	Localisation des entraves et points de pression ressentis (en vert) à « l'abdomen » et aux « côtés » lors du port du gilet, selon les activités déployées et le modèle de gilet porté.....	72
Tableau 18.	Localisation des entraves et points de pression ressentis (en vert) à « l'abdomen » et aux « côtés » lors du port du gilet, selon les activités déployées et le modèle de gilet porté (suite).....	73

Tableau 19.	Entraves (E) et pressions (P) maximales causées par le GPB selon l'organisme de police et l'activité.....	74
Tableau 20.	Valeurs maximales des entraves rapportées pour la région « épaule/creux de l'épaule », selon l'ajustement du GPB à la hauteur du buste.....	76
Tableau 21.	Aisance du gilet pare-balles au buste.....	77
Tableau 22.	Variabilité interindividuelle de positionnement de la hauteur du gilet au dos des agents de la PP, indiquant les agents rapportant des pressions persistantes sur le bord inférieur du gilet (en rouge).....	79
Tableau 23.	Températures corporelles internes maximales enregistrées par sujet.....	84
Tableau 24.	Moment de journée, tâches réalisées et vêtements portés lorsque les valeurs de la TCI étaient supérieures à 38 °C, ainsi que la durée de la période du quart pendant laquelle la TCI était supérieure aux valeurs de référence.....	85
Tableau 25.	Coût cardiaque relatif pendant les quarts de travail.....	86
Tableau 26.	Conditions lorsque la température cutanée moyenne dépassait 35 °C.....	89
Tableau 27.	Températures cutanées locales maximales par rapport aux seuils de confort.....	92
Tableau 28.	Variation de poids corporel mesurée par la méthode de bio-impédance électrique.....	93
Tableau 29.	Contextes de travail considérés comme assez ou très difficiles à tolérer, et tout juste ou tout à fait inacceptables sur le plan thermique.....	94
Tableau 30.	Coût cardiaque relatif (CCR) et extrapulsations cardiaques thermiques (EPCT) obtenus lors des séances de simulation sans et avec GPB, selon l'activité et le vêtement porté.....	106
Tableau 31.	Appréciation subjective de l'ambiance thermique.....	108
Tableau 32.	Nombre d'agents percevant de la chaleur aux différentes régions corporelles lors des simulations, selon le vêtement, l'activité et le port du GPB.....	109
Tableau 33.	Nombre d'agents transpirant aux différentes régions corporelles lors des simulations, selon le vêtement, l'activité et le port du GPB.....	110
Tableau 34.	Synthèse des critères ergonomiques de recouvrement du tronc par le gilet pare-balles.....	125
Tableau 35.	Synthèse de critères ergonomiques de choix des textiles.....	127
Tableau 36.	Synthèse des critères ergonomiques de construction de la housse externe....	132
Tableau 37.	Critique de différents mécanismes de refroidissement alternatifs.....	134
Tableau 38.	Critères de développement et de sélection d'un mécanisme de refroidissement alternatif.....	135

LISTE DES FIGURES

Figure 1.	Homicides de policiers au Canada entre 1961 à 2009.....	2
Figure 2.	Moto de police de marque Harley-Davidson Road King.....	17
Figure 3.	Équipements et uniformes des motards municipaux.....	17
Figure 4.	Moto de police de marque BMW.	19
Figure 5.	Équipements et uniformes des motards provinciaux.....	20
Figure 6.	Délimitation des zones corporelles pour l'analyse des pressions et des entraves.....	28
Figure 7.	Diagramme-synthèse du protocole en situations simulées.	33
Figure 8.	Modèle de l'activité des motards : principaux déterminants et conséquences sur leur santé et leur efficacité.	40
Figure 9.	Valeurs moyennes de la fréquence cardiaque enregistrée lors des séances de simulation sans ou avec gilet pare-balles, selon l'activité.	41
Figure 10.	Aspects physiques du travail des agents motards, dont le travail debout, la conduite active, la course, l'amplitude de nombreux gestes, le statisme de certaines postures, le poids des équipements.	42
Figure 11.	Aspects cognitifs du travail des agents motards (conduite, surveillance, prise d'informations, communication, prise de décision, concentration, contraintes temporelles, etc.).	45
Figure 12.	Posture de conduite droite, police provinciale (photo de gauche) et police municipale (photo du centre), et posture de balayage visuel de l'habitacle d'un véhicule en dépassement, police provinciale (photo de droite).	49
Figure 13.	Postures liées au demi-tour (photos de gauche) et à des situations d'attente (<i>stand-by</i>) (photos de droite).	50
Figure 14.	Montée et descente de la moto en enjambant la valise arrière ou en glissant le pied sur l'assise.	51
Figure 15.	Enchaînement d'une activité de poursuite dans la ville qui nécessite une montée rapide sur la moto.....	52
Figure 16.	Postures lors du ciblage « stationnaire » à basse vitesse avec le radar.	53
Figure 17.	Variabilité des postures lors du ciblage à haute vitesse. Appui des coudes sur le guidon (1), sur un cône (2), sur le gyrophare ou la sacoche de la moto (3 et 4) et sans appui (5).	54
Figure 18.	Les contraintes de la communication selon le véhicule (par la droite ou par la gauche) et insertion partielle de la tête dans l'habitacle du véhicule et flexion de l'épaule pour communiquer avec le conducteur et prendre les pièces d'identité.....	54
Figure 19.	Postures liées à la vérification du pot d'échappement (photos du haut) et au ramassage d'un objet au sol (photos du bas).....	55

Figure 20.	Gestion de la circulation le jour sans ou avec des gants à haute visibilité (photos de gauche) et la nuit avec la torche (photos de droite).	56
Figure 21.	Chef de Bull Gang qui conduit à côté des motos (photo de gauche) et qui communique avec un motard (photo de droite).....	57
Figure 22.	Blocage d'une intersection simple (photo de gauche) et blocage d'un véhicule stationné (photo du centre) ou d'une bretelle d'accès d'autoroute (photo de droite).	58
Figure 23.	Dégagement d'une intersection importante (modes opératoires très contraignants).....	59
Figure 24.	Endroits de dissipation de la chaleur selon les couches multiples des composantes de l'uniforme.	61
Figure 25.	Variabilité de la posture de conduite selon la configuration de la moto (BMW de la PP à gauche et Harley-Davidson de la PM à droite).	61
Figure 26.	Rédaction sur la moto BMW de la PP (photos de gauche) et sur la valise centrale de la Harley-Davidson de la PM (photos de droite).	62
Figure 27.	Représentation des zones de chaleurs des motos (indiquées par des flèches et des ellipses rouges) et du positionnement du motard face à ces zones (photos de gauche : Harley-Davidson, photos de droite : BMW).....	63
Figure 28.	Gilet de la PP avec le poids distribué sur le bord des bretelles (1 ^{re} et 2 ^e photos de gauche), gilet de la PM avec le poids distribué sur la largeur de la bretelle (3 ^e photo à partir de la gauche) et gilet PM avec le répartiteur sur la bretelle gauche causant de la pression (4 ^e photo à partir de la gauche).....	71
Figure 29.	Sensation que le gilet « tire » sur le dos lors de la « conduite droite » (a, c) et lors de la flexion de l'épaule (b, c, d), et pression et entrave sur le côté qui s'étend jusqu'au dos lors de la « montée et descente » de la moto (e).....	75
Figure 30.	La largeur de l'encolure et les points de pression au cou.	80
Figure 31.	Exemples d'entrave entre le gilet, ses poches et les différents équipements du ceinturon lors de la conduite (1, 3, 4, 5, 7, 8) et lorsque l'agent enfourche sa moto (2, 6).	81
Figure 32.	a) Panneau frontal du gilet qui repose sur le ceinturon et qui « tire » sur le panneau dorsal; b) pressions et entraves sur le côté du dos et à l'emmanchure lorsque l'agent effectue une rotation plus importante de l'épaule pour compenser une rotation moindre du dos; entrave du bras (adduction) pour orienter le guidon de la moto.....	82
Figure 33.	Entraves des gestes lors du port du manteau en cuir et du GPB.....	83
Figure 34.	Classification de l'intensité de différentes tâches physiquement exigeantes pour les motards (CCR > 30 %, au-dessus de la ligne pointillée) selon l'échelle de Meyer (Frimat <i>et al.</i> , 1989).	87
Figure 35.	Exemple de fluctuations de la fréquence cardiaque et de l'intensité de l'activité lors de la supervision d'une interdiction d'effectuer un virage, d'une opération radar et de la supervision d'une interdiction de circuler (Sys 21).	88

Figure 36.	Évolution des perceptions thermiques locales pendant un quart de travail (Sys 14).....	95
Figure 37.	Cernes de transpiration en fin du quart et trace noire d'humidité illustrant la portion du dos recouverte par le GPB.	96
Figure 38.	Fluctuation de la température corporelle interne (PM) lors de la gestion de la circulation aux intersections, selon l'uniforme porté.	98
Figure 39.	Fluctuation de la température corporelle interne (PM) lors des opérations radar et d'escorte, et du travail de bureau.....	99
Figure 40.	Fluctuation de la température cutanée de la poitrine (PP) lors de l'escorte lente, selon l'uniforme porté.	102
Figure 41.	Fluctuation de la température cutanée de la poitrine (PP) lors des opérations radar et le travail de bureau.....	103
Figure 42.	Fluctuation de la température cutanée du dos (PP) lors de l'escorte lente, selon l'uniforme porté.	104
Figure 43.	Fluctuation de la température cutanée du dos (PP) lors des opérations radar et le travail de bureau.	105
Figure 44.	Recouvrement balistique minimal (en vert) pour protéger les structures anatomiques vitales.....	113
Figure 45.	Évaluation du recouvrement thoracique selon des points de référence anthropométriques.	124
Figure 46.	Piste de conception de l'extension esthétique inférieure de la housse : vue frontale (gauche) et vue latérale (droite).	126
Figure 47.	Découpage de la housse en zones d'extensibilité – jaune : extensibilité de 20 à 30 %; rouge : extensibilité de 75 à 100 %; blanc : aucune extensibilité....	130
Figure 48.	Composantes des gilets pare-balles.	130
Figure 49.	Angle de rencontre des bretelles et superposition adéquate des bandes Velcro.	131

LISTE DES ACRONYMES, SIGLES ET ABRÉVIATIONS

APSAM	Association paritaire pour la santé et la sécurité du travail – secteur Affaires municipales
APSSAP	Association paritaire pour la santé et la sécurité du travail – secteur Administration provinciale
BOHS	British Occupational Hygiene Society
CCR	Coût cardiaque relatif
CSR	<i>Code de la sécurité routière</i>
DSHV	Dossard de sécurité à haute visibilité
EPCT	Extrapolations cardiaques thermiques
FBI	Federal Bureau of Investigation
FC	Fréquence cardiaque
GPB	Gilet pare-balles
IMC	Indice de masse corporelle
IRSST	Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail
LEOKA	Law enforcement officers killed and assaulted
NIOSH	National Institute for Occupational Safety and Health
OMS	Organisation mondiale de la Santé
OSHA	Occupational Safety and Health Administration
PM	Policier municipal
PP	Policier provincial
SPVM	Service de police de la Ville de Montréal
SPVQ	Service de police de la Ville de Québec

SST	Santé et sécurité du travail
TCI	Température corporelle interne
TCI _{max}	Température corporelle interne maximale
T _{air}	Température de l'air ambiant
T _{cut}	Température cutanée
T _{cut moy}	Température cutanée moyenne
UQAM	Université du Québec à Montréal
VTT	Véhicule tout terrain

1. INTRODUCTION

Cette activité de recherche vise à analyser le travail des agents de police motards afin d'identifier les déterminants qui engendrent des contraintes lors du port du gilet pare-balles (GPB), puis à établir des critères permettant la sélection et, le cas échéant, la conception de GPB adaptées aux exigences spécifiques de leur travail.

Elle découle à la fois d'une intervention ergonomique réalisée en 2012 sur la problématique de la veste pare-balles au sein d'un organisme de police provincial qui a mis en évidence que près de la moitié des agents motards (47 %) évitaient de porter cet équipement de protection à cause des inconforts thermiques et des entraves à la mobilité (Budico, 2012) et d'un intérêt manifesté par le milieu après la diffusion des résultats auprès des comités de l'Association paritaire pour la santé et la sécurité du travail - secteur affaires municipales (APSAM) et de l'Association paritaire pour la santé et la sécurité du travail – secteur administration provinciale (APSSAP) qui s'occupent de la santé et de la sécurité du travail (SST) des policiers. Un organisme de police municipal rapporte également que les contraintes constatées sur le terrain sur les plans thermique et de la mobilité ainsi que le manque de connaissances sur les risques liés au port et au non-port du GPB, ont mené à la signature d'une lettre d'entente entre le Service de police et la Fraternité des policiers concernés pour surseoir à l'obligation, pour les agents des unités motocyclistes, de porter en continu le GPB, ce qui diminue par le fait même la protection des agents. Lors des rencontres, il est apparu que certains organismes de police obligent le port du GPB lors des opérations à moto, sans toutefois connaître ou prendre en considération les risques liés au port de la veste dans un tel contexte.

La majorité des organismes de police canadiens et américains recommandent ou exigent de leurs effectifs policiers de porter le GPB en guise de protection contre des assauts potentiels d'individus avec lesquels ils interagissent durant leur travail (Taylor *et al.*, 2009). La Tourette (2010) estime qu'aux États-Unis, les assauts contre les policiers constituent la principale cause de mortalité (38 %) et, dans un peu plus d'un cas sur trois (35 %), les assaillants avaient utilisé une arme à feu. La deuxième cause de mortalité est liée aux accidents de véhicule (37 %). Comme l'illustre la Figure 1, les statistiques canadiennes font état de 133 homicides de policiers entre 1961 et 2009; 74 % de ces décès étant survenus entre 1961 et 1987 inclusivement (Dunn, 2010). Au Québec, durant une période similaire, 41 policiers ont été tués dans l'exercice de leurs fonctions, dont 92 % à l'aide d'une arme à feu. Les carabines et les fusils de chasse, y compris les fusils à canon tronqué, ont été à l'origine de 56 % des décès, alors que les armes de poing ont été utilisées dans 44 % des meurtres. Lors des homicides, près de 80 % des policiers ne portaient pas de GPB; cette pratique était plus répandue entre 1960 et 1970. Les situations les plus dangereuses auxquelles les agents font face sont les vols qualifiés (23 %), les querelles de ménage (14 %) et les plaintes relatives aux armes à feu.

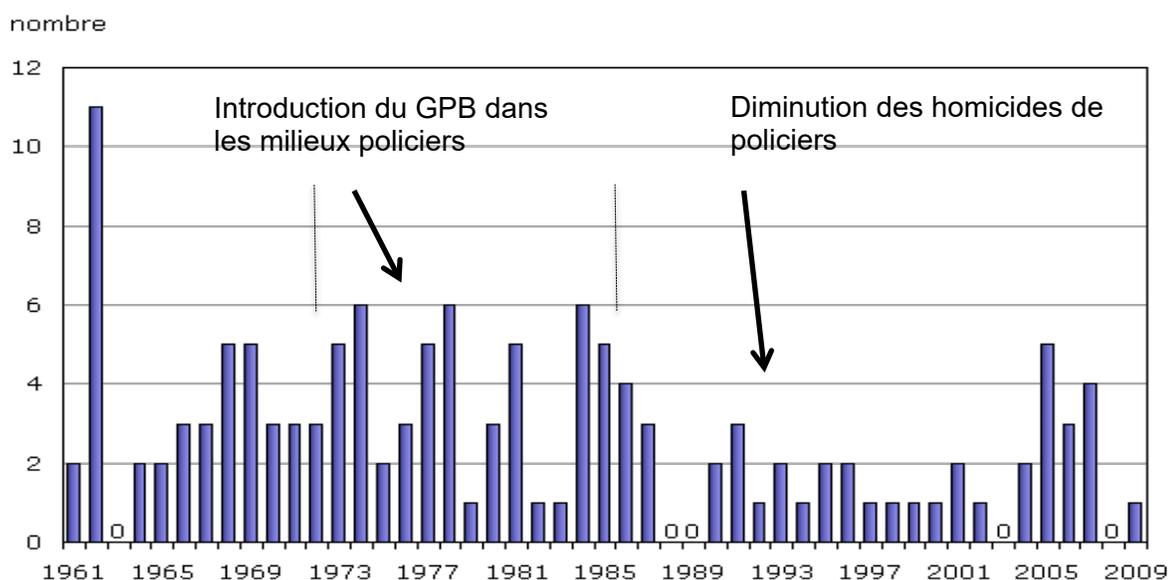


Figure 1. Homicides de policiers au Canada entre 1961 à 2009¹.

L'efficacité de la protection offerte par un GPB lors d'une attaque armée a été démontrée à plusieurs reprises (Taylor *et al.*, 2009; LaTourrette, 2010; Ashcroft *et al.*, 2001). LaTourrette a conclu qu'un agent qui ne porte pas de GPB est 3,4 fois plus susceptible de décéder d'une blessure par projectile infligée au torse. Ces résultats corroborent ceux de l'étude réalisée par le Federal Bureau of Investigation (FBI), en 1992, selon lesquels un agent ne portant pas de GPB lors d'un assaut par arme à feu a 75 % de chances de décéder comparativement à 18 % lorsqu'il en endosse un. Il est également estimé que depuis l'introduction des gilets pare-balles souples dans le milieu policier dans les années 70, plus de 2 000 agents de la paix qui le portait ont évité une blessure certaine (Ashcroft *et al.*, 2001). En plus d'offrir une protection contre les armes à feu, le port de cet équipement diminue également la gravité des blessures non fatales subies lors d'attaques par arme blanche et lors d'accidents de voiture (Ashcroft *et al.*, 2001). Malgré la protection indéniable que procure le GPB contre les blessures, certains patrouilleurs restent réticents à l'endosser pour des raisons associées au confort et à la mobilité. Dans certaines circonstances, le port du GPB pourrait également porter atteinte à la santé et à la sécurité de l'utilisateur, car il constitue un facteur qui augmente la contrainte thermique et une source d'entrave aux postures et aux mouvements nécessaires à la réalisation de l'activité de travail (Scheetz *et al.*, 1973; Yarger *et al.*, 1969). Duford (2010) montre que le gilet influence les postures à bord des autopatrouilles, interfère avec le ceinturon, particulièrement en posture assise, et engendre de l'inconfort.

Sur le plan de la protection, les modèles actuels ne sont pas parfaits. L'analyse des statistiques découlant du programme Law Enforcement Officers Killed and Assaulted (LEOKA) du FBI aux États-Unis, entre 2002 et 2011, rapporte 500 décès de policiers lors d'assauts avec arme à feu; seuls 332 d'entre eux portaient un GPB au moment de l'évènement (Tableau 1). Les blessures fatales sont plus fréquentes au torse ($n=161$) qu'au dos; d'ailleurs 7 % des décès sont attribuables à une blessure au dos c. 32 % au torse (23 *Haut du torse arrière/dos* + 11 *Bas du torse arrière/dos* c. 134 *Haut du torse avant/poitrine* + 27 *Bas du torse avant/estomac*). Dans la plupart des cas, la

¹ Source : Statistique Canada, Centre canadien de la statistique juridique, Enquête sur les homicides.

balle a pénétré par une zone non recouverte par les panneaux balistiques du gilet. Les données ne spécifient cependant pas le nombre de blessures fatales ayant pour siège les côtés du tronc ni celui des blessures fatales au dos des agents n'ayant pas endossé leur GPB.

Tableau 1. Homicides de policiers aux É.-U., entre 2002 et 2011², selon le site atteint et le port ou non du gilet pare-balles

		Nombre d'officiers de police tués par arme à feu										
		Total	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
	Total	500	51	45	54	50	46	56	35	45	55	63
Localisation des plaies fatales par arme à feu	Tête avant	128	14	9	10	17	10	18	9	16	11	14
	Tête arrière	47	8	5	6	6	5	3	1	2	3	8
	Tête côté	72	7	7	7	2	5	7	8	5	10	14
	Cou/gorge	45	3	5	3	5	7	2	5	7	5	3
	Haut du torse avant/poitrine	134	12	12	19	14	11	19	7	11	15	14
	Haut du torse arrière/dos	23	1	3	0	2	3	5	1	1	2	5
	Bas du torse avant/estomac	27	3	3	4	3	2	1	4	1	5	1
	Bas du torse arrière/dos	11	1	0	3	1	1	1	0	0	2	2
	Sous la taille avant	5	1	1	0	0	2	0	0	1	0	0
	Sous la taille arrière	4	1	0	2	0	0	0	0	0	1	0
	Bras/mains	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Localisation inconnue	4	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2
			Nombre d'officiers de police tués par arme à feu pendant qu'ils portaient leur GPB									
		Total	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
	Total	332	34	31	31	30	26	34	29	33	38	46
Localisation des plaies fatales par arme à feu	Tête avant	97	12	6	5	12	9	15	9	12	7	10
	Tête arrière	36	5	3	5	4	3	2	1	2	3	8
	Tête côté	54	4	5	3	2	3	7	6	5	10	9
	Cou / gorge	35	3	4	3	3	4	1	4	6	5	2
	Haut du torse avant/poitrine	75	4	8	11	8	6	7	5	7	7	12
	Haut du torse arrière/dos	9	0	1	0	0	1	1	1	1	1	3
	Bas du torse avant/estomac	15	3	3	1	1	0	0	3	0	3	1
	Bas du torse arrière/dos	6	1	0	2	0	0	1	0	0	1	1
	Sous la taille avant	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	Sous la taille arrière	3	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	Bras/mains	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

² Source : Statistiques LEOKA, Law Enforcement Officers Killed and Assaulted, USA

De plus, en considérant le point d'entrée de la balle lors du port du gilet, une plus grande proportion de décès survient lorsque le projectile pénètre par la zone de l'emmanchure et de l'épaule ou entre les panneaux balistiques (pour 48 des 332 policiers), soit du côté latéral de l'agent, et ce, même si la partie inférieure du côté était partiellement recouverte d'un panneau balistique (Tableau 2). Les zones du devant et des côtés sont donc plus à risque et requièrent d'être recouvertes par la protection balistique. Une réflexion s'impose sur les caractéristiques d'un GPB qui convient aux activités des motards, tout en préservant son efficacité comme équipement de protection.

Tableau 2. Homicides de policiers portant un GPB aux É.-U., entre 2002 et 2011, selon le point d'entrée de la balle ayant causé la blessure fatale au torse

Nombre d'officiers de police tués par arme à feu pendant qu'ils portaient leur gilet pare-balles													
		Total	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	
		Total	105	8	12	14	9	7	9	9	8	12	17
Point d'entrée du projectile	Point d'entrée non rapporté	3	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	
	Gilet sans pénétration (traumatisme contondant)	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
	Pénétration par le gilet (défectuosité du gilet)	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
	Pénétration par le gilet (plus puissant que le gilet)	22	1	4	4	0	1	2	1	2	4	3	
	Pénétration sous le gilet (zone abdominale ou du bas du dos)	18	3	3	2	1	0	0	3	0	4	2	
	Pénétration sur le côté entre les panneaux balistiques	12	1	1	2	3	2	0	1	1	1	0	
	Pénétration par la zone de l'emmanchure ou des épaules de la veste	36	3	2	2	3	2	6	2	3	3	10	
	Pénétration par-dessus le gilet (avant/arrière du cou, zone de la clavicule, etc.)	12	0	2	3	1	1	1	2	1	0	2	

Selon les réponses à un questionnaire administré par Budico (2012) lors d'une intervention ergonomique auprès d'agents d'un organisme de police provincial (n = 1 342 sur 3 487 agents), environ 8 % de la population globale des patrouilleurs évite de porter le GPB à cause des inconforts ressentis. Les agents les plus concernés sont ceux qui font partie des unités motocyclistes. Les principaux inconforts qu'ils éprouvent sont : (i) les contraintes thermiques importantes durant la période estivale; (ii) les entraves à l'encolure, aux emmanchures et à la taille lors des gestes, mouvements et postures liés au travail; (iii) les pressions sur les épaules causées par le poids du GPB. De plus, les réponses au questionnaire et les discussions avec les groupes concernés indiquent que les agents motards des unités spécialisées seraient plus portés à ressentir des inconforts importants lors du port du gilet à cause des conditions particulières de leur travail, notamment :

- les contraintes thermiques liées aux ambiances extérieures, à la proximité des sources de chaleur (moteur et système d'échappement de la moto) et au port de diverses pièces d'uniforme supplémentaires, telles que manteau en cuir, bottes hautes, casque, gants, dossard de sécurité à haute visibilité (DSHV), etc. Les policiers motards font face aux mêmes risques de stress thermique que les autres catégories de travailleurs qui œuvrent à l'extérieur durant la saison estivale.
- les entraves à la mobilité liées aux postures et aux manœuvres de conduite propres à la motocyclette nécessitant de plus grandes amplitudes articulaires, ainsi qu'au port d'autres équipements comme le manteau en cuir et le dossard de sécurité à haute visibilité, qui s'ajoutent au GPB et réduisent davantage la mobilité des agents.

Comme les tâches des agents spécialisés sont distinctes de celles des patrouilleurs à bord d'automobiles de police, des questions se posent. Les besoins de protection lors d'opérations à moto sont-ils les mêmes que ceux de leurs collègues autopatrouilleurs? Le même recouvrement balistique est-il approprié pour cette catégorie spécifique d'utilisateurs? Or, les études effectuées à ce jour visent plus spécialement les patrouilleurs.

2. ÉTAT DES CONNAISSANCES

Plusieurs études ont démontré que le port des gilets pare-balles affecte l'état thermique et la mobilité de l'utilisateur ainsi que sa performance. Certaines de ces études ont retenu différents éléments de design des GPB qui augmentent les contraintes; ils ont proposé des améliorations, mais peu d'entre elles se sont penchées sur les contraintes ergonomiques imposées par le port de GPB chez les policiers, et un très petit nombre ont abordé les besoins spécifiques des policiers motards. La majorité des études a été réalisée dans le milieu militaire entre les années 60 et 80, puisque les GPB tirent leur origine de ce secteur d'activité - les forces armées américaines ont commencé à fournir cette pièce d'équipement aux soldats lors de la Première Guerre mondiale - et que leur utilisation dans le milieu policier n'a été préconisée qu'à compter des années 70 avec l'apparition des textiles Kevlar permettant alors la conception de gilets plus légers et plus souples, donc mieux adaptés à un port prolongé.

2.1 Milieu militaire

Derrick *et al.* (1963) ont voulu connaître dans quelle mesure le port du gilet diminue la performance des soldats et dans quelle mesure cette baisse était attribuable aux répercussions du poids et du recouvrement du corps. Ils ont demandé aux soldats de porter six modèles de gilets en accomplissant six tâches faisant partie d'un entraînement militaire. Les modèles pouvaient couvrir deux surfaces de recouvrement soit 1 180 po² et 840 po²; les vestes de trois différents poids étaient offertes pour chaque surface de recouvrement, soit 5 lb, 9 lb et 11 lb. Les scores de performance des participants étaient basés sur la vitesse et la précision de réalisation de certaines tâches. Un groupe contrôle a réalisé les mêmes tâches sans enfiler de gilet. Les résultats montraient des scores significativement meilleurs pour les soldats ne portant pas de gilet ou pour ceux portant des gilets plus légers comparativement à ceux dont les gilets étaient plus lourds. Aucune différence de performance n'a été notée entre les groupes portant les modèles qui différaient sur le plan de la surface de recouvrement. Il faut toutefois noter que peu de précisions ont été apportées au regard de la distribution du recouvrement du torse par les deux modèles de gilets. De plus, les deux modèles étaient fournis dans une seule taille; donc les variabilités anthropométrique et morphologique des soldats n'ont pas été prises en considération, ce qui a pu fausser les résultats de façon importante, notamment pour le recouvrement du corps par rapport à la performance du soldat. Depuis 1963, le design des gilets a également évolué.

Une étude ergonomique a été effectuée par Scheetz *et al.* (1973) pour mesurer la performance de deux modèles de vestes militaires. Les gilets étaient évalués selon leur poids, la surface de recouvrement du corps et les contraintes de mobilité, et ce, dans diverses postures. Les conséquences du port du GPB sur la performance de tir (précision et vitesse) ont aussi été estimées. De plus, l'étude comportait une appréciation globale de l'utilisateur basée sur un groupe témoin de militaires ayant endossé le modèle durant deux semaines d'entraînement. À l'instar des policiers d'aujourd'hui qui ont formulé des critiques, Scheetz et ses collègues ont conclu que les deux modèles de GPB compromettaient les mouvements du soldat et engendraient de l'inconfort. Le modèle qui recouvrait mieux la zone de l'emmanchure et de l'épaule était plus contraignant et exigeait plus de temps pour dégainer une arme et tirer. Une faible interaction a été constatée entre la veste et l'équipement porté par-dessus. L'ajustement des deux gilets devenait problématique en posture de tir couché, car les vestes remontaient et s'éloignaient des épaules, diminuant ainsi la protection dans cette zone. L'étude a fait ressortir plusieurs éléments pertinents sur le dimensionnement et sur la structure du gilet, mais peu d'attention a été accordée à l'analyse de la contrainte thermique, brièvement abordée par le groupe témoin. De plus, cette

étude était centrée essentiellement sur le tir et abordait peu les autres tâches liées au travail des militaires.

Yarger *et al.* (1969) ont étudié la contrainte thermique résultant du port du GPB. Des hommes acclimatés ou non acclimatés à la chaleur marchaient pendant 90 min sur un tapis roulant dans quatre conditions simulées en chambre climatique (température au thermomètre-globe mouillé : 28 °C; 31 °C; 32 °C et 36 °C). Les résultats ont démontré que le port du gilet diminuait l'efficacité d'évaporation de la sueur, principal mécanisme de refroidissement du corps. Conséquemment, la température corporelle centrale a augmenté lors de la réalisation des tâches dans des conditions de température modérément chaudes (de 28 à 31 °C), conditions dans lesquelles l'évaporation aurait autrement contribué grandement au refroidissement corporel. Par exemple, lorsque les sujets acclimatés marchaient dans un environnement de 28 °C sans le GPB, leur température rectale aux 25^e, 45^e et 90^e minutes était respectivement de 37,74 °C, 37,92 °C et 38,29 °C, comparativement aux températures obtenues lorsque le gilet était porté dans les mêmes conditions : 37,84 °C, 38,17 °C et 38,64 °C. Lorsque ces mêmes sujets marchaient dans un environnement de 32 °C ou 36 °C, une température corporelle centrale plus élevée a également été notée lorsque le gilet était porté, sans toutefois être statistiquement significative; la contrainte était si importante que le port du GPB ajoutait peu à la température du corps qui était déjà très élevée. Les auteurs ont aussi noté que la contrainte thermique résultant du port du gilet diminuait considérablement la performance des sujets. Seuls 40 % d'entre eux ont pu compléter l'exercice comparativement à 77 % pour ceux qui ne le portaient pas. Ils ont conclu sur la nécessité d'effectuer une étude approfondie pour déterminer le point d'équilibre entre la protection obtenue du GPB dans des conditions de chaleur élevée et les risques qu'il représente en causant des malaises thermiques et une diminution de la performance des effectifs.

Ces études portant sur les vestes militaires montrent que le port du GPB peut causer des contraintes réelles aux utilisateurs et donnent certaines pistes sur les éléments de design souhaitables pour ce type de gilet : ouvertures plus importantes des emmanchures et encolures, diminution du poids, etc. Toutefois, il est difficile d'évaluer l'influence du design sur les risques en matière de SST et d'appliquer ces connaissances dans le contexte policier, compte tenu des différences notables entre les deux situations, notamment :

- le type de danger auquel les militaires et les policiers font face;
- les technologies utilisées pour les vestes pare-balles souples des policiers et celles de type militaire. Les GPB des policiers sont conçus pour protéger principalement contre l'impact des projectiles des armes de poing et pour être portés pendant de longues durées; ils sont, conséquemment, plus souples, plus légers, moins épais et recouvrent uniquement le torse alors que le gilet militaire contient des matériaux rigides pour protéger contre des projectiles de plus gros calibre et recouvre une surface plus importante du corps (cou, deltoïdes et fourche);
- les tâches, environnements et autres équipements.

2.2 Milieu policier

En ce qui concerne les études liées au port du gilet dans le milieu policier, la revue de la littérature a permis de répertorier des travaux qui avaient pour objet l'évaluation du confort perçu par les agents de police et le degré de protection que procure le gilet.

Zehner *et al.* (1987) ont comparé le GPB (modèle pour femme) fourni par un organisme de police avec deux autres modèles de GPB pour femme commercialisés, afin d'établir si le premier était adéquat sur le plan du recouvrement (protection) et du confort. Trente-sept policières ont essayé les trois modèles en choisissant la taille la plus adéquate pour chacune d'elles. Pour chaque modèle de veste, une série de mouvements ont été déployés par les sujets afin d'évaluer le confort (c.-à-d., se pencher, s'incliner sur les côtés, s'asseoir, réaliser des torsions et bouger de façon « générale »). L'ajustement sur le plan du recouvrement était vérifié par deux observateurs qui attribuaient des notes (« bon », « moyen » ou « mauvais ») pour la qualité du recouvrement. Pour mesurer le confort, les évaluateurs observaient le comportement du gilet (formation des plis, déplacement de la veste lors des mouvements) et demandaient aux sujets de verbaliser la gêne qu'ils pouvaient éprouver. Les auteurs ont conclu que des problèmes d'ajustement apparaissaient surtout lorsque les sujets étaient assis, car le gilet interférait avec le ceinturon et son équipement (pistolet, chargeurs, bâton télescopique, menottes, lampe de poche, etc.). Ils ont conclu qu'un compromis devrait être trouvé entre le niveau de recouvrement et le confort perçu, mais sans préciser la méthode pour le déterminer. Ils ont également noté que les sujets percevaient les gilets plus relâchés comme étant plus confortables alors que les évaluateurs émettaient l'hypothèse selon laquelle un gilet plus ajusté assurait une meilleure protection. Cette étude est intéressante sur le plan méthodologique, car elle se penche sur les besoins des policières. Toutefois, les résultats n'offrent pas beaucoup d'informations qui pourraient permettre simplement de sélectionner un GPB pour les agents en moto. De plus, ses objectifs étaient restreints, car l'étude n'aborde pas l'interaction du gilet avec d'autres vêtements de l'uniforme (chemise, manteau, imperméable, etc.) ni le confort thermique. De plus, les simulations de mouvements en laboratoire sont basées sur des postures types qui ne témoignent pas d'une bonne compréhension de l'activité de travail des policières (type, distribution et durée des tâches, environnements de travail, etc.). Enfin, l'étude ne précise pas les critères déterminant les besoins de protection des agentes.

La question du confort et du port du GPB a été abordée en profondeur par Fowler qui, d'abord en 2003 dans le contexte d'un programme de maîtrise³, a tenté d'évaluer la performance de deux vestes pare-balles. Par la suite, dans le contexte d'un doctorat⁴ complété en 2007, elle a réalisé une étude théorique visant à établir les facteurs qui déterminent la perception des agents de police du confort que procure le GPB.

Le premier projet visait à comparer un modèle traditionnel comportant des panneaux balistiques à base de textiles tissés (Safariland Zero-G) et un prototype de gilet conçu à base d'un textile innovant « Armor Felt », qui était censé offrir une résistance balistique supérieure tout en étant moins lourd. L'évaluation, à laquelle participaient 10 agents de police de sexe masculin, se basait

³ Fowler, J. F. (2003). « The evaluation and testing of two ballistic vests: A comparison of comfort ». Mémoire de maîtrise non publié, Florida State University, Tallahassee, FL, USA. Tiré de <http://diginole.lib.fsu.edu/islandora/object/fsu:182540/datastream/PDF/view>.

⁴ Fowler Barker, J. F. (2007). « Comfort perceptions of police officers toward ballistic vests ». Thèse de doctorat non publiée. Florida State University. Tallahassee, FL, USA. Tiré de <http://diginole.lib.fsu.edu/islandora/object/fsu%3A175649>

sur : (i) la prise de mesures d'amplitudes articulaires lors d'une série de mouvements de base (abduction, adduction, flexion et hyperextension de l'épaule, flexion et hyperextension du torse); (ii) l'évaluation subjective de la difficulté à réaliser une série de mouvements qui seraient représentatifs de leurs tâches (les tâches ont été définies lors d'une entrevue préliminaire avec l'utilisateur); (iii) l'évaluation de l'ajustement à divers endroits du gilet en postures debout et assise (notée par le sujet à l'aide d'une échelle bipolaire : « ajustement excellent ou mauvais ajustement »); (iv) l'évaluation de la performance globale du gilet. Les résultats n'ont pas été concluants. Aucune différence significative n'a été notée concernant l'effet du gilet sur la réalisation des tâches, la satisfaction à l'égard de l'ajustement du modèle traditionnel et de celui du prototype, et la satisfaction globale. Il est difficile d'établir si ces résultats non concluants sont dus à la méthode de recherche - une seule taille a été testée, l'étude était restreinte à des tâches simulées de très courte durée et peu représentatives du travail réel - ou s'ils sont attribuables aux caractéristiques très semblables des deux modèles, notamment sur le plan de leur structure.

Dans le contexte de sa thèse de doctorat, Fowler a voulu établir les facteurs qui influençaient le confort perçu par les agents de police qui portent le GPB. Elle a demandé à 91 policiers (hommes et femmes) de répondre à un sondage portant, entre autres, sur le GPB utilisé, la description des tâches réalisées, leur opinion relative à l'ajustement du gilet, les situations lors desquelles l'agent évitait de le porter et l'interaction entre le gilet et les autres pièces de l'uniforme. Les agents rapportent avoir une liberté de mouvement globalement acceptable, mais perçoivent un meilleur ajustement du GPB en posture debout plutôt qu'assise (40 % des agents disant devoir réajuster le gilet en position assise). La chaleur est un des aspects les plus problématiques, car plus du tiers des agents disent vouloir éviter de porter le gilet durant les mois d'été et plusieurs ont révélé une interaction problématique entre le gilet et les autres pièces de l'uniforme (le gilet s'appuie sur le ceinturon lorsqu'il y a flexion du torse, le gilet fait « remonter » la chemise, le manteau est trop serré lorsqu'endossé par-dessus le gilet, etc.). Les résultats montrent également que, pour augmenter le confort des agents, le gilet devrait offrir divers ajustements selon la tâche réalisée. Sa démarche en étant une de conception vestimentaire, Fowler a surtout cherché à connaître les critères de design qui affectent le confort du policier et n'a qu'effleuré le contexte d'utilisation du gilet. Aucune analyse spécifique n'a été effectuée auprès des policiers qui adoptent des postures similaires à celles des agents à moto.

En Nouvelle-Zélande, Dempsey *et al.* (2013) ont investigué l'effet des équipements sur la mobilité des policiers et les conséquences sur leur travail. Cinquante-trois policiers de sexe masculin du district sud ont réalisé une série d'activités physiques liées à leur travail, notamment des tests d'équilibre, une simulation de sortie du véhicule, des tractions, le déplacement d'un « sac d'empoignade » (*grapple*) et des tâches d'agilité physique, avec ou sans équipements (gilet pare-balles et ceinturon tout équipé pesant au total 7,65 kg). Les auteurs ont conclu que le port d'équipements affectait de manière significative les tâches exigeant de l'équilibre lorsqu'elles étaient précédées d'une activité physique intense, ralentissait de manière significative la vitesse de sortie du véhicule, les tâches de manipulation du « sac d'empoignade » et celles d'agilité physique, et réduisait le nombre maximal de tractions complétées. Les auteurs n'ont toutefois pas décrit l'effet des caractéristiques spécifiques de l'équipement (design, distribution, etc.) sur la baisse de la performance observée.

Au Québec, l'étude la plus récente portant sur le GPB des policiers est l'intervention ergonomique de Budico (2012), effectuée dans un organisme de police provincial. L'analyse visait à poser un diagnostic sur l'utilisation des gilets pare-balles (unisexe), à définir les besoins des patrouilleurs et à formuler des recommandations visant à améliorer le GPB en n'apportant que des modifications au design de la housse extérieure, sans changer la construction des panneaux

ballistiques. La méthode se basait sur des observations de l'activité de travail (sur 7 quarts de travail de 12 heures), des entretiens avec les patrouilleurs, des prises de mesures sur les agents, des observations lors d'une formation simulant des situations d'assaut et les réponses au questionnaire rempli par l'ensemble des agents (n=1 342). L'intervention a mis en évidence plusieurs contraintes, notamment : (i) les inconforts thermiques importants vécus par la grande majorité des agents en ambiance chaude (93 %), (ii) les restrictions de mobilité et les inconforts, les pressions, et, dans certains cas, les douleurs aux zones de l'encolure, des épaules et à la taille, causés par ces restrictions en posture de travail et lors de mouvements liés au travail; (iii) les pressions aux épaules surtout en posture debout causées par le poids des panneaux ballistiques et des pièces d'équipements; (iv) la protection potentiellement déficiente pour un nombre important d'agents, car certains portaient un gilet avec une encolure très basse et plus de 50 % des agents observés avaient un GPB avec des panneaux ballistiques qui ne recouvraient pas complètement les faces latérales du torse; (v) les inconforts à la poitrine et une moindre protection dans la zone de l'emmanchure pour les patrouilleuses ayant un buste plus proéminent; (vi) certains problèmes d'accès et de distribution d'outils de travail portés sur le gilet et suspendus au ceinturon (stylo, lampe, fil radio); (vii) les difficultés à enfiler le gilet à cause de l'emplacement arrière de sa fermeture; (viii) les problèmes d'usure associée aux bandes Velcro.

Plusieurs problèmes de mobilité, de protection et d'usure étaient liés au port de gilets de taille inadéquate et à leur design. Des recommandations ont été formulées pour revoir et bonifier la méthode de sélection des tailles de GPB et pour réaliser des vérifications périodiques de l'ajustement, ainsi que sur l'amélioration du design, notamment : le rajout de bandes élastiques sur les côtés, la diminution de la largeur de la housse aux emmanchures, l'insertion d'une doublure en textile 3D ou en textile contenant des matériaux à changement de phase (p. ex. : Schoeller®-PCM ou Outlast®) pour diminuer les contraintes thermiques, la révision de l'emplacement de certains espaces consacrés au port d'outils. À la suite de l'étude, le développement d'un nouveau design de GPB et des validations sur le terrain ont été réalisés par le Service de l'approvisionnement de l'organisme. Cette étude dresse un portrait d'ensemble des contraintes associées au GPB, mais n'a pas permis de quantifier la contrainte imposée par le gilet sur le plan thermique ni de définir les contraintes spécifiques subies par les agents des unités spécialisées à moto.

La revue de la littérature met donc en évidence le fait qu'aucune étude n'a été réalisée spécifiquement pour connaître les contraintes ergonomiques liées au port du GPB en moto. Compte tenu des demandes formulées par le milieu, la verbalisation des contraintes par les agents de police spécialisés à moto, de l'absence de critères pour baliser le port ou le non-port du gilet ou pour baliser son design, et des risques évidents associés au non-port du GPB, il est pertinent d'analyser leur travail pour avoir une meilleure compréhension de l'ensemble des déterminants qui engendrent les contraintes thermiques ou de mobilité liées au port du gilet à moto. Il est aussi opportun d'évaluer s'il y a présence d'un véritable stress thermique ou s'il s'agit seulement d'inconforts thermiques. De plus, il apparaît tout à fait approprié de connaître de manière plus approfondie les situations et les endroits du corps affectés par le GPB, les effets des autres vêtements et équipements sur sa genèse, et de faire corroborer ces résultats à l'égard du confort perçu, à divers moments, par les agents eux-mêmes, afin de cibler des pistes de transformation bien adaptées aux caractéristiques de leur travail. Il conviendrait aussi d'étudier la variété de postures et de mouvements déployés à l'occasion du travail à moto, selon différentes données anthropométriques, afin de déterminer les besoins en mobilité et la taille du gilet. Ces connaissances permettront d'établir des critères pour guider le choix ou la conception de modèles de GPB mieux adaptés au travail de ces agents spécialisés.

3. OBJECTIFS DE RECHERCHE

L'objectif général de cette activité visait à étudier les contraintes ergonomiques associées au port du GPB par les agents motards, puis à élaborer des critères de sélection et de conception de gilets.

Les objectifs spécifiques de cette activité visaient à :

- dresser un inventaire des mouvements et postures types déployés par les agents motards;
- déterminer dans quelle mesure le design du GPB affecte la qualité de la conduite, entrave les postures, gestes et mouvements nécessaires à l'exécution des manœuvres, cause de l'inconfort;
- établir si, au cours des quarts de travail en saison chaude (périodes de canicule), les agents spécialisés subissent des contraintes thermiques lors du port du GPB et caractériser ces contraintes sur le plan de la gravité, de la durée et de la distribution dans le quart de travail afin d'établir s'il s'agit d'inconforts passagers ou persistants;
- élaborer des critères de performance d'un GPB qui répond aux exigences du travail des patrouilleurs à moto tant sur le plan thermique que sur celui de la mobilité et proposer, en conséquence, des repères de conception ou de choix de gilet (textiles, taille et structure).

4. MÉTHODOLOGIE

La méthode déployée dans le cadre de cette activité de recherche comporte à la fois une analyse ergonomique sur le terrain visant à investiguer le travail réel des agents motards et un protocole expérimental intégrant des simulations d'activités de travail « contrôlées ». La méthode se divise en cinq grandes étapes : 1) une revue de la littérature incluant une analyse des modèles de GPB existants et des documents qui leurs sont associés; 2) une analyse de l'activité des agents motards; 3) une évaluation des contraintes de mobilité lors du port du gilet; 4) une étude des contraintes thermiques lors du port du gilet; 5) une formulation du diagnostic, des recommandations ainsi qu'une élaboration de critères de sélection ou de conception de gilets mieux adaptées au travail des policiers motards. Les analyses sur le terrain ont été effectuées avec la participation de deux organismes policiers ayant déjà manifesté leur intérêt à collaborer, soit un organisme policier provincial et un organisme policier municipal. La démarche et les constats ont été suivis et commentés par le groupe de « liaison police » de l'APSAM.

4.1 Analyse des modèles de GPB existants et étude de la documentation

Des entretiens avec les responsables de l'approvisionnement de plusieurs services de police majeurs du Québec ont été faits pour déterminer les connaissances qu'ils ont des GPB, confirmer si les difficultés éprouvées par les motards se généralisaient et étudier les solutions examinées ou mises en œuvre ailleurs. Une revue critique des modèles offerts dans le marché a été effectuée sur la base des écrits scientifiques, des informations disponibles dans les sites web des fournisseurs de gilets pare-balles, des visites de foires d'équipements de protection pour le personnel policier et militaire et des rencontres avec des fournisseurs locaux de GPB et de textiles balistiques. Cette revue a permis de connaître l'offre actuelle, les technologies existantes pour diminuer les contraintes thermiques et les entraves à la mobilité et pour élaborer les repères de conception.

La documentation des organismes policiers participants (description des tâches des agents motards), les données lésionnelles (notamment les blessures par arme à feu) et la description des équipements utilisés par les agents (pièces de l'uniforme, chaussures, casque, DSHV, etc.) ont été examinées.

Une revue de la littérature a été réalisée sur les besoins de recouvrement du tronc par un GPB dans le contexte policier. Un entretien a également eu lieu avec un médecin légiste pour identifier les zones du tronc les plus vulnérables à une blessure par arme à feu ou par arme blanche et, conséquemment, les surfaces minimales à protéger.

4.2 Les terrains d'études

Les analyses ont été effectuées dans deux organismes policiers du Québec, soit un organisme policier provincial et un organisme policier municipal. Les motards ont porté le modèle de GPB le plus récent que l'organisme leur avait fourni. Dans les deux cas, les motards enfilent rarement le gilet. Sur le plan des tâches, ils font de la patrouille afin de voir au respect du Code de la sécurité routière (CSR) par le biais d'opérations radar et de surveillance relative au port de la ceinture, à l'utilisation du cellulaire au volant, à la violation des règlements (feux rouges, voies réservées, passages de piétons, virage à droite, etc.). Ils contribuent à la sécurité des gens en assurant la gestion de la circulation aux intersections et l'escorte de dignitaires ou de groupe de personnes lors d'événements spéciaux tels que festivals, compétitions de vélos, marches de levées de

fonds, sorties scolaires, manifestations, concerts, parades, etc. Les motards répondent rarement aux appels provenant des centres d'urgence 911 et, s'ils doivent appuyer une intervention policière d'urgence, leur rôle consistera davantage à sécuriser le périmètre. Dans les deux organismes, le travail à moto est effectué durant la saison chaude, lorsque les conditions du sol permettent une conduite sécuritaire - entre les mois d'avril et de novembre, selon les années - et principalement de jour, mais également le soir selon les besoins et les événements spéciaux. La motocyclette sert de moyen de transport, mais aussi d'outil de travail, de bureau et d'espace de rangement. Les agents motards utilisent l'autopatrouille uniquement lors de fortes pluies ou lors de tâches spécifiques. En plus du GPB et du ceinturon, un agencement d'uniformes est offert pour répondre aux différentes conditions météo ou aux situations propres au travail à moto. Certaines différences sont observées entre les deux organismes dans les tâches et dans le choix des équipements.

4.2.1 *Organisme de police municipale*

4.2.1.1 Organisation du travail de l'unité

L'unité moto de l'organisme de police municipale est composée de près de 25 motards, tous rattachés à un même poste de police. Après une formation et un examen assez exigeants, les policiers intègrent l'unité pour une durée maximale de 6 ans; ils doivent ensuite réintégrer l'unité d'autopatrouille avec la possibilité de revenir ultérieurement à l'unité moto. Au printemps et à l'automne, cette unité fonctionne sur un quart de jour (7 h à 15 h) alors qu'en été, un quart de soir s'ajoute (15 h à 23 h). Les motards travaillent 3 ou 4 jours entrecoupés de 2 ou 3 jours de congé. En hiver, certains motards vont réintégrer temporairement les unités d'autopatrouille, mais la majorité continuera à œuvrer pour l'unité spécialisée de patrouille en véhicule tout terrain (VTT) ou en motoneige. La planification du travail est effectuée par le sergent de l'unité. Selon les demandes reçues de la part des autres unités, de la municipalité ou d'organismes, le sergent affectera les motards aux différentes tâches (parades, escortes, manifestations, gestion de la circulation, etc.). Des demandes spécifiques sont souvent adressées au sergent de l'unité pour augmenter la présence policière à des endroits où des infractions sont fréquemment commises les obligeant parfois à travailler à des endroits désignés et non choisis. Lorsque des événements spéciaux sont planifiés, la majorité des motards est mobilisée pour y participer.

4.2.1.2 La moto

L'organisme municipal opte pour une moto de marque Harley-Davidson Road King de type routier, plus confortable pour les longs trajets (Figure 2). Ce modèle est également choisi pour son caractère emblématique⁵ qui se marie bien avec le symbole historique de la ville desservie. Compte tenu de sa taille volumineuse, ce type de moto demande plus d'espace lors des manœuvres. Le positionnement du moteur est à proximité des mollets et ne comporte aucun panneau d'isolation thermique. Les espaces de rangement se composent de trois valises entourant la roue arrière, soit deux latérales et une centrale.

⁵ Les premières motos policières étaient fabriquées par Harley-Davidson, en 1918.



Figure 2. Moto de police de marque Harley-Davidson Road King.

4.2.1.3 Les équipements et uniformes

Plusieurs vêtements de l'uniforme des policiers motards sont identiques à ceux utilisés par les autopatrouilleurs, notamment le T-shirt, la chemise, le dossard de sécurité à haute visibilité (DSHV) et le GPB. La Figure 3 illustre les équipements et uniformes portés au cours de l'étude. Les pièces d'uniforme spécifiques aux motards incluent la culotte ou « breeches », les gants et les bottes de moto, le manteau et le pantalon imperméables utilisés la majorité du temps. L'uniforme en cuir est de rigueur lors des escortes de dignitaires et par temps froid. À ce moment, elles sont remplacées par des chaussures de patrouille, le manteau et le pantalon en cuir. Le port du DSHV est obligatoire lors des opérations policières sur la moto, telles qu'opérations radar, escorte de dignitaires et gestion de la circulation aux intersections.

Uniforme d'été	Uniforme d'été, casque et DSHV	Complet en cuir	Complet de pluie et DSHV
			

Figure 3. Équipements et uniformes des motards municipaux.

Le casque sert de protection et également de support pour l'équipement nécessaire aux communications. L'organisme municipal utilise un casque de type « bol », qui comporte des extensions à la hauteur des oreilles avec des haut-parleurs intégrés. Le casque est lié par l'intermédiaire d'un fil à la radio de patrouille.

Les équipements retenus par le ceinturon sont identiques à ceux utilisés par les autopatrouilleurs, notamment, l'arme à feu, les chargeurs, le bâton télescopique, la canette de poivre de Cayenne,

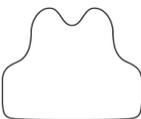
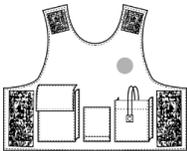
un trousseau de clés et la radio. Les motards peuvent ainsi porter jusqu'à 15 kg d'équipements (Annexe I). Certains motards cherchent d'ailleurs à diminuer ce poids - et les entraves qui lui sont associées - en retirant une partie des équipements lorsqu'ils conduisent leur moto.

4.2.1.4 Le gilet pare-balles

Le modèle de gilet pare-balles municipal doit être enfilé par-dessus la chemise; il assure une protection de niveau II selon la norme NIJ-STD-0101.04⁶. Le GPB comporte deux panneaux, le frontal et le dorsal, délimités par une housse textile dans laquelle s'insère un panneau balistique souple en Kevlar lui-même recouvert d'un textile en nylon étanche à l'eau. Les panneaux frontal et dorsal sont retenus ensemble aux épaules et sur les côtés par des bandes Velcro. Le système de fermeture latéral du gilet comporte des élastiques et se ferme vers l'avant (Tableau 3). La housse avant comporte trois poches profondes. Dans les deux organismes, les panneaux frontal et dorsal du gilet sont fournis en plusieurs largeurs (de XS à XXG) et plusieurs longueurs (de TC à TL). Selon la grandeur, il pèse entre 2,2 et 2,9 kg sans les équipements (long grand, 2,9 kg; court moyen, 2,3 kg; régulier petit, 2,2 kg). De plus, un second modèle de gilet, le Pointblank (PX), plus léger (1,7 kg), a été testé par un des motards en plus du modèle habituel.

Le choix de la taille du gilet est déterminé lors de la prise de mesures faite au quartier général par un représentant du fournisseur. Les mesures recueillies en posture assise et debout sont notamment (i) le tour de taille, (ii) le tour de poitrine, (iii) la longueur entre le point sus-sternal et le nombril, (iv) la largeur du creux de l'épaule. Selon les mesures obtenues, le fournisseur attribue une grandeur à partir de la gamme disponible. Au besoin, le fournisseur peut apporter des modifications au gilet pour l'adapter à la morphologie d'un patrouilleur.

Tableau 3. Description du gilet pare-balles chez les policiers municipaux

Modèle		Panneaux balistiques		Panneaux de housse	
Modèle municipal général (PM)	PtBlank (PX)	frontal	dorsal	frontal	dorsal
					

⁶ National Institute of Justice. (2000). « Ballistic resistance of personal body armor ». NIJ Standard n° 0101.04., Washington D.C.: U.S. Department of Justice.

4.2.2 Organisme de police provincial

4.2.2.1 Organisation du travail de l'unité

L'organisme provincial compte environ 40 motards. Ils sont regroupés dans plusieurs postes de policiers motards « flottants », faisant partie intégrante des unités d'autopatrouille. Ils conduisent la moto à l'occasion, selon l'organisation des tâches dans l'unité. Lorsqu'un policier est admis comme motard, après avoir suivi une formation et réussi un examen rigoureux, il fera partie de l'unité moto sur une base permanente. Comme le territoire couvert vise des routes moins éclairées que celles des municipalités et que la conduite en moto est plus difficile la nuit, le travail à moto est habituellement réalisé le jour. Le quart normal est de 7 h à 16 h. Les agents motards de l'organisme provincial font sensiblement le même travail que leurs collègues municipaux, mais sur le territoire qu'ils desservent. Toutefois, une bonne partie du travail est effectuée sur les routes et autoroutes où les vitesses permises sont nettement plus élevées. De plus, lors d'escorte, ils sont responsables d'accueillir les dignitaires et chefs d'État à l'aéroport et de les accompagner à leur lieu d'accueil ou d'hébergement. La planification du travail est également effectuée par le sergent de l'unité selon les demandes reçues qui, dans leur cas, peuvent provenir de parcs nationaux, de citoyens ou de maires des différentes municipalités desservies par l'organisme.

4.2.2.2 La moto

L'organisme provincial utilise un modèle semi-sportif de marque BMW (n = 52) qui offre une grande manœuvrabilité, mais qui exige un fléchissement prononcé des jambes et des genoux (Figure 4). Le moteur de la BMW est situé vers l'avant du véhicule et isolé du conducteur par des panneaux en plastique. Les espaces de rangement sont constitués également de trois valises, mais seules deux d'entre elles servent pour le rangement puisque la valise centrale héberge le système de communication intégré, qui occupe toute la place.



Figure 4. Moto de police de marque BMW.

4.2.2.3 Les équipements et l'uniforme

Bien que spécifiques à chacun des organismes, les équipements et vêtements sont très similaires à ceux décrits précédemment. Le DSHV est identique pour les deux organismes. Parmi les nuances à apporter, notons que certains policiers motards provinciaux utilisent parfois le manteau coupe-vent habituellement utilisé lors du travail en autopatrouille. De plus, le casque de type trois-quarts assure un recouvrement plus complet de la tête et offre une certaine isolation contre

le bruit ambiant. Le système de communication du casque est intégré au système dans la valise supérieure de la moto (Figure 5).

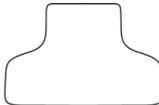
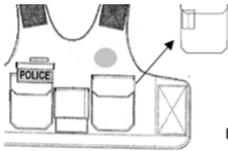
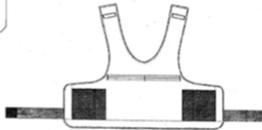


Figure 5. Équipements et uniformes des motards provinciaux.

4.2.2.4 Le gilet pare-balles

Le gilet pare-balles offert est un modèle unisexe porté par-dessus l'uniforme (chemise et chandail de laine). Il comporte deux panneaux qui assurent une protection de niveau II, selon la norme NIJ-STD-0101.04, soit un panneau frontal et un panneau dorsal qui s'attachent ensemble à l'aide de bandes Velcro positionnées sur les bretelles et les côtés latéraux (Tableau 4). Le gilet provincial se ferme vers l'arrière et ne contient aucun élément élastique. Le panneau frontal, composé d'une housse en textile imperméable recouvrant un panneau balistique amovible, comporte : (a) deux poches de poitrine plates avec rabat, (b) des compartiments à l'intérieur pour ranger les stylos, (c) une poche à menottes couverte par deux panneaux balistiques pour éviter des ricochets en cas d'impact du projectile, (d) une poche passepoilée qui abrite une bande d'identification « POLICE » rétractable et (e) une bande Velcro permettant d'attacher l'étiquette d'identification de l'agent ainsi qu'un écusson de l'organisme. Le panneau dorsal est composé d'une housse en textile imperméable recouvrant aussi un panneau balistique amovible. Ces panneaux ayant des extensions latérales, ils recouvrent davantage les côtés de l'utilisateur. La housse dispose de deux ganses situées sur les bretelles, une poche à fermeture éclair qui abrite une bande d'identification « POLICE » rétractable, une ceinture élastique composée de deux morceaux qui s'attachent au centre du torse à l'aide de bandes Velcro. Le design du gilet favorise un ajustement en V, soit plus ajusté à la taille qu'au buste. Selon la grandeur, ce GPB pèse entre 1,84 et 2,48 kg sans les équipements (long grand, 2,48 kg; court moyen, 1,84 kg; régulier petit, 1,92 kg). Pour sélectionner la taille appropriée du gilet, le motard est assisté par des agents du Service de l'approvisionnement de l'organisme, selon une méthode adaptée des travaux de Budico (2012).

Tableau 4. Description du gilet pare-balles chez les policiers provinciaux

Modèle	Panneaux balistiques		Panneaux de housse	
	frontal	dorsal	frontal	dorsal
				

4.3 Analyse de l'activité des motards

4.3.1 Observations et entrevues préliminaires

Afin de mieux comprendre la nature et la diversité de leur travail, quinze périodes d'une demi-journée d'observations avec entretiens préliminaires ont été effectuées, soit 7 policiers municipaux (PM) et 8 policiers provinciaux (PP). Les agents motards participants étaient tous des hommes présentant une diversité sur le plan de la morphologie (poids de 70 à 113 kg; taille de 173 à 196 cm), de l'âge (de 36 à 46 ans), de l'ancienneté (1 à 15 ans) et, dans le cas de l'organisme provincial, de lieu de travail (différents postes de police). Les agents ont été suivis en autopatrouille pendant leur travail habituel et leurs activités ont été notées. Des enregistrements vidéo ont été réalisés en continu avec une caméra tenue en main. Un entretien a été effectué avec chaque agent à la fin de la période d'observation pour mieux comprendre les enjeux et les difficultés liés à leur travail, ainsi que les contraintes associées au port du gilet. Les entretiens ont porté sur : (a) les tâches et activités réalisées en tant qu'agent spécialisé; (b) le confort ou l'inconfort thermique et les entraves ressenties lors du port du GPB selon les diverses tâches, (c) les conséquences des contraintes ressenties sur leur bien-être, leur sécurité et leur performance, (d) les situations d'agression (armée ou non armée) et les situations à risque vécues dans leur carrière de policier motard. Des observations ont aussi été consignées lors de quatre formations d'escorte de dignitaires et d'un examen pratique de conduite à moto avec négociation de manœuvres complexes à travers des cônes.

Ces observations et entretiens préliminaires ont permis de bonifier les protocoles de cueillette de données des analyses systématiques effectués sur le terrain et lors des simulations, notamment d'identifier les situations de travail jugées contraignantes sur le plan thermique et de la mobilité, et d'élaborer une liste de postures types de travail potentiellement entravées par le GPB.

4.3.2 Observations systématiques de l'activité et entrevues avec les agents

Des observations systématiques ont été réalisées sur le terrain dans un second temps pour mieux comprendre les principaux déterminants de l'activité des motards ainsi que leurs conséquences sur leur santé et sur leur efficacité. Au total, 23 situations variées ont été analysées notamment (i) des quarts de travail de jour et de soir, (ii) une diversité de tâches comme des interventions liées au Code de la sécurité routière (CSR), telles que des opérations radar, la patrouille, la rédaction de constats d'infraction, la surveillance d'interdictions, et des tâches réalisées lors

d'évènements spéciaux, telles que la gestion des intersections et l'escorte de célébrités, l'escorte de cyclistes lors de compétitions, (iii) une diversité de conditions météo et, conséquemment, (iv) différents agencements d'uniforme. Le Tableau 6 présente une synthèse des conditions prises en compte dans ce volet de l'étude. Pour l'ensemble des observations, le patrouilleur portait son GPB et effectuait son travail habituel. Ces observations sur le terrain ont également été utilisées pour analyser plus spécifiquement les contraintes de mobilité (sous-section 4.4) et thermiques (sous-section 4.5) en situation de travail effectif.

4.3.2.1 Participants

En tout, 22 agents spécialisés ont été suivis durant un quart de travail complet (13 agents municipaux et 9 agents provinciaux) (Tableau 5). Un motard de l'organisme municipal a participé à l'exercice à deux reprises (Sys 21 et 22), mais pour tester des modèles de gilet différents (cf. sous-section 4.2.1.4). Les individus de chaque groupe ont d'abord été choisis sur une base volontaire, puis ils ont été sélectionnés de façon à obtenir une diversité de caractéristiques personnelles sur le plan de la morphologie. Il a été impossible de recruter des femmes. Enfin, les participants Sys 13, 18 et 34 étaient fumeurs.

Tableau 5. Caractéristiques des participants aux observations ergonomiques systématiques

Organisme municipal						Organisme provincial					
Participant	Âge	Poids (kg)	Taille (cm)	IMC ^a	Surface corporelle ^b (m ²)	Participant	Âge	Poids (kg)	Taille (cm)	IMC	Surface corporelle (m ²)
Sys 11	44	84	183	25,1	2,06	Sys 31	38	95	193	25,5	2,26
Sys 12	38	69	175	22,5	1,84	Sys 32	41	113	190	31,3	2,40
Sys 13	46	84	173	28,1	1,98	Sys 33	42	87	178	27,5	2,05
Sys 14	46	102	173	34,1	2,15	Sys 34	37	91	185	26,6	2,15
Sys 15	45	97	180	29,9	2,17	Sys 35	39	110	177	35,1	2,26
Sys 16	47	90	183	26,9	2,12	Sys 36	44	82	178	25,9	2,00
Sys 17	41	79	173	26,4	1,93	Sys 37	42	80	180	24,7	2,00
Sys 18	36	73	170	25,3	1,84	Sys 38	56	84	175	27,4	2,00
Sys 19	42	70	173	23,4	1,83	Sys 39	33	101	178	31,9	2,19
Sys 20	40	91	183	27,2	2,13						
Sys 21	36	70	170	24,2	1,81						
Sys 22	36	70	170	24,2	1,81						
Sys 23	40	92	183	27,5	2,14						
Sys 24	46	86	180	26,5	2,06						

^a Indice de masse corporelle

^b Calculée à partir de : surface corporelle (m²) = 0,007184 x taille (cm)^{0,725} x poids (kg)^{0,425} (DuBois et DuBois, 1916)

Tableau 6. Description du quart de travail, de l'uniforme porté et des conditions météorologiques

Participant	Quart	Durée (h)	Principale tâche	Vêtement	T _{air} (°C)	Humidex (°C)	Ciel
Organisme municipal							
Sys 11	J	7	Opération radar, parade	Uniforme d'été	23 - 30	31 - 40	Variable
Sys 12	J	7	Opération radar, opération sonomètre	Uniforme d'été	24 - 28	31 - 35	Dégagé
Sys 13	S	7	Opération radar	Uniforme d'été	22 - 28	29 - 36	Dégagé
Sys 14	J + S	17,5	Patrouille, opération radar, escorte de cyclistes, gestion d'intersections, supervision des voies réservées	Uniforme d'été; et ensemble imperméable en fin de quart	18 - 24	26 - 30	Variable
Sys 15	S	9,75	Patrouille, gestion d'intersections, escorte d'un artiste	Uniforme d'été	17 - 21	-	Nuageux
Sys 16	J	7	Patrouille, entraînements	Uniforme d'été	18 - 24	25 - 26	Dégagé
Sys 17	S	9	Gestion de la circulation, escorte de dignitaires	Uniforme d'été	12 - 25	26 - 27	Dégagé
Sys 18	S	8,75	Escorte de cyclistes, gestion d'intersections	Uniforme d'été	14 - 26	27 - 29	Dégagé
Sys 19	S	9	Patrouille, gestion d'intersections	Uniforme d'été; et manteau imperméable en fin de quart	21 - 23	30 - 31	Nuageux
Sys 20	J	7,75	Patrouille, opération radar, surveillance d'interdictions	Uniforme d'été	17 - 27	26 - 30	Dégagé
Sys 21 (PX)*	J	11	Opération radar, surveillance d'interdictions	Uniforme d'été	20 - 29	28 - 33	Dégagé
Sys 22	J	8,5	Patrouille, opération radar	Uniforme d'été	18 - 26	26 - 31	Dégagé
Sys 23	J	9	Escorte de cyclistes (compétition)	Uniforme d'été et manteau en cuir	9 - 15	-	Variable
Sys 24	J	3	Escorte de dignitaires (formation)	Complet cuir, bottes basses	5 - 11	-	Dégagé
Organisme provincial							
Sys 31	J	10	Opération radar, opération radar Doppler	Uniforme d'été	20 - 28	28 - 35	Dégagé
Sys 32	J	6,5	Patrouille, opération radar	Uniforme d'été	20 - 25	25 - 28	Variable
Sys 33	J	6,5	Patrouille, opération radar	Uniforme d'été	16 - 26	25 - 32	Dégagé
Sys 34	J	7,5	Patrouille, opération radar	Uniforme d'été	21 - 28	27 - 32	Variable
Sys 35	J	6	Escorte de dignitaires (formation)	Uniforme d'été avec manteau coupe-vent, 75 % du quart (à partir du début)	15 - 21	-	Variable
Sys 36	J	7,5	Patrouille, opération radar	Uniforme d'été	21 - 28	25 - 29	Dégagé
Sys 37	J	10,5	Escorte de cyclistes	Uniforme d'été	20 - 29	27 - 34	Dégagé
Sys 38	J	13,5	Escorte de cyclistes	Uniforme d'été	19 - 28	27 - 31	Dégagé
Sys 39	J	8	Escorte de triathlons, soutien sur scène d'accident d'auto, patrouille	Uniforme d'été avec manteau en cuir, 50 % du quart (à partir du début)	15 - 26	26 - 28	Dégagé

* Note : les observations Sys 21 ont été effectuées avec le modèle de gilet PX. J = jour et S = soir

4.3.2.2 Données recueillies

Les moyens suivants ont été utilisés pour la cueillette des données :

- Les activités à moto ont été observées à bord d'une autopatrouille conduite par un second motard de l'unité. Les activités de longue durée effectuées ailleurs que sur la moto, comme la gestion de la circulation ou l'opération radar, ont été réalisées à distance du motard (± 10 mètres). Des enregistrements vidéo ont été faits en continu avec une caméra tenue en main et avec une deuxième caméra de type GoPro fixée sur le guidon de la moto et dirigée vers le motard pour mieux caractériser son travail sur les plans physique, cognitif et environnemental. Les enregistrements de la caméra GoPro ont notamment servi à déterminer la fréquence et la durée des différentes postures du tronc (rotation, extension et flexion frontales [angle tronc-cuisse] et flexion sagittale), des épaules (extension, flexion, abduction et adduction), du cou et de la tête (flexion, rotation) ainsi que les gestes du tronc et des bras dans différentes tâches, les montées et descentes de la cylindrée, la position debout, l'attente, etc. Les données issues de la caméra GoPro ont permis des analyses plus fines (postures lors de la conduite) que celles obtenues avec la caméra tenue en main alors que l'angle d'observation pouvait varier selon la position de l'observateur par rapport au motard. Ainsi, dans les deux cas, le protocole a été utilisé pour tracer un portrait et donner un ordre de grandeur de la fréquence d'exécution des postures afin de mieux caractériser la pénibilité et l'importance de la contrainte, mais ne prétend aucunement présenter des données exhaustives de ces postures pour chaque quart. Plusieurs photos ont été prises avec un téléphone intelligent pour recueillir des éléments de contraintes spécifiques.
- Tout au long de l'activité, une chronique de quart a été rédigée sur une grille afin de noter le déroulement chronologique des événements (début/fin des tâches, nature de l'intervention, description des gestes et postures, incidents, équipements portés, nature des communications et des prises d'information, état du sol, explications de l'activité provenant du conducteur, commentaires de l'agent et de ses collègues lors des breffages, etc.).
- L'agent qui conduisait l'autopatrouille à bord de laquelle un membre de l'équipe de recherche observait le motard était également invité à verbaliser de façon spontanée toute observation, à rapporter les contraintes ressenties durant la journée et à commenter les aspects physiques et cognitifs du travail de son collègue. Des questions lui étaient également posées afin de documenter les différences entre le travail en autopatrouille et celui à moto.
- Une liste de postures et d'activités posant un problème sur le plan de la mobilité a été rédigée pour les séances d'analyse d'inconforts lors des simulations, afin d'établir plus précisément les sources d'entraves à la mobilité. Les critères suivants ont été utilisés pour déterminer les postures et les activités problématiques : (i) amplitudes importantes des gestes, (ii) adoption de postures statiques de longues durées, (iii) fréquence élevée d'exécution de la tâche ou de l'activité dans le contexte du travail habituel, (iv) présence de situations critiques et potentiellement dangereuses lors de l'activité (p. ex. : poursuite en moto, virage serré).

- En plus des notes consignées directement lors des observations sur le terrain, les données de l'évolution des conditions météorologiques (T_{air} , indice humidex, vitesse du vent, état du ciel) pour la région d'opération durant le quart ont été récupérées en fin de journée sur le site internet d'Environnement Canada, puis comparées aux observations et aux entretiens recueillis.
- Afin d'évaluer le poids porté par les motards (Annexe I), une mesure pondérale des équipements de la police municipale a été recueillie à l'aide d'un dynamomètre de marque Ametek (précision $\pm 0,1$ kg). Chaque équipement était pesé à trois reprises et la moyenne des trois mesures a été retenue. Quant aux mesures pondérales des équipements de la police provinciale, elles ont été obtenues de leur service d'approvisionnement.

4.3.2.3 Analyse des données

L'ensemble des chroniques de quart et des enregistrements vidéo a été synchronisé avec le logiciel CAPTIV L-2100 de TEA⁷ pour chaque séance. Des graphes d'activité ont été réalisés pour comparer plusieurs variables du quart comme l'activité, le vêtement porté, la posture, les conditions climatiques, les incidents. Le protocole a notamment permis d'investiguer la durée de chaque tâche, le nombre d'interventions, la fréquence et la durée du travail en position debout ou sur la moto, la durée et la fréquence de ciblage dans les opérations radar et le nombre de montées et de descentes sur la moto. L'annexe III montre des exemples de graphes ayant permis d'étudier les gestes et les contraintes de mobilité. En ce qui concerne les postures, l'analyse a porté sur les membres supérieurs, le cou et le rachis. Deux critères ont principalement guidé l'observation : i) les postures exécutées dans des plages d'amplitude articulaire supérieures aux zones de confort selon Tilley (2002), ii) la présence de postures et de gestes jugés contraignants ou causant des entraves avec le GPB, comme décrit par les motards lors des observations préliminaires. La durée de maintien et la fréquence des amplitudes articulaires extrêmes ont été notées pour mieux situer l'importance des contraintes et ainsi mieux caractériser la pénibilité. Des captures d'écran ont été sauvegardées pour consigner les situations ciblant des contraintes spécifiques, notamment sur le plan de la mobilité, ou pour illustrer les conditions environnementales comme l'état de la chaussée, etc. La synchronisation vidéo a également été effectuée avec les données liées à l'état thermique des motards, détaillées à la sous-section 4.5.1.

4.4 Analyse des contraintes de mobilité lors du port du GPB

L'analyse des contraintes de mobilité a été réalisée à l'aide de deux approches, soit une approche ergonomique visant à étudier les contraintes de mobilité durant le travail réel et une approche expérimentale visant à analyser plus finement les contraintes de mobilité selon différentes activités types effectuées lors de simulations.

4.4.1 *Portrait des contraintes de mobilité des motards lors du port du GPB - durant leur quart de travail*

En plus du protocole présenté à la sous-section 4.3.2 sur les « observations systématiques de l'activité et entrevues avec les agents », un questionnaire était administré aux agents à deux reprises (mi-journée et fin de journée) pour évaluer les contraintes à la mobilité ressenties durant

⁷ TEA, Vandoeuvre-lès-Nancy, France. <https://www.teaergo.com/fr>

leur quart de travail (Annexe II). Le questionnaire visait à déterminer les situations où les agents se sont sentis limités sur le plan de la mobilité. Ils devaient noter sur un schéma corporel les pressions, douleurs, entraves, etc., ressenties au torse, au cou, aux épaules et aux bras lors des opérations à moto.

4.4.2 Analyse des contraintes de mobilité des motards lors du port du GPB - en situations simulées

Les séances expérimentales étaient menées avec un agent à la fois, dans le garage ou la cour intérieure du poste de police. Chaque séquence de gestes et d'activités a été effectuée par les agents à deux reprises : une première en endossant l'uniforme d'été et le GPB (sans le DSHV) et une deuxième en enfilant l'uniforme en cuir, avec le GPB porté en dessous du manteau en cuir. La durée totale de chaque séance était d'environ quatre heures.

4.4.2.1 Participants

Ces sessions expérimentales ont été menées avec 16 agents masculins, la moitié associée à la police municipale, l'autre moitié à la police provinciale. Cette population d'essai a été sélectionnée afin de s'assurer que la morphologie des participants soit diversifiée (Tableau 7), puisque l'objectif de la présente activité de recherche consistait à établir si le port du GPB et autres équipements diminuait la mobilité d'agents présentant des profils morphologiques variés sur le plan de la stature et de la circonférence du tronc. Il n'a cependant pas été possible de recruter des femmes motards.

Tableau 7. Caractéristiques des participants aux séances expérimentales de l'analyse des contraintes de mobilité

Organisme municipal						Organisme provincial					
Participant	Poids (kg)	Taille (cm)	IMC ^a	Tour de taille (cm)	Largeur de poitrine (cm)	Participant	Poids (kg)	Taille (cm)	IMC ^a	Tour de taille (cm)	Largeur de poitrine (cm)
PM11	70	173	23,4	87,8	35	PP1	113	190	31,3	121	36
PM12	102	173	34,1	114	34	PP2	91	185	26,6	92	34
PM13	92	183	27,5	97	33	PP3	88	178	27,8	93	35,5
PM14	79	173	26,4	99	34	PP4	95	193	25,5	98	39
PM15	70	175	22,9	93	32	PP5	77	180	23,8	89,5	31
PM16	82	175	26,8	99	33	PP6	92	196	23,9	95	36
PM18	83	175	27,1	98,5	33	PP7	91	188	25,7	98	31
PM19	70	170	24,2	89	33	PP8	80	180	24,7	95	34

^a Indice de masse corporelle

4.4.2.2 Type de situations simulées

Les gestes et activités simulées décrivaient une posture de référence et quatre catégories de tâches :

- 1) **Posture de référence** : posture debout neutre avec le dos droit et les bras relâchés;

- 2) **Conduite de la moto**, découpée selon : (i) montée et descente de la moto, (ii) conduite en ligne droite, (iii) changement de voie, (iv) demi-tour, (v) « stand-by » sur la moto pour réintégrer le convoi lors d'une escorte de dignitaires;
- 3) **Opération radar**, découpée selon : (i) ciblage d'un véhicule avec l'appareil radar, (ii) communication avec le conducteur pour obtenir le permis, la preuve d'immatriculation, la preuve d'assurance, (iii) la rédaction de la contravention en position assise sur la moto;
- 4) **Gestion de la circulation**, notamment : (i) signaler aux véhicules de se déplacer vers la gauche, (ii) signaler aux véhicules se trouvant dans la voie de gauche de s'immobiliser et à ceux de la voie de droite d'avancer, (iii) signaler aux véhicules lourds de s'immobiliser, (iv) signaler à l'ensemble des véhicules de s'immobiliser;
- 5) **Tâches diverses** : (i) vérification d'un pot d'échappement, (ii) récupération d'un objet au sol.

4.4.2.3 Données recueillies

Préalablement à la séance expérimentale, les dimensions corporelles des agents ont été mesurées. Les mesures du GPB ont également été prises et le périmètre des panneaux balistiques a été délimité à l'aide d'un ruban à masquer. Pour chaque situation simulée, l'agent indiquait les endroits où il ressentait des pressions, des entraves ou tout autre inconfort. Un ruban était posé sur l'endroit désigné. L'agent cotait ensuite l'intensité de la pression ou de l'entrave perçue sur des échelles de Likert de 0 à 10 (Annexe II), selon :

- une pression cotée 0 indiquait qu'aucune pression n'était ressentie, alors qu'une pression cotée 10 signifiait la perception d'une douleur;
- une entrave (ou encombrement) cotée 0 indiquait que l'agent se sentait complètement libre de réaliser le geste exigé, alors qu'un 10 signifiait que l'agent était incapable de compléter le geste sans devoir modifier son mode opératoire.

Des analyses visuelles et tactiles étaient réalisées avec l'agent afin d'établir la source de l'inconfort ou de l'entrave. Il devait indiquer les inconforts perçus, peu importe l'endroit, et préciser avec son doigt l'étendue et la forme du périmètre de la zone où la sensation était ressentie. Des photos ont été prises sous plusieurs angles pour documenter ces analyses visuelles et tactiles.

4.4.2.4 Analyse des données

Les pressions et entraves notées par les agents ont été regroupées selon leur association avec certaines régions du corps (Figure 6), comme suit :

- **Épaules, creux de l'épaule et aisselles** : régions circonscrites (1) de face en largeur entre les points d'encolure latéraux⁸ et les bords des emmanchures, et en hauteur entre la ligne d'épaule et les poches latérales, (2) de dos en largeur entre l'encolure et les bords latéraux des bretelles, et en hauteur entre la ligne de l'épaule et le bord inférieur de l'encolure;

⁸ Situés à la distance maximale entre les 2 bretelles.

- **Poitrine** : région circonscrite en largeur entre les points d'encolure latéraux et en hauteur entre l'encolure et le bord supérieur des poches;
- **Encolure** : périmètre de l'encolure sur le panneau frontal se situant entre les points d'encolure latéraux au-devant. La région *encolure* est incluse dans les régions *épaule, creux de l'épaule et aisselles* et *poitrine*; identifiée comme zone problématique lorsqu'une pression est exercée sur le cou;
- **Abdomen** : région circonscrite en largeur entre les points d'encolure latéraux et en longueur entre les bords supérieurs des poches latérales et le bord inférieur du gilet;
- **Côtés** : régions circonscrites en largeur entre les points d'encolure latéraux et les points de carrure du dos, et en longueur entre le bord supérieur des poches latérales et le bord inférieur du gilet;
- **Dos** : région circonscrite en largeur entre les points de carrure du dos et en hauteur entre le point d'encolure du dos et le bord inférieur du gilet.

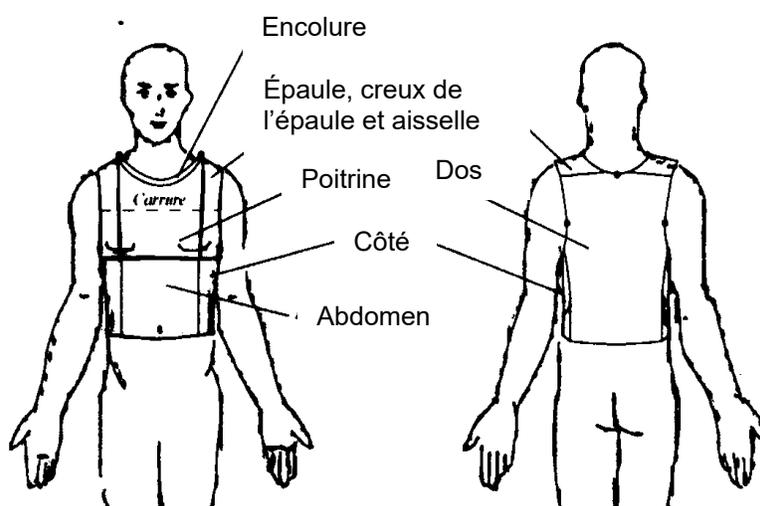


Figure 6. Délimitation des zones corporelles pour l'analyse des pressions et des entraves.

Afin d'éviter des confusions dues aux modèles d'équipements différents utilisés par les policiers municipaux et provinciaux, les données obtenues ont été traitées séparément pour chaque organisme. Les photos ont été utilisées pour étudier les avantages du GPB et pour déterminer les sources d'inconforts et d'entraves des mouvements.

4.5 Analyse des contraintes thermiques lors du port du GPB

L'analyse des contraintes thermiques a été réalisée à l'aide de deux approches, soit une approche ergonomique visant à étudier la contrainte thermique durant le travail réel et une approche expérimentale visant à analyser la contrainte thermique en contrôlant certains déterminants de l'activité lors de simulations.

4.5.1 Analyse de l'état thermique des motards lors du port du GPB – durant leur quart de travail

L'état thermique des patrouilleurs portant le GPB a été estimé durant leur quart de travail, en même temps que l'analyse de l'activité (cf. sous-section 4.3.1) et l'analyse des contraintes de mobilité (cf. sous-section 4.4.1) décrites ci-dessus. Cette étape visait à établir s'il y a présence ou non d'inconfort ou de stress thermique durant le travail, à caractériser l'astreinte thermique subie en conditions réelles sur les plans de la gravité, de la durée et de la distribution pendant le quart, à répertorier les situations lors desquelles les agents verbalisent des inconforts thermiques, puis à apprécier les stratégies mises en œuvre par les patrouilleurs pour faire face aux contraintes thermiques.

4.5.1.1 Données recueillies

L'objectif n'était pas d'isoler l'effet de divers déterminants, mais plutôt de dresser un portrait général de l'astreinte thermique subie par les agents spécialisés lors de la réalisation d'opérations réelles en saison estivale. Le recueil de données a donc consisté à :

- consigner la masse corporelle du sujet 10 minutes avant le début du quart de travail : (i) d'abord uniquement en sous-vêtement, (ii) ensuite avec l'uniforme complet (incluant ceinturon et casque). Reprendre les mesures de masse corporelle à la fin du quart de travail, avec l'uniforme complet et uniquement avec les sous-vêtements. Selon un groupe d'agences américaines⁹, la diminution de la masse corporelle de plus de 1,5 % lors d'un quart de travail est un des indicateurs valables pour appuyer la présence d'une astreinte thermique (NIOSH/OSHA/USCG/EPA, 1985; NIOSH, 2016). Également, une diminution de plus de 2 % de la masse corporelle contribue sévèrement à l'astreinte cardiovasculaire et thermique (Costill, 1977). Selon la méthode proposée par ces agences américaines, les sujets doivent agir comme à l'habitude, c'est-à-dire qu'ils doivent s'alimenter et boire comme ils le font normalement (NIOSH/OSHA/USCG/EPA, 1985). Dans ce contexte, en présence d'une diminution de plus de 1,5 % de la masse corporelle, le fait de s'être alimenté ou abreuvé comme à l'habitude, ne vient que confirmer la présence d'une astreinte thermique.
- noter la composition corporelle (proportion de masse grasse, de masse musculaire et de masse d'eau dans le corps) par la méthode de bio-impédance électrique, à l'aide d'un moniteur de composition corporelle Omron HBF-510W¹⁰. L'impédance d'un corps est fonction du volume d'eau dans ce corps. Elle correspond à la résistance offerte par un tissu au passage d'un courant de faible intensité et est un bon indicateur de perte hydrique.
- recueillir les indices physiologiques d'inconfort et d'astreinte thermique au repos et ensuite, en continu, tout au long du quart de travail : (i) la température corporelle interne (TCI) à l'aide de thermomètre ingérable (pilule avalée en début de séance par le motard); (ii) la moyenne des températures cutanées à l'aide de 4 capteurs placés sur le mollet, la cuisse, la poitrine et le deltoïde (tous du côté droit) (méthode Ramanathan, voir Yao, Lian, Liu, Shen, 2007); (iii) la fréquence cardiaque (FC) à l'aide d'un moniteur de fréquence cardiaque

⁹ National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), Occupational Safety and Health Agency (OSHA), United States Coast Guard (USCG) et Environmental Protection Agency (EPA).

¹⁰ Omron Healthcare, Inc., Kyoto, Japan. <https://omronhealthcare.com>

Garmin®¹¹ ou Polar®¹² RS400 (Roberge et Deadman, 2004). Sur le terrain municipal, certaines données de FC sont partielles (Sys 11, 13, 14, 15, 18, 19, 20, 21) à cause des pauses (il manque ± 2 h au quart de travail), du fréquencemètre utilisé en début d'étude (Garmin®) qui exigeait des recharges et des sauvegardes périodiques difficiles à réaliser en condition de travail (à toutes les 2-3 heures) et du mode « intelligent » du Garmin® qui interrompait l'enregistrement de la FC lorsque celle-ci se situait dans une zone d'activité « passive ». L'appareil a été remplacé par un fréquencemètre Polar® permettant la collecte des données en continu et sur des périodes de 12 h. Sur le terrain provincial, toutes les données ont été correctement recueillies.

- enregistrer la température cutanée locale avec les quatre capteurs mentionnés ci-dessus, ainsi qu'avec un capteur placé au milieu du dos, à la hauteur des scapulas, et un autre capteur glissé entre les cheveux et le casque de moto. Ce dernier capteur était mis sous le casque uniquement dans les situations de travail pour lesquelles le port du casque était obligatoire. Ainsi, seules les données obtenues lorsque le casque était porté ont été utilisées pour ces analyses. Il faut noter que les endroits où étaient placés les capteurs avaient été déterminés avec précision lors des observations préliminaires. De plus, certains problèmes ont surgi, notamment des difficultés de connectivité de capteurs ou de câbles endommagés lors des mouvements à répétition, surtout pour les capteurs situés sur la poitrine et sur le dos, qui tendaient à se décoller à cause de la transpiration accumulée. Des ajustements ont été faits et des rubans adhésifs plus résistants ont été utilisés; les capteurs thoraciques ont été positionnés sous la bande du fréquencemètre et collés sur la peau. Les données incomplètes sont : Sys 11 - poitrine, dos, casque et température moyenne; Sys 12 - casque; Sys 13 - dos; Sys 17 - casque; Sys 18 - mollet, dos et température moyenne; Sys 19 - dos; Sys 21 - cuisse et température moyenne; Sys 22 - bras, mollet, poitrine, dos, casque et température moyenne. La non-réinitialisation de l'enregistreur de capteurs en début du quart explique l'absence de données cutanées pour le sujet Sys 22. Quoi qu'il en soit, la majorité des capteurs ont permis de recueillir les données nécessaires pour dresser un portrait assez complet. Sur le terrain PP, seule la température cutanée du dos pour Sys 35 est manquante.
- noter, toutes les 30 minutes, les réponses de l'agent à un questionnaire portant sur sa perception de l'astreinte thermique, questionnaire établi selon la norme *ISO 10551:1995 Ergonomie des ambiances thermiques : évaluation de l'influence des ambiances thermiques à l'aide d'échelles de jugements subjectifs*¹³. Le questionnaire comportait également des diagrammes corporels sur lesquelles l'agent notait les zones perçues comme étant chaudes ou mouillées de transpiration (Annexe IV).
- après une activité de conduite de la moto, inscrire la température de surface du moteur, du réservoir à essence, des pots d'échappement et du siège à l'aide d'un thermomètre infrarouge Reed ST-8839¹⁴ afin de déterminer les principales zones de chaleur des deux modèles de moto.

¹¹ <https://www.garmin.com/fr-CA/>

¹² <https://www.polar.com/ca-fr>

¹³ Cette norme a été remplacée par la norme ISO 10551:2019 *Ergonomie de l'environnement physique : échelles de jugements subjectifs pour l'évaluation des environnements physiques*, en juin 2019.

¹⁴ Reed Instruments, Ste-Anne-de-Bellevue, Québec. <https://www.reedinstruments.com/cafr/produit/reed-instruments-st-8839-infrared-thermometer>

4.5.1.2 Analyse des données

Pour établir si les agents avaient subi une astreinte thermique durant leur quart de travail, l'équipe de recherche a :

- synchronisé les données obtenues (thermiques, physiologiques et celles tirées de la chronique de quart) à la vidéo avec le logiciel CAPTIV L-2100 de TEA. Des graphes d'activités ont été produits pour chaque journée d'observations afin d'analyser les répercussions de certains déterminants comme le type d'activité (attente, escorte, opération radar, trajet en moto, travail de bureau, etc.), le type de vêtement (avec et sans l'imperméable, le DSHV et le GPB) et les conditions météorologiques (température, humidex, vitesse du vent, l'ensoleillement, etc.) sur leur fluctuation. L'Annexe III montre un exemple de graphe d'activité ayant permis d'étudier les données. La fréquence d'échantillonnage des données physiologiques permettait de suivre la fluctuation toutes les 5 à 10 secondes selon l'instrument utilisé. En plus de tracer un portrait clair de la fluctuation des données (T_{CI} , $T_{cut\ moy}$, FC, etc.) pendant le quart, le graphe a permis également de montrer les situations où les valeurs extrêmes (pics) ont été obtenues ainsi que la durée des périodes où les valeurs étaient plus astreignantes. Des moyennes ont été calculées pour chaque tâche, vêtement et conditions météorologiques pour faciliter la comparaison. En ce qui concerne le CCR, la moyenne de l'ensemble du quart a été calculée. La moyenne des températures cutanées locales a également été calculée pour chaque membre mesuré. Les données du questionnaire sur la perception de l'environnement thermique pendant les différents quarts de travail ont fait l'objet d'une analyse spécifique intégrant les motards des deux organismes ;
- comparé les indices physiologiques, notamment la température corporelle interne, la diminution de masse corporelle et le coût cardiaque relatif (CCR), aux valeurs de référence proposées dans la littérature ou à celles établies par les organismes NIOSH, Organisation mondiale de la santé (OMS) et British Occupational Hygiene Society (BOHS) ($T_{CI} > 38\text{ °C}$ pour une exposition répétée ou prolongée et, pour des personnes plus vulnérables, $T_{CI} > 37,6\text{ °C}$ [Wenzel *et al.*, 1989]), la diminution de masse corporelle $> 1,5\%$; le CCR durant le travail $> 30\%$ (Meyer, 1996; Costill, 1977; Krake *et al.*, 2003; Roberge et Deadman, 2004; Youle *et al.*, 1996). Selon la classification de Frimat, les valeurs de coût cardiaque relatif témoignant de l'exigence physique de certaines tâches (quart de 8 heures) se classifient comme suit : lourdes ($CCR \geq 30\%$), très lourdes ($CCR \geq 40\%$) et intenses ($CCR \geq 50\%$) (Meyer, 1996); et, dans le cas d'activités de moins de 30 minutes, modérées (FC à 130 bpm, $CCR \geq 50\%$), élevées (FC à 150 bpm, $CCR \geq 65\%$) (Monod et Kapitaniak, 2003). Le coût cardiaque relatif (CCR) a été calculé selon le ratio coût cardiaque absolu/variation maximale de la FC, comme suit :

$$CCR (\%) = (FC_{travail} - FC_{repos}) / (FC_{max} - FC_{repos}) \times 100 \%$$

où

$$FC_{max} = 220 - \text{âge}$$

- comparé la température cutanée moyenne pondérée ainsi que celle de chaque capteur, à l'échelle de confort obtenue par Yao *et al.* (2007), notamment pour : la tête = $35,4\text{ °C}$; la poitrine = $34,8\text{ °C}$; le dos = $34,9\text{ °C}$; le deltoïde = $32,5\text{ °C}$; la cuisse postérieure = $34,6\text{ °C}$; le mollet postérieur = $33,1\text{ °C}$;

- étudié les réponses des agents au questionnaire portant sur leur perception, préférence, acceptabilité et tolérance de l'environnement thermique; les diagrammes corporels ainsi que les verbalisations portant sur leur perception de la fatigue, des nausées, des étourdissements ou des autres effets de la contrainte thermique ressentis durant le quart. Ces données ont ensuite été comparées aux indices physiologiques.

4.5.2 Analyse de l'état thermique des motards lors du port du GPB - en situations simulées

À la demande des organismes de police participant à la réalisation de l'étude, cette analyse visait à évaluer l'influence de certains déterminants sur la contrainte thermique, notamment le GPB, l'activité exercée et le type de vêtement porté. Cette analyse comportait 4 situations simulées pour chaque terrain (municipal et provincial) (Figure 7 et sous-section 4.5.2.2).

4.5.2.1 Participants

Huit policiers motards municipaux et huit policiers motards provinciaux ont participé aux séances de simulation. Ils ont été recrutés aux mêmes postes de police que ceux ayant participé aux étapes précédentes de l'étude (Tableau 8).

Tableau 8. Caractéristiques des participants aux séances expérimentales de l'analyse de l'état thermique

Organisme municipal						Organisme provincial					
Participant	Âge	Poids (kg)	Taille (cm)	IMC ^a	Surface corporelle ^b (m ²)	Participant	Âge	Poids (kg)	Taille (cm)	IMC ^a	Surface corporelle ^b (m ²)
Sys 52	36	69	170	23,9	1,80	Sys 71	43	91	178	28,7	2,09
Sys 53	36	70	170	24,2	1,81	Sys 72	56	84	175	27,4	2,00
Sys 54	44	83	183	24,8	2,05	Sys 73	41	100	182	30,2	2,21
Sys 55	44	88	175	28,7	2,04	Sys 74	39	87	193	23,4	2,18
Sys 56	41	80	173	26,7	1,94	Sys 75	43	80	180	24,7	2,00
Sys 57	43	79	175	25,8	1,95	Sys 76	44	81	188	22,9	2,07
Sys 58	39	70	175	22,9	1,85	Sys 77	54	94	182	28,4	2,16
Sys 59	43	101	178	31,9	2,19	Sys 78	41	111	190	30,7	2,39

^a Indice de masse corporelle

^b Calculée à partir de : surface corporelle (m²) = 0,007184 x taille (cm)^{0,725} x poids (kg)^{0,425} (DuBois et DuBois, 1916)

4.5.2.2 Type de situations simulées

Quatre scénarios d'activités répertoriées dans le travail réel - et établis à la suite des observations ergonomiques préliminaires et systématiques - ont été retenus pour chacun des organismes, dont une situation « optimale » de référence (travail au bureau) et trois situations de travail typiques aux motards et exigeantes sur le plan thermique (Tableau 9).

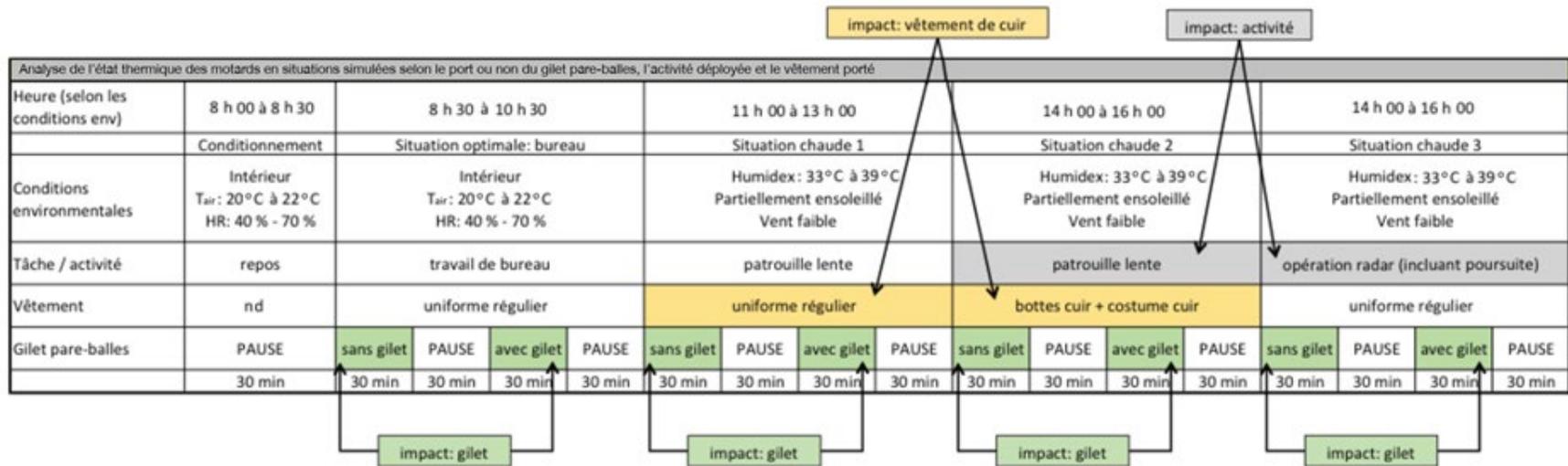


Figure 7. Diagramme-synthèse du protocole en situations simulées.

Tableau 9. Description des scénarios expérimentaux

Scénario	Organisme municipal	Organisme provincial	Uniforme	GPB
1-a	Gestion de circulation (à l'ombre)	Escorte à basse vitesse (à l'ombre)	Été et ensemble imperméable	Sans
1-b	Gestion de circulation (à l'ombre)	Escorte à basse vitesse (à l'ombre)	Été et ensemble imperméable	Avec
2-a	Gestion de circulation	Escorte à basse vitesse	Été	Sans
2-b	Gestion de circulation	Escorte à basse vitesse	Été	Avec
3-a	Opération radar et escorte lente	Opération radar x 2	Été	Sans
3-b	Opération radar et escorte lente	Opération radar x 2	Été	Avec
4-a	Travail de bureau	Travail de bureau	Été	Sans
4-b	Travail de bureau	Travail de bureau	Été	Avec

Les situations simulées sur le terrain municipal étaient : (i) la gestion de la circulation à une intersection en uniforme d'été et ensemble imperméable, (ii) la gestion de la circulation à une intersection en uniforme d'été, (iii) l'interception pour vitesse excessive suivie par une escorte à basse vitesse ($v \leq 15$ km/h) en uniforme d'été. Les situations simulées sur le terrain provincial étaient : (i) une escorte à basse vitesse ($v \leq 15$ km/h) en uniforme d'été et ensemble imperméable, (ii) une escorte à basse vitesse en uniforme d'été, (iii) une séquence de deux interceptions pour vitesse excessive en uniforme d'été. Chaque simulation a été menée une fois sans GPB et une fois avec le gilet. Le dossard de sécurité à haute visibilité a été porté dans l'ensemble des conditions. Afin d'assurer des conditions plus réalistes, les scénarios avec les imperméables ont été menés dans des endroits ombragés et ceux avec l'uniforme d'été dans des endroits généralement ensoleillés. Chaque simulation durait 25 minutes, suivie de 5 minutes de récupération, assis sur la moto dans les mêmes conditions climatiques. Cette courte période de repos permettait de recueillir les pulsations cardiaques du motard dès les premières minutes de cette période afin d'évaluer la charge de travail selon la méthode du pouls de récupération de Brouha (Roberge et Deadman, 2004). Des pauses de 30 minutes en environnement calme et climatisé étaient ensuite accordées avant chaque nouvelle simulation.

4.5.2.3 Contrôle des variables

L'ordre de présentation des scénarios a été déterminé pour assurer des conditions météorologiques favorables, notamment pour bénéficier des températures plus basses lors des simulations en imperméable et plus chaudes lors des simulations en uniforme d'été. Cette séquence a été modifiée pour deux participants à cause de l'ensoleillement tardif. Alors, le travail de bureau a été effectué après les simulations en imperméable, suivi par le reste du protocole. Les simulations étaient menées lors de journées ensoleillées et modérément chaudes, avec des humidex allant de 26 à 40 °C (Tableau 10). Les conditions météorologiques ont peu changé entre les simulations sans et avec GPB. Le séquençement de l'endossement du GPB a également été inversé pour 3 participants afin de départager l'effet thermique du GPB du séquençement d'habillement.

Tableau 10. Conditions météorologiques lors de chaque séance d'expérimentation

Organisme municipal					Organisme provincial				
Scénario	T _{air} (°C)	Humide x (°C)	Vitesse du vent (km/h)	Taux d'humidité relative (%)	Scénario	T _{air} (°C)	Humidex (°C)	Vitesse du vent (km/h)	Taux d'humidité relative (%)
1-a	17 à 22	17 à 27	1 à 13	59 à 84	1-a	16 à 24	- à 33	3 à 13	71 à 91
1-b	20 à 24	24 à 29	1 à 14	24 à 29	1-b	15 à 26	21 à 35	2 à 17	69 à 87
2-a	22 à 25	26 à 31	3 à 14	55 à 69	2-a	20 à 28	23 à 36	3 à 18	47 à 85
2-b	22 à 26	27 à 32	5 à 18	51 à 66	2-b	21 à 28	24 à 37	2 à 17	42 à 81
3-a	23 à 27	28 à 34	7 à 16	47 à 64	3-a	23 à 30	26 à 39	6 à 18	44 à 74
3-b	24 à 29	28 à 34	2 à 16	48 à 58	3-b	23 à 31	26 à 40	6 à 20	44 à 68
4-a	Environnement climatisé identique pour a et b				4-a	Environnement climatisé identique pour a et b			
4-b					4-b				

Des consignes détaillées ont été émises pour chacune des simulations afin de préciser les tâches à réaliser, les lieux et les trajets à emprunter. Un membre de l'équipe de recherche accompagnait en tout temps le participant et lui donnait des consignes sur le moment de début et de fin des tâches ainsi que des ajustements requis lorsque nécessaire. Pendant les pauses, les participants étaient invités à boire de l'eau à la température de la pièce afin de s'hydrater et de consommer des collations ainsi qu'un dîner léger composé d'aliments à la température de la pièce.

Durant les simulations, les agents étaient filmés avec une caméra disposant d'une horloge numérique interne calibrée avec les horloges numériques des autres instruments (données physiologiques liées aux indices d'astreinte thermique). Les enregistrements étaient ainsi synchronisés avec ces données pour expliquer *a posteriori* toute fluctuation inhabituelle et importante.

4.5.2.4 Données recueillies

La cueillette des données a consisté à enregistrer des indices physiologiques d'inconfort et d'astreinte thermique similaires à ceux collectés lors de l'analyse de l'état thermique des motards durant leur quart de travail. Les données suivantes ont d'abord été prises au repos (30 minutes) et ensuite au cours des simulations : (i) température corporelle interne mesurée à l'aide d'un thermomètre ingérable (pilule avalée en début de séance par le motard); (ii) fréquence cardiaque (FC) mesurée à l'aide d'un moniteur Polar® RS400, (iii) température cutanée moyenne enregistrée à l'aide de 5 capteurs de température placés aux endroits suivants : poitrine, dos, deltoïde, cuisse et mollet (tous du côté droit). À la fin de chaque simulation, le participant remplissait un questionnaire portant sur sa perception de l'environnement thermique (Annexe IV). L'enregistrement vidéo et la prise de notes en continu ont été effectués par un membre de l'équipe de recherche, à pied ou à bord d'une autopatrouille qui suivait l'agent motard, selon la situation.

Des problèmes de collecte de données ont été soulevés avec le capteur de température interne. L'enregistreur de données sans fil était placé dans la poche du GPB lors des observations ergonomiques, donc à proximité du capteur ingéré. Or, il a dû être déplacé sur le ceinturon de patrouille afin d'éviter de le repositionner lors des changements d'uniforme, ce qui a causé un problème de communication et rendu la prise de données instable pour 13 des 128 scénarios simulés (Sys 57 : 4-b; Sys 58 : 4-b; Sys 59 : 1-a, 1-b, 2-a, 2-b, Sys 72 : 2-a, 4-a, 4-b; Sys 74, 2-a; Sys 76 : 1-b,4-b; Sys 77 : 1-a). L'ensemble des données relatives aux températures cutanées a été recueilli sauf pour 6 scénarios sur un total de 64 (Sys 55 : 2-b, 3-a, 3-b, 4-a, 4-b; Sys 77 : 1-a).

4.5.2.5 Analyse des données

Afin de comparer l'astreinte thermique subie par les agents pour chaque situation proposée, l'équipe de recherche a :

- effectué le calcul du pouls de récupération de Brouha, en utilisant la FC mesurée dans la première minute de repos suivant immédiatement chaque situation simulée. Or, ce calcul de Brouha nécessite que la FC des 30 secondes de la deuxième moitié de la première minute de repos soit supérieure à 110 bpm. Puisque cette FC était inférieure à 110 bpm pour l'ensemble des motards et ce, pour toutes les conditions simulées, il a été impossible d'utiliser cet indice pour comparer les différentes conditions sur le plan de la charge de travail;

- quantifié l'astreinte thermique en calculant les extrapulsations cardiaques thermiques (EPTC) à l'aide de la fréquence cardiaque (Vogt et Metz, 1981; Meyer *et al.*, 2014). Ce calcul des EPTC (en bpm) s'effectue par l'équation suivante :

$$EPCT = FC_{\text{récup}} - FC_0$$

où $FC_{\text{récup}}$ est la FC mesurée après la fin de la simulation, soit la moyenne des FC mesurées aux minutes 3, 4 et 5 de récupération après la fin du travail et FC_0 est la FC initiale avant la simulation, soit la FC moyenne mesurée pendant 5 minutes avant le début du travail. Ces deux mesures de FC étaient calculées avec le participant en position assise et à l'ombre. À l'arrêt du travail, la FC diminue rapidement et, une fois la composante métabolique disparue (± 1 min, max 3 min), on est en mesure de recueillir la FC d'origine thermique (quantifiée par les EPCT). À ce moment, la décroissance de la FC est beaucoup plus lente puisqu'elle est liée à la baisse progressive de la température corporelle et à la dissipation de la chaleur.

- comparé les fluctuations de la TCI et des températures cutanées moyennes des sujets dans les diverses situations simulées;
- comparé, pour chaque sujet, les réponses au questionnaire portant sur sa perception, sa préférence, son acceptabilité et sa tolérance à l'environnement thermique;
- confronté les valeurs des données obtenues dans les situations simulées pour permettre de comprendre les répercussions de l'uniforme, de l'activité, de l'environnement et du port du GPB sur l'état thermique des patrouilleurs. Sachant que les contextes des deux milieux (municipal et provincial) différaient de façon importante sur plusieurs aspects (tâches simulées, type d'uniforme, modèle de GPB, modèle de moto), la comparaison des situations a été faite séparément pour les deux groupes.

4.6 Formulation du diagnostic, des recommandations et élaboration de critères pour le choix ou la conception de vestes mieux adaptées au travail des agents motards

En premier lieu, un diagnostic ergonomique a été posé et validé auprès des participants à l'étude. Ce diagnostic portait sur les entraves à la mobilité et sur l'astreinte thermique subies par les agents lors du port du GPB dans les opérations effectuées à moto. Il mettait en évidence les situations de travail les plus problématiques et les principaux déterminants engendrant les contraintes et pouvant avoir des conséquences négatives sur la santé et sur la sécurité des motards. Le diagnostic décrivait également les points positifs et négatifs des modèles de GPB utilisés actuellement par les deux organismes de police participants. Certaines stratégies de prudence adoptées par les agents (s'ils en ont) pour atténuer les contraintes liées au port du gilet ont aussi été mises en évidence. Des rencontres de validation ont eu lieu avec 6 motards de la police provinciale, puis avec 15 motards de la police municipale, ayant tous participé aux à l'une ou l'autre des collectes de données, afin de présenter et de valider les résultats spécifiques au contexte de chaque organisme policier. Différentes pistes de solution ont pu émergées par le biais de la technique de remue-méninges.

Par la suite, sur la base du diagnostic posé et de la compréhension de l'activité de travail, une grille d'analyse a été dressée pour examiner les technologies existantes en matière de GPB et pour proposer des solutions qui conviennent au contexte des motards et qui sont susceptibles de diminuer les contraintes identifiées. Des repères de conception et des critères de sélection de gilets ont été déterminés afin d'aider les concepteurs et sélectionneurs d'équipements. Des recommandations visant la réduction des contraintes liées à d'autres déterminants liés au port du gilet lors des opérations à moto ont également été formulées.

5. RÉSULTATS

Les résultats sont présentés dans quatre sous-sections. La sous-section 5.1 porte sur la description du travail des policiers motards, les résultats de l'analyse de l'activité ainsi que les principaux déterminants qui modulent leur travail, notamment les modes opératoires. La sous-section 5.2 présente l'analyse des contraintes de mobilité lors du port du GPB. La sous-section 5.3 traite des constats de l'analyse de l'astreinte thermique lors du port du GPB et enfin, la sous-section 5.4 aborde les besoins de protection des agents dans le contexte de leur travail.

5.1 Travail des policiers motards

Les unités motocyclistes jouent un rôle très important dans le travail policier. Leur moto leur procure une aisance à se faufiler à travers une foule ou dans des endroits exigus, une facilité de se dissimuler, tout en permettant une rapidité et une réactivité dans leurs déplacements. La moto est pour eux un outil de travail très efficace et performant pour réaliser des tâches liées au respect du code de la sécurité routière (CSR) et pour effectuer des activités liées à certains événements spéciaux tels l'escorte de dignitaires et la gestion de la circulation. L'analyse montre que les motards sont fiers de faire partie de cette unité et s'estiment très performants pour réaliser leurs tâches lorsqu'ils ont leur moto. Le travail est pour eux très divertissant et valorisant. Ils ont par ailleurs mentionné que lorsque les conditions climatiques sont favorables, le travail à moto leur procure un sentiment de liberté et un plaisir de conduite très agréables.

L'analyse de l'activité montre toutefois que l'ensemble des conditions d'exécution du travail, notamment les aspects physiques, cognitifs et environnementaux, en font un travail particulièrement exigeant, voire plus exigeant que celui des autopatrouilleurs. À l'instar de tout sport que l'on pratique, même s'il est très exigeant sur le plan physique et psychologique, voire exténuant parfois, le travail des motards leur procure néanmoins une grande source de satisfaction. L'analyse met en lumière les principaux modes opératoires des motards pour effectuer avec efficacité différentes activités comme conduire la moto, mener des opérations radar, gérer la circulation, servir d'escorte, vérifier un pot d'échappement ou récupérer un objet au sol, ainsi que les problèmes de mobilité gestuelle liés à ces modes opératoires. Différentes stratégies de régulation ont été mises en place par les motards pour atténuer, voire pour anticiper, les contraintes de mobilité. Les résultats de l'analyse de l'activité montrent également l'influence des équipements et du modèle de la moto sur cette activité ainsi que sur leur santé et sur leur efficacité dans l'exécution de leurs tâches. La Figure 8 présente le *modèle conceptuel de l'activité des motards* et synthétise les principaux déterminants de cette activité et leurs conséquences sur leur santé et sur leur efficacité.

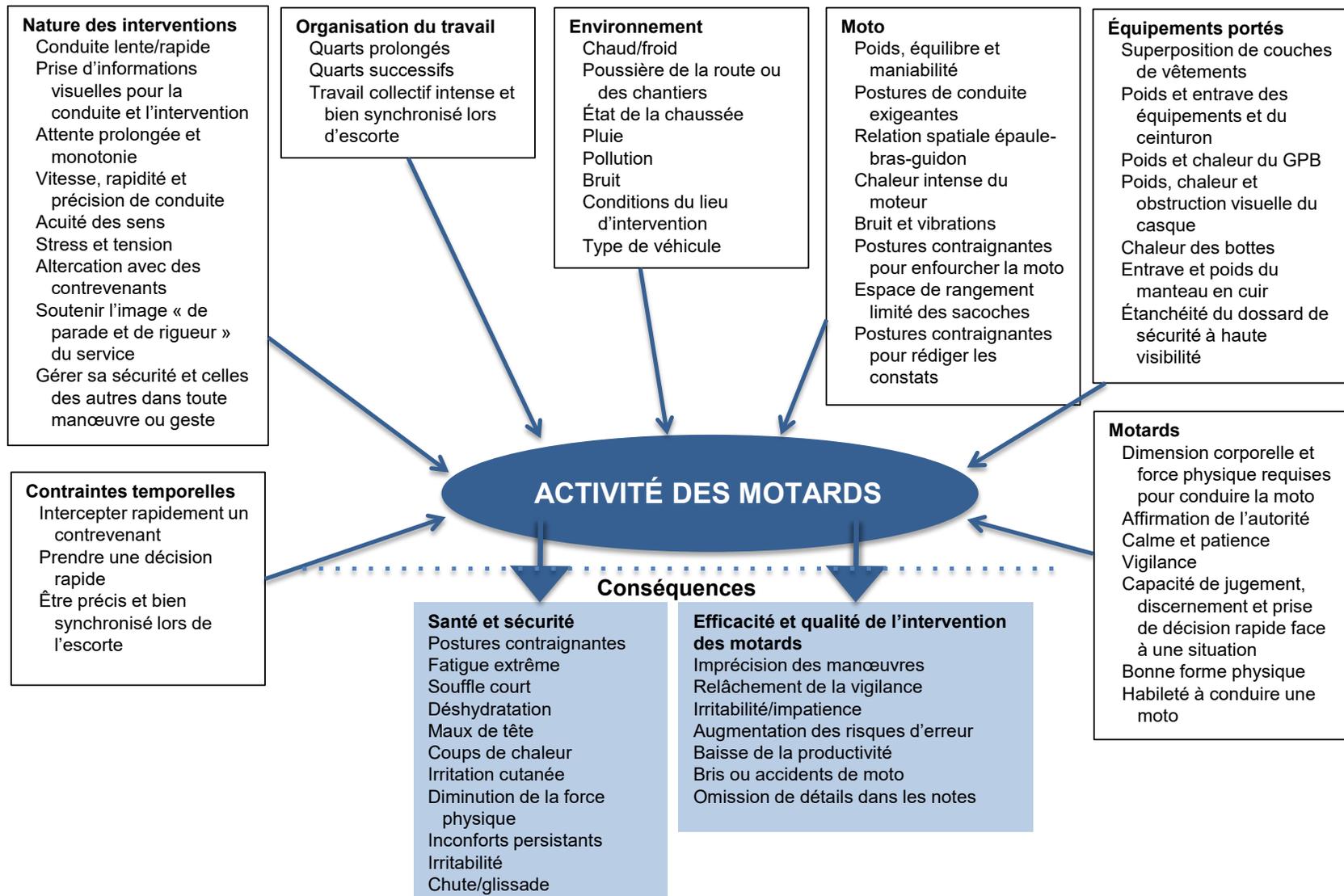
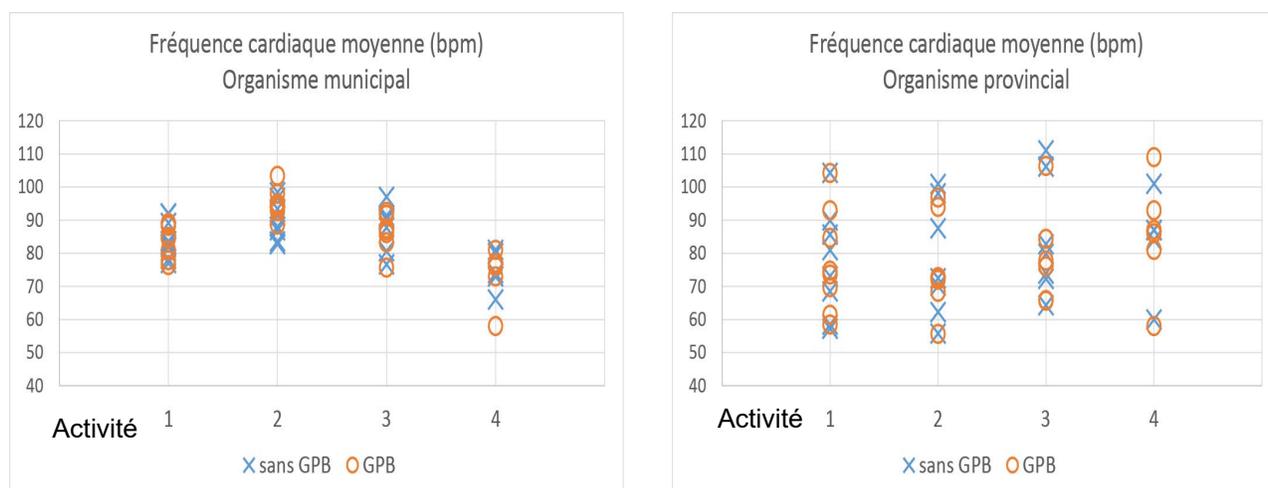


Figure 8. Modèle de l'activité des motards : principaux déterminants et conséquences sur leur santé et leur efficacité.

5.1.1 Les aspects physiques du travail des agents motards

Le premier constat de l'analyse ergonomique du travail des agents motards montre que la majorité du travail est effectuée en position debout, que ce soit lors d'opérations radar, de la surveillance d'interdiction, de la gestion de la circulation, de l'attente d'un départ en escorte, ainsi que la rédaction de constats. L'analyse fine de Sys 11, 12, 14, 15 et 20 montre que le travail debout représente respectivement 80 % (2 h49), 78 % (3 h36), 51 % (6 h15), 72 % (5 h17) et 63 % (3 h00) de la durée totale du quart de travail par rapport au travail assis. La fréquence cardiaque moyenne (FC_{moy}) durant certaines tâches atteignait plus de 100 bpm (Figure 9). Les simulations effectuées avec la PM montrent une élévation de la FC_{moy} pendant l'activité « gestion de la circulation », rapportée plus exigeante sur le plan physique par les motards, et une baisse lors de la simulation de « l'opération radar à pied et l'escorte lente ». Les valeurs les plus basses sont recueillies pour le « travail de bureau ». Les données des FC_{moy} obtenues lors des simulations effectuées avec la PP sont plus disparates et montrent des valeurs élevées pour l'activité « escorte lente » avec l'imperméable. Les valeurs les plus élevées recueillies sont attribuables à la communication avec le public, à l'achalandage des endroits et aux modes opératoires variés, ainsi qu'à la gestion de certains appels au téléphone mobile lors du « travail de bureau », même si la consigne était de demeurer assis.



Légende des activités : 1 - Opération radar; 2- Gestion de la circulation; 3- Escorte lente; 4- Travail de bureau

Figure 9. Valeurs moyennes de la fréquence cardiaque enregistrée lors des séances de simulation sans ou avec gilet pare-balles, selon l'activité.

La Figure 10 illustre les diverses activités auxquelles s'adonnent les agents motards pendant leur quart de travail. Chaque activité peut durer 2 à 3 heures et se répéter plusieurs fois dans un même quart de travail. Les motards déploient ces activités en portant sur eux 12 kg, voire jusqu'à 19 kg, d'équipements (ceinturon, GPB, manteau en cuir, casque, bottes, cinémomètre, etc.), ce qui constitue en soi une charge physique relativement élevée. L'Annexe V présente les chroniques de quart recueillies et la durée de chaque tâche observée.



Figure 10. Aspects physiques du travail des agents motards, dont le travail debout, la conduite active, la course, l'amplitude de nombreux gestes, le statisme de certaines postures, le poids des équipements.

Lors de la conduite, les motards se retrouvent sur un engin plus instable qu'une autopatrouille, ce qui les oblige à repositionner constamment leur corps pour maintenir l'équilibre. Ces mouvements exigent une sollicitation musculaire qui, selon les motards, engendre de la fatigue au fil de la journée. Ils doivent réagir aux accélérations/décélérations très rapides, répéter fréquemment des mouvements précis et rapides pour diriger la moto, contourner des obstacles, réagir au comportement des autres usagers de la route, en plus d'enfourcher et de descendre de leur moto très souvent. Lors de longs déplacements ou lors de périodes d'attente prolongées, le statisme de la posture debout ou de celle assise avec les bras maintenus sur le guidon pendant de longues périodes de temps engendre aussi, selon les verbalisations des motards, de la fatigue physique. De plus, les motards ressentent de constantes vibrations et œuvrent dans un environnement bruyant (moto, circulation, vent, sirène), des facteurs de contrainte qui s'ajoutent à la fatigue ressentie.

Dans le cas des opérations radar, l'activité exige de tenir et de stabiliser un cinémomètre de près de 2 kg, en adoptant une posture statique (le corps doit bouger le moins possible). En contrepartie, plusieurs activités requièrent des amplitudes et des répétitions de mouvements physiquement contraignantes, notamment la conduite de la moto, l'opération radar et la gestion de la circulation, activités qui occupent en moyenne 58 %, allant parfois jusqu'à 90 %, des tâches durant un quart de travail.

Selon les observations-terrains et les entrevues effectuées avec les motards, l'activité de gestion de la circulation est particulièrement exigeante sur le plan physique, car le motard doit se déplacer continuellement pour faire face aux véhicules à diriger, et déployer des mouvements de grande amplitude, rapides, répétitifs et vigoureux avec les épaules, les bras et les mains pour inciter les conducteurs et piétons à suivre les instructions; selon les motards, *plus le geste est rapide et vigoureux, plus les gens circulent rapidement*. De plus, c'est une activité qui dure entre 45 min et 1 h45.

Effectuée de façon plus occasionnelle, l'activité consistant à assurer l'escorte de dignitaires est aussi très exigeante physiquement à cause de la conduite à grande vitesse, des descentes/montées fréquentes de la moto (répétitives), de la gestion du public. L'escorte entraîne une forte contrainte temporelle pour assurer le déplacement continu du convoi. D'ailleurs, la contrainte temporelle est omniprésente dans le travail des motards. En plus des nombreux efforts déployés sur le plan de la mobilité gestuelle, les contraintes thermiques et environnementales s'ajoutent aux exigences du travail physique.

5.1.2 Les aspects cognitifs du travail des agents motards

À l'instar du travail policier en général, l'analyse ergonomique du travail des motards montre qu'il s'agit d'un travail exigeant sur le plan physique, mais aussi sur le plan cognitif. Différents aspects cognitifs du travail d'agent motard ont pu être observés ou rapportés par les participants lors de l'analyse (Figure 11). Le déplacement en moto exige en soi une vigilance plus importante que de se déplacer en automobile; il s'agit d'une tâche exigeante sur le plan proprioceptif, car la moto est plus instable que l'automobile et n'offre pas la même protection en cas d'accident. La vigilance ne doit jamais être relâchée lors de la patrouille alors que le motard doit partager son attention entre la gestion de sa conduite et l'observation du comportement des autres conducteurs (p. ex. : utilisation du cellulaire au volant, port de la ceinture de sécurité) ou du public.

Pour contrôler les différentes situations, les observations et les verbalisations montrent que les motards prélèvent constamment de l'information visuelle (signalisation, attitude, détails de la scène, vitesse, etc.), auditive (cris, klaxon, bruit provenant des véhicules ou de pneus cloutés, etc.) et proprioceptive (position des bras pour guider le volant et négocier adéquatement les virages, position du poignet sur l'accélérateur pour gérer la vitesse, etc.). Le travail policier exige d'avoir en tout temps une excellente représentation spatio-temporelle du territoire et de la situation pour ajuster la vitesse d'intervention, choisir le chemin le plus rapide, positionner judicieusement sa moto sur le site d'une opération radar, emprunter le bon trajet lors d'une escorte afin de sécuriser la prochaine intersection de façon synchronisée, s'assurer d'être visible et affirmer son autorité, etc. D'ailleurs, une bonne partie des échanges entre les motards visait à réguler le processus de prise de décision.

L'environnement de travail des motards est en constante évolution. Il varie selon le comportement imprévisible du public ou des collègues de travail, les conditions routières, les assignations de dernière minute, etc. Le motard doit donc s'ajuster aux situations imprévues, prendre des décisions rapides et réorganiser son travail en fonction de la situation et de la présence de ses collègues, ce qui est cognitivement exigeant. Selon les motards, garder son calme, maîtriser la situation et gérer ses propres émotions, et celles des autres, constituent des exigences qui peuvent être psychologiquement et cognitivement éprouvantes selon la situation : *Il y'a des fois où c'est très difficile (tough), car faut que tu penses en une fraction de seconde pour trouver la manière de bien réagir, garder le contrôle et t'assurer que ça ne va pas dégénérer.*



Figure 11. Aspects cognitifs du travail des agents motards (conduite, surveillance, prise d'informations, communication, prise de décision, concentration, contraintes temporelles, etc.).

Sur le plan des communications, autant verbales que gestuelles, leur codification ainsi que la nature, le ton et le débit de la parole/geste selon différents interlocuteurs (collègues, personnes en état d'ébriété, handicapées, ou paniquées, étrangers, etc.) ou différents contextes (milieu bruyant, port du casque, agressivité verbale, etc.) sont autant de facteurs à prendre en compte pour assurer l'efficacité de la communication. L'addition de tels facteurs peut être exigeante sur le plan cognitif.

A contrario des activités stressantes sur le plan cognitif, comme l'arrestation d'une personne qui nécessite une altercation physique ou verbale ainsi que la poursuite policière et l'escorte de dignitaires, procurent une « montée d'adrénaline » lors de la conduite à haute vitesse aux dires des motards. Ces situations, ou toutes autres qui obligent à agir de façon urgente, demandent une grande précision des manœuvres à accomplir et génèrent des contraintes temporelles très fortes. Certaines activités des motards peuvent parfois être plus monotones, comme les opérations radar, la surveillance d'interdictions, la circulation et l'escorte sur « circuit fermé », car elles sont réalisées à répétition et sur de longues périodes. Les motards rapportent qu'ils se servent de ces activités plus monotones pour justement réguler la fatigue ou le stress. Toutefois, ils indiquent qu'ils doivent demeurer vigilants malgré cette monotonie puisque ce sont néanmoins des situations qui peuvent changer à tout moment et les plonger dans une situation stressante : automobiliste qui ne respecte pas les signaux du motard, accident d'un des participants de la compétition faisant l'objet d'une escorte, infraction ou accident imprévu par rapport à la situation de routine (p. ex. : découvrir des substances illicites dans un véhicule arrêté pour excès de vitesse). Qui plus est, en raison des caractéristiques d'une moto, les motards mentionnent qu'ils ne disposent d'aucune intimité pour se « relâcher » ou prendre des micropauses. Contrairement à un autopatrouilleur, ils sont toujours exposés au regard du public, ce qui les oblige à se concentrer davantage sur leur maintien et sur l'image qu'ils projettent.

5.1.3 Les aspects environnementaux du travail des agents motards

Comme le travail des motards est principalement effectué à l'extérieur, les conditions environnementales parfois difficiles constituent un déterminant important de leur travail et des contraintes qu'ils subissent. Selon **les conditions météorologiques**, le travail à moto expose les agents aux intempéries (vent, pluie) et à des températures variables (canicules, exposition directe au soleil, vague de froid). Lors d'évènements spéciaux (escortes, concerts, festivals, etc.), le travail est réalisé à moto, indépendamment des conditions ; le motard doit s'adapter en enfilant, par exemple, l'imperméable transporté dans la sacoche de sa moto, ou le manteau en cuir lorsque des températures plus fraîches sont prévues, etc. Cependant, le transport de vêtements supplémentaires dans la moto peut être difficile, voire impossible pour certains équipements, compte tenu de l'espace de rangement disponible; l'exiguïté des sacoques limitant ainsi les possibilités de se prémunir contre les conditions changeantes. Le travail au soleil et à la chaleur est jugé particulièrement pénible par les motards en raison des contraintes thermiques qu'il comporte (cf. sous-section 5.3); les motards peuvent rarement opter pour un emplacement ombragé puisque le lieu est dicté par le type d'intervention. D'ailleurs, que ce soit le froid, la chaleur ou le vent, ces conditions auront des répercussions sur l'activité physique déployée par le motard pour se rafraîchir, se réchauffer ou s'acclimater, ce qui rendra le travail plus pénible. Par exemple, les observations sur le terrain ont montré que le fait de se rendre dans un endroit climatisé après avoir effectué du travail en ambiance très chaude - stratégie de régulation des contraintes thermiques adoptée par les motards - est bénéfique pour abaisser la température du corps. Toutefois, les agents ont vite froid et disent être inconfortables au point de devoir quitter le local climatisé, leurs vêtements ayant retenu l'humidité causée par la transpiration.

L'état du sol est un autre déterminant lié aux conditions environnementales qui doit être pris en compte par le motard. La conduite de la moto ou le déplacement à pied sera plus compliqué lorsque la surface du sol est imparfaite ou rendue glissante par la pluie (lignes de peinture à éviter, présence de roches, de sable, d'huile, de nids de poule). La conduite dans ces conditions exige une attention élevée pour éviter les chutes, les glissades ou les accidents. La chaleur dégagée par l'asphalte est aussi ressentie malgré le port de bottes.

Les observations montrent que les motards sont également exposés à **la pollution, aux poussières et au bruit**, car leurs activités se déroulent à l'extérieur, dans des endroits où la circulation est à haute densité et leur véhicule ne peut les protéger comme le fait une autopatrouille munie d'un filtre antipollution. Ils sont donc exposés à la fois à ces conditions lorsqu'ils effectuent leur travail à pied (opération radar, surveillance d'interdictions, gestion de la circulation, etc.) et lorsqu'ils conduisent la moto (déplacement vers le lieu d'intervention, patrouille en ville dans le trafic, patrouille sur l'autoroute, etc.). Pour ce qui est de l'exposition à la poussière, certains motards ont rapporté « se moucher noir » lorsqu'ils se trouvaient dans des zones de construction. Toutefois, comme l'objectif de l'étude visait à dresser le portrait des déterminants liés à leur travail, il convient de préciser qu'aucune mesure d'ambiance n'a été prise pour évaluer le degré d'exposition à la pollution, aux poussières ou au bruit, ou pour déterminer si ces irritants constituaient un risque pour la santé.

5.1.4 Principales tâches des motards et modes opératoires requis pour les effectuer

L'analyse de l'activité a permis de cibler les principales tâches qu'ils réalisent dans le cadre de leur travail, la durée qu'elles occupent dans un quart de travail et les modes opératoires qu'elles requièrent pour les exécuter. Une synthèse des chroniques de quart effectuées lors de l'analyse ergonomique et recensées à l'Annexe V montre une grande variabilité de la durée des tâches qui, pour plusieurs d'entre elles, est assez élevée puisqu'elle peut correspondre à plus de la moitié du quart de travail (Tableau 11). Pour bien comprendre l'influence du GPB sur le travail des motards, il est important de décrire les conditions d'exécution de ces tâches et de tracer un portrait de la mobilité gestuelle qu'elles nécessitent. Les tâches qui ont été jugées les plus difficiles par les motards sont : (i) la conduite de la moto (conduite droite, exploration visuelle, changement de voie, demi-tour, attente), (ii) la montée/descente de la moto, (iii) l'opération radar dont le ciblage des véhicules, les communications avec le conducteur et la rédaction du constat, (iv) la vérification d'un pot d'échappement ou la récupération d'un objet au sol, (v) la gestion de la circulation, (vi) l'escorte de dignitaires.

Tableau 11. Description des principales tâches, durée en continu et pourcentage maximal de leur durée dans un quart de travail

Tâche	Durée de l'activité en continu	Proportion maximale de la durée dans un quart (%)
Respect du code de la sécurité routière (CSR)		
Opération radar, zone à basse vitesse	1 à 3 h	44
Opération radar, zone à haute vitesse	1 à 2,5 h	46
Patrouille sur l'autoroute	1 à 3 h	46
Surveillance d'interdictions, territoire municipal	1 à 2 h	29
Patrouille en ville	1 à 2 h	21
Opération sonomètre	1 à 2 h	19
Évènements spéciaux		
Escortes (parade, courses, vélos, motos)	30 min à 9 h	76
Gestion de la circulation	1 à 2 h	45
Visite de reconnaissance (répétition)	≤ 1 h	22
Attente	15 min à 2 h	18
Escorte de dignitaires	20 min à 1 h	8
Tâches spécifiques		
Conduite de la moto	5 min à 1 h30	15 à 85
Travail de bureau (tâches statiques sur la moto ou au poste)	5 min à 45 min	5 à 56

5.1.4.1 Conduire la moto

D'une part, la **conduite de la moto** sert de moyen principal de déplacement vers le lieu des diverses opérations et, d'autre part, elle fait partie intégrante de la réalisation d'activités spécifiques telles que la patrouille, les opérations radar et les escortes. Cette activité exige des capacités d'adaptation importantes de la part du motard, qui doit constamment chercher un compromis entre deux objectifs contradictoires : la rapidité et la sécurité des déplacements. Les motards et formateurs s'entendent pour dire que l'apprentissage de la conduite d'une moto pour le travail policier demande beaucoup de temps et de pratique. Plusieurs échouent d'ailleurs aux tests de qualification.

Dans le travail policier, au-delà de la simple conduite déjà exigeante sur les plans postural et cognitif, les motards effectuent une exploration visuelle de la route ainsi que des vérifications de conformité au code de la sécurité routière et communiquent avec leurs collègues ou autres conducteurs circulant en parallèle. Pour ce faire, le motard effectue de nombreuses rotations du cou et du dos, parfois très prononcées lorsque les objets qu'il regarde ou les personnes avec lesquelles il communique se trouvent derrière lui (Figure 12), par exemple lors du balayage visuel de l'habitacle d'un véhicule en dépassement ou lors de la patrouille ou de l'escorte en équipe.



Figure 12. Posture de conduite droite, police provinciale (photo de gauche) et police municipale (photo du centre), et posture de balayage visuel de l'habitacle d'un véhicule en dépassement, police provinciale (photo de droite).

Les observations montrent que les nombreux **changements de voies** effectués pour approcher les véhicules et vérifier leur habitacle, pour intégrer la circulation lors d'une opération radar, pour réintégrer le convoi lors de l'escorte, etc., sollicitent des flexions et des rotations prononcées du cou et du tronc. Ces sollicitations sont ressenties lorsque les agents vérifient les angles morts ou font de la surveillance.

Malgré les modifications de postures lors des manœuvres et des situations de conduite très dynamiques, **le statisme de la posture** des jambes, du dos et des bras lors de la conduite sur de longs parcours engendre de la fatigue selon les motards. La conduite de la moto ne permet pas une posture assise de repos; elle provoque des raideurs et des engourdissements aux jambes. Les observations montrent qu'en route, les motards étirent souvent les jambes pour se dégorger, relèvent leur postérieur du siège, soulèvent les épaules, font des torsions, des extensions ou des flexions du tronc. Les motards mentionnent qu'ils utilisent ces stratégies pour contrer la fatigue musculaire.

Selon les motards, **le demi-tour** lors de la conduite est une des manœuvres difficiles sur le plan postural à cause de l'amplitude articulaire qu'elle exige pour l'exécuter correctement (Figure 13). Ils ne disposent pas toujours de l'espace suffisant pour le faire aisément au moment où ils doivent le faire. Une décomposition du mode opératoire observé sur le terrain indique que pour faire le virage, le motard doit (i) fixer son regard sur un objet se trouvant derrière lui sur la ligne d'horizon (rotation du cou à $\pm 90^\circ$ ou amplitude maximale), (ii) fixer son regard sur la cible, (iii) tourner le guidon avec une flexion latérale du tronc favorisant l'inclinaison de la moto, en effectuant un mouvement de bras opposé (flexion/rotation prononcée de l'épaule et d'un bras alors que l'autre se rapproche du tronc et le coude est appuyé sur le flanc), et (iv) négocier le virage tout en maintenant son regard sur la cible et en ajustant la vitesse (extension du poignet). Les virages plus serrés exigeront une rotation plus importante du cou et du dos, et une inclinaison plus prononcée de la moto. Le port du GPB et l'interaction avec les équipements du ceinturon entravent ces modes opératoires.

Finalement, la **position d'attente** (Figure 13), adoptée fréquemment et rapidement lors de l'escorte de dignitaires, exige le maintien des articulations dans des amplitudes importantes au cou, au dos et aux épaules, positions que les motards jugent laborieuses sur le plan physique. Les modes opératoires diffèrent légèrement pour les PP et les PM, mais demeurent contraignants dans les deux cas. L'analyse fine de deux séquences d'escorte de 10 minutes en ville dénombre, qu'à chaque intersection surveillée par le motard (environ une par minute), celui-ci adopte à répétition (4-5 fois) cette posture d'attente, c'est-à-dire qu'il balaie du regard le devant, les côtés et dirige gestuellement la circulation, pour ensuite reprendre la posture, et ce, jusqu'au passage du convoi. Compte tenu des exigences posturales très élevées pour déployer ces modes

opératoires, toute entrave à la mobilité est perçue comme indésirable par les motards. Les membres inférieurs et le bassin étant statiques, en position verrouillée contre la moto, la posture est alors effectuée uniquement grâce à une rotation prononcée du membre supérieur, du buste, des épaules et du cou, ce qui est contraignant sur le plan musculosquelettique. L'ajout d'un équipement rigide comme le GPB contraint les marges de manœuvres posturales et la possibilité d'utiliser tout le rachis pour effectuer la rotation exigée, ce qui concentre alors le mouvement sur moins de structures anatomiques et engendre une rotation extrême des épaules et du cou.



Figure 13. Postures liées au demi-tour (photos de gauche) et à des situations d'attente (*stand-by*) (photos de droite).

5.1.4.2 La montée et la descente de la moto

Les modes opératoires déployés pour monter et descendre de la moto nécessitent d'investir des efforts et d'adopter des postures jugées difficiles par les motards (Figure 14). Selon les données recueillies sur le terrain, l'agent monte et descend du côté droit de sa moto au moins une dizaine de fois dans une journée type de travail; ce nombre peut atteindre plus d'une vingtaine si la journée comporte de la patrouille, des opérations radar sur l'autoroute ou des escortes. Étant donné la hauteur de la moto et la nécessité de lever la jambe assez haute pour l'enfourcher, le motard doit stabiliser son geste et soutenir le poids de sa monture lors de la montée ou de la descente, prendre appui avec ses bras sur le guidon et sur le réservoir à essence, puis s'étirer en fléchissant le tronc, se déhancher (abduction de la jambe) et fléchir le genou pour faire passer la jambe par-dessus les sacoches de la moto. Ce mode opératoire est physiquement exigeant, particulièrement s'il est répété plusieurs fois.

Les motards peuvent atténuer l'amplitude de la posture en utilisant l'appui-pied, mais son inclinaison rend l'appui moins stable; les agents ne l'utilisent que très peu en situation de montée rapide, car son utilisation requiert plus de temps et d'attention.



Figure 14. Montée et descente de la moto en enjambant la valise arrière ou en glissant le pied sur l'assise.

Une simple opération radar lors de laquelle un automobiliste refuse de s'arrêter à la demande du motard peut nécessiter soudainement un enchaînement de gestes rapides - se diriger vers sa moto en courant, déposer le cinémomètre, monter sur la selle et partir en trombe - et ainsi devenir une activité réalisée sous une forte contrainte temporelle (Figure 15). Même constat pour les activités de sécurisation des intersections lors de l'escorte de dignitaires (jusqu'à 4-5 fois par escorte) ou pour poursuivre un automobiliste qui a excédé les limites de vitesse lors d'une opération radar sur l'autoroute.



Figure 15. Enchaînement d'une activité de poursuite dans la ville qui nécessite une montée rapide sur la moto.

5.1.4.3 L'opération radar

L'opération radar est une des activités les plus fréquemment réalisées par les motards. La durée totale des opérations varie entre une et trois heures par quart de travail, avec une moyenne de deux heures. Cette opération se décompose selon : (i) le déplacement vers le lieu désigné, (ii) le ciblage avec le cinémomètre, (iii) les gestes pour faire arrêter le conducteur fautif, (iv) la communication avec le conducteur pour obtenir des renseignements et ses pièces d'identité, (v) la rédaction du constat, (vi) la remise des pièces et du constat.

L'activité **avec le cinémomètre** demande l'adoption de postures très précises pour cibler les véhicules et enregistrer leur vitesse, postures souvent contraignantes pour les bras et pour les régions cervicale et lombaire. Le motard doit maintenir le cinémomètre (± 2 kg) à la hauteur des yeux et le diriger vers les véhicules. La posture adoptée varie grandement en fonction du contexte de l'opération. Si l'opération se déroule sur une route où la vitesse permise est plus basse (≤ 70 km/h), elle est souvent réalisée en position debout et les conducteurs des véhicules sont interpellés par un grand geste de la main du motard, sans qu'il y ait poursuite à moto. Le motard cible les véhicules avec le cinémomètre en serrant les coudes contre le tronc pour stabiliser l'appareil (Figure 16). Une élévation des épaules est également notée pour assurer une meilleure stabilisation.

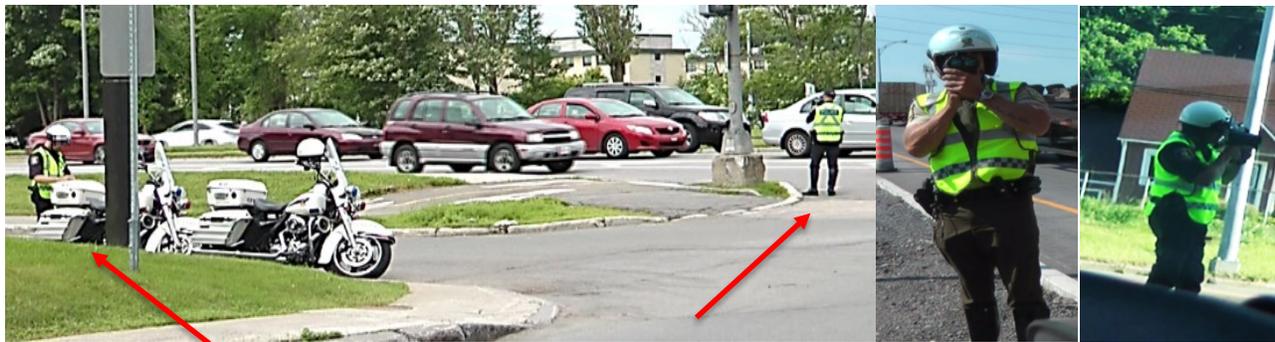


Figure 16. Postures lors du ciblage « stationnaire » à basse vitesse avec le radar.

Dans les zones de circulation où la limite de vitesse est plus élevée comme les autoroutes, une stabilisation accrue du cinémomètre sera nécessaire, car la distance de ciblage est plus longue et le mouvement du véhicule complique le positionnement du faisceau laser. De nombreuses flexions du dos et des bras sont observées pour réaliser l'activité à cause de la précision qu'elle demande. Dans ce contexte, le motard se sert de la moto comme surface d'appui (sacoques et guidon) pour mieux répartir le poids de l'appareil - et son propre poids - en s'appuyant et en adoptant différentes stratégies posturales (Figure 17). Parfois positionné perpendiculairement à la voie principale, le motard subit alors une torsion prononcée du rachis et du cou, posture physiquement exigeante. L'ensemble de ces postures demande un statisme important, car elles exigent une immobilisation parfaite du corps entier pour bien cibler les véhicules. Le ciblage debout est avantageux pour redresser le dos et le cou, mais peu de motards réussissent à stabiliser suffisamment le radar dans cette posture.

Une analyse fine montre que pour un cycle de ciblage de 6 minutes 16 secondes avant une interception, la durée totale de ciblage avec visée de précision a été de 3 min 39 s (58 % de la durée du cycle) et a nécessité 13 ciblages d'une durée moyenne de 17 s (entre 4 et 42 s). Dans ces situations, la stabilisation du pistolet exige un effort important. Selon les motards, le ciblage

du cinémomètre, lorsqu'il est répété et combiné à la posture debout, favorise des tensions et de la fatigue aux bras, ainsi qu'aux régions cervicale et lombaire. Le port du GPB exacerbe ces contraintes. Les patrouilleurs rapportent des douleurs au dos et *le besoin de se replier et de se mettre en squat pour se dégoûdir*. Les motards disposent de peu de marge de manœuvre pour modifier leurs postures afin d'en réduire les exigences. L'analyse montre qu'ils alternent les postures et, lorsque possible, ils utilisent des cônes ou autres objets comme surfaces d'appui, ou effectuent le travail à deux en alternance.



Figure 17. Variabilité des postures lors du ciblage à haute vitesse. Appui des coudes sur le guidon (1), sur un cône (2), sur le gyrophare ou la sacoche de la moto (3 et 4) et sans appui (5).

Après interception du véhicule, l'analyse montre que **la communication avec le conducteur** peut être contraignante sur le plan postural, selon la taille du motard, la hauteur du véhicule, le côté d'approche et la présence d'un trottoir du côté de l'approche (Figure 18).



Communication avec le conducteur
et posture peu contraignante

Communication avec le
conducteur et posture fléchie
contraignante

Posture contraignante pour
prendre les pièces d'identité

Figure 18. Les contraintes de la communication selon le véhicule (par la droite ou par la gauche) et insertion partielle de la tête dans l'habitacle du véhicule et flexion de l'épaule pour communiquer avec le conducteur et prendre les pièces d'identité.

Si l'interception est effectuée sur l'autoroute, plusieurs motards établiront la communication par la fenêtre de droite du véhicule pour des raisons de sécurité. Autrement, l'approche est faite par la gauche, du côté conducteur. Lorsque le véhicule est plus haut, les postures sont peu contraignantes (Figure 18). Toutefois, lors d'une communication par la droite, dans le cas des véhicules de sport ou des berlines, des flexions antérieures et latérales du dos très prononcées (jusqu'à 90°) seront effectuées, selon la taille du motard. Ce dernier doit fléchir le tronc et baisser la tête afin d'établir des contacts visuel et auditif avec le conducteur; l'agent motard doit parfois même insérer partiellement la tête dans l'habitacle pour entendre ce que le conducteur dit. Selon les motards, le bruit ambiant et le port du casque $\frac{3}{4}$ qui recouvre les oreilles rendent la communication plus difficile. De plus, pour récupérer les pièces d'identité (côté droit), le motard doit étirer le bras vers le conducteur (flexion prononcée de l'épaule) et le volume du casque exacerbe la contrainte associée à l'éloignement lorsque les fenêtres du véhicule intercepté sont de petite taille. La communication est souvent de courte durée et ne nécessite pas d'efforts musculaires importants ni de statisme, mais elle a été jugée contraignante par les motards à cause des amplitudes articulaires importantes du dos et de l'épaule, et ce, sans le port du GPB.

5.1.4.4 Vérification d'un pot d'échappement ou ramassage d'un objet au sol

La vérification des pots d'échappement bruyants ou modifiés et la récupération d'un objet au sol (constat, permis, stylo, etc.) sont deux activités jugées très pénibles sur le plan postural à cause des gestes, postures et efforts qu'elles nécessitent pour se pencher ou se mettre « à quatre pattes » (Figure 19).

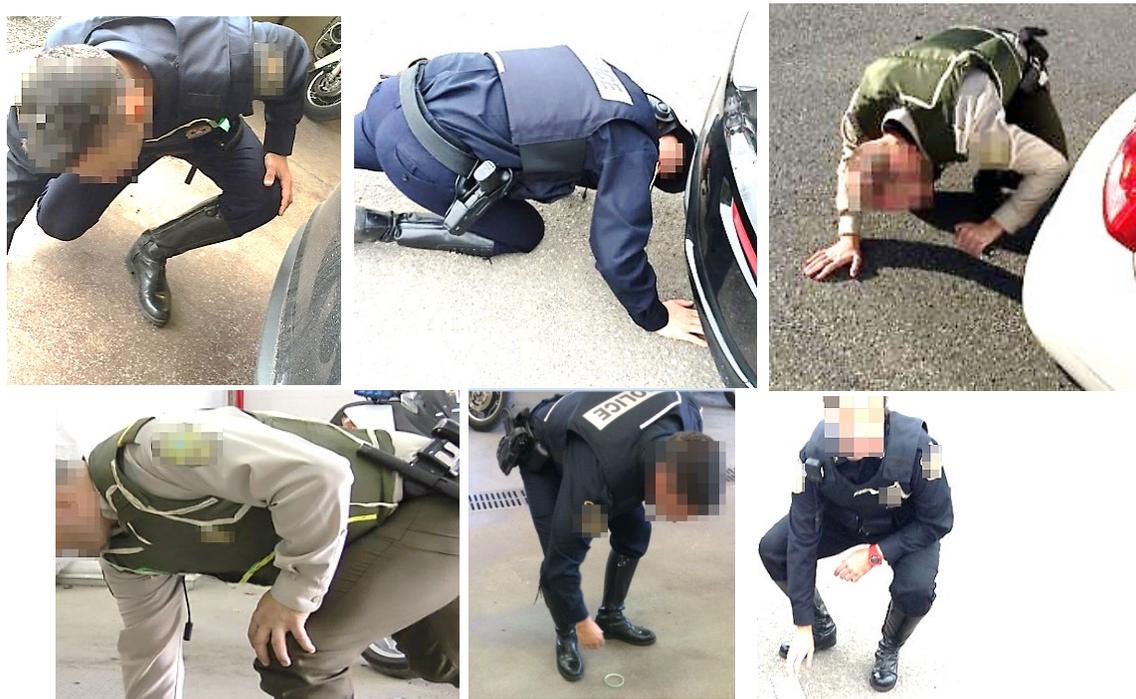


Figure 19. Postures liées à la vérification du pot d'échappement (photos du haut) et au ramassage d'un objet au sol (photos du bas).

La posture adoptée variera grandement d'un motard à l'autre, selon ses habitudes, sa morphologie, des blessures antérieures (dos, épaule, poignet...), sa forme physique et le port d'équipements au ceinturon, qui engendre des pressions et douleurs aux cuisses et à la taille. La

posture liée à la vérification de l'ouverture du pot sous le véhicule est également modulée selon la surface du sol, la hauteur et la propreté du véhicule, et le port du casque qui, en plus d'éloigner le motard du véhicule, est lourd ($\pm 1,5$ kg), ce qui favorise des efforts accrus dans la région cervicale. Des contraintes similaires sont observées lors des opérations sonomètre, de la vérification des pneus et du gonflement des pneus de la moto.

5.1.4.5 Gestion de la circulation

La gestion de la circulation figure parmi les activités les plus exigeantes du point de vue physique et cognitif, car elle nécessite la mobilisation de l'ensemble du corps, des gestes de grandes amplitudes, très répétitifs et souvent vigoureux, et un niveau de stress assez élevé. D'ailleurs, les agents évoquent des douleurs aux coudes, épaules et poignets et une fatigue importante ressentie pendant et après l'activité. L'analyse montre que la gestion de la circulation peut durer jusqu'à 1 h 45 min, mais qu'elle peut aussi se répéter dans le temps jusqu'à totaliser plus de 4 heures d'activité dans un même quart de 10 heures. L'activité s'effectue debout, exige de nombreux gestes avec les bras et plusieurs déplacements à pied, selon le contexte et sans compter les directives verbales et les coups de sifflet (Figure 20). Selon les motards, la fluidité de l'enchaînement des gestes - « la danse » - est déterminante sur la fluidité de la circulation. Les gestes sont de plus petite amplitude lorsque la circulation est moins dense (par exemple, au début et en fin de période de gestion de circulation) et ils sont plus répétitifs et d'une amplitude plus prononcée dans les périodes d'achalandage pour inciter le public à réagir rapidement. La configuration de l'intersection, notamment le sens de circulation, le nombre des voies et de trottoirs déterminent l'exigence de la tâche. Des gants à haute visibilité et une torche avec cône (la nuit) sont utilisés pour rendre plus visibles les gestes du motard. De plus, dans la période des festivals, par exemple, où les motards font beaucoup de temps supplémentaire, voire des quarts doubles, ils mentionnent ressentir une fatigue physique et mentale dès le début de l'activité.



Figure 20. Gestion de la circulation le jour sans ou avec des gants à haute visibilité (photos de gauche) et la nuit avec la torche (photos de droite).

5.1.4.6 Escorte de dignitaires

Selon les événements, jusqu'à cinq escortes de dignitaires peuvent avoir lieu chaque été. La durée d'un trajet varie entre 30 et 60 minutes. Toutefois, plusieurs déplacements du dignitaire sont habituellement prévus dans une même journée et durant son séjour. L'unité doit être prête à se mettre en route en tout temps durant ce séjour. Alors qu'elles sont habituellement connues, planifiées et pratiquées en équipe, il arrive que les escortes soient demandées dans des délais très courts (24 h), ce qui limite les possibilités de se préparer et d'anticiper. Sur la base des protocoles internationaux, le rôle des motards vise à former un périmètre de sécurité étanche autour des véhicules escortés et à s'assurer que le convoi sera en mouvement tout au long du déplacement et que le public sera tenu à l'écart au moment du passage du convoi.

L'escorte est un travail d'équipe qui exige des manœuvres de grande précision pouvant imposer de fortes contraintes temporelles. Les motards sont en interdépendance permanente (Figure 21). Ils modulent leur conduite et leurs actions selon l'emplacement et les manœuvres des autres motos du convoi : *c'est au moment qu'il est ici que tu enclenches... si tu attends qu'il soit là, c'est trop tard*¹⁵. En conséquence, le déroulement efficace de l'escorte de dignitaires exige une coordination parfaite entre le collectif de motards, l'anticipation des actions de chacun, des contacts visuels constants, l'anticipation des commandes et une communication à demi-mot, donc des modes opératoires très précis.

Le *chef de Bull Gang* (motard devant le convoi) dirige l'activité de l'ensemble des motards, les *abeilles*, en lui donnant des directives sur les intersections, rues ou tronçons d'autoroute à sécuriser et, le cas échéant, sur toute modification du trajet. Il doit gérer les *motos* en s'assurant du dégagement du trajet pour le passage du convoi et pour disposer en tout temps de suffisamment de *motos* pour effectuer les prochains blocages ou pour faire face à une situation inattendue. Comme l'escorte est en constante évolution et imprévisible, les *abeilles* ne peuvent savoir à l'avance les directives qui leur seront données.



Figure 21. Chef de Bull Gang qui conduit à côté des motos (photo de gauche) et qui communique avec un motard (photo de droite).

Le *chef de Bull Gang* communique avec chaque motard à tour de rôle au moment où *la moto* et *le chef* roulent en parallèle et à proximité l'un de l'autre. Le chef donne ses indications verbalement, à voix haute en indiquant la rue, l'entrée, le véhicule, l'intersection, ou le tronçon d'autoroute qui doivent être bloqués ainsi que des directives spéciales, s'il y a lieu, ou gestuellement, par des signes faits avec la main ou la tête. Lorsque le premier motard quitte, le second s'approche du *chef* pour recevoir ses consignes. Sur le plan postural, en plus des gestes de conduite, les motards (surtout le chef) feront des flexions latérales du tronc pour s'approcher le plus près possible pour entendre; mode opératoire exigeant sur le plan de la vigilance et de l'agilité. Une fois la commande comprise, le motard *abeille* ira effectuer sa tâche sur le chemin du convoi en donnant des directives claires au public, verbalement ou à l'aide de gestes (Figure 22). À titre d'exemple, pour sécuriser une intersection peu achalandée ou une bretelle d'accès d'autoroute, le motard place sa moto de manière à couper le passage aux autres véhicules sans avoir besoin de descendre de la moto; sauf s'il faut faire avancer rapidement des automobilistes ou des personnes qui bloquent l'intersection. L'analyse montre des rotations du dos et du cou

¹⁵ Explication fournie aux motards par le chef de Bull Gang lors de la préparation d'un trajet d'escorte, ce qui illustre la précision des modes opératoires.

pour observer l'approche du convoi et de nombreux gestes avec les bras pour donner des consignes aux automobilistes.



Figure 22. Blocage d'une intersection simple (photo de gauche) et blocage d'un véhicule stationné (photo du centre) ou d'une bretelle d'accès d'autoroute (photo de droite).

Toutefois, sécuriser une grande intersection est beaucoup plus exigeant, car les motards disposent de peu de temps (40 à 90 s) pour libérer une intersection ayant de nombreux véhicules et piétons et plusieurs entrées (sorties de stationnements commerciaux, de stations d'essence, etc.). Pour réussir à faire circuler les usagers de la route en sécurité, les motards doivent descendre de la moto, courir vers les automobilistes, multiplier les gestes avec les bras pour arrêter tout le monde et, une fois le convoi passé, courir vers la moto pour reprendre la route le plus rapidement possible (Figure 23). La gestion de ces intersections est jugée très stressante. La sécurisation d'un tronçon d'autoroute est aussi une tâche très complexe, pénible et stressante pour les motards, car, au moment d'entendre le signal radio du chef de *Bull Gang*, le motard en attente sur la bretelle d'accès doit accélérer d'un coup, emprunter l'autoroute en roulant à la vitesse du trafic (≥ 100 km/h), diminuer rapidement la vitesse de sa moto à 60 km/h et répéter des gestes de haut en bas exigeant de très grandes amplitudes du bras et de la main (dos en légère torsion pour avoir une vue sur le trafic et abduction répétitive de l'épaule) pour « forcer » les automobilistes derrière lui à diminuer leur vitesse, afin de créer un espace libre en avant des motos, permettant au convoi d'emprunter l'autoroute en toute sécurité.

En résumé, le caractère mobile et imprévisible de l'escorte fait de cette activité une tâche très exigeante pour les motards autant sur le plan physique que cognitif, car elle demande un maniement parfait de la moto (départs précipités, accélérations importantes, virages, arrêts et descentes précipités), une gestion efficace du public (poser des gestes de la main, approcher rapidement les conducteurs ou piétons et s'adresser à eux en élevant la voix pour se faire entendre dans un environnement bruyant), des communications visuelle et verbale maintenues avec les autres motards (flexions latérales, torsions du tronc et gesticulations avec les mains pendant que la moto est en marche, haussement de la voix pour se faire entendre malgré le bruit des moteurs); l'ensemble de ces tâches exigeant un fort niveau de vigilance et d'agilité. Les motards doivent également avoir une excellente représentation mentale de la ville, une grande rapidité de réaction et une très bonne capacité à planifier à nouveau ces actions, selon la situation qui se présente.



Figure 23. Dégagement d'une intersection importante (modes opératoires très contraignants).

5.1.5 Effet des équipements sur l'activité des motards

Les équipements portés par les motards constituent un des déterminants du travail qui influencent leur mobilité et l'astreinte thermique. Comme l'étude portait sur la problématique du GPB, une analyse exhaustive de l'incidence de tous les équipements sur l'activité des motards n'a pas été effectuée, mais différents constats liés à la mobilité et à la contrainte thermique engendrées par l'ensemble des équipements ont été émis. L'analyse intègre les nombreuses explications fournies tout au long de la sous-section 5.1 sur les modes opératoires et sur les exigences posturales requises pour réaliser les différentes activités comme enfourcher la moto, cibler des véhicules avec un cinémomètre, courir dans la rue, diriger la circulation, regarder sous une voiture, remettre un constat par la droite du véhicule. Les contraintes plus spécifiques au GPB seront présentées aux sous-sections 5.2 (analyse de la mobilité) et 5.3 (analyse de l'astreinte thermique).

L'analyse montre, dans un premier temps, que les motards transportent une charge assez lourde lorsqu'on additionne le **poids de tout leur équipement**. Selon l'uniforme endossé, excluant les vêtements de base et les bottes, le motard porte un casque (1,5 kg), une radio (1,1 kg), un ceinturon (5,5 kg) et un GPB (2,9 kg). Il transporte donc plus de 11 kg d'équipements et ce poids peut atteindre 14,5 kg s'il endosse les vêtements en cuir sans protecteurs, et dans le pire des cas, près de 19 kg s'il revêt les vêtements en cuir avec protecteurs et bâton télescopique, ce qui constitue en soi une charge importante sur le plan physique (Annexe I).

En plus de son poids, l'entrave causée par le **ceinturon** et ses équipements a des conséquences sur les postures fléchies du dos et de la cuisse, notamment lorsque le motard est assis sur la moto ou lorsqu'il doit se pencher (cf. sous-section 5.2.5).

En ce qui concerne les autres pièces de **vêtement composant l'uniforme**, l'analyse montre que la sommation des différentes pièces prises séparément (T-shirt, chemise, sous-vêtements, pantalon, chaussettes, bottes, GPB, DSHV) a pour effet de multiplier les couches de tissus, ce qui a pour effet d'accroître les contraintes thermique et de mobilité. Selon les motards, le simple fait d'ajouter le DSHV qui est étanche à l'air atténue passablement la possibilité de se rafraîchir en présence d'une brise ou en roulant, ce qu'ils peuvent faire lorsqu'ils sont en chemise. Plusieurs ont mentionné que le passage à la couleur noire avait augmenté la sensation de chaleur, mais le protocole n'a pas permis de le confirmer. Avec l'ajout des gants et du casque, les espaces de dissipation de la chaleur se réduisent au visage, au cou, aux avant-bras et aux jambes, entre la mi-cuisse et le genou (Figure 24). En ajoutant l'imperméable ou le manteau en cuir, ces espaces sont réduits davantage. Les bottes hautes sont très pertinentes pour protéger de la chaleur du moteur et du pot d'échappement, mais les motards mentionnent qu'elles sont très chaudes.

En ce qui concerne le **casque de couleur blanche**, indépendamment de sa pertinence sur les plans de la sécurité et de la visibilité le soir, il est paradoxalement à la fois apprécié pour se protéger des rayons directs du soleil et décrit comme un équipement qui conserve un degré de chaleur très élevé à la tête. Également, l'analyse montre que le casque trois-quarts de la police provinciale (PP) engendre une certaine obstruction visuelle, car il recouvre davantage la tête du motard et comporte des extensions latérales d'une certaine épaisseur qui s'avancent vers le visage, ce qui nuit davantage à la vision périphérique, notamment lorsque la tête est penchée pour rédiger ou lorsque l'agent est en attente ou effectue de la surveillance. Les rotations du cou et du dos sont alors plus prononcées. Comme il recouvre les oreilles, le casque complique l'audition lorsque les motards communiquent avec les automobilistes, ce qui les contraint à fléchir davantage le dos pour insérer la tête dans l'habitacle pour mieux comprendre. Lorsque les fenêtres du véhicule intercepté sont de petite taille, le volume du casque éloigne le motard du conducteur, ce qui engendre une flexion plus importante de l'épaule pour prendre les papiers. Compte tenu du poids du casque (1,5 kg), toutes les postures fléchies exacerbent les tensions au cou. Son port en continu ajoute aux tensions ressenties au dos et à la région cervicale, surtout lors de l'accélération et du freinage. Selon Alcade (2013), étant éloigné du centre de la masse corporelle, le casque et la tête génèrent une force importante lorsque la moto accélère ou décélère rapidement ($F \geq 14$ N avec casque de 1,5 kg + freinage de 1 G).

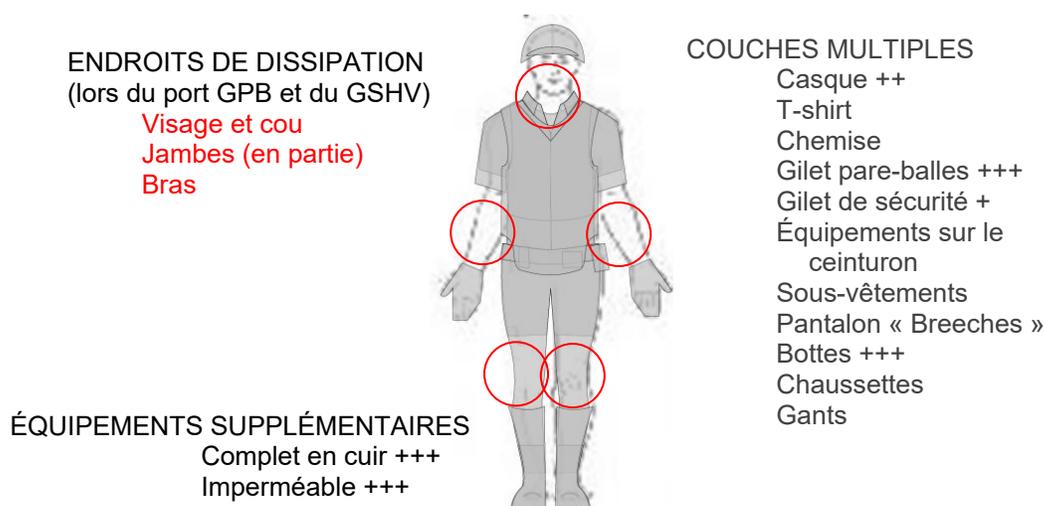


Figure 24. Endroits de dissipation de la chaleur selon les couches multiples des composantes de l'uniforme.

5.1.6 Effets de la moto et de ses équipements sur l'activité des agents motards

5.1.6.1 Le choix de la moto et la mobilité des agents

L'analyse montre que le choix même de la moto est déterminant dans l'activité des motards. Selon la configuration de la moto (Figure 25), la simple posture en « conduite droite » est très différente pour le dos, les membres inférieurs et supérieurs. Par exemple, la flexion des genoux (90 ° par rapport à 40 °) et des bras (10 ° par rapport à 50 °) est plus prononcée sur la BMW que sur la Harley-Davidson; les motards de la PP rapportant d'ailleurs davantage d'inconforts aux jambes (engourdissements). Malgré d'importantes variabilités, le dos est souvent moins en cyphose (courbé) sur la Harley-Davidson à cause de la position du guidon et de l'embrayage. Toutefois, les deux modèles engendrent une fatigue au dos après une heure de route. Pour soulager cette fatigue, les motards étirent le dos en conduisant. La configuration module donc les postures, ce qui explique en partie les entraves à la mobilité présentées ci-dessous (cf. sous-section 5.2) lors du port du GPB.



Figure 25. Variabilité de la posture de conduite selon la configuration de la moto (BMW de la PP à gauche et Harley-Davidson de la PM à droite).

Parmi les contraintes majeures associées à la moto, la hauteur et le poids (≥ 275 kg) sont plus que déterminants, puisqu'ils deviennent des critères d'exclusion pour certains agents : il faut être capable de poser ses deux pieds au sol et l'agent doit pouvoir relever l'engin; deux critères qui excluent les personnes ayant un petit gabarit dont plusieurs femmes.

L'analyse montre également que l'aménagement des équipements sur la moto comme l'antenne de la radio (PP) et le type de sacoches causent certaines contraintes pour les motards particulièrement lors de l'activité de rédaction des constats d'infraction. Les motards utilisent les surfaces disponibles sur la moto pour appuyer leur bloc-notes (Figure 26). Sur la Harley-Davidson (PM), la valise centrale offre au motard une surface plane à une bonne hauteur pour qu'il puisse rédiger en position debout, le dos globalement droit, en se plaçant derrière ou sur le côté de la moto. L'antenne est positionnée sur la surface de la valise centrale de la BMW (PP), ce qui réduit l'espace pour y appuyer le bloc-notes. Les motards utilisent donc les surfaces d'appui partiel disponibles comme le guidon, le réservoir à essence et la valise arrière. Ils soutiennent alors leur bloc-notes avec la main et le genou. Les contraintes liées à la posture de rédaction sont exacerbées par le port du GPB. De plus, l'antenne oblige à soulever davantage la jambe lors de la montée/descente de la moto. En ce qui concerne les sacoches, elles ne permettent pas de contenir tous les équipements, dont le GPB, ni de conserver l'eau ou les aliments au frais.



Figure 26. Rédaction sur la moto BMW de la PP (photos de gauche) et sur la valise centrale de la Harley-Davidson de la PM (photos de droite).

5.1.6.2 Température de surface des motos et astreintes thermiques

L'analyse montre que la moto engendre des contraintes thermiques, mais à différents endroits selon les modèles. La température de surface des motos variait selon la température ambiante, l'ensoleillement et la durée et le mode de mise en marche de la moto (Tableau 12). Les zones les plus chaudes de la moto ont été le moteur, les pots d'échappement et les déflecteurs de chaleur des cuisses et des mollets (BMW). Un flux d'air chaud a également été noté à proximité du guidon de la moto BMW. L'air chaud provenant de la région du moteur était ascendant et circulait entre le réservoir à essence et le pare-brise (Figure 27). Les motards provinciaux ont verbalisé une chaleur intense ressentie aux jambes lors d'opérations radar et pendant la rédaction des constats, lorsque le réservoir à essence ou le guidon sert de support, ainsi qu'un flux d'air chaud remontant au visage pendant la conduite à basse vitesse (parade, escorte de coureurs, patrouille en circulation dense). Quant aux motards municipaux, ils ont rapporté une chaleur intense aux mollets et aux cuisses lors de la conduite de leur engin.

Tableau 12. Température de surface des motos

Surface	Harley-Davidson (PM)		BMW (PP)	
	T _{min} (°C)	T _{max} (°C)	T _{min} (°C)	T _{max} (°C)
Siège	29	37	40	52
Réservoir à essence	30	38	26	33
Moteur	110	166	64	86
Défecteur de chaleur (cuisses)	46	54	30	36
Défecteur de chaleur (mollets)	Pas de panneaux sur la moto		33	42
Pot d'échappement antérieur* (à proximité du moteur)	Brûlant			170

* Les valeurs exactes de la température du pot d'échappement antérieur ont été difficiles à obtenir à cause des surfaces réfléchissantes.



Figure 27. Représentation des zones de chaleurs des motos (indiquées par des flèches et des ellipses rouges) et du positionnement du motard face à ces zones (photos de gauche : Harley-Davidson, photos de droite : BMW).

5.1.7 Conséquences des déterminants sur la santé et sur l'efficacité des motards

L'analyse de l'activité montre que certains déterminants engendrent parfois des conséquences négatives sur l'efficacité et sur la santé des motards. Une synthèse des principaux problèmes rapportés sur le terrain, puis validés par les motards des deux organismes, est présentée au Tableau 13, selon qu'ils soient liés à la chaleur ou aux entraves à la mobilité. Selon les motards, le travail à la chaleur favorise la fatigue, les maux de tête, les étourdissements, les irritations cutanées et l'effet tunnel, c'est-à-dire que la prise d'informations visuelles ne se focalise que sur la partie centrale de la scène délaissant la prise d'informations en périphérie. Ils ressentent une baisse de vigilance et d'efficacité, rapportant avoir l'esprit ailleurs, « *poigner le fixe* », subir des difficultés de concentration, oublier des détails, commettre des erreurs d'inattention comme oublier de prendre une information du conducteur, de lui remettre tous ses documents, de remplir correctement les constats, etc., ou des erreurs de conduite comme prendre plus d'espace dans

un virage en U, poser les pieds par terre, etc. Les motards mentionnent également devoir raccourcir les périodes d'opération radar, ajouter des pauses de *ventilation* dans les endroits ombragés/climatisés, etc. La fatigue les amène à manquer de force pour tenir la moto en équilibre, etc.

Plusieurs stratégies de régulation sont possibles pour atténuer les contraintes, mais l'analyse montre qu'elles ont certaines limites. Les motards peuvent se *positionner dans le vent/à l'ombre*, mais le vent est inefficace lors du port du GPB ou du nouveau DSHV qui sont étanches à l'air. Ils mettent leurs mains dans l'emmanchure de leur gilet (*position de la danse des canards*) ou tirent sur l'encolure avec les deux mains pour évacuer la chaleur. Ils vont aussi attendre pour *rédigérer les constats dans un lieu ombragé et frais* à la fin de la période d'opération radar, mais le temps écoulé fait en sorte qu'ils sont moins précis dans leur description du contexte. Ils vont également *enlever le casque* ce qui les rendra moins visibles et les ralentira s'ils doivent démarrer en urgence. Certains choisiront de prendre des *pauses dans des endroits climatisés* pour combattre la chaleur. Or, les vêtements mouillés rendent cette stratégie rapidement inconfortable (trop froid). Ils peuvent aussi *boire de l'eau* et des boissons avec électrolytes, mais les liquides deviennent chauds très rapidement dans la sacoche de la moto.

Tableau 13. Problèmes de santé et d'efficacité liés à la chaleur ou aux entraves à la mobilité

Chaleur	Entraves à la mobilité
<ul style="list-style-type: none"> • Fatigue extrême durant ou après le quart (épuisement) • Souffle court • Déshydratation, sensation de soif extrême • Maux de tête et sentiment de boule de chaleur/pesanteur à la tête • Apparition de points blancs, étourdissements et sensation de perdre conscience • Coups de chaleur, nausées • Inconfort lié à l'humidité • Irritation cutanée (échauffement, boutons de chaleur) • Effet tunnel • Irritabilité/diminution de la patience • Augmentation des risques d'erreur • Diminution de la force physique • Baisse de la productivité • Relâchement de la vigilance 	<ul style="list-style-type: none"> • Inconforts persistants • Irritabilité • Fatigue accumulée • Souffle court • Irritation cutanée (frottement) • Fausses manœuvres • Limitations fonctionnelles • Baisse de la productivité • Raideur/fatigue musculaire au cou, au dos, aux épaules et aux genoux.

5.2 Analyse des contraintes de mobilité des motards lors du port du GPB

Cette section regroupe à la fois les données recueillies en situations réelles que lors des simulations. Cependant, la majorité des constats réfère à l'analyse fine réalisée lors des simulations, car il leur était plus facile de prendre conscience des entraves et des points de pression liés au port du GPB en étant en retrait de la situation de travail.

Les zones du corps où des pressions et des entraves ont été le plus souvent rapportées par les motards et pour lesquelles l'intensité des inconforts était la plus marquée sont, dans l'ordre, « épaules, creux de l'épaule et aisselles », « côtés » et « abdomen », puis dans une moindre mesure « poitrine », « dos » et « encolure ». Également, des pressions aux cuisses et des entraves aux biceps causées directement ou indirectement par le GPB ont été mentionnées lors de certaines activités spécifiques. Alors que la zone « épaules-creux de l'épaule-aisselles » est considérée comme étant problématique dans la plupart des activités, c'est aux « côtés » et à « l'abdomen » que les inconforts sont ressentis avec des intensités plus élevées. Le Tableau 14,

le Tableau 15 et le Tableau 16 indiquent le nombre d'agents ayant rapporté des entraves et des points de pression ressentis aux différentes zones du corps lors du port du GPB, selon les activités déployées et la taille de gilet porté (PP, PM et PX) ; 0 représentant une absence de pression/d'entrave et 10 une présence de pression/d'entrave très élevée. La moyenne correspond à la valeur moyenne des pressions/entraves relatées par l'ensemble des agents, selon le modèle de GPB. Également, lorsque $N = 0$, cela indique qu'aucun agent n'a ressenti de pression ou d'entrave lors de l'exécution de la tâche; ce qui ne signifie pas absence de valeur, mais bien absence d'inconfort lors de l'exécution de la tâche, d'où la moyenne de « 0 » qui doit être interprétée comme une absence de contrainte. Les tableaux mettent également en évidence (trame plus foncée) les situations pour lesquelles plus de la moitié des agents ont rapporté des inconforts. Afin d'expliquer où sont situés les points de pression, les composantes du gilet sont utilisées plutôt que les références anatomiques, car les agents ont caractérisé leurs sensations sur la base du gilet et de l'uniforme.

Une grande variabilité interindividuelle a été observée sur le plan des inconforts et des restrictions identifiées pour chaque région selon les activités. Même si dans certaines situations certains agents ressentaient des inconforts importants, comme la majorité d'entre eux n'indiquait aucune sensation de pression ou d'entrave pour une même situation, le calcul des moyennes indique souvent des valeurs relativement faibles (c.-à-d. moyennes se trouvant entre 3 et 6), laissant supposer qu'il n'y avait pas de contrainte. En ayant recours à ces moyennes avec discernement, l'équipe de recherche les a d'abord utilisées pour faciliter le repérage des situations les plus problématiques et les régions du corps le plus affectées, puis elle a pris en compte les valeurs d'inconforts les plus importantes comme indice d'inconfort, car l'inconfort rapporté même par une seule personne demeure significatif pour la personne qui le ressent.

Tableau 14. Évaluation subjective des entraves et points de pression ressentis aux zones « épaules, creux de l'épaule et aisselles » et « côtés » lors du port du gilet selon les activités déployées et le modèle de gilet porté (PP, PM et PX)

		Épaules, creux d'épaules et aisselles								Côtés							
		ENTRAVE				PRESSION				ENTRAVE				PRESSION			
		N	Moy	min	max	N	Moy	min	Max	N	Moy	min	max	N	Moy	min	max
Posture neutre	PP	0	0	0	0	3	0,9	0	4	1	0,5	0	4,0	2	0,8	0	3,5
	PM	0	0	0	0	6	2,0	0	5	2	0,8	0	3,0	6	2,6	0	5
	PX	0	0			1	1,0			0	0			0	0		
Montée et descente de la moto	PP	4	2,9	0	8,5	5	3,9	0	10	4	2,6	0	8,0	7	4,6	0	9
	PM	5	2,0	0	4,0	5	2,1	0	4	4	2,3	0	8,0	5	2,5	0	8
	PX	1	2,0			1	2,0			0	0			0	0		
Conduite droite	PP	2	0,6	0	2,5	4	2,0	0	7,5	3	1,2	0	4,0	3	1,5	0	5
	PM	3	1,1	0	4,0	5	1,9	0	5	4	2,4	0	8,0	6	3,7	0	8
	PX	1	1,0			1	1,0			0	0			1	1,0		
Vérification d'angle mort et changement de voie	PP	1	0,4	0	3,5	1	0,8	0	6	2	0,9	0	4,0	2	0,9	0	5,5
	PM	3	1,5	0	4,0	4	1,9	0	5	5	2,0	0	5,0	6	3,2	0	6
	PX	1	2,0			1	2,0			0	0			1	2,0		
Demi-tour	PP	2	1,6	0	10,0	3	2,6	0	10	3	1,9	0	6,0	4	1,9	0	6
	PM	4	1,8	0	5,0	4	1,9	0	5	4	1,8	0	4,0	6	2,4	0	4,5
	PX	1	2,0			1	2,0			0	0			1	2,0		
Standby, escorte de dignitaires	PP	3	2,4	0	5,5	4	3,3	0	5,5	2	1,0	0	3,0	3	2,8	0	6
	PM	3	1,8	0	5,5	5	2,3	0	5	5	3,0	0	7,0	5	2,9	0	7
	PX	1	1,0			0	0			0	0			1	1,0		
Ciblage avec le radar	PP	5	3,3	0	8,0	5	3,5	0	10	0	0	0	0	2	0,9	0	4
	PM	4	1,3	0	4,0	7	2,5	0	5	2	0,8	0	3,0	5	2,0	0	5
	PX	0	0			1	2,0			0	0			0	0		
Communication avec un conducteur	PP	6	3,6	0	7,0	7	4,6	0	10	0	0	0	0	2	0,8	0	4
	PM	6	2,8	0	4,0	6	2,6	0	4	3	2,0	0	6,0	2	1,0	0	6
	PX	1	2,0			1	2,0			0	0		0	1	2,0		
Rédaction d'un constat	PP	2	1,6	0	6,5	5	2,6	0	6,5	2	0,8	0	4,0	2	0,8	0	4
	PM	5	1,4	0	3,0	5	1,4	0	3	1	0,4	0	3,0	4	1,6	0	4,5
	PX	0	0			1	2,0			0	0			0	0		
Circulation : avancer tout droit	PP	4	1,2	0	3,0	4	1,8	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0
	PM	7	3,5	0	6,0	7	3,3	0	6	2	0,9	0	4,0	3	1,2	0	4
	PX	1	2,0			1	2,0			0	0			0	0		
Circulation : tourner à gauche	PP	7	3,6	0	8,0	5	2,4	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0
	PM	8	2,7	1,0	4,0	7	2,5	0	3,5	3	0,9	0	3,0	2	0,6	0	2,5
	PX	1	2,0			0	0			0	0			0	0		
Circulation : signe d'arrêt aux autos en face	PP	7	4,4	0	8,0	7	5,5	0	9	1	0,4	0	3,5	1	0,8	0	6,5
	PM	8	4,1	3,0	6,0	8	3,9	3	6	1	0,4	0	3,0	3	1,3	0	5
	PX	1	1,0			1	1,0			0	0			0	0		
Circulation : signe d'arrêt à tous	PP	5	1,7	0	4,5	5	1,7	0	4,5	0	0	0	0	0	0	0	0
	PM	7	2,6	0	5,0	6	2,4	0	5	2	0,6	0	3,0	2	0,6	0	3
	PX	0	0			0	0			0	0			0	0		
Récupération d'un objet au sol	PP	5	5,0	0	10,0	3	2,6	0	9	8	7,6	3,5	10,0	8	8,1	4	10
	PM	5	2,5	0	6,0	5	2,5	0	6	6	3,8	0	8,0	5	3,9	0	10
	PX	1	2,0			1	2,0			1	5,0			1	10,0		
Vérification du pot d'échappement	PP	4	3,5	0	10,0	4	4,3	0	10	6	5,9	0	9,0	6	5,5	0	10
	PM	2	0,8	0	3,0	2	0,8	0	3	5	3,8	0	8,0	5	4,1	0	10
	PX	0	0			0	0			1	4,0			1	9,0		

Note : Le grisé indique des situations où plus de la moitié des agents ont rapporté des inconforts.

Tableau 15. Évaluation subjective des entraves et points de pression ressentis aux zones « abdomen » et « dos » lors du port du gilet selon les activités déployées et le modèle de gilet porté (PP, PM et PX)

		Abdomen								Dos							
		ENTRAVE				PRESSION				ENTRAVE				PRESSION			
		N	Moy	min	max	N	Moy	min	max	N	Moy	Min	max	N	Moy	min	max
Posture neutre	PP	1	0,1	0,0	1,0	1	0,4	0	3,5	0	0,0	0,0	0,0	3	0,8	0	4
	PM	1	0,4	0,0	3,0	4	1,8	0	5	0	0,0	0,0	0,0	2	0,6	0	3
	PX	0	0,0			0	0,0			0	0,0			0	0,0		
Montée et descente de la moto	PP	0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0	0	1	0,4	0,0	3,5	3	1,8	0	7
	PM	4	2,1	0,0	5,0	4	1,8	0	5	0	0,0	0,0	0,0	1	0,3	0	2
	PX	0	0,0			1	0,1			0	0,0			0	0,0		
Conduite droite	PP	3	1,2	0,0	4,0	5	2,5	0	7	1	0,4	0,0	3,5	3	1,7	0	6,5
	PM	3	1,8	0,0	8,0	7	3,9	0	8	1	0,1	0,0	1,0	4	1,9	0	6
	PX	0	0,0			1	1,0			0	0,0			0	0,0		
Vérification d'angle mort et changement de voie	PP	3	1,2	0,0	4,0	3	1,6	0	5,5	0	0,0	0,0	0,0	2	1,1	0	5
	PM	2	1,1	0,0	5,0	2	1,2	0	5	1	0,5	0,0	4,0	2	0,7	0	3,5
	PX	0	0,0			0	0,0			0	0,0			0	0,0		
Demi-tour	PP	4	1,6	0,0	4,0	3	1,5	0	5	1	0,4	0,0	3,5	3	1,5	0	5
	PM	4	1,7	0,0	5,0	5	2,6	0	6	1	0,5	0,0	4,0	2	0,7	0	3,5
	PX	0	0,0			0	0,0			0	0,0			0	0,0		
Attente, escorte de dignitaires	PP	2	1,1	0,0	3,5	2	1,4	0	4	0	0,0	0,0	0,0	2	1,6	0	6
	PM	3	2,3	0,0	7,0	3	2,1	0	7	5	2,6	0,0	6,0	5	2,3	0	6
	PX	0	0,0			1	1,0			0	0,0			0	0,0		
Ciblage avec le radar	PP	0	0,0	0,0	0,0	3	1,3	0	6	1	0,2	0,0	1,5	0	0,0	0	0
	PM	2	0,6	0,0	3,0	4	1,6	0	5	0	0,0	0,0	0,0	3	0,8	0	3
	PX	0	0,0			0	0,0			0	0,0			0	0,0		
Communication avec un conducteur	PP	3	1,8	0,0	7,5	4	1,7	0	6	1	0,9	0,0	7,5	5	2,3	0	6
	PM	5	2,7	0,0	6,0	3	1,3	0	6	2	0,8	0,0	3,5	5	2,0	0	7
	PX	0	0,0			0	0,0			0	0,0			0	0,0		
Rédaction d'un constat	PP	3	1,3	0,0	4,0	2	0,8	0	5	2	0,8	0,0	5,0	2	1,1	0	4,5
	PM	1	0,4	0,0	3,0	4	1,6	0	4,5	0	0,0	0,0	0,0	5	1,4	0	3
	PX	0	0,0			0	0,0			0	0,0			0	0,0		
Circulation : avancer	PP	1	0,2	0,0	1,5	0	0,0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	1	0,3	0	2
	PM	1	0,4	0,0	3,0	3	1,2	0	4	0	0,0	0,0	0,0	2	0,8	0	3,5
	PX	0	0,0			0	0,0			0	0,0			0	0,0		
Circulation : tourner à gauche	PP	0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0	0	0	0,0	0,0	0,0	2	0,4	0	2
	PM	2	0,7	0,0	3,0	3	0,9	0	2,5	0	0,0	0,0	0,0	1	0,4	0	3,5
	PX	0	0,0			0	0,0			0	0,0			0	0,0		
Circulation : signe d'arrêt aux autos en face	PP	1	0,4	0,0	3,5	1	0,8	0	6,5	1	0,6	0,0	5,0	1	0,3	0	2
	PM	1	0,4	0,0	3,0	3	1,3	0	5	1	0,1	0,0	1,0	2	0,4	0	2
	PX	0	0,0			0	0,0			0	0,0			0	0,0		
Circulation : signe d'arrêt à tous	PP	1	0,8	0,0	6,0	1	0,8	0	6	1	0,8	0,0	6,0	2	1,0	0	6
	PM	2	0,6	0,0	3,0	3	0,9	0	3	0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0	0
	PX	0	0,0			0	0,0			0	0,0			0	0,0		
Récupération d'un objet au sol	PP	8	7,6	3,5	10,0	8	8,1	4	10	2	1,3	0,0	6,5	3	1,8	0	8
	PM	3	2,6	0,0	8,0	4	3,2	0	10	3	1,2	0,0	4,0	5	2,4	0	5
	PX	1	5,0			1	10,0			0	0,0			1	2,0		
Vérification du pot d'échappement	PP	7	6,9	0,0	9,0	6	5,8	0	10	0	0,0	0,0	0,0	2	1,6	0	7,5
	PM	5	3,8	0,0	8,0	5	4,1	0	10	3	1,5	0,0	5,0	5	2,0	0	5
	PX	1	4,0			1	9,0			0	0,0			1	2,0		

Tableau 16. Évaluation subjective des entraves et points de pression ressentis aux zones « poitrine » et « encolure » lors du port du gilet selon les activités déployées et le modèle de gilet porté (PP, PM et PX)

		Poitrine								Encolure							
		ENTRAVE				PRESSION				ENTRAVE				PRESSION			
		N	Moy	min	max												
Posture neutre	PP	2	0,9	0	4,0	1	0,1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	PM	1	0,4	0	3,0	4	1,3	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0
	PX	0	0			0	0			0	0			0	0		
Montée et descente de la moto	PP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	PM	1	0,4	0	3,5	2	0,7	0	3,5	0	0	0	0	0	0	0	0
	PX	0	0			0	0			0	0			0	0		
Conduite droite	PP	1	0,4	0	3,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	PM	1	0,1	0	1,0	2	1,2	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0
	PX	0	0			0	0			0	0			0	0		
Vérification d'angle mort et changement de voie	PP	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	8	0	0	0	0
	PM	1	0,1	0	1,0	2	1,2	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0
	PX	0	0			0	0			0	0			0	0		
Demi-tour	PP	1	0,4	0	3,5	0	0	0	0	1	0,5	0	4,0	2	1	0	5
	PM	1	0,1	0	1,0	2	1,2	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0
	PX	0	0			0	0			0	0			0	0		
Standby, escorte de dignitaires	PP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	PM	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	PX	0	0			0	0			0	0			0	0		
Ciblage avec le radar	PP	0	0	0	0	3	1,3	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0
	PM	2	0,6	0	3,0	4	1,6	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0
	PX	0	0			0	0			0	0			0	0		
Communication avec un conducteur	PP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	PM	1	0,4	0	3,5	1	0,3	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
	PX	0	0			0	0			0	0			0	0		
Rédaction d'un constat	PP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	PM	1	0,4	0	3,0	2	0,8	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0
	PX	0	0			0	0			0	0			0	0		
Circulation : avancer tout droit	PP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	PM	2	0,9	0	4,0	3	0,9	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0
	PX	0	0			0	0			0	0			0	0		
Circulation : tourner à gauche	PP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	PM	1	0,3	0	2,5	3	0,9	0	2,5	0	0	0	0	0	0	0	0
	PX	0	0			0	0			0	0			0	0		
Circulation : signe d'arrêt aux autos en face	PP	1	0,4	0	3,5	1	0,8	0	6,5	2	1,6	0	8	4	3,9	0	9
	PM	1	0,5	0	4,0	3	1,4	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0
	PX	0	0			0	0			0	0			0	0		
Circulation: signe d'arrêt à tous	PP	1	0,8	0	6,0	1	0,8	0	6	1	0,4	0	3	1	0,5	0	4
	PM	2	0,6	0	3,0	3	0,9	0	3	0	0	0	0	1	0,3	0	2
	PX	0	0			0	0			0	0			0	0		
Récupération d'un objet au sol	PP	1	0,4	0	3,5	1	0,8	0	6,5	1	0,3	0	2	3	1,8	0	6,5
	PM	0	0	0	0	1	0,4	0	3,5	1	0,4	0	3	1	0,4	0	3
	PX	0	0			0	0			0	0			0	0		
Vérification du port d'échappement	PP	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,8	0	6,5	2	1,7	0	7
	PM	1	0,7	0	5,5	1	0,7	0	5,5	0	0	0	0	0	0	0	0
	PX	0	0			0	0			0	0			0	0		

5.2.1 Entraves et points de pression ressentis lors du port du gilet pare-balles selon les zones du corps, les activités déployées et le modèle de gilet porté

5.2.1.1 Les épaules, creux de l'épaule et aisselles

Les régions de l'épaule/creux de l'épaule et de l'emmanchure ont été perçues comme étant celles où des inconforts se manifestaient dès l'adoption d'une posture neutre debout particulièrement pour les gilets de la PM et de la PP et, de manière plus prononcée, pour ceux de la PM, car les agents ressentent une pression constante aux épaules attribuables au poids du GPB et aux équipements logés dans le gilet; les poches du gilet de la PM offrant plus d'espace de rangement. Ces pressions augmentent lors d'activités exigeant des flexions, des abductions prononcées et la rotation de l'épaule, comme celles de la « gestion de la circulation », de « la montée et descente de la moto » et de « la récupération d'un objet au sol ». Bien que l'inconfort soit plus élevé avec le gilet de la PM, l'analyse montre que la coupe de la bretelle distribue mieux la pression sur l'ensemble de la largeur de l'épaule/creux de l'épaule que celui de la PP pour lequel les agents rapportent une pression concentrée vers le bord acromial de la bretelle (Figure 28). Dans le cas du gilet PX, la pression est plus localisée aux bords supérieurs du panneau frontal.

Tous modèles confondus, les agents ont verbalisé des pressions et des entraves plus importantes à l'épaule et à l'emmanchure pour les activités de « montée et descente de la moto », « conduite droite », « attente : escorte de dignitaires », « cibler avec le radar », « communication avec un conducteur », « rédaction d'un constat », « ensemble des gestes de circulation » et « vérification du pot d'échappement ». Les plus importantes entraves et pressions ont été rapportées pour les opérations « montée et descente de la moto » alors que les activités nécessitant des flexions et des adductions de l'épaule sont celles comme « la montée et la descente de la moto », « la communication avec un conducteur », « les gestes de circulation », « la récupération d'un objet au sol » et « la vérification d'un pot d'échappement ».

Lors de ces activités, la zone contraignante s'élargit du creux de l'épaule jusqu'à l'aisselle, avec des pressions jugées très inconfortables, presque douloureuses, lors du « demi-tour en moto » et du « ciblage avec le radar ». Lors de la flexion symétrique des deux bras (« conduite droite », « récupération d'un objet au sol », « communication avec le conducteur » et « geste de circulation - tourner à gauche »), l'analyse montre que le gilet s'écrase sur la poitrine, causant parfois un « bec » et de légères pressions. La surface d'inconfort est située la plupart du temps dans la zone d'emmanchure recouverte par la housse textile et s'étend pour recouvrir également une partie de l'emmanchure du panneau balistique.



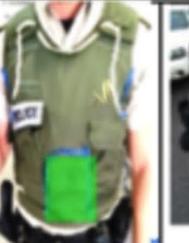
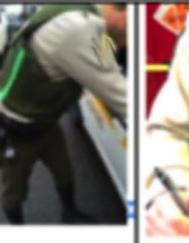
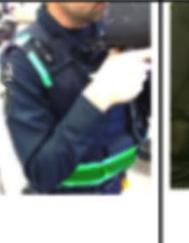
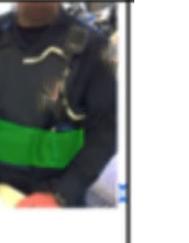
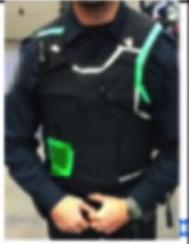
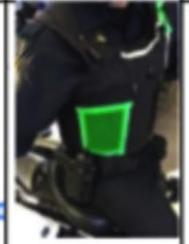
Figure 28. Gilet de la PP avec le poids distribué sur le bord des bretelles (1^{re} et 2^e photos de gauche), gilet de la PM avec le poids distribué sur la largeur de la bretelle (3^e photo à partir de la gauche) et gilet PM avec le répartiteur sur la bretelle gauche causant de la pression (4^e photo à partir de la gauche).

5.2.1.2 L'abdomen et les côtés

Les agents ont verbalisé des pressions et des entraves dans la zone de « l'abdomen » et des « côtés » pour les trois modèles de GPB. Les principaux facteurs déterminant l'apparition des inconforts incluent les gestes déployés dans les différentes activités, la structure du GPB et le port du ceinturon équipé (cf. sous-section 5.2.4) (Tableau 17 et Tableau 18). Dès qu'ils adoptaient la posture neutre, certains agents de la PP rapportaient des pressions moyennes au-dessus de l'abdomen allant jusqu'aux côtés ($P_{\text{côtés}} = 3 \text{ à } 3,5$) attribuables (i) à la ceinture élastique du gilet qui contraint l'expansion normale de la cage thoracique lors de la respiration, (ii) au port d'équipements volumineux et rigides (bloc-notes et cellulaire dans la poche latérale ou dans une poche de la chemise portée en dessous et les menottes rangées dans la poche centrale). Les pressions sur les côtés sont davantage ressenties lorsque l'agent fait « demi-tour en moto » ou lors de la « montée et descente de la moto ». Les restrictions sont attribuables à la rigidité des panneaux balistiques qui n'arrivent pas à se plier et à s'adapter à la flexion latérale et à la torsion du tronc, ainsi qu'à l'interférence du bord inférieur du gilet avec les hanches ou avec le bord du ceinturon. L'ajustement serré du gilet, combiné au manque d'élasticité sur les côtés (PP et PX), ne permet pas de compenser la rigidité du panneau. Des entraves et des pressions plus élevées se faisaient également sentir sur « l'abdomen » et sur les « côtés » lors de la « vérification d'un pot d'échappement » ou de la « récupération d'un objet au sol » (Tableau 19). Lors de la « conduite de la moto », les entraves à la respiration se font sentir sur l'abdomen ou tout autour du tronc (effet de « ceinture ») au moment des flexions antérieures du tronc comme celles adoptées lors de la « conduite droite » ou de la posture « attente » lors de l'escorte de dignitaires (PM). Le port des objets dans les poches accentue la rigidité. L'effet « ceinture » persiste également lors des « gestes de circulation », car le fait de lever les bras engendre une augmentation du volume thoracique.

En ce qui concerne la structure du gilet, la forme en « V » de celui adopté par la PP génère une sensation de coupure ressentie tout autour du bord inférieur du gilet. Les panneaux frontal et dorsal se chevauchent sur les côtés lors de flexions antérieures du tronc et, en absence de structures élastiques sur le gilet, les agents ressentent des entraves et des inconforts à la circonférence du torse et davantage de pressions et d'entraves sur les faces latérales lors des flexions latérales.

Tableau 17. Localisation des entraves et points de pression ressentis (en vert) à « l'abdomen » et aux « côtés » lors du port du gilet, selon les activités déployées et le modèle de gilet porté

	Neutre	Monter et descendre la moto	Conduite droite	Virage à gauche en moto	« Stand by » Escorte de dignitaires	Ciblage avec le radar	Communiquer avec un conducteur	Rédaction
PP								
PM								
PX	N/A					N/A		N/A

Rouge : Activités au cours desquelles des inconforts sévères apparaissent sur les côtés du torse

Tableau 18. Localisation des entraves et points de pression ressentis (en vert) à « l’abdomen » et aux « côtés » lors du port du gilet, selon les activités déployées et le modèle de gilet porté (suite)

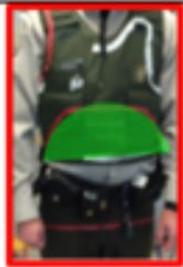
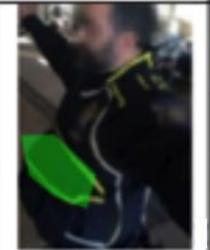
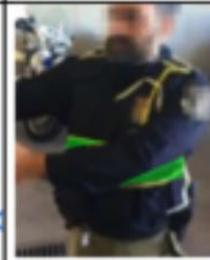
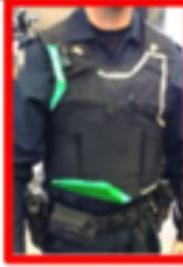
	Signe d’arrêt pour les véhicules en face	Signe d’avancer tout droit	Signe d’arrêt à tous les véhicules	Signe de tourner à gauche	Récupérer un objet au sol	Vérifier un pot d’échappement
PP		N/A	N/A	N/A		
PM						
PX	N/A	N/A	N/A	N/A		

Tableau 19. Entraves (E) et pressions (P) maximales causées par le GPB selon l'organisme de police et l'activité

Activité / Inconfort	Police provinciale								Police municipale							
	PP1	PP2	PP3	PP4	PP5	PP6	PP7	PP8	PM11	PM12	PM13	PM14	PM15	PM16	PM18	PM19
	E P	E P	E P	E P	E P	E P	E P	E P	E P	E P	E P	E P	E P	E P	E P	E P
Montée et descente de la moto	8 7	0 0	9 10	3 1	0 0	0 5	0 0	4 9	0 0	3 4	4 4	0 2	2 0	4 4	0 0	4 4
Conduite droite	0 0	0 8	3 4	0 0	2 3	0 0	0 0	0 2	0 5	3 2	0 0	0 0	0 2	4 4	0 0	2 2
Angle mort et changement de voie	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	4 6	0 0	0 0	0 0	4 5	0 0	0 0	0 2	4 4	0 0	4 4
Demi-tour	0 0	0 0	10 10	0 0	3 5	0 6	0 0	0 0	0 0	4 5	0 0	0 0	2 2	5 5	0 0	3 3
Attente, escorte de dignitaires	- -	- -	- -	5 5	6 6	0 0	2 3	0 3	0 3	6 5	0 0	0 0	0 2	5 3	0 0	4 4
Ciblage avec le radar	0 0	2 0	8 10	3 3	0 6	8 5	0 0	5 4	0 2	0 4	2 2	0 2	4 3	2 5	0 0	2 2
Communication avec un conducteur	7 8	2 0	7 10	6 4	0 5	0 5	3 1	5 5	3 0	4 4	0 0	0 4	4 2	4 4	3 3	4 4
Rédaction d'un constat	7 7	0 0	0 4	6 6	0 0	0 1	0 0	0 4	3 3	3 3	3 3	0 0	0 0	0 0	2 2	1 1
Circulation : avancer	0 0	0 0	3 0	2 3	3 4	0 0	2 2	0 5	3 3	6 5	4 0	0 2	3 4	6 6	3 3	3 3
Circulation : tourner à gauche	0 0	4 0	4 4	2 1	3 6	4 3	4 0	8 5	3 3	4 3	3 0	3 2	3 4	1 4	3 3	2 2
Circulation : signe d'arrêt en face	1 0	8 8	8 9	8 8	4 4	3 3	0 4	3 8	3 3	4 4	4 4	4 3	4 3	6 6	5 5	3 4
Circulation : signe d'arrêt à tous	0 0	0 0	5 5	3 3	3 3	2 2	1 1	0 0	2 2	5 5	2 0	3 2	3 4	0 0	3 3	3 3
Récupération d'un objet au sol	10 0	10 0	8 9	4 5	8 7	0 0	0 0	0 0	3 3	5 4	0 0	0 3	2 0	0 0	6 6	4 4
Vérification du pot d'échappement	0 0	9 9	10 10	6 7	3 8	0 0	0 0	0 0	3 3	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	3 3

E : Entrave; P : Pression; • Échelle 0 à 10 (10 étant l'inconfort le plus élevé) • En grisé : valeurs les plus élevées (≥ 7)

D'ailleurs, la ceinture élastique de retenue placée juste au-dessus de l'abdomen cause des pressions persistantes chez plusieurs agents. Toutefois, la présence de bandes élastiques sur les côtés du gilet de la PM ainsi que l'espacement entre les panneaux balistiques favorisent les flexions antérieures et latérales de même que la rotation du tronc. Ces éléments diminuent l'effet « ceinture de pression » noté lors du port du gilet de la PP et, par le fait même, les valeurs de pression obtenues lors des flexions maximales adoptées pour « récupérer un objet au sol » ou pour « vérifier un pot d'échappement ».

5.2.1.3 Le dos

Les pressions exercées sur le « dos » étaient globalement de moindre intensité et causaient moins de difficultés aux agents comparativement aux zones « épaules », « emmanchure », « abdomen » et « côtés » du gilet (Figure 29). Certaines pressions liées au poids du gilet ont été ressenties au haut du dos (PM) ou en bas du dos (PP) et devenaient sources d'inconforts, car elles persistaient tout au long du quart de travail. Les pressions ressenties lors des flexions antérieures et latérales, ou lors des rotations du dos étaient moins « dérangeantes » pour les agents dans la plupart des activités. Toutefois, ces pressions ainsi que celles exercées aux emmanchures du dos pourraient poser problème lors d'activités ayant des enjeux de sécurité comme « un demi-tour » ou la posture « attente ». Dans ces situations, le gilet oppose une résistance au geste, imposant par conséquent plus d'efforts pour le compléter. Lors des tâches exigeant des flexions antérieures comme la « conduite droite », le « *stand-by* », la « communication avec un conducteur », « récupérer un objet au sol », « vérifier un pot d'échappement » ou « cibler avec le radar », les agents rapportent sentir que le gilet « tire et pousse » contre le corps sur la moitié inférieure du dos; le gilet manque de capacité d'extension pour s'adapter à l'augmentation du volume du tronc et à la forme courbée du dos. Ces pressions sont légères ou moyennes lors de la conduite de la moto et s'intensifient selon l'amplitude de la flexion, atteignant 8 pour certains agents lors de la récupération d'un objet au sol.



Figure 29. Sensation que le gilet « tire » sur le dos lors de la « conduite droite » (a, c) et lors de la flexion de l'épaule (b, c, d), et pression et entrave sur le côté qui s'étend jusqu'au dos lors de la « montée et descente » de la moto (e).

5.2.1.4 L'encolure

Des entraves et pressions moyennes à l'encolure, notamment sur les côtés du cou, ont été mentionnées lors des activités exigeant des rotations importantes du cou, notamment pour le « demi-tour », lors des activités exigeant des flexions et abductions prononcées des épaules comme les gestes « signe d'arrêt aux autos en face », « signe d'arrêt à tous », « récupération d'un objet au sol » et « vérification d'un pot d'échappement », car, lors de l'exécution de ces

gestes, la surface des épaules se rétrécissait et les bretelles étaient poussées contre l'encolure de l'agent (cf. sous-section 5.2.3).

5.2.2 Effets de la coupe et de l'ajustement du gilet sur l'apparition d'inconforts aux épaules, creux de l'épaule et aisselles

L'analyse de la mobilité montre un lien entre les inconforts, la coupe du gilet et son ajustement. Les verbalisations d'inconforts montrent que les entraves et pressions apparaissent de façon un peu plus marquée au moment où les agents portaient un gilet dont la largeur de la housse était inférieure à la largeur de la poitrine de l'agent (Tableau 20)¹⁶. Toutefois, les résultats montrent clairement que plus les panneaux balistiques sont étroits par rapport à la largeur de la poitrine de l'agent, plus un inconfort est ressenti. Également, plus la circonférence du gilet est grande par rapport au tour de la poitrine de l'agent, plus un inconfort est ressenti.

Tableau 20. Valeurs maximales des entraves rapportées pour la région « épaule/creux de l'épaule », selon l'ajustement du GPB à la hauteur du buste

Sujet	Valeur maximale d'entrave rapportée (0 à 10)	Carrure « devant » (cm)			Différence de largeur (cm)		
		Largeur de la poitrine de l'agent	Largeur de la housse	Largeur du panneau balistique	Largeur de la housse - largeur de la poitrine de l'agent *	Largeur du panneau balistique - Largeur de la poitrine de l'agent *	Circonférence du gilet - tour de la poitrine de l'agent *
PP1	10	36	37	27	1	-9	9
PP2	10	34	37	27	3	-7	-1
PP3	10	35,5	38,5	26,5	3	-9	8,5
PP4	8	39	35,5	27	-3,5	-12	6
PP5	8	31	37	27	6	-4	3
PP6	8	36	36,5	27,5	0,5	-8,5	3,5
PP7	4	31	35	26	4	-5	13,5
PP8	8	34	35	25	1	-9	9
PM11	3	35	33,5	28	-1,5	-7	-1
PM12	6	34	33,5	29,5	-0,5	-4,5	5,5
PM13	4	33	34	29,5	1	-3,5	-2
PM14	4	34	36	31	2	-3	0
PM15	4	32	34	29	2	-3	7
PM16	6	33	31	27	-2	-6	5
PM18	6	33	34	30	1	-3	-0,5
PM19	4	33	34	29	1	-4	-5
PX19	10	33	30	25	-3	-8	8

* Comme la circonférence du gilet a été mesurée au bord inférieur de l'emmanchure légèrement plus bas que la hauteur de la poitrine de l'agent, la circonférence du gilet peut avoir des valeurs inférieures à la circonférence du buste de l'agent;
En gras : les situations les plus difficiles

¹⁶ Les valeurs de pression et d'entrave égales ou supérieures à 7 ont été considérées comme problématiques.

En posture avec les épaules fléchies, on observe aussi un lien entre les inconforts perçus et l'ajustement du gilet, selon la carrure du sujet, mais ce lien est plus faible. Il est également intéressant de noter que le gilet de la PP ayant suscité les verbalisations d'inconforts les plus élevées se caractérise par une carrure de housse généralement plus large, mais également par un panneau balistique moins étendu que le gilet de la PM. C'est donc la largeur de la housse qui détermine l'inconfort perçu. Les valeurs d'aisance disponibles à la hauteur des aisselles des agents ont aussi été comparées avec les valeurs de pression et d'entrave rapportées (Tableau 21).

Tableau 21. Aisance du gilet pare-balles au buste

Aisance à la hauteur du buste (cm)								
Sujet	Tour de poitrine de l'agent	Largeur du panneau balistique		Chevauchement (+) ou ouverture (-) entre les panneaux balistiques			Tour total du gilet	Aisance à la hauteur du buste *
		Devant	Dos	Côté droit	Côté gauche	Au total		
PP	121	58	64	-3	-5	-8	130	9,0
PP	119	57	57	-3	-1	-4	118	-1,0
PP	110,5	58	54	-3	-4	-7	119	8,5
PP	114	56	58	-1	-5	-6	120	6,0
PP	105	56	54	+3	-1	2	108	3,0
PP	111	58	58	+1	+0,5	1,5	114,5	3,5
PP	111	55	54	-5	-10,5	-15,5	124,5	13,5
PP	111	49	53	-9	-9	-18	120	9,0
P	109	47	35	-13	-13	-26	108	-1,0
P	123	61	42	-14	-11,5	-25,5	128,5	5,5
P	109,5	52	37	-7	-11,5	-18,5	107,5	-2,0
P	115	48	37	-14	-16	-30	115	0,0
P	103	47	36	-13	-14	-27	110	7,0
P	112	53	36	-16	-12	-28	117	5,0
P	111,5	53	37	-11	-10	-21	111	-0,5
P	107	55	37	-2	-8	-10	102	-5,0
PX	107	50	50	-1	-2	-3	103	-4,0

* La circonférence du gilet a été mesurée en posture neutre, à la hauteur de l'emmanchure qui se trouvait légèrement plus basse que la hauteur de la poitrine de l'agent, la circonférence du gilet pouvant ainsi avoir des valeurs inférieures à la circonférence du buste du sujet.

En grisé : l'aisance supérieure à 8,5 cm a été considérée « favorable », afin de faire ressortir les 4 situations dites les plus favorables.

Le gilet de la PP comportait généralement beaucoup plus d'aisance à la hauteur du buste; aisance attribuable au système arrière de fermeture du gilet qui lui confère une forme en V (voir Tableau 4). Toutefois, plus d'aisance ne rimait pas nécessairement avec moins d'inconforts. Le gilet de marque PX était perçu comme moins restreignant pour les mouvements d'épaules, même s'il fournissait légèrement moins de mobilité sous le buste que le gilet de la PM. Cela laisse

supposer que l'aisance sous la poitrine n'est pas un élément déterminant de la liberté de mouvement des épaules. La présence des élastiques sur les côtés semble faciliter également le mouvement des bras et diminuer l'apparition d'inconforts lorsqu'on compare les gilets de la PM (comportant des élastiques) et ceux de la PP (sans élastiques). Également, la coupe des bretelles avec des pentes d'épaule plus accentuées (PP) résultait en une distribution moins efficace du poids du gilet sur l'épaule et, notamment, à une concentration de pression sur les bords latéraux des bretelles.

5.2.3 Effets de la morphologie de l'agent et de l'ajustement du gilet pare-balles sur les inconforts

En ce qui concerne l'épaule/creux de l'épaule, une certaine relation a été remarquée entre la morphologie de l'agent et la présence d'inconforts plus importants, notamment pour les motards ayant un indice de masse corporelle (IMC) ou une carrure plus grands ainsi que ceux ayant une forme de torse en V plus prononcée (différence entre le tour de la poitrine et le tour de taille ≥ 16 cm). Des valeurs basses d'entrave et de pression ($E \leq 4$; $P \leq 5$) ont été notées pour l'ensemble des tâches avec les agents ayant un IMC égal ou inférieur à 23, alors que les valeurs d'inconfort très élevées ($E \geq 10$; $P \geq 10$) ont été notées pour les agents ayant un IMC ≥ 27 (voir les tableaux de l'Annexe VI). Aucun lien n'a été constaté entre le tour de la poitrine de l'agent et les inconforts perçus à la zone de l'emmanchure. La carrure de l'agent semble jouer un rôle, car ceux ayant une carrure étroite (≤ 33 cm) rapportaient moins de points de pression et d'entraves que les autres. Aucun lien n'a cependant été constaté entre le tour de la poitrine de l'agent et les inconforts perçus à la zone de l'emmanchure.

Similairement aux régions « épaule » et « emmanchure », les agents avec un IMC plus bas (IMC = 23) ont rapporté moins d'inconforts à « l'abdomen » et aux « côtés » du torse dans l'ensemble des activités et ont été les seuls à n'indiquer aucun inconfort lors des tâches « chercher un objet au sol » et « vérification d'un pot d'échappement ». La distribution des inconforts est beaucoup plus disséminée dans le cas des agents ayant un IMC > 24 . Toutefois, il est difficile de faire un lien direct entre la corpulence de l'agent et l'importance des pressions ressenties. De plus ni la longueur du torse de l'agent ni la différence entre la longueur « devant » de l'agent et la longueur « devant » du gilet ne semblent justifier clairement les inconforts ressentis sur le « devant » et sur les « côtés » du torse.

Globalement, aucun lien entre les inconforts perçus au dos et la morphologie des agents, notamment leur taille ou leur IMC, n'a été noté. Toutefois, deux agents de la PP ayant verbalisé des pressions persistantes au bord inférieur de leur gilet, l'équipe de recherche a effectué une analyse spécifique pour déterminer si ces pressions résultaient de la morphologie du dos de ces agents ou d'un ajustement particulier du gilet. L'analyse a porté sur (i) la mesure de la différence entre la longueur du dos de l'agent et celle du gilet (7^e cervicale/ceinturon-encolure dos/bord inférieur), (ii) « l'aisance » disponible à la taille, soit la distance entre le bord du gilet et le ceinturon (Tableau 22). L'analyse montre que la longueur du panneau dorsal du gilet n'est pas une donnée pertinente pour prévoir la hauteur à laquelle se situera le bord inférieur du gilet sur l'agent ni si cela engendrera des points de pression, car l'encolure du gilet peut se retrouver à des hauteurs différentes selon la grosseur de la nuque de l'agent (Tableau 22). La distance entre le bord du gilet et le ceinturon ou « l'aisance » disponible à la taille ne semblent pas non plus être liées à ces pressions, car l'aisance disponible des deux sujets était moyenne, respectivement 13 cm et 12 cm, alors que leurs collègues ne rapportant aucune pression avaient une aisance de taille entre 7,5 cm et 19,5 cm. La morphologie de la courbure lombaire serait probablement la cause de cette situation.

Tableau 22. Variabilité interindividuelle de positionnement de la hauteur du gilet au dos des agents de la PP, indiquant les agents rapportant des pressions persistantes sur le bord inférieur du gilet (en rouge)

PP	Agent, 7 ^e cervicale/ceinturon (cm)	Gilet (housse), encolure dos/taille (cm)	Agent, longueur dos – gilet longueur dos (cm)	Aisance à la taille (cm)	
1	-	-	-	7,5	
2	-	-	-	19,5	
3	-	-	-	18	
4	52,5	51	1,5	9	
5	52	45	7	12,5	
6	56	46	10	10	
7	53,5	47,5	6	16,5	
8	51	46	6	12	

En ce qui concerne l'encolure, l'analyse ne montre pas de lien entre les inconforts, la largeur de l'épaule de l'agent et la largeur de la bretelle du gilet. Toutefois, les agents ayant les bretelles du gilet plus rapprochées du cou rapportent davantage d'inconforts. La largeur de l'encolure joue donc un rôle important dans l'inconfort. Des inconforts plus importants (pressions moyennes) ont été ressentis sur les côtés du cou avec le gilet de la PP, car la distance entre les bretelles était plus courte. Ces inconforts étaient ressentis lors d'activités exigeant des rotations prononcées du cou comme le « demi-tour » ou des flexions/abductions prononcées des épaules comme les gestes signalant « un arrêt aux autos en face » ou « un arrêt à tous », et lors de la « récupération d'un objet au sol » ou de la « vérification d'un pot d'échappement », car la surface des épaules se rétrécissait et les bretelles étaient poussées contre le cou de l'agent (Figure 30).

Une pression localisée sur la partie antérieure du cou ou sur l'artère carotide était rapportée comme douloureuse et très gênante. En ce qui concerne le gilet de la PM, de légères pressions sur les côtés du cou ont été rapportées par deux agents lors des gestes « un arrêt à tous » et « la vérification d'un pot d'échappement », mais elles n'étaient pas considérées gênantes. Aucun inconfort n'a été rapporté avec le gilet de marque PX.

	Virage à gauche en moto	Signe d'arrêt pour les véhicules en face	Signe d'arrêt à tous les véhicules	Récupérer un objet au sol	Vérification du pot d'échappement
PP					
PM	N/A	N/A			
	PP : pression sur le côté du cou apparaissant lors de la rotation du cou	PP : pression gênante sur l'artère carotide apparaissant lors de la flexion des épaules	PP et PM : pression sur le côté du cou apparaissant lors de l'abduction des épaules	PP : pression gênante sur l'artère carotide apparaissant lors de la flexion des épaules	PP et PM : pression gênante sur l'artère carotide apparaissant lors de la flexion des épaules

Figure 30. La largeur de l'encolure et les points de pression au cou.

5.2.4 Effets du port des équipements du ceinturon sur l'apparition des inconforts

L'analyse montre que l'interaction entre le GPB et les équipements portés au ceinturon cause des points de pression et des entraves lors des activités exigeant une flexion du dos antérieure ou latérale de 60° à 90° comme la « conduite de la moto », la « communication avec un conducteur », la « montée et descente de la moto », etc., et des douleurs dans les activités exigeant des flexions antérieures au-delà de 90° comme la « récupération d'un objet au sol » (Figure 31). Les équipements les plus problématiques lors des flexions antérieures sont l'arme, le chargeur (porté vertical ou horizontal), l'étui de la canette de poivre de Cayenne et le modem de radiocommunication « *radio pack* » (spécifique aux policiers PP).

Certains agents choisissent de répartir les équipements (menottes, radio, etc.), voire d'enlever le maximum d'équipements pour ne garder que l'arme à feu et les clés. Toutefois, l'analyse des inconforts montre qu'ils ressentent tout de même des entraves puisque les équipements causant le plus de problèmes sont l'arme, le chargeur et l'étui de la canette de poivre de Cayenne. Pour la majorité des agents de la PM qui transportent les équipements habituels au ceinturon, l'analyse montre que lors de la posture « attente », l'entrave des équipements avec le gilet a pour effet de transformer le mode opératoire de certains motards, notamment en diminuant l'amplitude de rotation du tronc, et en compensant par une extension plus prononcée du bras droit, ce qui engendre des sensations de pression plus importantes à l'emmanchure. Lors de la « montée ou la descente » de la moto, les douleurs ressenties aux cuisses et les entraves limitent l'exécution du geste et amènent l'agent à modifier son mode opératoire habituel, par exemple fléchir les genoux ou étendre une jambe en arrière pour éviter de prendre en sandwich l'équipement du ceinturon entre la cuisse et le tronc.



Figure 31. Exemples d'entrave entre le gilet, ses poches et les différents équipements du ceinturon lors de la conduite (1, 3, 4, 5, 7, 8) et lorsque l'agent enfourche sa moto (2, 6).

5.2.5 Effets des équipements ajoutés au gilet et des poches sur l'apparition des inconforts

L'analyse montre que le design des poches du gilet joue un rôle dans la genèse des points de pression et des entraves lors d'activités nécessitant des postures fléchies vers l'avant comme la « conduite », la « communication avec un conducteur », la « récupération d'un objet au sol », la « vérification d'un pot d'échappement », le « ciblage avec le radar » ou les « interactions avec le conducteur » (Figure 32). Le gilet de la PM est le plus contraignant à cet égard, car le volume et la dimension des poches sont les plus élevés. Ces poches deviennent une source d'inconforts, car elles encouragent, d'une part, le port d'équipements lourds et volumineux (radio, portefeuilles, multioutils, etc.), donc des pressions persistantes et des astreintes à la respiration en postures debout (dos droit) et assise, et, d'autre part, parce qu'elles limitent la flexion lorsqu'elles se butent au ceinturon (et à ses équipements) ou s'y accrochent lors d'une flexion combinée à une torsion du tronc à l'occasion des « virages en moto », des « demi-tours » ou de l'« attente » lors de l'escorte.

Les observations montrent que, pour effectuer une rotation du tronc, le motard doit souvent redresser le gilet en se déhanchant et en étirant le tronc. Ce geste empêche le gilet de s'accrocher ou l'aide à se décroincer et peut être répété plusieurs fois avant que la posture droite puisse être adoptée à nouveau. De plus, le volume occupé par les poches nuit au rapprochement des bras (adduction) de l'abdomen, position nécessaire pour manier le guidon de la moto lors des virages prononcés. Des pressions sont également ressenties au tronc lorsque le coude pousse sur les équipements dans les poches dans le but de flanquer le coude contre l'abdomen et de compléter la rotation du guidon.



Figure 32. a) Panneau frontal du gilet qui repose sur le ceinturon et qui « tire » sur le panneau dorsal; b) pressions et entraves sur le côté du dos et à l'emmanchure lorsque l'agent effectue une rotation plus importante de l'épaule pour compenser une rotation moindre du dos; entrave du bras (adduction) pour orienter le guidon de la moto.

Également, lors des « interactions avec le conducteur », des pressions moyennes ou légères apparaissent à la hauteur de la poche gauche, soit du côté où l'agent fléchit la hanche pour soutenir le poids de son corps, notamment au moment où le bord de la poche latérale (que la poche soit remplie ou non) « pousse » sur les équipements du ceinturon (chargeur vertical ou horizontal, étui de la canette de poivre de Cayenne). De plus, les poches du gilet reposant sur le ceinturon et les équipements que portent l'agent ont pour effet de soulever le devant du gilet et de rapprocher le panneau dorsal du corps de dernier, ce qui engendre, pour la plupart d'entre eux, des pressions d'intensité légère ou moyenne sur le tiers inférieur du dos.

L'analyse montre également que l'ajout de certains équipements comme le répéteur de la radio sur la ganse de la bretelle (spécificité du gilet de la PM) exerce une pression asymétrique sur le gilet, qui engendre à son tour des pressions sur et devant l'épaule gauche. Ces contraintes n'ont pas été notées lors du port du gilet de la PP, car le système de radio moto ne comporte pas de répéteur.

5.2.6 Entraves à la mobilité causées par le port du manteau en cuir

Lorsque porté par-dessus le GPB, le manteau en cuir cause d'importantes entraves à l'ensemble des gestes réalisés dans les différentes activités, et ce, pour les deux organismes policiers (Figure 33). La coupe du manteau étant déjà ajustée, l'ajout du gilet rend l'ensemble trop serré, ce qui cause des sensations d'entraves au torse. De plus, le poids élevé du manteau (> 1,5 kg), ajouté au poids du gilet, exacerbe les contraintes de pressions présentées précédemment. La mobilité des bras est également grandement restreinte à cause de la rigidité et de l'épaisseur du cuir qui forme des ondulations sur le dessus des bras, ainsi que des bandes latérales de retenue qui « tirent » le manteau sur le côté. Plus spécifiquement pour le manteau en cuir de la PP, la forme spécifique (plusieurs coutures rectilignes) de la manche à la hauteur de l'épaule (tête de manche sur la Figure 33) limite davantage les mouvements d'abduction et de flexion des bras. Les restrictions de mouvements sont plus importantes encore lorsque le manteau est muni des protections contre les chutes.



Figure 33. Entraves des gestes lors du port du manteau en cuir et du GPB.

5.2.7 Synthèse des caractéristiques du gilet pare-balles favorisant des contraintes à la mobilité

De façon sommaire, voici la liste des éléments du gilet qui favorisent les contraintes à la mobilité des motards dans le cadre de leur travail :

- Poids
- Épaisseur des panneaux et des poches
- Manque de flexibilité dans la structure (sur le devant et les côtés) et ajout de rigidité avec les équipements contenus dans les poches
- Manque d'élasticité dans la structure (au dos et sur les côtés)
- Bords coupants (taille, bretelles, emmanchures)
- Carrure trop importante du devant
- Longueur trop importante au-devant et sur les côtés
- Profil prononcé des poches causant des accrochages
- Interaction et accrochage ceinturon/GPB

5.3 Analyse de l'astreinte thermique

Cette sous-section présente le portrait des astreintes thermiques subies par les agents motards. Les résultats issus du terrain, puis ceux des situations simulées sont exposés. L'ensemble de ces résultats montrent que les valeurs de températures internes lors du port du GPB sont supérieures aux valeurs de confort pour la majorité des motards. À l'instar de la température corporelle interne, la température cutanée moyenne est aussi plus élevée lorsque le GPB est porté. Les valeurs du coût cardiaque relatif et des températures corporelles moyennes témoignent

de la présence d'une certaine astreinte thermique et mettent en évidence l'exigence physique de certaines activités. De plus, l'analyse des données-terrains fait état d'une légère déshydratation puisqu'une perte de poids corporel est notée à la fin du quart de travail.

En ce qui concerne la perception globale qu'ont les motards de l'astreinte thermique, l'analyse montre que celle-ci est liée aux données physiologiques recueillies et que le fait de porter le GPB augmente l'inconfort et la pénibilité pour la majorité des agents, pour l'ensemble des tâches et dans des températures ambiantes aussi basses que 9 °C. La répartition des sites corporels chauds et mouillés de transpiration a été déterminée en grande partie par l'uniforme porté pendant la simulation, dont le GPB.

5.3.1 Portrait de l'état thermique des agents spécialisés lors du port du gilet pare-balles durant un quart de travail

5.3.1.1 Température corporelle interne (TCI)

Des températures supérieures à 38 °C (en rouge) ont été observées pour 10 des 14 agents municipaux et 6 des 8 agents provinciaux (Tableau 23). Ces TCI supérieures à 38 °C ont été mesurées lorsque le patrouilleur réalisait ou venait tout juste de réaliser une activité de parade, d'escorte d'artistes, de gestion de la circulation ou d'opération radar dans des zones à basse ou haute vitesse (Tableau 24). Des TCI supérieures à 37,6 °C (en rose pâle), considérées comme des valeurs critiques pour des personnes plus vulnérables selon Wenzel *et al.* (1989), ont été notées pour 13 des 14 agents municipaux et pour tous les patrouilleurs provinciaux observés.

Tableau 23. Températures corporelles internes maximales enregistrées par sujet

Organisme municipal															
Sujet	Sys 11	Sys 12	Sys 13	Sys 14	Sys 15	Sys 16	Sys 17	Sys 18	Sys 19	Sys 20	Sys 21	Sys 22	Sys 23	Sys 24	
TCI _{max} (°C)	38,1	37,4	37,7	38,3	38	37,9	38,5	38,2	38,1	37,6	38,3	38,4	38,1	38,4	
Organisme provincial															
Sujet	Sys 31	Sys 32	Sys 33	Sys 34	Sys 35	Sys 36	Sys 37	Sys 38	Sys 39						
TCI _{max} (°C)	37,9	38,1	37,7	38,1	38,1	38,2	37,9	38,0	38,0						

La TCI atteignait ses valeurs maximales vers la mi-journée dans la plupart des cas, soit lorsque les conditions météo étaient les plus chaudes (entre 11 h et 13 h 30). Toutefois, des valeurs très élevées ont aussi été mesurées aux heures plus tardives du quart (de 18 h 30 à 24 h) lorsque les agents effectuaient des activités spécifiques comme l'escorte d'artistes ou la gestion de la circulation, donc des activités plus exigeantes sur le plan physique et plus stressantes.

Étonnamment, des valeurs de TCI élevées ont été observées lors de journées modérément chaudes et même fraîches. Lors du port de l'uniforme d'été et du GPB, des valeurs supérieures à 38 °C ont été répertoriées avec une température ambiante (T_{air}) de 14 °C, lors de tâches de gestion de la circulation, 20 °C lors d'escortes de dignitaires, et de 21 °C lors de tâches liées à

l'application du Code de la sécurité routière (CSR), activités plus exigeantes physiquement. Lorsque le manteau ou le veston en cuir était porté, des valeurs élevées ont été recueillies à partir de températures ambiantes de 9 °C pour la formation d'escorte de dignitaires et de 14 °C pour une escorte de cyclistes. La TCI dépassait les 38 °C pour des durées variables dans un quart de travail, allant de plus d'une heure pour six agents à plus de 2 h 30 min pour un agent. Elle dépassait les 37,6 °C pour des durées aussi longues que 6 h 45 min sur un quart de 13 h 30 min et de 10 h 30 min sur un quart de 17 h 30 min.

Tableau 24. Moment de journée, tâches réalisées et vêtements portés lorsque les valeurs de la TCI étaient supérieures à 38 °C, ainsi que la durée de la période du quart pendant laquelle la TCI était supérieure aux valeurs de référence

TRAVAIL EN UNIFORME D'ÉTÉ ET GILET PARE-BALLES									
Sys	TCI _{max} (°C)	Heure	Tâche réalisée au moment indiqué	T _{air} (°C)	Humidex (°C)	TCI ≥ 38 °C	TCI > 37,6 °C	Durée totale pendant le quart	
Organisme municipal									
11	38,12	12 h 34	Parade (fin)	29	39	45 min		1 h 57	
14	38,32	12 h 09	Parade (début)	22		2 h 40		10 h 39	
15	38,02	19 h 53	Débriefage (post-escorte problématique)	20		4 min		3 h 38	
17	38,50	18 h 35	Escorte d'un artiste	23	26	1 h 00		5 h 37	
18	38,24	00 h 01	Trajet en moto (postgestion de la circulation)	14		1 h 15		6 h 15	
21	38,23	12 h 51	Opération radar (boulevard)	24	28	1 h 52		6 h 59	
22	38,38	12 h 37	Opération radar (boulevard)	23		1 h 33		4 h 03	
Organisme provincial									
32	38,15	12 h 21	Opération radar (zone de construction)	21		14 min		2 h 12	
34	38,12	13 h 20	Trajet en moto (post opération radar)	27	31	47 min		1 h 55	
35	38,10	12 h 23	Postformation escorte de dignitaires	20		13 min		3 h 00	
36	38,22	10 h 52	Opération radar (autoroute)	26	29	1 h 10		3 h 31	
38	38,02	17 h 00	Fin d'escorte de cyclistes	23	28	1 min		6 h 47	
39	38,01	12 h 46	Soutien sur une scène d'accident	25	28	1 min		2 h 27	
TRAVAIL AVEC PIÈCES D'UNIFORME SUPPLÉMENTAIRES ET GILET PARE-BALLES									
Sys	TCI _{max} (°C)	Heure	Tâche réalisée au moment donné	Vêtement	T _{air} (°C)	Humidex (°C)	TCI ≥ 38 °C	TCI > 37,6 °C	Durée totale pendant le quart
Organisme municipal									
14	38,17	23 h 35	Gestion circulation	Ensemble imperméable	18		2 h 40		10 h 39
19	38,14	0 h 06	Gestion circulation	Manteau imperméable	22	30	40 min		2 h 41
23	38,11	14 h 07	Escorte de cyclistes sur circuit fermé	Manteau en cuir	14		23 min		6 h 12
24	38,4	12 h 40	Conduite moto postformation escorte de dignitaires	Ensemble en cuir	9		1 h 40		2 h 00
<i>Les valeurs de TCI élevées notées lors des pauses, lorsque des boissons ou de la nourriture chaudes ont été prises, ont été soustraites des calculs</i>									

Des TCI élevées ont été mesurées chez les motards des deux organismes. Toutefois, lorsque l'uniforme d'été était porté, les TCI maximales étaient légèrement plus élevées pour la PM (38,5 °C) que pour la PP (38,2 °C). La différence peut être liée au fait que les situations observées pour la PM exigeaient davantage d'activités à pied, associées au respect du CSR (opérations radar, surveillance d'interdictions, gestion de la circulation), à des événements et festivités avec conduite à basse vitesse (parades, escortes) et à des activités stressantes comme celle d'une escorte de dignitaires. Il faut également préciser que la période d'observation de la PM coïncidait avec une période de travail à temps supplémentaire important et de longs quarts de travail; une certaine fatigue cumulée pourrait avoir eu une répercussion sur la réaction des motards à la contrainte thermique.

5.3.1.2 Coût cardiaque

La fréquence cardiaque fluctuait grandement durant le quart de travail. Globalement, les coûts cardiaques relatifs (CCR) sont demeurés modérés (Tableau 25). Cinq quarts de travail sur 23 présentent un CCR dépassant les 30 %, valeur où l'intensité commence à être physiquement lourde, dont quatre, où cette valeur a été dépassée pendant 4 à 5 heures.

Tableau 25. Coût cardiaque relatif pendant les quarts de travail

Sujet	FC repos	FC moy	FC max	CCR moy	CCR max	Durée totale pendant le quart CCR > 30 %	Sujet	FC repos	FC moy	FC max	CCR moy	CCR max	Durée totale pendant le quart CCR > 30 %
Organisme municipal							Organisme provincial						
Sys	72	89	176	17	43	30 min	Sys	54	75	182	17 %	58 %	17 min
Sys	60	80	182	17	50	11 min	Sys	68	101	179	30 %	60 %	3 h 22
Sys	70	89	174	19	60	11 min	Sys	63	88	178	22 %	64 %	42 min
Sys	71	91	177	19	64	1 h 05	Sys	55	79	183	19 %	40 %	28 min
Sys	74	105	175	31	53	2 h 15	Sys	60	86	181	22 %	61 %	1 h 41
Sys	50	72	176	18	48	13 min	Sys	67	102	176	33 %	88 %	4 h 40
Sys	48	79	180	24	75	1 h 34	Sys	60	76	178	14 %	47 %	17 min
Sys	90	109	184	21	67	59 min	Sys	81	101	164	25 %	77 %	4 h 26
Sys	53	76	178	19	46	6 min	Sys	62	83	187	17 %	51 %	42 min
Sys	54	74	180	16	43	2 min							
Sys	62	105	184	36	70	5 h 47							
Sys	56	105	184	39	80	4 h 21							
Sys	44	73	180	22	46	44 min							
Sys	62	83	169	20	57	59 min							

À titre indicatif, nous avons utilisé la méthode de calcul du CCR pour repérer les situations où il y avait une intensité de travail plus élevée, des pics, afin de mieux comprendre les déterminants qui participent à la genèse de ces pics. Ces périodes ponctuelles variaient entre 2 et 90 minutes consécutives (2 à 15 min : 50 à 70 %; 5 à 90 min : 40 à 50 %). Des valeurs supérieures à 30 % (pics de CCR) ont été mesurées surtout lors des événements spéciaux tels que la gestion de la circulation (CCR ≥ 65 %), l'escorte d'artistes (CCR ≥ 70 %), l'escorte de dignitaires (CCR ≥ 50 %), l'escorte de cyclistes (CCR ≥ 60 %). Des valeurs élevées de CCR récurrentes et persistantes ont également été répertoriées lors de tâches liées à l'application du CSR, telles que

les opérations radar et patrouille en ville (CCR $\geq 70\%$) ou sur les autoroutes (CCR $\geq 65\%$) et la supervision d'interdictions de virer ou de circuler (CCR $\geq 50\%$) (Figure 34).

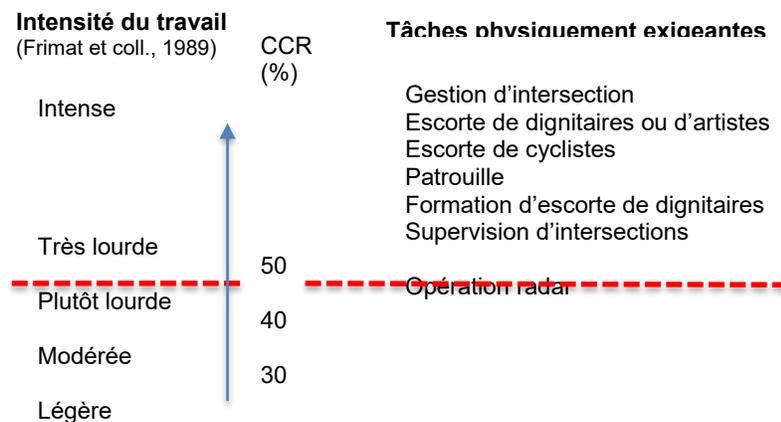


Figure 34. Classification de l'intensité de différentes tâches physiquement exigeantes pour les motards (CCR > 30 %, au-dessus de la ligne pointillée) selon l'échelle de Meyer (Frimat et al., 1989).

Selon Meyer (1996), les valeurs de CCR supérieures à 50 % pendant 8 heures correspondent à une activité physique « intense ». Toutefois, dans le cas d'activités ponctuelles de moins de 30 minutes, il faut se rapporter à l'échelle de FC de Minnesota qui indique que le travail modéré correspond à des valeurs limites de FC de 130 bpm et un CCR $\geq 50\%$ (Meyer et al., 2014; Monod et Kapitanik, 2003). Ainsi, le travail des motards inclut certes des périodes de travail de plus haute intensité, mais globalement les résultats indiquent qu'il s'agit d'un travail d'intensité modérée.

Dans la majeure partie des activités exigeantes planifiées (gestion de la circulation, escorte, opérations radar), le CCR se fait sentir bien avant que l'activité même ne débute, ce qui montre l'importance de la mobilisation et de la concentration exigées par certaines tâches. Ce fut le cas notamment lors de trajets en moto associés à des activités dans le cadre d'un festival ou d'une opération radar sur l'autoroute (Sys 14, 17, 32), de l'attente avant certaines escortes de cyclistes ou la formation d'escorte (Sys 18, 35, 38). Des pics de fréquence cardiaque apparaissent également dans des situations de stress non appréhendé. C'est le cas, par exemple, lors d'un appel pour soutien dans une poursuite d'auto (Sys 36), alors que le CCR a rapidement atteint les 70 % avant de descendre une dizaine de minutes plus tard, à l'annonce de la fin de l'opération.

La Figure 35 montre un pic similaire lorsqu'un motard (Sys 21) s'est lancé à la poursuite d'un contrevenant. Cette figure illustre aussi une augmentation de l'intensité de l'activité lorsque ce motard a effectué des tâches debout plus statiques, comme la supervision d'un virage interdit ou une opération radar. L'intensité de l'activité était plus élevée (CCR $\geq 50\%$) avec une FC supérieure à 110 bpm, dans la période la plus chaude de la journée soit entre 12 h 30 et 15 h. Le motard a aussi effectué des activités lourdes (CCR $\geq 30\%$) ou intenses (CCR $\geq 50\%$) pendant une grande partie de son quart de travail. L'analyse des fluctuations du CCR montre que les pauses et la ventilation qu'apportent les déplacements en moto favorisent une diminution de l'astreinte thermique.

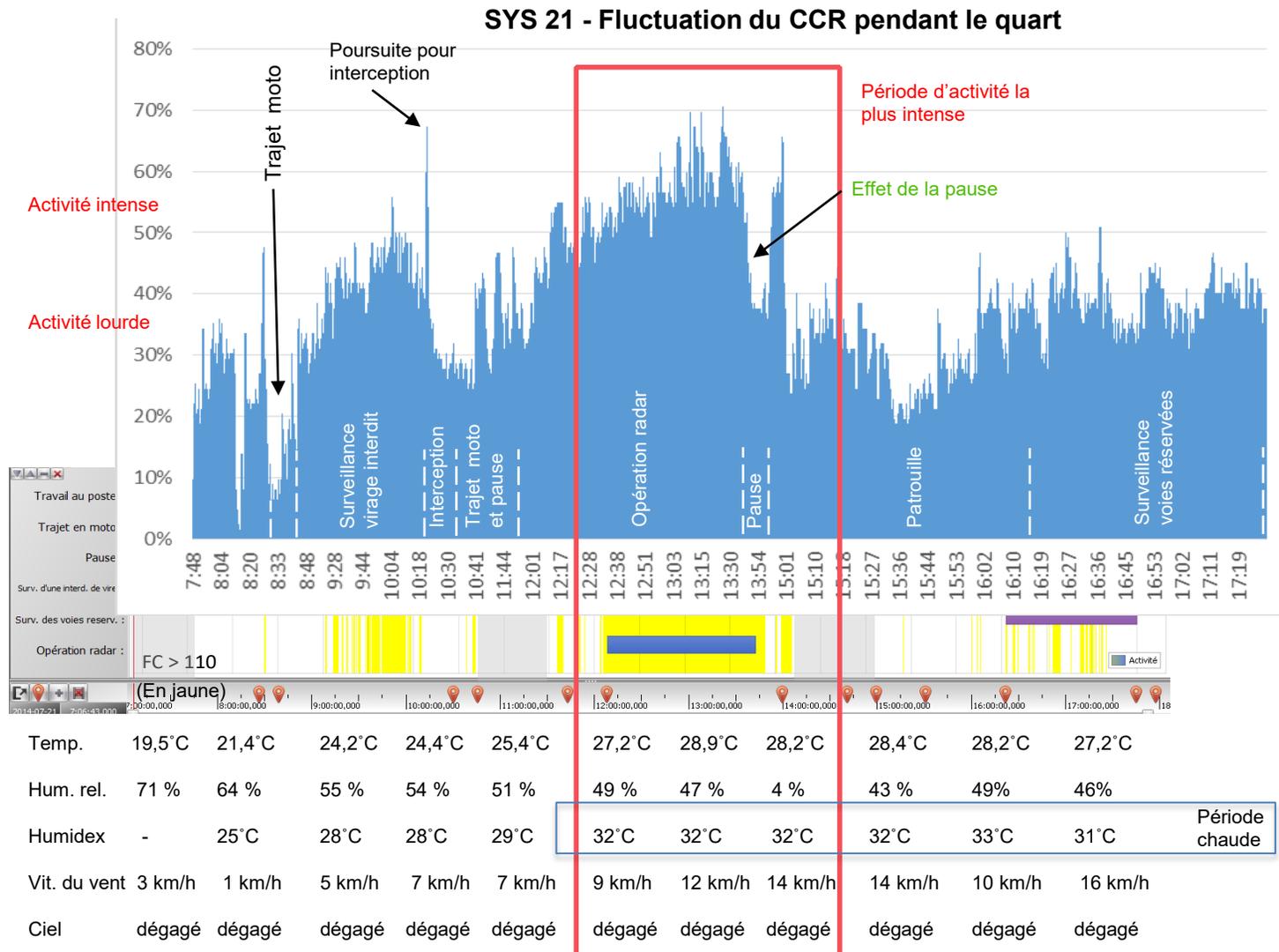


Figure 35. Exemple de fluctuations de la fréquence cardiaque et de l'intensité de l'activité lors de la supervision d'une interdiction d'effectuer un virage, d'une opération radar et de la supervision d'une interdiction de circuler (Sys 21).

5.3.1.3 Température cutanée moyenne ($T_{cut\ moy}$)

Des températures cutanées moyennes supérieures à 35 °C ont été atteintes pour 7 des 9 motards de la PM, ainsi que 8 des 9 motards de la PP portant l'uniforme d'été avec un GPB, et pour un agent de la PM portant l'uniforme d'été avec un manteau en cuir. La $T_{cut\ moy}$ dépassait ce seuil pendant des activités menées à pied (opération radar sur un boulevard municipal, périodes d'attente à l'extérieur avant les escortes ou les parades) de même que pendant celles menées à moto (escortes de dignitaires ou de cyclistes, parades, patrouilles et opérations radar sur autoroute) (Tableau 26). Ces $T_{cut\ moy}$ élevées ont été mesurées durant le jour, entre 7 h 40 et 19 h 15, et habituellement lors des journées ensoleillées (13 de 16 cas observés); elles se sont maintenues à un degré élevé durant 7 heures pour un motard escortant un peloton de cyclistes.

Selon Yao *et al.* (2007), la zone de confort de la $T_{cut\ moy}$ se situe entre 32,7 et 33,5 °C. Les valeurs de $T_{cut\ moy}$ qui atteignent 35 °C témoignent de la présence d'inconfort thermique. Lorsque combiné à des TCI approchant les 38 °C, comme celles obtenues dans la présente étude, le taux de sudation maximal de la personne est habituellement atteint, et l'ensemble des mécanismes physiologiques de refroidissement sont mis en œuvre (Youle *et al.*, 1996).

Tableau 26. Conditions lorsque la température cutanée moyenne dépassait 35 °C

Sujet	Heure lorsque $T_{cut\ moy} \geq 35\text{ °C}$	Activité menée	Période du quart avec $T_{cut\ moy} \geq 35\text{ °C}$	Sujet	Heure lorsque $T_{cut\ moy} \geq 35\text{ °C}$	Activité menée	Période du quart avec $T_{cut\ moy} \geq 35\text{ °C}$
Organisme municipal				Organisme provincial			
Uniforme d'été et GPB							
Sys 12	10 h 40	Op sonomètre, op. radar	1 h 52	Sys 31	16 h 12	Attente	5 min
Sys 13	16 h 15	Op. radar, trajet moto	52 min	Sys 32	10 h 40	Op. radar, patrouille	2 h 52
Sys 14	10 h 00	Patrouille, attente/parade	1 h 15	Sys 33	10 h 40	Patrouille	28 min
Sys 15	0		0	Sys 34	11 h 40	Trajet moto, op. radar	1 h 56
Sys 16	10 h 15	Entraînement, rédaction des constats	33 min	Sys 35	0		0
Sys 17	17 h 00	Trajet moto, attente et escorte de dignitaires	1 h 57	Sys 36	10 h 08	Opération radar, patrouille	3 h 25
Sys 19	17 h 15	Trajet moto, patrouille	32 min	Sys 37	7 h 40	Attente, escorte de cyclistes	6 h 54
Sys 20	11 h 50	Réd. des constats, patrouille	1 h 00	Sys 38	7 h 50	Escorte de cyclistes	1 h 48
Sys 24	0		0	Sys 39	11 h 30	Escorte d'un triathlon	15 min
Uniforme d'été et manteau en cuir							
Sys 23	11 h 45	Escorte de cyclistes	2 h 21				

5.3.1.4 Température cutanée (T_{cut}) locale

Les valeurs de température cutanée variaient d'une région corporelle à une autre, selon le participant et le contexte (activités réalisées, uniforme endossé, type de moto, etc.). Pour la plupart des régions corporelles investiguées, les valeurs obtenues dépassaient les seuils de confort proposés par Yao *et al.* (2007), et ce, pour une grande partie de la période du quart de travail (Tableau 27).

- **Bras** : La T_{cut} du bras était supérieure à 32,5 °C (valeur de confort selon Yao *et al.*, 2007) en moyenne pendant 70 % de la durée du quart avec une variation de 3 à 96 % de cette durée. Les pourcentages les plus bas ont été obtenus lors de quarts de soir ou de périodes nuageuses, avec des températures ambiantes de 17 à 21 °C (tâches de patrouille lors d'un festival, gestion d'intersections ou escorte d'un artiste), alors que les plus élevés ont été mesurés lors de quarts de jour, ensoleillés, humidex de 27 à 34 °C (tâches d'escorte de cyclistes). La T_{cut} maximale des bras est, en moyenne pour l'ensemble des participants à l'étude, de 36 °C, soit 3,5 °C au-dessus du seuil de confort. Les températures les plus élevées ont été mesurées dans des *conditions ensoleillées*, lorsque le motard réalisait des activités autant statiques (ciblage avec radar, rédaction, attente) que dynamiques (escorte à basse vitesse).
- **Dos** : La T_{cut} du dos dépassait 32,5 °C en moyenne pendant 68 % de la durée du quart, soit une variation entre 26 et 96 % de cette durée. Les valeurs les plus élevées ont été de 37,8 °C, soit 2,9 °C au-dessus du seuil de confort, pour 5 motards effectuant des activités de surveillance d'interdictions, d'opération radar statique ou sur l'autoroute, d'escorte de dignitaires et de gestion d'intersections. Globalement, la T_{cut} du dos demeurait élevée pendant le quart et baissait lors de la conduite de la moto ou lors des pauses dans des endroits climatisés.
- **Mollet** : La T_{cut} du mollet dépassait 32,5 °C en moyenne pendant les deux tiers (66 %) de la durée du quart, variant entre 19 % de cette durée (quart de jour, uniforme d'été, bottes hautes, formation d'escorte de dignitaires, température ambiante allant de 15 à 21 °C) et 93 % (quart de jour, escorte de cyclistes, température ambiante de 20 à 29 °C, humidex entre 27 et 34 °C). Une T_{cut} au-dessus du seuil de confort a été recueillie pour 9 % de la durée du quart lorsque la botte basse était portée (quart de jour, formation d'escorte, température ambiante de 5 à 11 °C). Les valeurs les plus élevées ont été de 42,2 °C (quart de jour, opérations CSR, humidex de 28 à 33 °C). Les pics de chaleur aux mollets ont été mesurés lors de la conduite de la moto.
- **Tête** : La T_{cut} de la tête dépassait 32,5 °C sur presque l'ensemble de la période durant laquelle le casque était porté, soit de 21 à 65 % de la durée du quart, pour une moyenne de 43 %. La température maximale captée sous le casque a atteint 38,2 °C et s'est maintenue tout au long de son port, et ce, indépendamment de l'activité réalisée. Toutefois, la température diminuait avec la disparition de l'ensoleillement (nuit, ombre, nuages). Une température de confort a été recueillie lorsqu'il y avait présence de ventilation importante, comme lors de la conduite rapide de la moto. Toutefois, cet effet disparaissait aussitôt que le motard arrêtait son engin.
- **Poitrine** : La T_{cut} de la poitrine dépassait 32,5 °C en moyenne pendant 41 % de la durée du quart, variant entre 7 % de cette durée (température ambiante en deçà de 24 °C,

nombreux déplacements en moto) et 82 % de cette durée (jour, ensoleillé, humidex de 31 à 34 °C et tâches liées au CSR : surveillance d'interdictions, opérations radar, patrouille à basse vitesse et gestion de la circulation). La valeur maximale captée a atteint 38 °C. Des baisses brusques de T_{cut} ont été notées lors des déplacements à moto, mais les températures remontaient aussi brusquement dès l'arrêt de l'engin. Cette observation indique la présence d'un flux d'air qui pénètre par l'encolure du GPB, selon le type de pare-brise de la moto (précision apportée par certains motards).

- **Cuisse** : La T_{cut} de la cuisse dépassait 32,5 °C, en moyenne, pendant 21 % de la durée du quart, soit une variation entre 0 et 57 % de cette durée. Les données obtenues pour les deux organismes étaient trop différentes pour permettre une analyse commune. Des valeurs bien au-dessus du seuil de confort ($T_{cut\ max} = 41,2$ °C) étaient enregistrées lors de la conduite de la moto Harley-Davidson de la PM pendant les patrouilles en moto, les parades, les entraînements et les escortes, situations lors desquelles les cuisses du motard se trouvaient à proximité du moteur de sa monture. Pour les agents de la PP, les T_{cut} relevées à la cuisse n'ont montré aucun lien avec la conduite de la moto BMW; le seuil de confort était légèrement dépassé (max = 37 °C) autant lors de la conduite de la moto que lors de la réalisation de tâches debout (opération radar à pied).

Globalement, les valeurs obtenues pour les deux organismes sont très similaires pour les T_{cut} de la tête, de la poitrine, du dos et du mollet. Toutefois, pour *la cuisse*, la moyenne des $T_{cut\ max}$ différait, soit 38,2 °C pour la PM par rapport à 36,5 °C pour la PP. Ces différences sont probablement liées à la configuration de la moto; la Harley-Davidson de la PM dégageant plus de chaleur à la hauteur des cuisses. Également, pour *le bras*, la moyenne des $T_{cut\ max}$ était supérieure pour la PP (36,7 °C) que pour la PM (35,3 °C), ainsi que la durée du quart avec des T_{cut} plus élevées, soit respectivement 72 % et 69 %. Cet écart pourrait s'expliquer par le type de vêtement : chemise en laine plus épaisse (PP) par rapport à chemise en rayonne (PM). L'ensemble des policiers provinciaux portait un T-shirt en coton épais alors que les policiers municipaux endossaient, selon la préférence de chacun, un T-shirt en coton ou en polyester extensible, de type séchage rapide.

En synthèse, les données recueillies permettent de conclure que les régions qui posent le plus de problèmes sur le plan de l'accumulation de chaleur sont le *dos* (manque de ventilation), le *mollet* (manque de ventilation et proximité du moteur de la moto) et la *tête* lors du port du casque (manque de ventilation et radiation solaire). À certains moments lors de la conduite en moto, la *poitrine* peut être refroidie, soit lorsqu'un flux d'air passe à travers l'encolure. Les cuisses sont globalement aérées grâce au tissu poreux des pantalons, mais demeurent une zone problématique lors de la conduite de la moto Harley-Davidson chez les agents de la PM.

Tableau 27. Températures cutanées locales maximales par rapport aux seuils de confort

	$T_{cut. max}$ (°C)						Différence : seuil de confort – $T_{cut max}$ (°C)						Période du quart de travail avec $T_{cut} >$ seuil de confort (%)					
	Tête	Poitrine	Dos	Bras	Cuisse	Mollet	Tête	Poitrine	Dos	Bras	Cuisse	Mollet	Tête	Poitrine	Dos	Bras	Cuisse	Mollet
Seuil de confort (°C)	34,0	34,8	34,9	32,5	34,6	33,1	Tête	Poitrine	Dos	Bras	Cuisse	Mollet	Tête	Poitrine	Dos	Bras	Cuisse	Mollet
Sys 11	-	-	-	35,1	37,6	38,7	-	-	-	2,6	3	5,6	-	-	-	71	17	81
Sys 12	-	35,9	37,5	36,5	39,7	39,2	-	1,1	2,6	4	5,1	6,1	-	28	69	94	35	86
Sys 13	37,2	36	-	35,8	36,4	41,4	3,2	1,2	-	3,3	1,8	8,3	47	28	-	93	16	77
Sys 14	37,3	37	37,8	35,6	39,7	40,8	3,3	2,2	2,9	3,1	5,1	7,7	48	34	84	-	15	87
Sys 15	37	36,1	36,9	33,2	35,2	40	3	1,3	2	0,7	0,6	6,9	27	7	45	3	1	30
Sys 16	37,4	35,9	36,9	36,3	41,1	38,6	3,4	1,1	2	3,8	6,5	5,5	51	10	38	64	28	59
Sys 17	-	36,8	37,8	36	38	41,4	-	2	2,9	3,5	3,4	8,3	-	68	82	89	22	58
Sys 18	37,7	37,3	-	35	38,1	-	3,7	2,5	-	2,5	3,5	-	33	61	-	51	8	-
Sys 19	37,5	36,4	-	34,7	38,4	41,5	3,5	1,6	-	2,2	3,8	8,4	57	82	-	76	8	62
Sys 20	37,7	35,7	36,9	35,7	41,2	39,9	3,7	0,9	2	3,2	6,6	6,8	52	14	26	55	36	69
Sys 21	37,7	38	37,8	38,3	-	42,2	3,7	3,2	2,9	5,8	-	9,1	65	82	85	90	-	82
Sys 22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sys 23	37	35	37,5	34,9	37,3	40,1	3	0,2	2,6	2,4	2,7	7	57	5	86	60	57	59
Sys 24	37,3	36,3	37	34,8	35,1	34,1	3,3	1,5	2,1	2,3	0,5	1	32	58	75	82	0	9
Sys 31	37	35,9	36,9	35	37,9	40,4	3	1,1	2	2,5	3,3	7,3	36	28	69	57	4	88
Sys 32	37,1	-	36,9	36,8	37,4	40,3	3,1	-	2	4,3	2,8	7,2	21	-	65	81	43	73
Sys 33	37,5	35,7	37,8	36,8	37,5	38,9	2,1	0,9	2,9	4,3	2,9	5,8	50	27	72	92	9	65
Sys 34	38,2	36,3	37,8	36,4	37,3	40,4	4,2	1,5	2,9	3,9	2,7	7,3	27	43	72	70	43	73
Sys 35	36,7	35,3	-	35,6	33,6	36,8	1,3	0,5	-	3,1	-1	3,7	17	5	50	50	0	19
Sys 36	37,7	36,5	37,3	37,2	37,7	40,1	2,3	1,7	2,4	4,7	3,1	7	64	72	80	80	46	78
Sys 37	37,3	36,9	37,4	37,1	36,1	39,4	1,9	2,1	2,5	4,6	1,5	6,3	65	80	96	96	17	93
Sys 38	37,4	36	37,1	37,4	35,7	41,3	2	1,2	2,2	4,9	1,1	8,2	77	20	87	87	15	87
Sys 39	37,6	35,7	36,6	37,9	35,2	38,8	2,2	0,9	1,7	5,4	0,6	5,7	66	13	35	35	5	36
Moyenne	37,4	36,2	37,2	36	37,4	39,7	2	1,4	2,3	3,5	2,8	6,6	46	41	68	70	21	66
Écart type	0,3	0,7	0,5	1,2	1,9	1,8	0,3	0,7	0,5	1,2	1,9	1,8	17	27	20	23	17	23

Notes :

- Les seuils de confort sont ceux proposés par Yao *et al.* (2007).
- Le % pour la tête indique le % de la durée d'observation. Sachant que nous ne connaissons pas les valeurs de température sur la tête lorsque le casque n'était pas porté, cette estimation pourrait sous-estimer la durée réelle d'inconfort.
- Les nuances de rouge indiquent les situations où les valeurs sont plus élevées (rouge foncé) et celles qui le sont le moins (rouge pâle).

5.3.1.5 Perte hydrique

Malgré la consommation de boissons et de nourriture pendant le quart de travail, une perte de poids corporel a été notée en fin de quart pour 5 motards de la PM et 7 de la PP (Tableau 28). La perte de poids corporel la plus marquée a été de 1,4 % pour un motard (Sys 24), avec une valeur entre 0,1 et 0,7 % pour les 11 autres. Cette baisse de poids corporel témoigne d'une perte hydrique pendant le quart de travail, donc d'une astreinte physique. Toutefois, Lehmacher *et al.* (2007) rapportent que chez un adulte en bonne santé, ces valeurs n'affectent pas les capacités de la personne et ne constituent certainement pas un risque pour la santé.

Tableau 28. Variation de poids corporel mesurée par la méthode de bio-impédance électrique

Sujet	Variation de poids (kg)	Variation de poids (% poids initial)	Sujet	Variation de poids (kg)	Variation de poids (% poids initial)
Sys11	0,6	0,7	Sys 31	-0,2	-0,2
Sys 12	0,2	0,3	Sys 32	0	0
Sys 13	1,1	1,3	Sys 33	-0,4	-0,5
Sys 14	-0,4	0,4	Sys 34	-0,1	-0,1
Sys 15	-0,5	-0,5	Sys 35	0,5	0,5
Sys 16	-0,4	-0,4	Sys 36	-0,4	-0,5
Sys 17	0,1	0,1	Sys 37	-0,4	-0,5
Sys 18	0,9	1,2	Sys 38	-0,3	-0,4
Sys 19	0	0	Sys 39	-0,4	-0,4
Sys 20	-0,6	-0,7			
Sys 21	1,1	1,6			
Sys 22	1	1,5			
Sys 23	-0,1	-0,1			
Sys 24	-1,2	-1,4			

5.3.1.6 Appréciation de l'environnement thermique

Les questionnaires remplis par les participants indiquent des fluctuations dans la perception de l'environnement thermique pendant les différents quarts de travail (Tableau 29). Les situations jugées difficiles ou très difficiles sur le plan thermique lors du port du GPB ont été :

- Gestion de la circulation sous des températures ambiantes de 15 à 17 °C et sans soleil;
- Opérations liées au CSR (surveillance d'interdictions, opération radar et patrouille municipale et autoroute) à des températures ambiantes de 22 °C ou plus;
- Parade et attente avant une parade à des températures ambiantes de 24 °C ou plus;
- Escortes lentes à des températures ambiantes entre 25 et 26 °C.

Lorsque le manteau en cuir était porté, certains agents exprimaient des difficultés à tolérer la chaleur à des températures ambiantes aussi basses que 9 °C, notamment lors d'escorte de dignitaires.

Tableau 29. Contextes de travail considérés comme assez ou très difficiles à tolérer, et tout juste ou tout à fait inacceptables sur le plan thermique

Sujet	Tâche	T _{air} (°C)	Humidex (°C)	Uniforme
Sys 11	Parade	29	38	Été
Sys 14	Attente avant parade	24	30	Été
	Gestion de la circulation	18		Imperméable
Sys 15	Gestion de la circulation	17		Été
Sys 17	Gestion de la circulation	16		Été
Sys 18	Attente et escorte de cyclistes	25	29	Été
	Gestion de la circulation	15		Été
Sys 20	Opération radar et surveillance d'interdictions	24 à 25	29	Été
	Patrouille	27	30	Été
Sys 21	Surveillance d'interdictions, opération radar	24 à 28	28 à 32	Été
Sys 22	Opération radar	22	26	Été
	Patrouille au festival	26	31	Été
Sys 24	Formation escorte	10		Ensemble cuir
Sys 32	Opération radar et patrouille sur l'autoroute	24	28	Été
Sys 34	Opération radar sur autoroute	28	31	Été
Sys 37	Escorte de cyclistes	26	31	Été
Sys 39	Soutien sur une scène d'accident	25	29	Été

Les perceptions thermiques locales évoluaient pendant le quart de travail. La Figure 36 illustre un des exemples de cette fluctuation (Sys 14) pour un agent de la police municipale lors d'une activité d'escorte, suivie d'un travail de bureau, puis d'une période de surveillance et de patrouille. De façon plus spécifique, la figure juxtapose les données de T_{cut} (tête, poitrine, dos, cuisse et mollet), la chronique de quart et l'évaluation subjective du confort. L'évaluation faite par l'agent est cohérente avec les données de T_{cut} . Dans cet exemple, on remarque une augmentation graduelle de l'inconfort pendant l'activité d'escorte à basse vitesse. À ce moment, la T_{cut} grimpe partout, la T_{cut} de la poitrine atteignant un pic (37 °C). Les déplacements rapides en moto favorisant la diminution de la T_{cut} , l'agent localise alors l'inconfort aux fesses. Pendant le travail de bureau, il localise l'inconfort à la poitrine et l'associe au GPB. Puis, lors d'une surveillance de voie réservée sous le soleil, on observe une hausse graduelle de l'inconfort. L'agent rapporte notamment un inconfort à la tête alors que le soleil irradie le casque; moment où la T_{cut} de la tête atteint un pic (37,4 °C). Ainsi, la figure montre que les moments où l'agent rapporte de l'inconfort et sa localisation sur le corps correspondent à ceux pour lesquels la T_{cut} dépasse les valeurs de confort de Yao *et al.* (2007) pour la région identifiée (trame colorée sur les signaux de température).

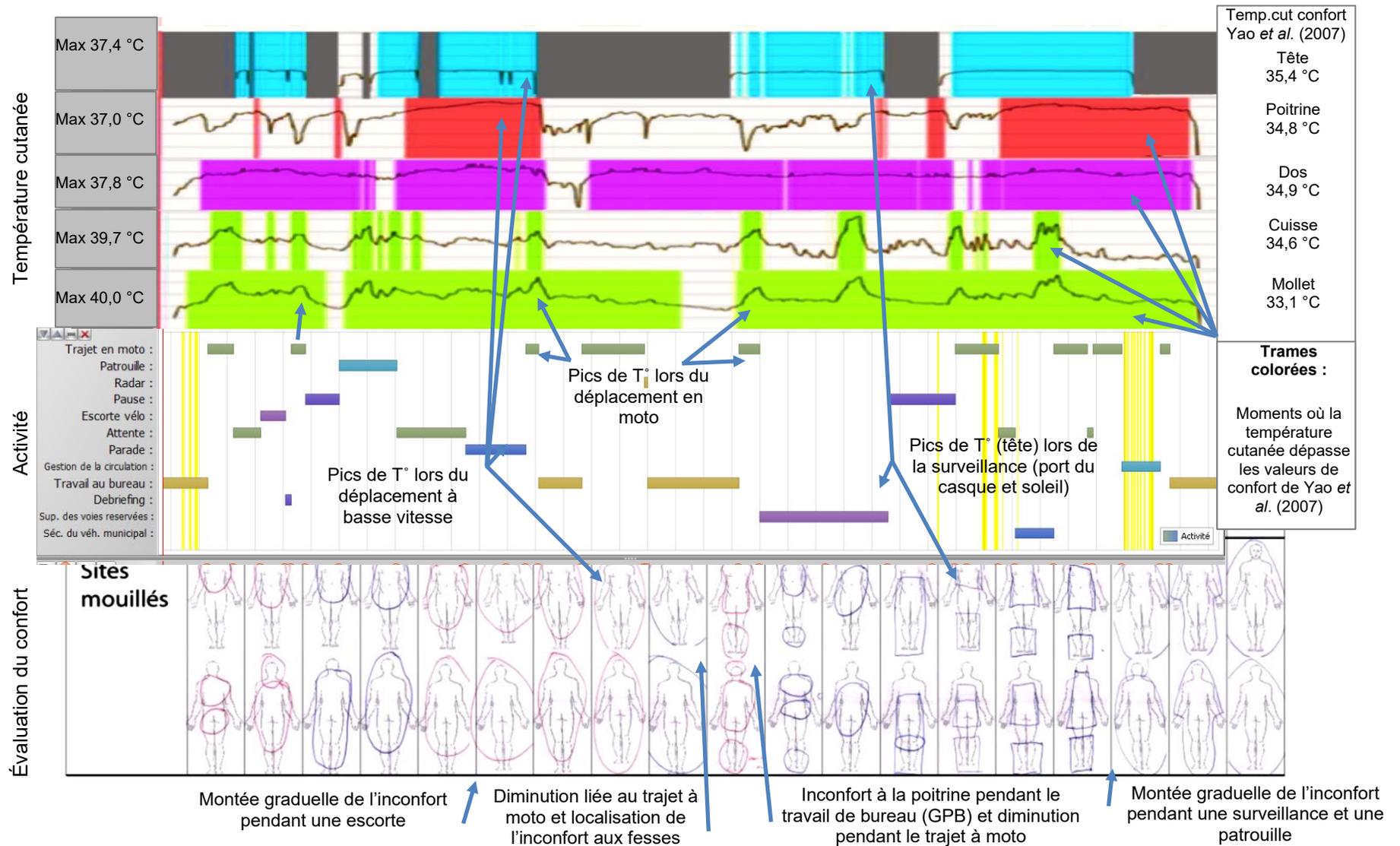


Figure 36. Évolution des perceptions thermiques locales pendant un quart de travail (Sys 14).

Ainsi, de manière générale pour l'ensemble des situations, dès qu'ils revêtaient leur uniforme et le GPB en ambiance climatisée, les motards (n=24) se sentaient confortables, mais plusieurs (n=14) percevaient de la chaleur au tronc, soit la région recouverte par le gilet. Quelques agents ont indiqué avoir ressenti de la chaleur aux aisselles (n=2), aux pieds (n=2), aux mollets (n=1), à la tête (n=1) et au cou (n=1). Pour l'ensemble des motards, la zone de chaleur s'étendait sur une plus grande surface du tronc pendant la journée ainsi que vers la tête, les jambes et les bras. La zone de la tête était considérée comme chaude pour une période s'étendant entre 20 et 120 minutes suivant le début du port du casque chez la PM (casque de type « bol ») et entre 5 et 60 minutes chez la PP (casque trois-quarts). La chaleur aux pieds et aux mollets apparaissait entre 1 et 2 heures après le début du quart. Certains motards ressentaient une boule de chaleur qui englobait le corps entier et persistait jusqu'à la période de repos dans un environnement climatisé.

Selon les 24 motards interrogés, les sites suivants ont été les plus fréquemment considérés comme étant « les plus chauds » pendant le quart : tronc frontal (n=21), tronc dorsal (n=20), tête (n=20), intérieur des cuisses (n=14), mollets et pieds (n=13), cou (n=13), bras (n = 5), mains (n=3). Lorsque les motards portaient leur GPB sous un manteau (en cuir, imperméable ou coupe-vent), la zone de chaleur mesurée au tronc s'étendait vers les bras et le cou; la tête, les pieds et mollets étant cependant moins affectés par la chaleur.

Les endroits perçus comme étant mouillés de transpiration correspondaient globalement aux zones de chaleur qui englobaient les aisselles, le tronc frontal et dorsal et s'étendaient ensuite à la tête, aux pieds, aux mollets et aux cuisses. En fin de quart, les T-shirts de la quasi-totalité des agents observés étaient soit humides, soit imbibés et tachés de transpiration, n'ayant pas pu s'assécher pendant le travail ni lors des pauses en ambiances climatisées (Figure 37). Plusieurs agents ont verbalisé une sensation de transpiration qui coulait dans le dos pendant le travail. De la transpiration profuse était également notée sur la tête et sur le front, coulant dans certaines situations dans les yeux du motard (c.-à-d. pendant l'opération radar sur l'autoroute), ce qui compliquait la conduite de la moto.

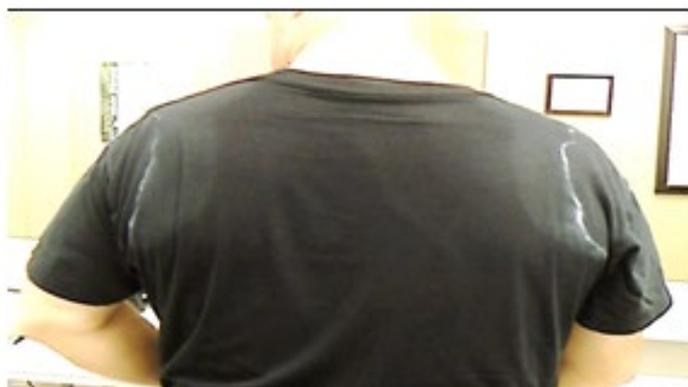


Figure 37. Cernes de transpiration en fin du quart et trace noire d'humidité illustrant la portion du dos recouverte par le GPB.

En analysant plus finement la perception des motards de l'ambiance thermique par rapport aux données objectives recueillies avec les capteurs, on constate que dans la majorité des cas, leurs commentaires correspondent aux données physiologiques recueillies. Lorsqu'ils mentionnent que leur état était « tout juste inacceptable » et « très difficile à tolérer », la température interne

dépassait 37,6 °C alors qu'à plusieurs reprises, lorsqu'ils se disaient dans un état « tout à fait inacceptable » et « impossible à tolérer », la température interne dépassait 38 °C. Cependant, une certaine variabilité est observée à cet égard, car quelques-uns percevaient le début d'une astreinte avant que leur TCI monte au-delà de 37,6 °C, alors que certains ont rapporté l'inconfort plusieurs heures après que leur TCI eut dépassé le seuil de 37,6 °C. D'ailleurs, deux agents ont jugé l'environnement thermique « acceptable » tout au long du quart alors que leur TCI était supérieure au seuil de 37,6 °C pendant respectivement 3 et 6 heures, et supérieure au seuil de 38 °C sur une période de 30 minutes à 1 heure. Cela montre que la tolérance à la chaleur est variable d'un motard à l'autre.

5.3.2 *Portrait de l'état thermique des motards en situations simulées*

Cette sous-section présente les résultats de l'analyse thermique effectuée lors de simulations au cours desquelles les motards devaient effectuer des activités spécifiques répertoriées dans le travail réel. Cette analyse visait à vérifier l'influence de différents déterminants (port ou non du GPB, activité réalisée et vêtement porté) sur la température corporelle interne, la température cutanée, le coût cardiaque relatif, les extrapulsations cardiaques thermiques et la perception subjective des motards de leur état thermique.

5.3.2.1 Fluctuation de la température corporelle interne (TCI)

Les fluctuations de la température corporelle interne (TCI) sont très variables d'un agent à un autre pour une activité similaire, autant pendant la séance d'activités simulées que pendant les périodes de repos. Les Figure 38 et Figure 39 synthétisent les résultats de la PM selon l'agent (lignes colorées), le port ou non du GPB et différentes activités. Comme la tendance de fluctuation est similaire avec celle des agents de la PP, les résultats sont décrits à l'Annexe VII.

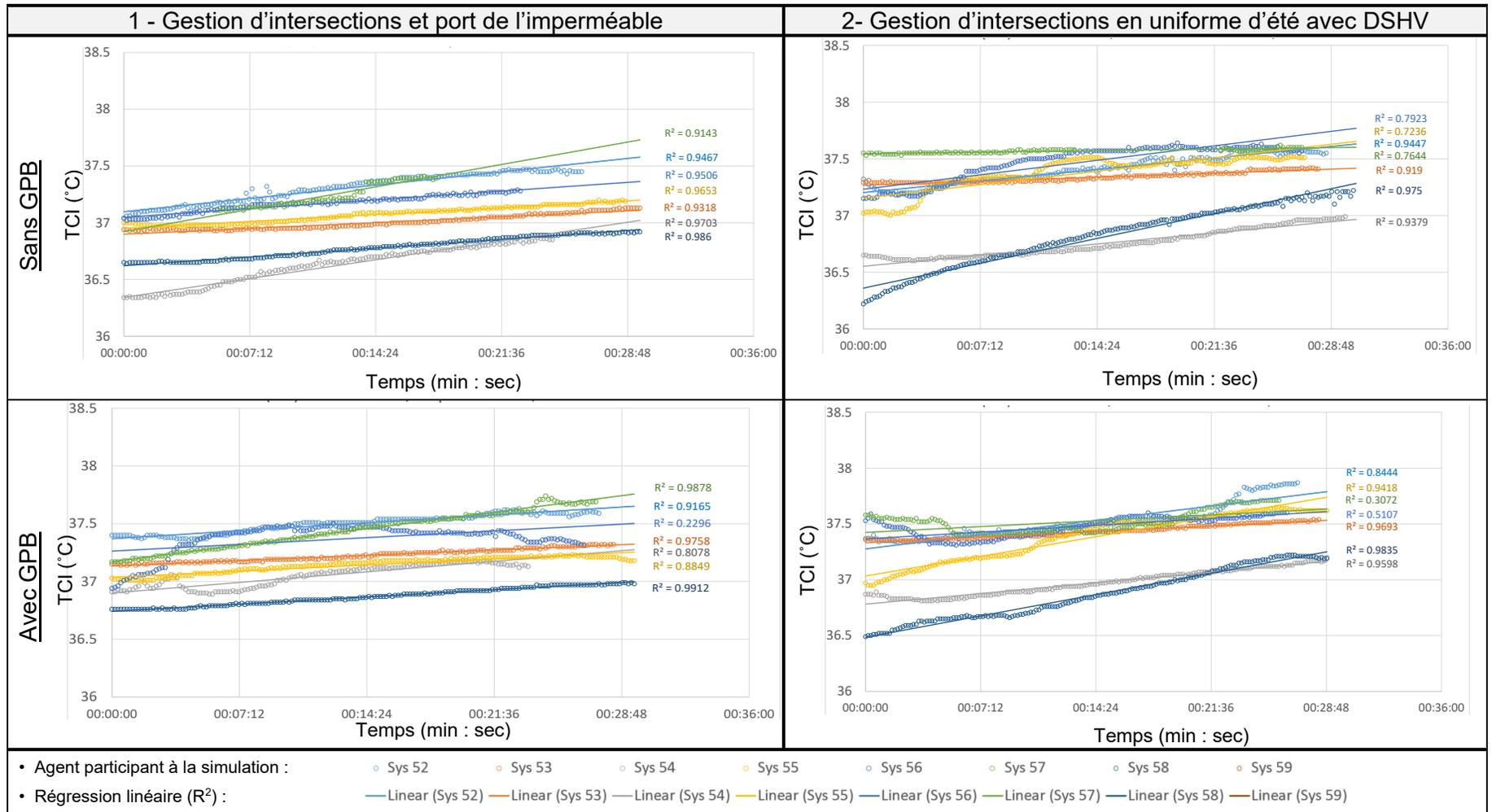


Figure 38. Fluctuation de la température corporelle interne (PM) lors de la gestion de la circulation aux intersections, selon l'uniforme porté.

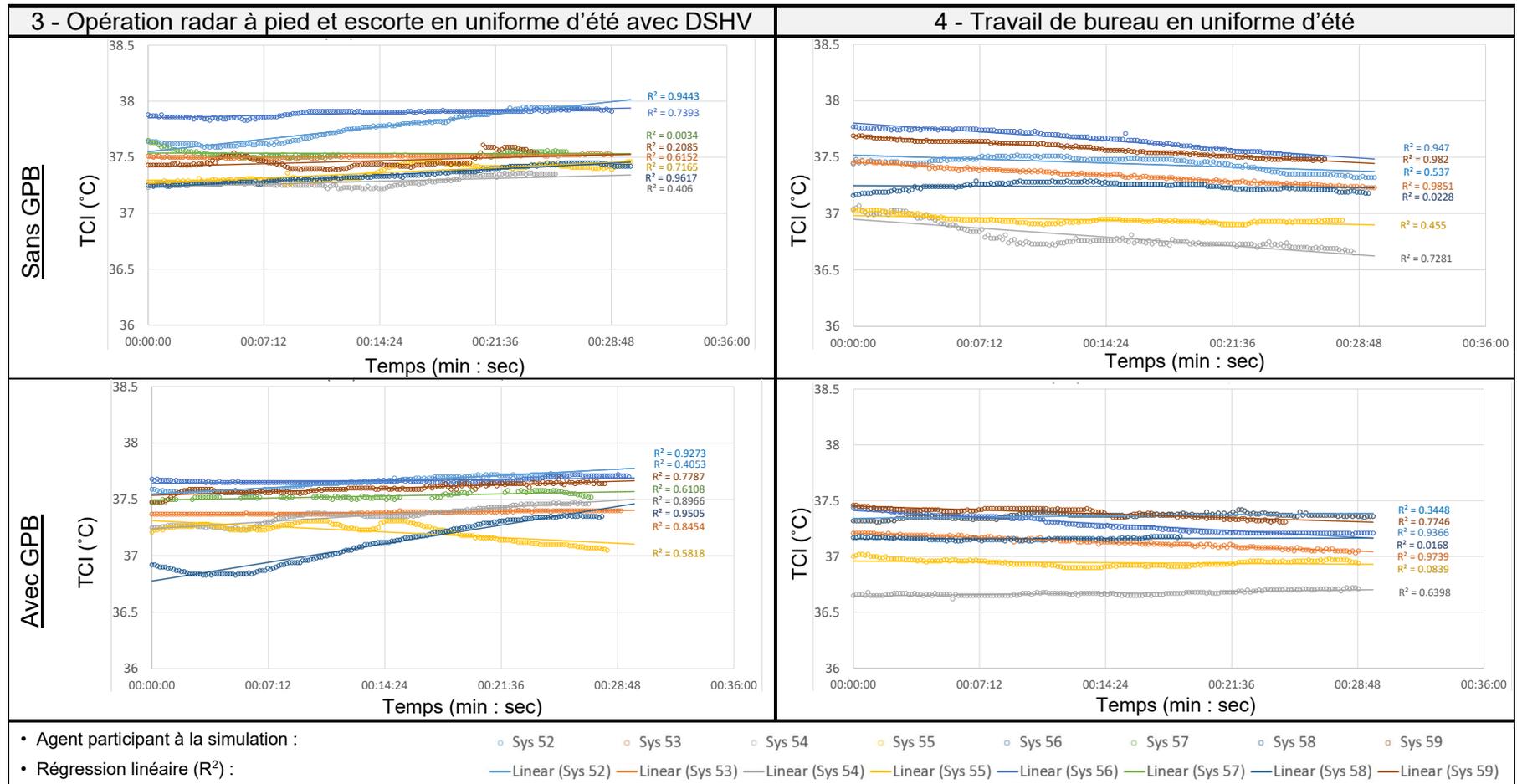


Figure 39. Fluctuation de la température corporelle interne (PM) lors des opérations radar et d'escorte, et du travail de bureau.

Les situations comparées dans ces graphiques présentent des données pour lesquelles le coefficient de détermination (R^2), obtenu par régression linéaire, est près de 1, représentant un lien fort entre la TCI et la durée d'exposition. Les résultats de ces simulations montrent que la TCI est plus élevée dans les situations où l'activité physique déployée par le motard est plus intense. Les pentes sont plus marquées et montrent une élévation continue des valeurs pendant la tâche de « gestion de la circulation », jugée plus intense par les motards - en ayant revêtu l'imperméable et l'uniforme d'été (+ le DSHV), en portant ou non le GPB - comparativement aux activités « escorte lente » et « opérations radar et escorte ». Également, des valeurs de TCI plus élevées sont observées lors de la dernière séance de « gestion de la circulation » en portant l'uniforme d'été avec le GPB (Sys 58), situation pendant laquelle l'ensoleillement semble avoir fait augmenter la TCI. En ce qui concerne le port ou non du GPB pendant les séances de « travail de bureau », l'analyse montre que, pour tous les participants, la TCI diminue de manière plus importante sans GPB comparativement à un maintien de la température corporelle interne lorsque le « travail de bureau » est effectué avec le GPB. Cela nous permet de croire que le GPB empêche la chaleur de se dissiper rapidement et, pour le motard, de se rafraîchir.

5.3.2.2 Fluctuation de la température cutanée de la poitrine et du dos (T_{cut})

Des tendances variées de fluctuation de la température cutanée de la poitrine et du dos ont été notées selon l'activité réalisée, l'uniforme porté et le port du GPB. Les Figures 40 à 43 présentent les faits saillants pour la PP afin d'illustrer le propos; les résultats complets sont présentés à l'Annexe VIII.

Fluctuation selon l'activité : À l'extérieur, en uniforme d'été et sans le GPB, les températures cutanées de la poitrine et du dos fluctuaient grandement. Les activités nécessitant la conduite de la moto (par exemple « escorte lente » (PM et PP) et « opération radar sur autoroute » (PP)) se caractérisaient par des élévations et baisses rapides de la T_{cut} . Les enregistrements vidéo synchronisés et les notes montrent que les baisses de température coïncidaient avec des accélérations de la moto et des conditions plus venteuses (Figure 40), alors que les élévations apparaissaient lorsque les motards faisaient face (T_{cut} de la poitrine) ou dos (T_{cut} du dos) au soleil. Les T_{cut} de la poitrine et du dos tendaient davantage à grimper lors de la gestion de la circulation (situation 2-a PM), étant du travail à pied moins ventilé et plus exigeant sur le plan physique. Finalement, des T_{cut} de la poitrine et du dos plus stables et à la baisse ont été recueillies lors du travail de bureau sans GPB.

Fluctuation selon l'uniforme : Les activités de « gestion de la circulation » menées à pied (PM) et « l'escorte lente » (PP) réalisées en endossant l'imperméable dans des endroits ombragés (situations 1-a, PM et PP), ont engendré des T_{cut} moins fluctuantes et en augmentation progressive, ce qui montre que les vêtements comme l'imperméable ne facilitent pas la ventilation, favorisant ainsi une augmentation des T_{cut} .

Fluctuation selon le port du GPB : À l'instar de l'imperméable, le port du GPB provoquait moins de fluctuations des T_{cut} de la poitrine et du dos, tout en causant une augmentation progressive de ces températures au cours de la simulation. Comme illustré dans les graphes, les pentes pour la poitrine étaient plus marquées avec le GPB, notamment lorsque l'agent avait revêtu l'imperméable (PM et PP), lors du travail de bureau (PM et PP) et lors de la gestion de la circulation (PM). La T_{cut} de la poitrine montrait moins de fluctuations avec une augmentation progressive lors de la simulation « opération radar à pied et escorte lente » (PM) et plus de fluctuations lors des activités réalisées à moto comme « escorte lente » et « opération radar sur

autoroute » (PP), montrant ainsi l'impact d'une certaine ventilation sur la T_{cut} de la poitrine, malgré le port du GPB. Toutefois, pour un même type de simulation, les T_{cut} de la poitrine et du dos tendent à augmenter davantage lors du port du gilet. Les données de la T_{cut} du dos montrent des augmentations claires et linéaires lors du port du GPB, et cela pour l'ensemble des scénarios simulés sur les deux terrains (PM et PP). L'analyse détaillée montre que le gilet diminue la possibilité d'échange thermique entre le torse et l'environnement, créant un effet isotherme et une augmentation progressive des T_{cut} de la poitrine et du dos, et ce, pour l'ensemble des situations simulées. À court terme, comme pour l'imperméable, le GPB isole le tronc des rayons du soleil et atténue les réchauffements rapides, mais l'effet semble être de courte durée. En synthèse, on peut dire que les variations de la T_{cut} sont grandement influencées par l'aération (ventilation) parfois possible au travers des vêtements, dont le gilet, et par l'aspect cinétique de l'activité comme la conduite de la moto qui favorise l'apport de ventilation.

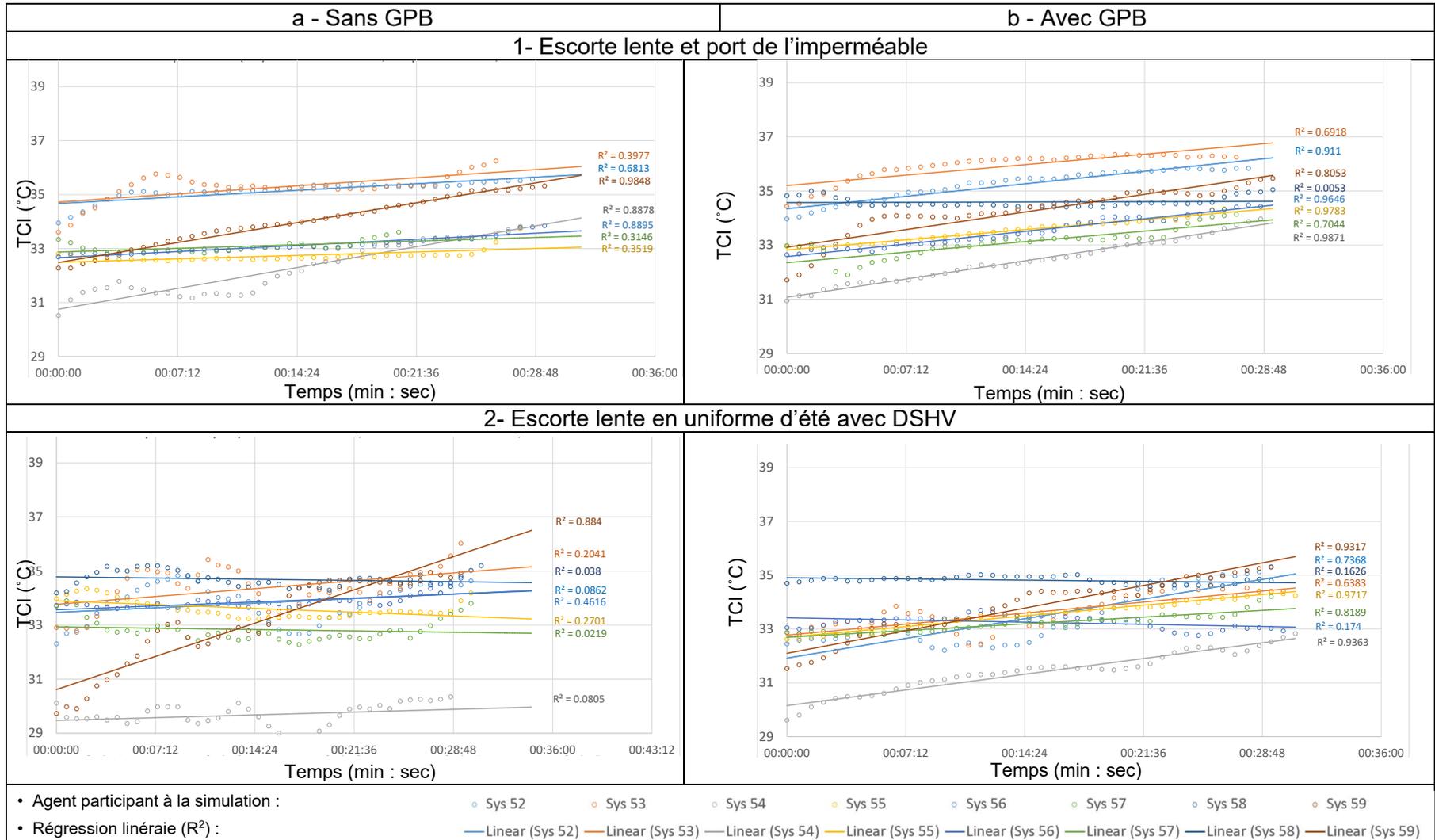


Figure 40. Fluctuation de la température cutanée de la poitrine (PP) lors de l'escorte lente, selon l'uniforme porté.

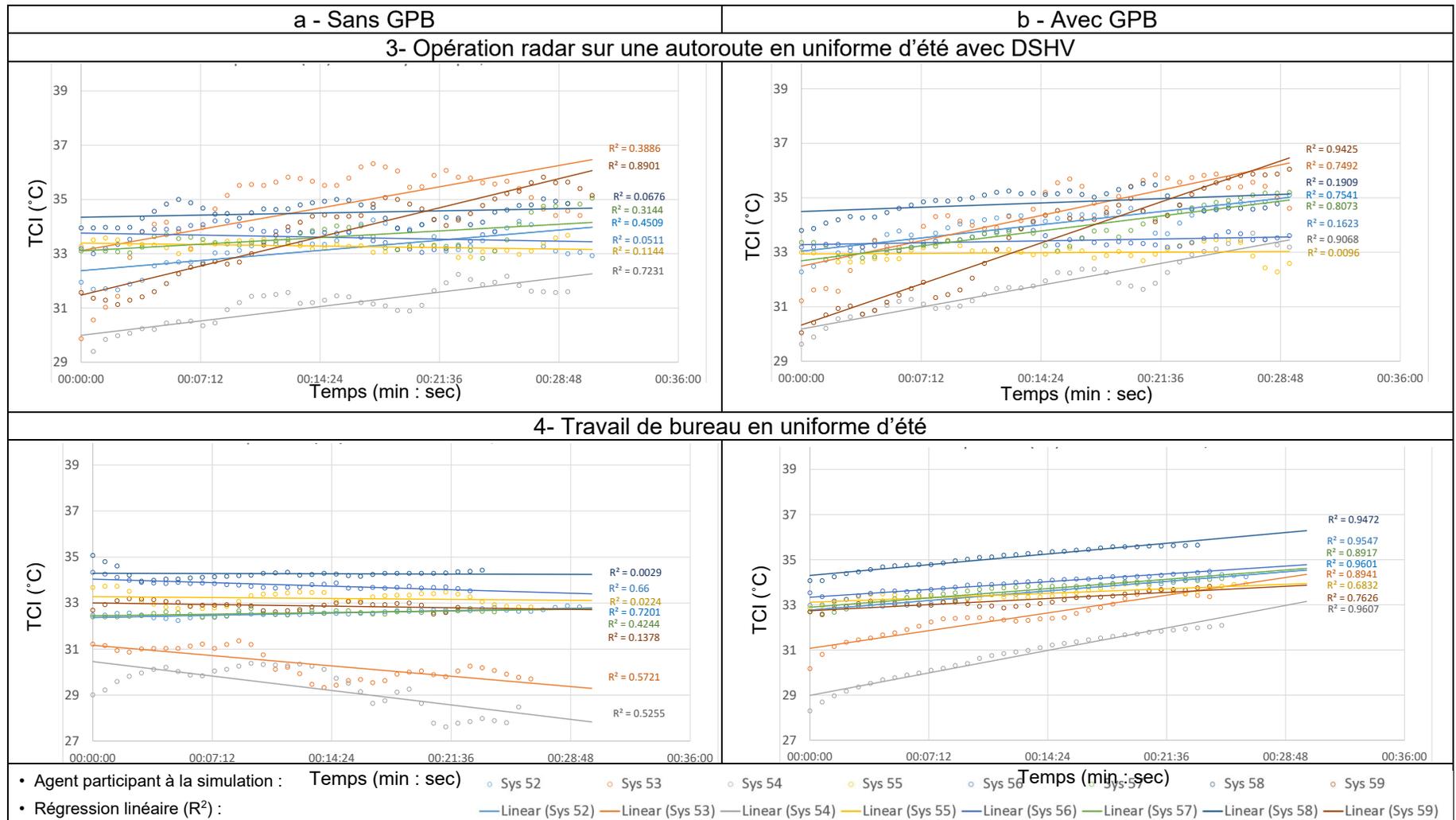


Figure 41. Fluctuation de la température cutanée de la poitrine (PP) lors des opérations radar et le travail de bureau.

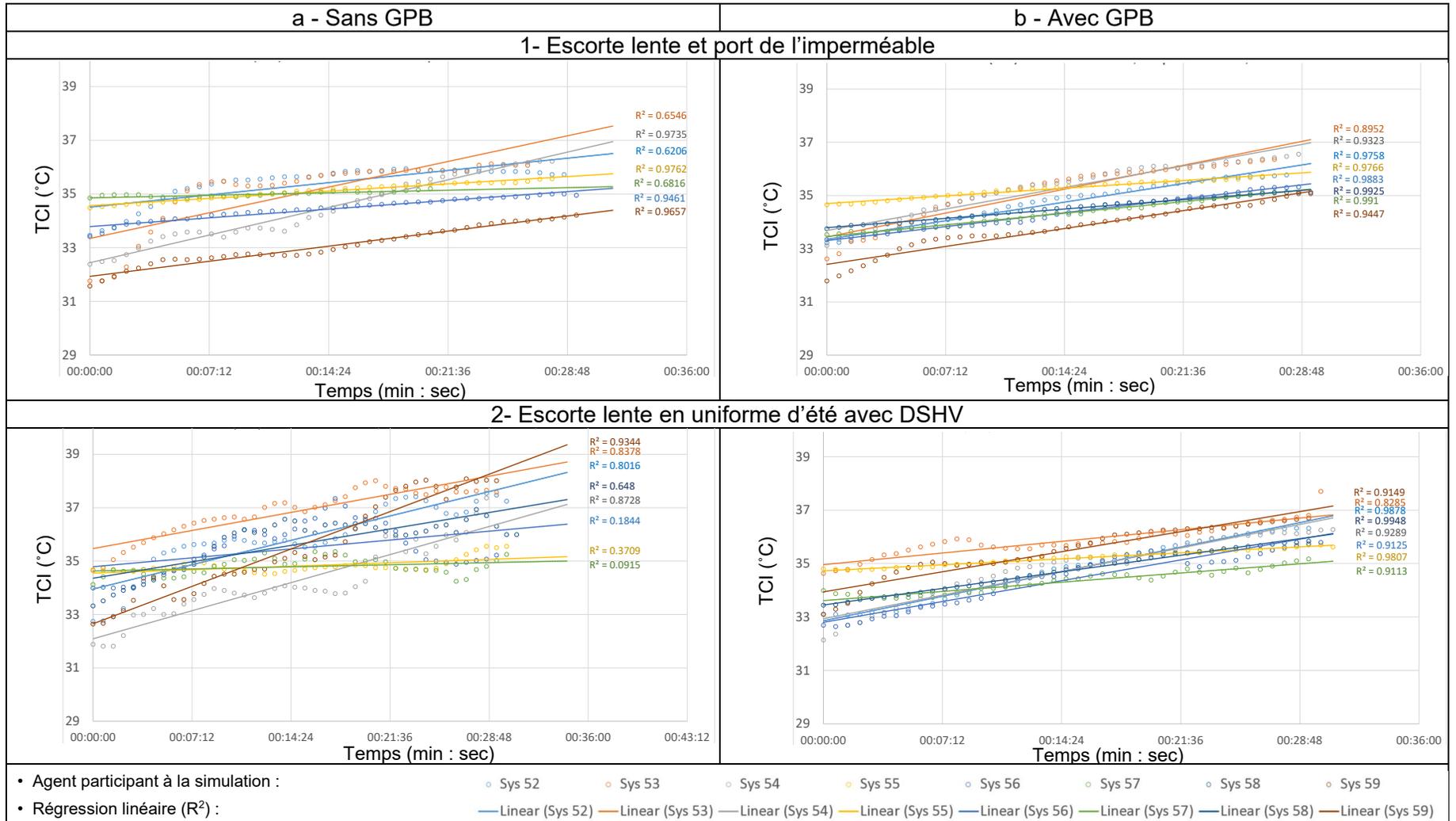


Figure 42. Fluctuation de la température cutanée du dos (PP) lors de l'escorte lente, selon l'uniforme porté.

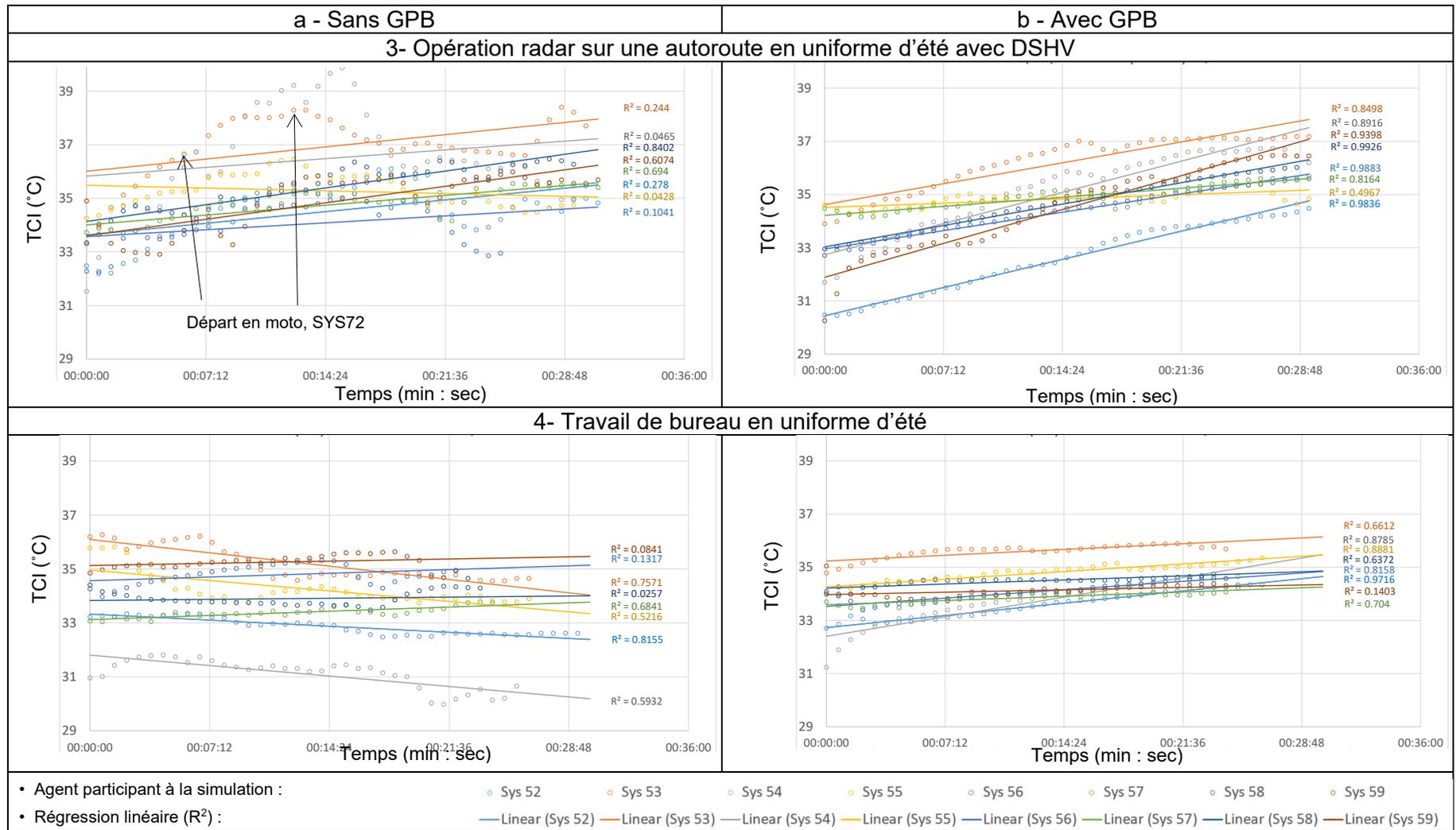


Figure 43. Fluctuation de la température cutanée du dos (PP) lors des opérations radar et le travail de bureau.

5.3.2.3 Coût cardiaque relatif (CCR) et extrapulsations cardiaques thermiques (EPCT)

Les valeurs du coût cardiaque relatif (CCR) variaient entre 0 et 37 % (Tableau 30), ce qui montre que les activités réalisées pendant les simulations étaient globalement de faible intensité selon l'échelle de FC de Minnesota utilisée pour un travail occasionnel de moins de 30 minutes (Meyer *et al.*, 2014; Monod et Kapitaniak, 2003). L'Annexe IX présente l'ensemble des valeurs de fréquences cardiaques ayant servi au calcul du CCR et des EPCT. À l'instar de la température corporelle interne, les valeurs de CCR obtenues semblent davantage déterminées par l'activité déployée ou l'ensoleillement que par le port des vêtements ou du GPB. Par exemple, le CCR était plus élevé pour la majorité (n = 11 sur 16) des simulations en chemise avec DSHV que pour les simulations avec port de l'imperméable, alors que ce dernier est plus étanche à l'air. Rappelons que les simulations avec imperméable ont été effectuées en début de journée, au moment où le soleil était moins fort. Les simulations effectuées avec la PM ont montré une élévation du CCR pendant l'activité « gestion de la circulation », activité plus exigeante sur le plan physique, et une baisse lors de la simulation de « l'opération radar à pied et de l'escorte lente ». Les activités de « radar dynamique » ont engendré des valeurs plus élevées que le « radar statique ». Les valeurs de CCR les plus basses ont été recueillies pour le « travail de bureau ». Les données obtenues lors des simulations effectuées avec la PP sont très disparates pour l'ensemble des séances. En ce qui concerne l'endossement du GPB, 45 % des simulations ont présenté des valeurs de CCR plus élevées lorsqu'il était porté contre 36 % lorsqu'il ne l'était pas.

Tableau 30. Coût cardiaque relatif (CCR) et extrapulsations cardiaques thermiques (EPCT) obtenus lors des séances de simulation sans et avec GPB, selon l'activité et le vêtement porté

Organisme municipal										Organisme provincial										
	Activité	Circulation				Radar et escorte		Bureau			Activité	Escorte lente				Radar dynamique		Bureau		
		Imperméable H&B		Chemise et DSHV		Chemise et DSHV		Chemise				Vêtement	Imperméable H&B		Chemise et DSHV		Chemise et DSHV		Chemise	
		Sans GPB	GPB	Sans GPB	GPB	Sans GPB	GPB	Sans GPB	GPB				Sans GPB	GPB	Sans GPB	GPB	Sans GPB	GPB	Sans GPB	GPB
Sys52	CCR (%)	21	15	17	23	14	13	5	4	Sys71	CCR (%)	3	8	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
	EPCT (bpm)	37	33	11	21	7	8	-3	12		EPCT (bpm)	17	19	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
Sys53	CCR (%)	16	14	17	19	8	12	0	3	Sys72	CCR (%)	21	23	19	12	29	37	6	4	
	EPCT (bpm)	25	14	13	13	-1	8	-6	10		EPCT (bpm)	11	23	25	16	21	23	2	1	
Sys54	CCR (%)	12	18	22	22	16	n/a	0	2	Sys73	CCR (%)	8	9	1	6	12	9	1	1	
	EPCT (bpm)	6	8	9	10	2	n/a	4	11		EPCT (bpm)	5	14	5	15	5	7	1	4	
Sys55	CCR (%)	7	10	15	18	4	7	3	2	Sys74	CCR (%)	5	5	2	4	5	8	5	3	
	EPCT (bpm)	-2	7	11	15	4	3	0	4		EPCT (bpm)	6	10	3	14	11	14	9	3	
Sys56	CCR (%)	20	18	21	28	20	15	7	0	Sys75	CCR (%)	3	6	3	5	11	12	0	5	
	EPCT (bpm)	13	6	30	24	16	20	-8	14		EPCT (bpm)	4	11	1	10	9	7	0	2	
Sys57	CCR (%)	6	14	21	13	6	6	1	2	Sys76	CCR (%)	11	8	5	10	15	13	4	1	
	EPCT (bpm)	-5	6	27	13	4	10	-3	0		EPCT (bpm)	8	10	12	20	23	26	-8	-2	
Sys58	CCR (%)	10	10	19	19	17	13	3	2	Sys77	CCR (%)	3	8	14	15	10	8	n/a	n/a	
	EPCT (bpm)	5	14	13	1	10	11	9	-3		EPCT (bpm)	3	9	11	10	-1	7	n/a	n/a	
Sys59	CCR (%)	13	9	13	18	13	11	2	2	Sys78	CCR (%)	7	4	9	10	23	21	1	4	
	EPCT (bpm)	11	3	7	14	12	8	-7	0		EPCT (bpm)	5	13	9	13	16	12	-4	1	

Note : CCA = FC_{moy}-FC_o / FC_{max}-FC_o ; EPCT = FC_r-FC_o (FC_r = moyenne de FC_{r3}, FC_{r4} et FC_{r5})

En ce qui concerne les extrapulsations cardiaques thermiques (EPCT), des 55 simulations analysées, 15 simulations (27 %) ont dépassé la valeur d'astreinte thermique acceptable de 20 bpm et deux activités de « gestion de la circulation » de la police municipale (Sys 52 et 56) ont dépassé la valeur limite de 30 bpm établie par Mairiaux et Malchaire (1990). Toutefois, dans le cas de Sys 52, la donnée est biaisée, car le motard n'a pas été en repos complet tout au long des cinq minutes suivant l'activité. Ainsi, pour une même condition d'habillement (chemise et

DSHV), les activités plus dynamiques ou exécutées dans des conditions ensoleillées ont favorisé des valeurs d'EPCT plus élevées auprès des motards de la police municipale. Lorsque le GPB était endossé, près de deux fois plus de simulations ont généré des valeurs plus élevées d'EPCT lorsque comparées aux simulations sans GPB (avec GPB : n=36; sans GPB : n=20). L'écart moyen d'EPCT entre l'endossement ou non est d'environ 6 bpm, ce qui représente un faible écart. Lors du travail de bureau, 71 % des simulations ont enregistré des valeurs plus élevées d'EPCT lors de l'endossement du GPB. Cela montre que le GPB limite la dissipation de la chaleur, mais que d'autres paramètres interviennent, car vingt simulations (36 %) présentent des valeurs d'EPCT plus élevées sans le GPB. En ce qui concerne la comparaison des simulations entre elles, il convient d'être prudent, car malgré des consignes similaires demandées pendant l'expérimentation, le fait que les simulations aient été effectuées sur le terrain et non dans un environnement totalement contrôlé comme un laboratoire, on constate une grande variabilité d'une situation à l'autre (communication avec le public, achalandage des endroits, modes opératoires variés lors de la simulation, appel pendant les pauses, etc.). Quoiqu'il en soit, les données recueillies montrent la présence d'une astreinte thermique pendant l'activité des motards, mais ne témoignent pas, globalement, d'une astreinte thermique pouvant représenter un risque pour la santé des motards.

5.3.2.4 Perception globale de l'astreinte thermique

La perception globale de l'astreinte thermique varie selon l'environnement de la simulation (ombre ou soleil), l'activité menée et le port du GPB (Tableau 31).

Perception selon l'ensoleillement : Sur le terrain municipal (PM), les simulations les plus difficiles sur le plan thermique ont été associées à l'ensoleillement. Il s'agit en moyenne de la « gestion de la circulation » (perception = 3,0; tolérance = 2,5) et « l'opération radar et l'escorte » (perception = 3,1; tolérance = 2,4) en uniforme d'été avec dossard et GPB. La « gestion de la circulation » sous les rayons du soleil avec l'uniforme d'été est perçue plus exigeante sur le plan thermique que lorsqu'elle est réalisée à l'ombre avec port de l'imperméable, et ce, indépendamment de l'endossement ou non du GPB. Sur le terrain provincial (PP), « l'opération radar » sous le soleil en uniforme d'été, avec dossard et GPB a été perçue comme étant la plus pénible sur le plan thermique (perception = 2,8; tolérance = 2,1).

Perception selon le gilet pare-balles : Le fait de porter le GPB augmentait en moyenne - pour l'ensemble des activités - la perception d'inconfort thermique et les difficultés à tolérer cette situation pour la majorité des motards de la PM : PM (perception = 0,9; tolérance = 1,1 à 1,4) et PP (perception = 0,4 à 1,0; tolérance = 0,9 à 1,0). Toutefois, l'augmentation la plus marquée a été observée lors de la « gestion de la circulation » (imperméable et uniforme d'été). Lors de la simulation « d'escorte », la perception et la tolérance ont été similaires entre le fait d'endosser l'imperméable et l'uniforme d'été. Lors des tâches de bureau, le port du GPB a favorisé une augmentation de la perception de chaleur pour la majorité des agents, c'est-à-dire qu'ils avaient plus chaud avec le GPB, mais sans que cela n'affecte leur degré de tolérance à l'égard de la chaleur.

Tableau 31. Appréciation subjective de l'ambiance thermique

Uniforme	Ensemble imperméable		Uniforme d'été et DSHV		Uniforme d'été et DSHV		Uniforme d'été		
	sans GPB	avec GPB	sans GPB	avec GPB	sans GPB	avec GPB	sans GPB	avec GPB	
Organisme municipal	Gestion de la circulation		Gestion de la circulation		Radar statique et escorte		Travail de bureau		
-4 à 4 extrêmement froid à extrêmement chaud									
Perception	Sys 52 (PX)	2	2,5	2,5	4	2	4	0	1
	Sys 53	1	3	3	4	3	4	0	1
	Sys 54	0	1	1	2	1	1	0	0
	Sys 55	1	2	2	1	1	2	0	1
	Sys 56	2	3	2	3	4	4	2	2
	Sys 57	2	3	2	4	3	4	1	1
	Sys 58	0	1	2	3	2	3	0	1
	Sys 59	2	2	2	3	2	3	1	1
0 à 4 parfaitement tolérable à impossible à tolérer									
Tolérance	Sys 52 (PX)	1	2,5	2	3	1	3	0	0
	Sys 53	0,5	3	1,5	4	1	4	0	0
	Sys 54	0	1	0	1	1	1	0	0
	Sys 55	0	1	1	1	1	1	0	0
	Sys 56	1	2	1	3	3	3	0	1
	Sys 57	2	3	1	3	2,5	3,5	0	0,5
	Sys 58	0	1	1	3	0,5	2	0	0,5
	Sys 59	1	1	1	2	1	2	0	0
Organisme provincial	Escorte		Escorte		Radar sur autoroute		Travail de bureau		
-4 à 4 extrêmement froid à extrêmement chaud									
Perception	Sys 71	3	3	1	3	3	3,5	0	1
	Sys 72	3	4	1	3	3	4	0	1
	Sys 73	2	3	1	2	2	3	-1	0
	Sys 74	0	1	1	2	1	1	0	0
	Sys 75	2	2	2	3	2	3	-1	0
	Sys 76	1	2	2	2	2	2	0	1
	Sys 77	ND	ND	2	2	3	3	1	1
	Sys 78	1	1	1	2	3,5	3	0	0
0 à 4 parfaitement tolérable à impossible à tolérer									
Tolérance	Sys 71	2	3	1	2	2	3	0	0,5
	Sys 72	1	3	0	3	0	3	0	0
	Sys 73	0	1	0	0	0	1	0	0
	Sys 74	0	0	0	0	0	1	0	0
	Sys 75	0	1	1	2	1	3	0	0
	Sys 76	0	0	0	1	1	1	0	0
	Sys 77	ND	ND	1	0	2	2	0	0
	Sys 78	2	3	1	3	3	3	0	0
Rose : situations simulées où les motards ont noté plus d'inconforts et de pénibilité thermiques lorsque le GPB était porté; Orange : situations simulées où les motards ont noté plus d'inconforts et de pénibilité thermiques lorsque le GPB n'était pas porté; ND = non déterminée									

5.3.2.5 Perception locale de l'astreinte thermique

Les régions corporelles perçues comme étant les plus chaudes ont été, dans l'ordre, la poitrine, le dos, la tête, les pieds, les mollets et les cuisses (Tableau 32). Avec le GPB, tous les motards rapportent que le tronc (incluant poitrine et dos) est l'endroit où la chaleur est la plus élevée, et ce, dans la plupart des situations simulées. Lorsque le GPB était enfilé, la perception de chaleur s'étalait sur une plus grande surface du tronc, voire vers d'autres segments corporels. Les verbalisations corroborent les données recueillies sur les $T_{cut\ moy}$ du dos et de la poitrine (cf. sous-section 5.3.2.2). Sans GPB, la moitié des agents percevaient une chaleur importante dans ces régions. L'impact du port du gilet sur la perception de chaleur était plus évident lors de la simulation du travail de bureau.

Tableau 32. Nombre d'agents percevant de la chaleur aux différentes régions corporelles lors des simulations, selon le vêtement, l'activité et le port du GPB (PM : n=8; PP : n=8*)

Uniforme	Ensemble imperméable		Uniforme d'été et DSHV		Uniforme d'été et DSHV		Uniforme d'été	
	sans GPB	avec GPB	sans GPB	avec GPB	sans GPB	avec GPB	sans GPB	avec GPB
Organisme municipal	Gestion de la circulation		Gestion de la circulation		Radar à pied et escorte		Travail de bureau	
Tête	3	6	6	8	8	8	0	0
Poitrine	6	8	4	7	6	7	2	7
Dos	6	8	3	8	7	8	2	7
Bras	4	4	1	1	1	2	0	0
Mains	1	1	1	1	0	0	0	0
Cuisses	2	4	0	2	2	3	0	1
Genoux	2	3	0	2	2	2	0	0
Mollets	2	3	6	5	5	6	2	2
Pieds	3	3	5	5	7	7	3	3
Organisme provincial	Gestion de la circulation		Escorte		Radar sur autoroute		Travail de bureau	
Tête	4*	6	7	7	7	7	0	1
Poitrine	4*	6	5	8	6	8	2	8
Dos	5*	6	6	8	7	8	2	8
Bras	4*	3	1	1	2	2	0	0
Mains	1*	1	1	1	1	1	0	0
Cuisses	3*	5	3	3	4	3	1	1
Genoux	4*	5	2	2	2	2	1	1
Mollets	2*	3	2	2	4	4	2	2
Pieds	2*	3	4	3	4	3	4	3

* la gestion de la circulation avec port de l'imperméable et sans GPB a été complétée par 7 agents de la PP; les autres activités ont été complétées par 8 motards de la PP; toutes les activités ont été complétées par 8 motards de la PM.

À l'instar du GPB, les vêtements ont influencé la perception locale de l'astreinte thermique. Selon les données, le vêtement le plus contraignant était l'imperméable - étanche à l'air - pour lequel un plus grand nombre de motards se plaignait de la chaleur aux bras, aux cuisses et aux genoux, par rapport à l'uniforme d'été. Dans tous les cas, l'activité avait aussi une influence sur la perception de la chaleur. Par exemple, en ce qui a trait au port du casque, alors que les agents n'éprouvaient aucune sensation de chaleur à la tête pendant le « travail de bureau », la majorité

en ressentait lors des simulations menées à l'extérieur avec casque. La chaleur aux pieds et aux mollets a également été plus fortement rapportée lors de la simulation « radar à pied et escorte », des activités qui ont été effectuées au soleil.

Les zones mouillées ressenties concordent avec les zones corporelles chaudes (Tableau 33). La transpiration débutait à la poitrine et au dos, et s'étendait pendant la journée vers les aisselles, la tête, les pieds et les mollets, et pour certains agents, vers les jambes, surtout à l'entrejambe et dans la fosse poplitée (jarret). De la transpiration profuse a été observée sur la zone recouverte par le GPB, par le casque et par l'imperméable. D'ailleurs, pour plusieurs agents, la transpiration accumulée sur les parois de l'imperméable dégouttait sur le sol, au pied de l'assise de la chaise, lors des pauses entre les simulations.

Tableau 33. Nombre d'agents transpirant aux différentes régions corporelles lors des simulations, selon le vêtement, l'activité et le port du GPB

(PM : n = 8; PP : n = 8*)

Uniforme	Ensemble imperméable		Uniforme d'été et DSHV		Uniforme d'été et DSHV		Uniforme d'été	
	sans GPB	avec GPB	sans GPB	avec GPB	sans GPB	avec GPB	sans GPB	avec GPB
Organisme municipal	Gestion d'intersections		Gestion d'intersections		Radar à pied et escorte		Travail de bureau	
Tête	1	3	6	8	6	7	0	0
Tronc frontal	3	7	6	7	5	7	2	4
Tronc dorsal	4	7	6	8	7	8	4	4
Sous-bras	2	6	4	5	3	2	1	1
Bras	2	2	1	1	2	1	0	0
Mains	0	1	1	1	0	0	0	0
Cuisses	2	3	2	5	3	6	0	0
Genoux	2	3	2	2	2	3	0	0
Mollets	2	2	1	2	5	5	3	0
Pieds	0	2	2	3	6	6	2	2
Organisme provincial	Escorte		Escorte		Radar sur autoroute		Travail de bureau	
Tête	3*	5	6	4	6	7	0	0
Tronc frontal	4*	5	5	6	5	7	0	2
Tronc dorsal	5*	6	7	7	7	8	0	2
Sous-bras	3*	5	2	3	5	6	1	1
Bras	1*	5	0	0	2	2	0	0
Mains	0*	0	1	1	1	1	0	0
Cuisses	0*	3	1	3	4	5	1	2
Genoux	2*	4	1	2	2	3	1	1
Mollets	0*	1	0	0	0	4	1	0
Pieds	2*	3	2	3	2	2	2	2

* la gestion de la circulation avec port de l'imperméable et sans GPB a été complétée par 7 agents de la PP; les autres activités ont été complétées par 8 agents de la PP; toutes les activités ont été complétées par 8 motards de la PM.

5.3.3 Conséquences de l'astreinte thermique pendant le quart de travail

Sur le terrain, les motards ont fait part des effets de la chaleur sur leur état physique et mental, et sur leur activité de travail. Ils ont indiqué ressentir des maux de tête et des étourdissements qu'ils ont aussi associés à la pression exercée par le port du casque (PP) et au bruit ambiant. Des difficultés à respirer (pressions thoraciques) ont été mentionnées lors des tâches statiques en ambiance chaude telles que l'accompagnement de parades. Les motards ont également associé ces difficultés à respirer à la rigidité et au poids du GPB. Une sensation de déshydratation et de soif persistante malgré la prise d'eau a été rapportée par plusieurs. Des transpirations profuses et le manque de possibilité d'évaporation favorisaient la présence de zones corporelles mouillées tout au long du quart de travail, notamment aux pieds, à la poitrine, au dos et aux aisselles. La transpiration aux aisselles, combinée aux frottements contre l'emmanchure du GPB, a causé des irritations cutanées importantes à au moins trois agents. Une irritation chronique au dos a été diagnostiquée pour un des agents et a été associée au port du GPB. Le port de vêtements mouillés engendrait des sensations d'asymétrie thermique (présence des certaines zones corporelles chaudes et d'autres, froides) inconfortables lorsque l'agent se trouvait en ambiance climatisée. La transpiration profuse à la tête, qui imbibait également la doublure des casques, causait des irritations oculaires lors de la conduite. Plusieurs agents ont également fait part d'odeurs nauséabondes liées aux vêtements mouillés.

Sur le plan psychologique, les agents ont verbalisé l'accumulation de fatigue durant le quart de travail, attribuable au cumul de plusieurs quarts subséquents en ambiance chaude. Comme conséquences, plusieurs ont indiqué devoir combattre un état amorphe et d'endormissement en conditions chaudes, en plus d'éprouver des difficultés de concentration (par exemple, pour cibler les autos avec le radar), de ressentir une baisse de motivation et des impatiences, voire à percevoir un effet tunnel (surtout lors des tâches statiques et répétitives telles que l'observation d'interdictions ou les opérations radar statiques). Dans un cas observé, une erreur mineure de conduite de moto (« quand je stationnais, j'ai failli échapper la moto ») aurait été associée à l'astreinte thermique accumulée lors d'un accompagnement de parade. Des erreurs de rédaction de constats liées à la fatigue à la suite d'une période de travail à la chaleur ont aussi été rapportées par les motards.

Parmi les stratégies observées pour accomplir le travail lors des journées très chaudes, les agents enlevaient leur casque lors des opérations radar à pied ou lors de la rédaction des constats sur l'autoroute et, si possible, se positionnaient dans un endroit ombragé. De l'eau froide était souvent transportée dans les valises des motos, mais elle devenait chaude en quelques heures. Au moins deux agents recourraient aux boissons avec électrolytes; ils avaient développé cette habitude à la suite d'expériences antérieures associées à l'épuisement et à des maux de tête liés au travail en conditions chaudes. Les pauses étaient habituellement prises dans des endroits frais (dans un parc) ou dans des cafés climatisés, afin de récupérer de l'astreinte thermique. Lorsque la chaleur devenait insupportable et que des opérations liées au CSR étaient planifiées, les motards écourtaient ces opérations et les remplaçaient par des tâches administratives ou par la rédaction des rapports de constats dans un parc. À moins de subir un malaise important, le raccourcissement des activités de travail n'est cependant pas possible lors de tâches liées aux événements spéciaux, tels que les escortes de cyclistes ou de dignitaires, les accompagnements lors de parades et la gestion d'intersections.

Les agents motards ont rapporté que leur travail est souvent comparé à un sport que l'on joue sous le soleil et qui finit par t'épuiser, malgré le plaisir qu'il offre. Les agents se disaient « brûlés » et « vidés » après leur quart, et revenaient parfois au travail le lendemain sans avoir récupéré complètement.

5.4 Besoins de protection pour les agents motards

5.4.1 Situations de danger dans le cadre du travail et perception de protection des agents motards interrogés

Parmi tous les motards ayant participé à cette étude, aucun n'a fait face à un assaut armé pendant son quart de travail à moto. Les statistiques d'accident des deux organismes, provincial et municipal, ne rapportent pas plus d'assauts contre les patrouilleurs à moto qu'à l'endroit de leurs collègues. En ce qui concerne la nature des interventions, la majorité des participants ont expliqué ne pas répondre aux appels pouvant dégénérer en assaut armé, notamment sur les scènes de vols qualifiés. La plupart du temps, leur rôle consiste plutôt à sécuriser le périmètre externe et à gérer la circulation, activités à bas risque d'assaut. Plusieurs ont indiqué que leur obligation consiste alors à appeler des patrouilleurs réguliers qui sont mieux outillés pour contrôler, arrêter et transporter la personne, car ils ont accès à un habitacle d'auto. Toutefois, au moins trois motards (2 municipaux et 1 provincial) ont indiqué avoir déjà répondu à des appels qui pouvaient comporter un risque d'assaut armé. De plus, tous rapportent qu'ils ont l'obligation d'intervenir dans une situation violente ou à risque, si celle-ci se déroule en leur présence ou lorsqu'une interception routinière dégénère; en pareilles circonstances, le port du GPB leur est sans doute utile. Cependant, un seul motard a estimé pertinent de porter le GPB lors des escortes, alors que les autres ont considéré que le gilet n'offre pas de protection suffisante en cas d'assaut du convoi, à cause de la petitesse de la surface couverte et de sa capacité limitée de protection balistique. Le gilet permet en effet de protéger les policiers contre les armes de petit calibre, dont leur propre arme, mais pas contre les tirs provenant d'armes d'épaule. Conscient des contraintes qu'engendre le gilet actuel sur les plans thermique et de la mobilité lors du travail à moto, la majorité rapporte cependant ne pas hésiter à le porter lorsqu'ils reprennent la patrouille en auto, car les agents le perçoivent comme un équipement de protection important. Dans tous les cas, les discussions montrent que le design du GPB doit leur permettre d'avoir une totale confiance en la protection qu'il offre, rejetant d'emblée, par exemple, une solution qui éliminerait la protection au dos, même en sachant que la majorité des assauts proviennent de face.

Selon des moniteurs de tir, il est impossible de recouvrir un uniforme entier de protection balistique en raison de son poids excessif et des contraintes de mobilité que ça engendrait. L'objectif est plutôt de protéger le *centre de masse*, là où se situent les organes thoraciques vitaux. Il s'agit de l'endroit où un tireur non professionnel aurait tendance à viser, car le centre de la masse est plus facile à atteindre que la tête ou d'autres régions corporelles. De plus, ces situations exigent une dextérité importante pour manier correctement l'arme et conserver un sang-froid habituellement réservé aux tireurs professionnels.

5.4.2 Vulnérabilité des structures anatomiques

Des échanges avec une pathologiste judiciaire du Laboratoire de sciences judiciaires et de médecine légale du ministère de la Sécurité publique ont permis d'établir que la logique qui détermine les besoins en protection est liée à la vulnérabilité des structures anatomiques en cas d'atteinte. Que ce soit par arme à feu ou arme blanche, les structures anatomiques à protéger sont celles qui entraînent la mort même si la victime est transportée très rapidement vers les services d'urgence appropriés. Ces structures notamment le cerveau, la trachée, le cœur et les vaisseaux sanguins à proximité, les « gros boyaux » comme les carotides, la jugulaire, les sous-clavières, et les poumons. Ainsi, dans cette logique, les organes comme le foie, la rate et les reins

sont moins primordiaux, car ils n'entraîneront pas le décès de la personne si celle-ci est prise rapidement en charge par les services médicaux.

Les structures primaires à protéger avec le GPB incluent le cœur et les vaisseaux sanguins à proximité ainsi que les poumons, qui se situent dans la région thoracique délimitée approximativement entre le point sus-sternal et la pointe inférieure du sternum, soit à la hauteur de la côte K6 en vue antérieure et de la côte K10 en vue postérieure (Figure 44). Les muscles, le gras, les os et les autres organes offrant peu de résistance au passage d'un projectile d'arme à feu, la protection balistique doit également recouvrir symétriquement le dos et les côtés entre ces deux repères. La zone de l'emmanchure demeure ainsi problématique étant donné la vulnérabilité de la zone cardiopulmonaire dans cette région, et les entraves à la mobilité démontrées précédemment.

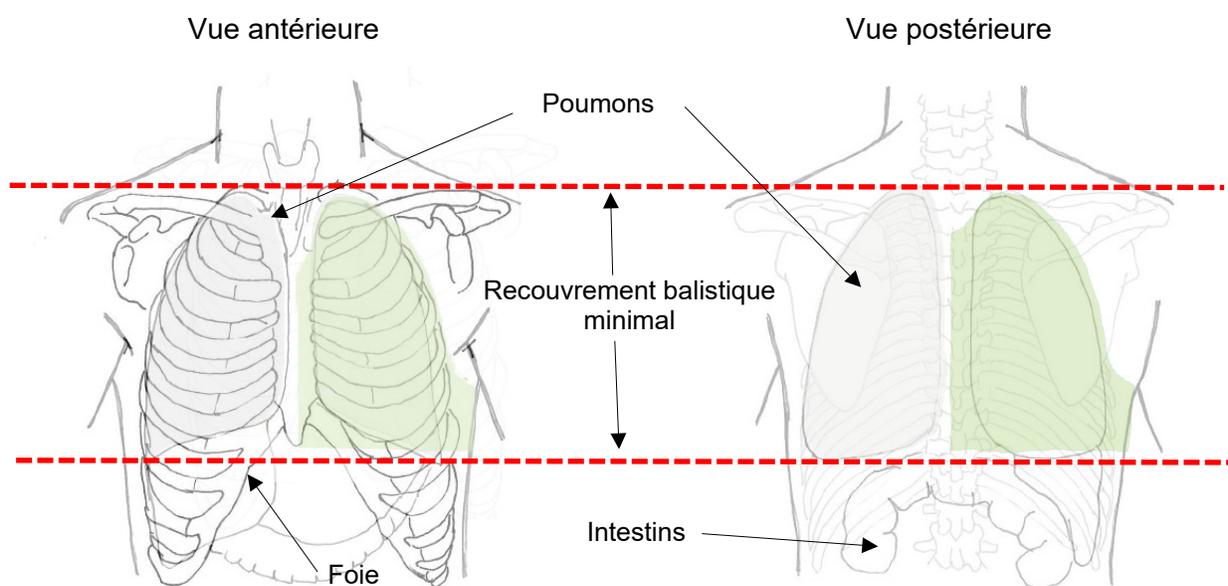


Figure 44. Recouvrement balistique minimal (en vert) pour protéger les structures anatomiques vitales.

6. DISCUSSION

L'objectif principal de ce projet visait d'abord à faire l'analyse ergonomique du travail des agents motards afin de mieux comprendre les contraintes liées au port du GPB. L'étude a effectivement permis d'étudier les déterminants du travail qui génèrent des entraves à la mobilité et des inconforts thermiques, mais surtout de montrer que les activités déployées par les motards sont en elles-mêmes physiquement et cognitivement exigeantes. Lors de la validation des résultats, certains motards ont été étonnés du portrait dressé, ne s'imaginant pas que le travail à moto était aussi exigeant, car, faut-il le rappeler, il est pour eux très divertissant et très valorisant. Le travail des motards est en général d'intensité modérée, mais les données quantitatives et qualitatives montrent que certaines situations peuvent être pénibles. Les valeurs de coût cardiaque relatif (CCR) recueillies sur le terrain montrent que les motards ont été soumis à plusieurs reprises à des exigences physiques lourdes (CCR > 30 %), très lourdes (CCR > 40 %), voire intenses (CCR > 50 %). De plus, l'activité est réalisée dans des conditions environnementales souvent difficiles, et l'endossement du GPB, dans sa conception actuelle, peut parfois exacerber les contraintes de mobilité et l'astreinte thermique déjà présentes dans le cadre de leur travail.

L'étude montre également que les équipements comme la moto, le ceinturon et les autres pièces de vêtement, ainsi que leurs interactions avec le GPB, constituent d'autres déterminants qui peuvent aggraver les contraintes.

Malgré certaines différences exposées tout au long de ce document entre les deux organismes, notamment au regard du choix des équipements (moto, gilet, uniforme), l'étude dresse à plusieurs égards des constats très similaires entre les terrains municipal et provincial, ce qui permet de croire qu'ils pourraient s'appliquer à d'autres organismes de police. D'ailleurs, les présentations faites aux membres du groupe de « liaison police » de l'APSAM confirment des situations similaires dans la plupart des autres organismes siégeant au comité. De plus, le nombre important de motards ayant participé à l'étude des deux terrains (PP et PM) et leurs caractéristiques variées en termes de dimensions corporelles et de conditions physiques, ainsi que le nombre élevé de tâches observées dans des conditions d'exécution fort variées permettent de croire que les informations obtenues sont représentatives du travail des motards en général et que le portrait qui en est tracé est conforme à la réalité.

Sans reprendre tous les résultats puisque ceux-ci ont été largement traités dans ce rapport, cette section vise à discuter des principaux constats sur la mobilité et sur l'astreinte thermique lors du port du GPB, à mettre en perspective certains constats, notamment le port du gilet à moto par rapport à l'autopatrouille, à déterminer les avancements des connaissances et les limites de cette étude, et surtout, à formuler des recommandations qui aideront à atténuer les contraintes liées aux tâches des motards et à établir des critères (« repères de conception ») pour aider à choisir ou à concevoir des vestes pare-balles mieux adaptées à leur travail.

6.1 Port du gilet pare-balles lors du travail à moto par rapport à celui fait en autopatrouille

L'étude a largement montré que le type d'activité est un déterminant des contraintes thermiques et de la mobilité lors du port du GPB. Une des questions soulevées par plusieurs pendant l'étude était formulée ainsi : *comment se fait-il que les policiers lors du travail à bord de l'autopatrouille arrivent à mieux supporter les contraintes engendrées par le gilet - la grande majorité des motards*

rapportent qu'une fois retournés sur la patrouille en hiver, ils n'hésitent pas à le porter pour être mieux protégés - que lorsqu'ils sont à moto, alors que le travail policier est très similaire ? En quoi leur travail se distingue-t-il de celui des policiers en autopatrouille ?

Tout d'abord, l'activité du motard s'effectue principalement à l'extérieur, il n'a donc pas la possibilité de maîtriser les facteurs de son environnement (chaleur, bruit, pollution, etc.) alors que le policier en auto peut contrôler la climatisation dans son véhicule, ouvrir ou fermer les fenêtres, détacher son gilet, etc. La majorité des activités de travail du motard exige des postures debout (opération radar, surveillance, rédaction de constats); ils doivent donc supporter régulièrement le poids du GPB, et ce, contrairement aux autopatrouilleurs. Ces derniers jouissent en effet d'une plus grande marge de manœuvre puisqu'ils peuvent réaliser plusieurs de leurs activités de travail en position assise, dans l'habitacle de leur véhicule. Pour les motards, les tâches réalisées en posture assise sont souvent liées à la conduite de la moto et sont rarement des postures « reposantes », car la moto ne dispose pas de support dorsal. De plus, la conduite de la moto est plus exigeante et stressante que celle de l'auto, car elle est moins stable, ce qui exige une mobilisation active de tout le corps (bras, dos, cou, jambes) et davantage de vigilance (Van Elslande, 2003). Cet auteur rapporte d'ailleurs que la simple conduite de tout type de véhicule comporte un caractère dynamique qui demande une régulation permanente de l'opérateur pour gérer les situations en évolution perpétuelle; un conducteur dispose d'à peine quelques secondes pour *recueillir l'information pertinente, l'analyser de manière appropriée, opter pour la meilleure décision et mettre en œuvre les actions régulatrices adaptées* (Van Elslande, 2003).

Au premier abord, la conduite de la moto peut sembler physiquement facile, mais les manœuvres à réaliser (virage, slalom, demi-tour, etc.) supposent des modes opératoires composés de séquences précises de plusieurs postures et gestes¹⁷ synchronisés et sollicitant l'ensemble du corps. Les postures adoptées lors de la conduite sont d'abord déterminées par la configuration de la moto (siège, guidon, accélérateur, embrayage), les dimensions corporelles du motard, les caractéristiques de la route, la prise d'information visuelle et proprioceptive, et la nécessité de maintenir un degré de réactivité et un synchronisme entre le mouvement du corps et celui de la moto, ce qu'Izzat Nor Ma'arof et ses collègues (2014) appellent l'*Uno Body Motion*. Il s'agit de la nécessité de contrôler le guidon, l'embrayage, l'accélérateur et le frein pour diriger la moto là où il se doit et de la nécessité de maintenir l'équilibre de l'engin; ces facteurs détermineront l'inclinaison du tronc et l'amplitude articulaire des segments des membres supérieurs et inférieurs. Selon la rapidité et la précision de la manœuvre, la conduite peut devenir exigeante sur le plan cognitif et musculosquelettique.

La nature même de certaines activités propres aux motards comme l'escorte est parfois très exigeante, car elle demande de gérer simultanément, dans des délais très courts, plusieurs éléments et modes opératoires complexes. De plus, comme le motard est constamment à la vue du public, contrairement aux autopatrouilleurs, il n'a pas d'espace personnel intime pour se

¹⁷ Les termes utilisés sont empruntés de Vezeau (2004) :

- Mouvement = Changement de position du corps dans l'espace, sans un but particulier (p. ex. : mouvoir la jambe);
- Geste = Mouvement du corps, un déplacement de segments corporels dans l'espace, effectué en fonction d'un objectif spécifique;
- Action = Effet produit par le geste;
- Posture = Positionnement des segments corporels découlant des gestes et mouvements (flexion du dos, abduction des épaules, etc.).

« relâcher » et faire des micropauses. Il ne peut faire appel à certaines stratégies employées par les autopatrouilleurs pour diminuer les inconforts, notamment ouvrir le GPB pour permettre à l'air ambiant d'y circuler, appuyer momentanément le haut de son corps contre le dossier du siège et ainsi diminuer la pression sur les épaules, enlever temporairement le gilet et le déposer sur le siège passager, etc. Aussi, la moto elle-même génère de la chaleur. Enfin, l'uniforme du motard diffère de celui de l'autopatrouilleur, car le motard doit porter en plus un casque lourd et chaud et des bottes protectrices hautes et chaudes, voire parfois un imperméable ou un manteau en cuir, qui ajoutent des facteurs de contraintes thermique et de mobilité.

6.2 Mobilité des agents lors du port des gilets pare-balles

6.2.1 Apports de l'analyse des contraintes de mobilité

L'étude permet de montrer que tous les modèles de GPB endossés sont à l'origine d'entraves et de points de pression plus marqués aux « épaules, creux de l'épaule et aisselles », et des inconforts plus intenses encore sur les « côtés » et à « l'abdomen ». La coupe, le poids, l'ajustement et la souplesse des gilets qui ont fait l'objet de l'étude n'étaient pas complètement en adéquation avec l'importante mobilité du tronc et des membres supérieurs requise pour effectuer le travail des agents motards ni avec la position de conduite de la moto qui exige de nombreuses flexions et rotations du tronc. À cet égard, la brève analyse des besoins en matière de protection montre qu'il y a certaines marges de manœuvre pour réduire la longueur du gilet et favoriser la flexion du tronc, sans compromettre la protection des zones corporelles où se concentrent les organes vitaux. Le gilet de marque PX s'est avéré moins contraignant pour l'agent l'ayant porté.

En restreignant la flexion ou la torsion du tronc lors de la montée et de la descente de la moto ou lors des virages, le GPB peut affecter la rapidité d'exécution de l'agent ou la précision de sa manœuvre. Également, en empêchant de flanquer convenablement les coudes sur les « côtés » lors de certains virages, le gilet modifie l'activité de conduite, ce qui pourrait accroître les risques d'accident lors de virages en U serrés. En moto, Whitaker (1980) rapporte que 26 % des accidents liés à une perte de contrôle ont eu lieu en négociant des virages prononcés. À cela s'ajoutent les risques accrus d'accrochage avec les équipements rangés dans les poches du gilet et avec ceux maintenus par le ceinturon lors des rotations du tronc. En plus des inconforts et irritants persistants qu'il engendre à la longue, le gilet augmente les contraintes de mobilité déjà présentes dans le travail des agents motards. De plus, en situation d'urgence ou de stress élevé, alors que l'intensité physique, l'aspect imprévisible et la surabondance d'information réduisent largement leur marge de manœuvre et le temps de prise de décision, les agents ont besoin d'une agilité et d'une vigilance maximales.

En ce qui concerne la compression thoracique causée par le gilet lors des flexions et des rotations du tronc, largement rapportée par les agents motards (sensation de manque d'air, d'inconfort respiratoire), certains auteurs en sciences de l'exercice montrent qu'elle modifie l'activité respiratoire de la personne, cause une diminution de la quantité d'air inspiré et expiré, et entraîne une baisse de performance et d'endurance des sujets ainsi qu'une incapacité à réaliser un exercice intense ou prolongé (O'Donnell *et al.*, 2000; Harty *et al.*, 1999; Hussain et Pardy, 1985). Cette compression thoracique gêne donc directement la respiration des agents et peut causer de la dyspnée inspiratoire, notamment en situations stressantes ou physiquement exigeantes comme l'escorte, la gestion de la circulation, et même le travail en ambiance très chaude exigeant une ventilation plus importante. La compression thoracique maintenue sur de longues périodes

semble également affecter le métabolisme, causant une diminution de l'oxygène dans le sang (Iiyori *et al.*, 2003). De plus, des pressions persistantes sur l'abdomen - comme on observe avec le gilet lors des postures de conduite de la moto - peuvent altérer la digestion (Geliebter *et al.*, 1986; Sone *et al.*, 2000).

Or, à partir des propos tenus par des fabricants de gilets et de panneaux balistiques, le critère de la souplesse du GPB n'est pas exigé dans les devis des organismes de police, ce qui expliquerait en partie l'absence de développement de ce côté. Un prix plus élevé lors de l'achat serait un autre facteur qui limiterait l'intégration de souplesse dans les GPB.

En ce qui a trait à la méthodologie, la combinaison d'une approche ergonomique en situation de travail et d'une approche expérimentale détaillée (simulations) s'est avérée très pertinente pour mettre en lumière les principaux modes opératoires déployés par les motards dans le cadre de leur travail et pour établir dans quelle mesure le design du GPB affectait la qualité de la conduite, entravait les gestes et favorisait l'inconfort. En fait, l'investigation en situation de travail a été utile pour nourrir l'activité réflexive des motards et cibler des situations difficiles dans le feu de l'action, puis l'analyse expérimentale détaillée, avec une variété de gestes simulés, leur a permis de prendre le temps de mieux comprendre et d'expliquer la nature de l'entrave, et de repérer adéquatement la composante du gilet en cause. À la lumière des informations obtenues, cette méthode demeure très pertinente pour tester d'éventuels modèles de GPB.

6.2.2 Limites de l'analyse sur la mobilité

L'absence de sujet féminin dont la morphologie diffère grandement de celle des hommes, tant à la poitrine qu'aux hanches, constitue une limite certaine de cette étude sachant qu'à la base, elles éprouvent souvent de l'inconfort avec leur gilet (Zehner *et al.*, 1987). Compte tenu des postures spécifiques adoptées sur la moto, il aurait été pertinent de voir l'impact du gilet sur la mobilité des femmes et de voir si elles ne seraient pas davantage incommodées que les hommes à cet égard.

Compte tenu de la complexité des gestes composés d'enchaînements de plusieurs postures, une des limites de l'étude sur la mobilité gestuelle est liée au fait qu'elle consistait à identifier les inconforts apparaissant dans l'ensemble du geste, plutôt que d'interrompre ce dernier au moment de l'apparition d'une pression et ainsi cibler la posture précise des segments corporels qui engendrait l'inconfort. De plus, le fait de demander aux agents, lors des simulations, de déterminer en pointant sur eux-mêmes les endroits où il y a inconfort, sans avoir au préalable établi un découpage précis des régions d'intérêt, a rendu l'analyse plus difficile, particulièrement au regard de la classification des zones d'inconfort. Cela a obligé les auteurs à utiliser des régions plus grossièrement délimitées : « creux de l'épaule, côté, abdomen, etc. ». Dépendamment du motard interrogé, ses dimensions corporelles et la tâche effectuée, les résultats montrent une variabilité importante en ce qui a trait à l'endroit exact où l'inconfort a été ressenti. Ces résultats n'ont donc pas pu être compilés finement pour être mieux utilisés pour établir des critères de conception du gilet. Dans les études subséquentes, il serait pertinent de déterminer le moment précis de l'apparition de l'inconfort (amplitude des segments) et l'évolution de cet inconfort pendant la continuation du geste, afin de décrire de manière encore plus précise les gestes qui devraient être effectués lors de l'évaluation d'un modèle de GPB et du choix de sa taille.

Également, le grand nombre de facteurs affectant l'apparition des pressions et des entraves n'a pas permis d'établir de liens causaux directs entre le confort et certaines caractéristiques spécifiques du gilet (aisance sur sa circonférence, aisance sur sa longueur, chevauchement des panneaux balistiques) et des agents (corpulence, grandeur, morphologie). Les analyses

ergonomique et visuelle du gilet ont néanmoins permis de mieux comprendre l'interférence entre certains éléments du gilet et l'apparition des inconforts (c.-à-d. : position des poches par rapport aux pressions sur le ceinturon, poids des poches, rigidité de la structure sans élastique par rapport à la friction des emmanchures, etc.).

De plus, lorsque les agents devaient verbaliser les inconforts, ils ont indiqué que leur sensibilité à une pression spécifique variait en fonction du nombre et de l'importance des inconforts et entraves ressentis sur le reste du corps et de la quantité d'information que le policier devait gérer à ce moment. Ainsi, la présence d'une pression aux épaules était davantage ressentie en adoptant une posture debout sans mouvements des bras que lors d'activités exigeant une flexion du tronc avec beaucoup d'inconforts au ventre, par exemple, ou bien lors d'activités simultanées comme la conduite alors que l'attention du motard était partagée entre l'analyse des sensations et la gestion de la conduite de la moto. Les réponses obtenues mettent donc l'accent sur les principaux inconforts et entraves dans chacune des situations, sans toujours décrire fidèlement ceux de moindre intensité.

Aussi, certains utilisateurs ont eu de la difficulté à coter la pression et l'entrave sur une échelle de 1 à 10 lorsque celles-ci étaient évaluées entre 3 et 7. Ils manquaient de références pour obtenir une note plus objective. Les verbalisations spontanées ont montré un peu d'hésitation à cet égard. Toutefois, l'absence d'inconfort ou la présence d'un inconfort important était cotée avec grande conviction.

Finalement, en ce qui concerne l'analyse du modèle PX, le nombre restreint de motards ($n = 1$) l'ayant testé invite à la prudence au regard des constats qui ont été tirés. Cependant, cela montre qu'il existe d'autres GPB sur le marché ayant de meilleures caractéristiques que les modèles retenus dans cette étude, notamment en ce qui concerne le poids de la housse et celui des panneaux balistiques. Toutefois, à la connaissance des chercheurs, aucun fabricant ne présente un modèle spécialement conçu en fonction des particularités du travail des motards.

6.3 Astreinte thermique des agents lors du port du gilet pare-balles

6.3.1 Apports de l'analyse de l'astreinte thermique

Un des objectifs de cette étude visait à établir si les agents motards subissaient ou non des astreintes thermiques lors du port du GPB. Le protocole mis en place a permis de démontrer que la plupart des agents motards ont effectivement été soumis à des astreintes thermiques importantes à un moment ou à un autre. Les analyses sur le terrain ont montré des températures corporelles internes (TCI) supérieures à 38 °C - dépassant ainsi les valeurs critiques établies par le NIOSH, l'OMS, la BOHS - pendant des périodes répétées et prolongées de plus d'une heure, voire de 2 heures 30 minutes dans la pire des situations. Si l'on tient compte des valeurs critiques de TCI supérieures à 37,6 °C (Wenzel *et al.*, 1989) pour des personnes plus vulnérables, la presque totalité des agents motards a subi une astreinte thermique supérieure à ces valeurs et des durées aussi longues que 10 h 30 min lors d'un quart double. L'ensemble des données convergent et témoignent de la présence de ces astreintes : TCI, EPCT, $T_{cut\ moy}$, CCR, pertes hydriques, verbalisations, réponses inscrites dans les questionnaires, observations. Toutefois, les données de CCR et d'EPCT, recueillies tant sur le terrain que lors de simulations, bien qu'elles fluctuaient de façon importante durant le travail, ont montré que la situation globale ne semblait pas présenter de risque pour la santé. Ces constats corroborent l'étude de Lehmacher *et al.* (2007) qui a examiné l'astreinte thermique des policiers endossant ou non un GPB et a montré

que le port d'un GPB engendre une réponse thermophysiological légèrement accrue, dont une augmentation de la transpiration, du rythme cardiaque de 5 bpm en moyenne (négligeable) et de la $T_{cut\ moy}$ (significative). Ces auteurs indiquent que les mécanismes de régulation thermique sont capables de compenser le stress supplémentaire subi par l'organisme humain. Les commentaires des agents de notre étude et les symptômes notés lors des observations indiquent que la situation moyenne vécue se classifie dans la catégorie des « malaises de chaleur modérés », selon Borrow et Clark (1998).

L'étude a aussi permis de caractériser les astreintes thermiques selon leur « gravité », leur durée et leur distribution pendant le quart de travail, ainsi que de préciser l'apport de différents déterminants comme l'activité déployée, le climat, l'uniforme porté, etc., sur cette astreinte.

En ce qui concerne *l'activité*, l'étude révèle entre autres que l'intensité de l'activité physique incluse dans le travail des motards est un facteur qui contribue à l'élévation de la TCI, des EPCT, de la $T_{cut\ moy}$ et du CCR des agents. Ce facteur semble être plus important que le simple port du gilet lui-même. En effet, les données de TCI démontrent que les agents subissent de l'astreinte thermique autant lors de la réalisation d'activités associées à l'application du Code de la sécurité routière (CSR) - opération radar, patrouille et surveillance d'interdictions sur des boulevards municipaux et autoroutes - qu'au cours d'événements spéciaux, tels que l'escorte de dignitaires ou de cyclistes, l'accompagnement de parades et la gestion de la circulation. L'astreinte thermique a été diagnostiquée à des températures ambiantes (T_{air}) aussi basses que 14 °C, voire 9 °C lors du port du manteau en cuir. Des TCI aussi élevées et qui le demeurent sur une longue période du quart de travail ou lors de quarts prolongés et successifs, sont préoccupantes. En plus des répercussions physiologiques, le travail continu dans de telles ambiances thermiques peut avoir aussi des répercussions sur la performance cognitive des agents, spécifiquement pour des tâches qui nécessitent de l'exploration spatiale, le maintien de la vigilance et des opérations cognitives simultanées, car les « ressources attentionnelles » sont alors utilisées pour combattre l'astreinte thermique (Parsons, 2005; Wenzel *et al.*, 1989). La baisse de la performance cognitive apparaît bien avant l'atteinte de la limite de la tolérance thermique qui, selon la forme physique de l'agent, est susceptible d'être dépassée dans les conditions observées (Krake *et al.*, 2003; Wenzel *et al.*, 1989; Youle *et al.*, 1996). Compte tenu de la nature du travail du policier, qui exige la prise de nombreuses décisions, et plus spécialement du travail à moto, qui demande une conduite active très dynamique et parfois à haute vitesse, la diminution de la performance cognitive peut favoriser une perte de contrôle, voire accroître les risques d'accidents et d'incidents.

Le fait que l'astreinte thermique se développe parfois à des températures basses montre que la présence de forte chaleur ou de canicule n'est pas le seul facteur « de prédiction » de l'astreinte thermique dans leur travail. D'ailleurs, peu de périodes de canicule ont réellement été vécues lors de l'étude. Également, des valeurs très élevées ont aussi été mesurées le soir entre 18 h 30 et minuit lors d'activités physiquement exigeantes et stressantes comme l'escorte et la gestion de la circulation.

L'étude montre que la *présence du soleil* augmente l'astreinte thermique. Les agents ont perçu davantage de contraintes lors des activités effectuées sous le soleil en chemise à manches courtes (uniforme d'été) que lors des activités accomplies à l'ombre en imperméable, et ce, indépendamment des exigences physiques de l'activité. Les températures cutanées de la poitrine et du dos ont augmenté aussi lorsque les agents étaient exposés directement aux rayons du soleil. Lorsqu'ils ont la possibilité de le faire, les agents effectuent leurs opérations dans des endroits ombragés et mieux ventilés ou mettent fin à l'opération. Ils disposent donc de marges de

manœuvre pour réguler cette contrainte, sauf pour certaines interventions spécifiques comme la gestion d'un carrefour lors d'un évènement ou d'une escorte.

En ce qui concerne *la moto*, celle-ci semble affecter l'astreinte thermique, produisant elle-même beaucoup de chaleur. De plus, cet engin n'offre que peu d'espace pour permettre de ranger le GPB lorsque le soleil plombe ni de conserver de l'eau ou tout autre breuvage rafraîchissant à une température convenable.

Le port des différentes *pièces de l'uniforme* est un autre déterminant de l'astreinte thermique. La répartition des sites corporels chauds et mouillés de transpiration était déterminée en grande partie par l'uniforme porté. Les sites problématiques concordaient avec les surfaces recouvertes par de l'équipement étanche à l'air comme le casque, le DSHV, les bottes, l'imperméable et le GPB. Alors que Lehmacher *et al.* (2007) rapportent que les policiers patrouilleurs évacuent une bonne partie de l'astreinte thermique par le corps et la tête, la partie couverte par le GPB représentant 27 % de la surface corporelle, notre étude montre que l'uniforme spécifique des motards, notamment le casque et les bottes, limitait davantage les possibilités d'aération, ce qui contribuait à des températures cutanées élevées à la poitrine et au dos, voire de la sudation profuse lorsque l'imperméable était revêtu. D'ailleurs, la température de la cuisse a été le seul endroit où la T_{cut} n'atteignait pas le seuil d'inconfort, principalement à cause du tissu relativement poreux du pantalon favorisant l'aération. Or, en plus de causer de l'inconfort et des irritations cutanées, la sudation profuse liée au port de ces équipements a parfois posé un problème de sécurité lorsque la transpiration gênait la vision ou rendait les mains moites.

En ce qui concerne *le GPB*, l'analyse détaillée corrobore les constats de Yarger *et al.* (1969), à l'effet que le port des gilets analysés (PM, PP, PX) diminue la possibilité d'échanges thermiques entre le torse et l'environnement, créant un effet isotherme ou « thermos » et une augmentation progressive de la $T_{cut.moy}$, ce qui diminue l'efficacité d'évaporation de la sueur, principal mécanisme de refroidissement du corps. Les stratégies de régulation comme rouler à moto pour se ventiler et se rafraîchir deviennent moins efficaces, et les températures cutanées (poitrine, dos) continuent alors à augmenter. Notre étude n'en fait pas état, mais Lehmacher *et al.* (2007) n'ont trouvé aucune différence significative entre un modèle de GPB porté sous la chemise et celui porté par-dessus avec une housse.

6.3.2 Limites de l'analyse sur l'astreinte thermique

Une des limites de cette étude pour déterminer l'impact du GPB sur l'astreinte thermique est très certainement le protocole relatif à la température corporelle interne (TCI) lors des simulations. Alors que les auteurs anticipaient un avancement des connaissances associées à cette mesure, l'étude montre, qu'à l'instar des travaux de Yarger *et al.* (1969), la TCI a été trop fortement influencée par le niveau d'activités physiques déployées pendant le travail, pour permettre d'établir un lien causal entre le port du gilet et la TCI. La durée de 30 minutes d'expérimentation n'a pas semblé suffisante pour permettre une stabilisation de la TCI. À cet égard, la mesure de la température cutanée (T_{cut}) a été plus pertinente et révélatrice. Par exemple, le simple fait d'enfiler le gilet après une période de repos abaissait parfois les valeurs de la T_{cut} sous sa valeur initiale, comme si le port du gilet abaissait la température corporelle, alors que la TCI n'enregistrait pas de fluctuation significative. Les verbalisations rapportent qu'au moment d'enfiler le gilet devenu froid, après avoir été laissé en ambiance climatisée pendant 30 minutes, les motards frissonnaient souvent. Les données de T_{cut} recueillies corroborent donc plus directement les sensations perçues par les motards.

Sur le plan méthodologique, la volonté de l'équipe de recherche d'effectuer les simulations expérimentales sur le terrain pour reproduire le plus fidèlement possible la réalité du travail a compliqué l'analyse puisque la variabilité des situations testées, le faible nombre d'activités pouvant être réalisées en 30 minutes (c.-à-d., deux interceptions de véhicule) et des conditions de pause difficiles à contrôler (communication avec collègues, utilisation de la salle de bain, réponse au téléphone, etc.), expliquent en partie les difficultés à obtenir des TCI plus stables et à isoler l'effet du gilet.

De plus, l'absence de canicules et de journées consécutivement chaudes - ou encore l'impossibilité de faire des observations à cause de la non-disponibilité des motards ou de véhicules pour les suivre, ou l'absence d'activités planifiées durant ces moments, etc. - n'a pas permis de mesurer l'effet du cumul de l'exposition à la chaleur sur les agents ni leur acclimatation au fil du temps. Toutefois, les quarts doubles ont dévoilé un certain effet dont une augmentation de la TCI, ce qui laisse supposer qu'en période d'exposition consécutive de chaleur extrême, le portrait pourrait être plus contraignant que celui présenté dans cette étude.

Parmi les autres limites liées à la méthode-terrain appliquée dans l'étude, soulignons la difficulté de composer avec des situations variables, donc plus difficilement comparables les unes par rapport aux autres, et de démontrer plus finement l'impact des variables sur l'astreinte thermique des motards. Par exemple, l'étude n'a pas permis de vérifier finement l'effet du DSHV ou de l'ensemble en cuir sur l'astreinte thermique. La comparaison entre les observations-terrains et celles faites lors de simulations montre que l'étude-terrain permet de brosser un portrait plus près de la réalité, notamment des modes opératoires plus vigoureux, donc physiquement plus exigeants, lors de la gestion de la circulation, ce qui a permis d'obtenir des données plus fiables par rapport à l'activité réellement déployée. Dès le départ, l'équipe de recherche considérait comme hasardeux de tenter de comparer les situations, puisque trop différentes d'une fois à l'autre. Mais au terme de l'étude, il ressort qu'il aurait été intéressant de prévoir des journées d'investigation sans le port du gilet pour établir si globalement, la durée totale d'exposition à l'astreinte thermique demeure similaire. En ce qui concerne l'analyse du modèle PX, le nombre restreint de motards (n = 1) l'ayant testé invite aussi à la très grande prudence au regard des constats qui ont été tirés.

Finalement, au cours de l'étude, plusieurs motards de l'unité ont mentionné une variété de contraintes liées au travail sur un véhicule tout-terrain (VTT) ou à motoneige lorsqu'ils enfilent le GPB, dont les contraintes thermique et de mobilité. Sur le plan de la contrainte thermique, par exemple, les motoneigistes verbalisent certains paradoxes comme celui d'acheter des combinaisons hivernales qui favorisent le confort et les échanges thermiques alors que le gilet lui-même ne permet pas ce type d'échanges. Ils subissent alors de la transpiration en plein hiver, l'humidité glace leurs vêtements et les agents ont froid lorsqu'ils s'arrêtent. Puisque la présente étude n'a pas permis d'analyser la nature des contraintes dans ce type de situations, il serait pertinent de mener une étude spécifique sur l'utilisation de différents modèles de GPB au regard du travail des agents qui se déplacent en motoneige.

6.4 Pistes de solutions visant à améliorer les contraintes associées au port du gilet pare-balles lors du travail des agents motards

Cette sous-section vise à proposer des pistes de solution afin de diminuer les contraintes thermiques et de mobilité lors du port du GPB chez les agents motards. Elle présente les principaux critères de recouvrement du tronc devant être pris en considération pour obtenir une meilleure adaptation du GPB au travail des agents motards, les critères de performance ergonomiques des textiles de la housse et des panneaux balistiques ainsi que les critères de conception et de fabrication des gilets. Des recommandations sont également formulées sur la méthode d'essayage permettant de choisir un modèle et une taille adéquats. Enfin, quelques propositions d'intégration de technologies alternatives permettant le refroidissement de gilets ainsi que la possibilité de modifier certains déterminants comme les autres pièces d'équipements et l'organisation du travail complètent la sous-section.

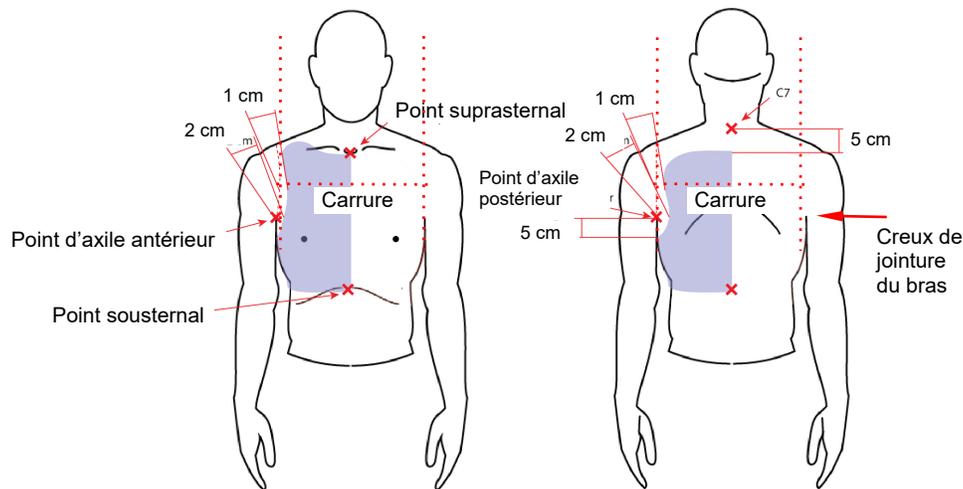
6.4.1 Agir sur le gilet pare-balles

6.4.1.1 Recouvrement du tronc avec les panneaux balistiques et la housse

La surface de recouvrement proposée est le fruit d'une conciliation entre les exigences de protection de la zone thoracique dite de « mort immédiate » et la volonté de diminuer les entraves occasionnées par les panneaux balistiques, en permettant notamment de dégager les épaules, le cou et la région inférieure du tronc. Sur la base des points de référence anthropométriques déterminés visuellement et par palpation (Figure 45), les critères concernant la taille des panneaux balistiques et de la housse (Tableau 34) devraient être les suivants :

- 1) Le périmètre de coupe des panneaux balistiques et de la housse doit coïncider avec l'emmanchure (devant et dos);
- 2) Le gilet doit être dégagé du point d'aisselle de 5 cm en hauteur et de 2 cm en largeur;
- 3) L'emmanchure du gilet doit être dégagée du creux de l'épaule de 1 cm;
- 4) La position du centre de l'encolure (panneau frontal et housse) doit coïncider avec le point suprasternal;
- 5) Au dos, le centre de l'encolure doit se situer à une hauteur symétrique, soit environ 5 cm sous la 7^e vertèbre cervicale;
- 6) Les bretelles de la housse doivent se situer à une distance minimale de 3 cm du bord latéral du col de la chemise;
- 7) Afin d'assurer une répartition du poids du gilet sur une grande surface des épaules, les bretelles doivent être d'une largeur d'environ 10 cm;
- 8) Le bord inférieur des panneaux balistiques doit correspondre, en hauteur, au point sousternal;
- 9) Enfin, pour assurer les aspects esthétiques et professionnels du gilet, la housse peut être plus longue que les panneaux balistiques pour arriver à la hauteur du ceinturon, voire le recouvrir partiellement. Cette rallonge doit toutefois prévoir une extension ou une ampleur

(aisance) suffisante, telle que des fentes latérales, pour permettre les flexions du tronc et pour s'adapter aux équipements du ceinturon (Figure 46).



Point suprasternal : Point le plus élevé du rebord supérieur du sternum

Point d'axile antérieur : Point le plus élevé du repli que forme l'aisselle avec le bras

Point d'axile postérieur : Point le plus bas du rebord inférieur du sternum

7^e cervicale (C7) : Point de l'apophyse épineuse de la 7^e vertèbre cervicale

Point de pliure latérale : Point de l'apophyse épineuse de la 7^e vertèbre cervicale

Carrure devant : Ligne imaginaire reliant les creux de jointure du bras au tronc à mi-hauteur entre l'axile antérieur et l'épaule

Carrure dos : Ligne imaginaire reliant les extrémités de la zone située à mi-hauteur entre l'axile postérieur et l'épaule

Figure 45. Évaluation du recouvrement thoracique selon des points de référence anthropométriques.

Tableau 34. Synthèse des critères ergonomiques de recouvrement du tronc par le gilet pare-balles

Recouvrement du tronc par les panneaux balistiques et la housse externe				
Problématique notée sur le terrain	Objectif	Critère de développement et de sélection		
		Mesure	Panneau balistique	Housse
1) Les panneaux balistiques doivent minimalement protéger la zone thoracique dite de « mort immédiate » et donc couvrir au moins la surface du tronc délimitée par le point suprasternal et le point soussternal en hauteur, les creux de l'épaule en largeur et les côtés du tronc. 2) Le gilet gêne l'abduction, l'adduction et la flexion des épaules et engendre des inconforts et frictions aux aisselles; 3) Le gilet pousse sur le col de chemise et engendre des gênes lors des flexions et rotations de cou et lors de l'abduction simultanée de deux épaules; 4) Le gilet gêne les flexions antérieures et latérales et les rotations de tronc; 5) Le bord inférieur et les poches du gilet interfèrent avec le ceinturon équipé lors des flexions et des rotations du dos et d'abduction des hanches;	1) Protéger la zone thoracique dite de « mort immédiate »;	Hauteur du panneau frontal mesurée au centre	Du point suprasternal au point soussternal	Idem au panneau balistique, plus une extension esthétique inférieure
	2) Dégager l'emmanchure pour accroître la mobilité de l'épaule et éviter les inconforts;	Hauteur du panneau dorsal mesurée au centre	De 5 cm au-dessous de C7 à T10	Idem au panneau balistique, plus une extension esthétique inférieure
	3) Assurer un dégagement latéral optimal du cou;	Ampleur de l'extension esthétique inférieure	s. o.	10 à 15 cm
	4) Raccourcir la longueur du gilet pour accroître la mobilité du tronc, éviter le conflit entre le bord du GPB et le ceinturon;	Dégagement vertical entre l'aisselle et l'emmanchure du gilet	5 cm du point d'axile	Idem au panneau balistique
	5) Dissiper le poids sur une grande surface des épaules;	Dégagement horizontal entre l'aisselle et les panneaux frontal et dorsal	2 cm	Idem au panneau balistique
	6) Rallonger la housse pour assurer un aspect esthétique et professionnel (cf. critère « structure du bord inférieur de la housse »);	Dégagement horizontal entre le creux de l'épaule et le panneau frontal	1 cm	Idem au panneau balistique
		Dégagement horizontal entre le bord latéral de chemise et la bretelle du gilet	s. o.	3 cm
		Largeur des bretelles	s. o.	Environ 10 cm

s. o. : sans objet

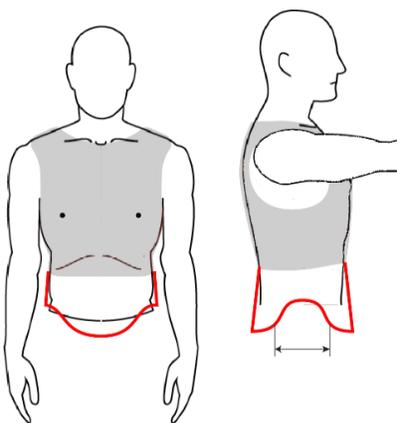


Figure 46. Piste de conception de l'extension esthétique inférieure de la housse : vue frontale (gauche) et vue latérale (droite).

6.4.1.2 Critères de performance ergonomiques portant sur les textiles balistiques

Des critères de poids, d'épaisseur, de souplesse et d'extensibilité des panneaux balistiques ont été formulés et synthétisés pour bonifier les spécifications techniques de futurs appels d'offre afin d'obtenir un GPB mieux adapté à la réalité des motards, tout en palliant les contraintes d'entrave, de pression et d'inconfort (Tableau 35). La revue des modèles de GPB existants montre qu'un éventail de panneaux balistiques de niveau de protection II certifiés est disponible; ces derniers se distinguent par leurs caractéristiques de souplesse, de poids et de flexibilité au toucher (Annexe X). La majorité des fournisseurs précisent d'ailleurs le poids et l'épaisseur de leurs produits sur les fiches techniques disponibles dans leur site Web¹⁸ (en matière de densité). À l'instar des produits performants existants, la densité maximale des panneaux balistiques devrait être fixée à 4 kg/m² et leur épaisseur à 5 mm.

Le choix des panneaux balistiques devrait aussi se faire parmi les produits certifiés selon la nouvelle norme de performance balistique NIJ 0101.06. Cette norme remplace l'ancienne version NIJ 0101.04 à laquelle se conforment les gilets acquis actuellement par les organismes. La norme NIJ 0101.06 précise notamment que lors d'essais de laboratoire, des balles doivent être tirées sur le périmètre du panneau à une distance maximale de 2,75 po du bord, et, par conséquent, assure un périmètre supérieur de protection comparativement à sa version précédente.

En ce qui concerne la souplesse des panneaux souhaitée, mais non exigée par les organismes ni envisagée et ni évaluée par les fabricants, elle ne peut être calculée ou prédite sur la base de la densité et de l'épaisseur des panneaux, et peut s'avérer complexe à caractériser. L'industrie du textile dispose de plusieurs méthodes de caractérisation de la souplesse. À titre d'exemple, la norme ISO 9073-7:1995¹⁹ et le *Shirley stiffness test* (Saville, 1999) mesurent la longueur de bande de textile nécessaire pour pouvoir la plier à un degré précis. Une plus grande longueur est signe d'une souplesse moindre. Le test Kawabata caractérise la souplesse au toucher sur les plans de la résistance à l'étirement, du cisaillement, du fléchissement et de la compression (Saville, 1999). Toutefois, ces tests permettent de mesurer uniquement la souplesse uniaxiale.

¹⁸ Le poids des panneaux a été estimé à partir de la densité du produit, énoncée sur les fiches techniques, et de la surface approximative formée par les panneaux balistiques frontal et dorsal.

¹⁹ Norme ISO 9073-7 :1995. *Textiles : méthodes d'essai pour nontissés : partie 7 : détermination de la longueur de flexion.*

La méthode « double courbure » qui permet de caractériser la souplesse multidirectionnelle d'un produit est proposée par la norme ASTM D4032-08(2012) – *Standard test method for stiffness of fabric by the circular bend procedure*²⁰. Ces normes sont pertinentes pour aider à caractériser la souplesse des panneaux. À cet égard, une adaptation des normes a permis d'élaborer une méthode spécifique de mesure de la souplesse pour les gants de protection (Vu-Khanh *et al.*, 2007). Elle est couramment utilisée pour faciliter la sélection des gants de protection selon le degré de dextérité recherché. Comme la problématique des GPB est similaire, il serait pertinent d'établir une méthode simple et universelle de caractérisation de la souplesse des panneaux balistiques pour le milieu policier.

Tableau 35. Synthèse de critères ergonomiques de choix des textiles

Qualité des textiles				
Problématique notée sur le terrain		Objectif	Critère de développement et de sélection	
			Panneau balistique	Housse
Élasticité	1) Entrave des gestes de l'épaule	1) Réduire les points de pression et augmenter l'amplitude des mouvements des épaules tout en offrant un appui robuste pour supporter le poids du gilet et de l'équipement;	s. o.	Bretelles et 3 cm sur le périmètre de l'emmanchure : 20 à 30 %
	2) Entrave des flexions et des rotations du dos	2) Réduire les restrictions et les points de pression et augmenter l'amplitude des mouvements du tronc et des épaules, tout en assurant la stabilité du gilet sur le corps;		Bas du tronc : 75 à 100 % Centre des panneaux : aucune extensibilité
Poids/ Densité	Points de pression persistants sur les épaules, sur l'abdomen et sur le dos	Réduire les points de pression	$\leq 4 \text{ kg/m}^2$ ²¹	Sites non extensibles : $\leq 225 \text{ g/m}^2$ Sites extensibles : $\leq 400 \text{ g/m}^2$
Souplesse	Entrave des mouvements des épaules et du tronc	Réduire les points de pression et augmenter l'amplitude des mouvements des épaules et du tronc;	Des travaux doivent être poursuivis pour définir des méthodes appropriées de mesure et d'évaluation;	

²⁰ Cette norme a été remplacée par la norme ASTM D4032-08(2016) – *Standard test method for stiffness of fabric by the circular bend procedure*, en 2016.

²¹ Équivaut à moins de 1 kg pour la taille moyen-long, soit une surface approximative de 0,24 m²

Qualité des textiles				
Problématique notée sur le terrain		Objectif	Critère de développement et de sélection	
			Panneau balistique	Housse
Épaisseur	Entrave lors du rapprochement des coudes au tronc, durant la conduite de la moto, la rédaction et la stabilisation du radar	Permettre le rapprochement des coudes du tronc;	≤ 5 mm	Minimum possible
Protection	Compromis entre une plus grande surface de protection, et une mobilité et un confort thermique adéquats	Assurer une protection sur une plus grande surface recouverte par les panneaux balistiques (gain de 2,5 cm sur le périmètre, comparé à la norme NIJ 0101.04);	Niveau de protection II selon la norme NIJ 0101.06	s. o.
Aération	Manque d'aération sur l'ensemble du tronc recouvert par le GPB	Augmenter l'aération à la poitrine, au dos et sur les côtés	s. o.	<p>Incorporer des passages d'aération (mèches, textile 3D) sur les surfaces non recouvertes par les panneaux balistiques (par exemple sur les bretelles et en haut du dos). Incorporer des gouttières d'aération (par exemple textile 3D) entre les panneaux balistiques sur les côtés.</p> 
Visibilité	Contrainte thermique liée au port du DSHV par-dessus le GPB	Diminuer le nombre de couches de textile sur le tronc	s. o.	Intégrer le DSHV à la surface externe du gilet. Évaluer la possibilité de construction réversible (haute visibilité/basse visibilité) du gilet. Les exigences normatives en matière de réflectance (visibilité) doivent être prises en considération.

Qualité des textiles				
Problématique notée sur le terrain		Objectif	Critère de développement et de sélection	
			Panneau balistique	Housse
Style	Image projetée par le motard	S'assurer que le design projette une image positive et impose le respect des policiers motards	s. o.	Intégrer des formes, textures et matériaux qui suggèrent l'efficacité, la solidité, la robustesse et la qualité, et qui sont en harmonie avec les autres composantes de l'uniforme.
Odeur	Accumulation d'odeurs de transpiration	Permettre un séchage rapide	s. o.	Utiliser des textiles à séchage rapide

s.o. : sans objet

6.4.1.3 Critères de performance ergonomiques portant sur les textiles qui composent la housse du gilet pare-balles

Des gains importants en matière de confort peuvent être faits en intégrant à la housse des textiles plus légers, flexibles et élastiques à des endroits stratégiques, comme l'emmanchure et la surface qui recouvre la partie inférieure du tronc. Les textiles de la housse doivent toutefois être résistants à l'abrasion pour leur assurer une certaine durée de vie. Ils doivent également offrir le support adéquat pour stabiliser le positionnement du gilet sur le corps. Afin d'arriver à marier ces exigences, il serait judicieux de sectionner la housse en 3 régions - « bretelles et périmètre des emmanchures », « poitrine » et « bas du tronc » (Figure 47) - chacune de ces sections devrait être fabriquée de textiles ayant les propriétés spécifiques suivantes²² :

- Les bretelles et une largeur d'environ 3 cm sur le périmètre de l'emmanchure sont constituées d'un textile légèrement extensible (20 à 30 %). Cette partie de la housse sert à compenser le manque d'élasticité des panneaux balistiques et confère la mobilité nécessaire à la région de l'épaule. Une élasticité supérieure n'est pas désirable, puisque les bretelles doivent être suffisamment robustes pour soutenir le poids du gilet et des équipements logés dans les poches. Des textiles pesant au plus 400 g/m² seraient à privilégier.
- Le « bas du tronc » recouvre la région située juste au-dessous du périmètre de l'emmanchure, jusqu'au bord inférieur des panneaux balistiques et qui fait le tour du tronc. Cette partie est fabriquée en textile plus élastique, soit avec une élasticité de 75 à 100 %. Cette élasticité est proposée pour permettre aux panneaux balistiques de « bouger » à l'intérieur de la housse extensible et, par conséquent, de faciliter les flexions prononcées du tronc. Le poids maximal du textile visé est également de 400 g/m².
- La partie centrale du gilet est constituée d'un textile non élastique, car son rôle est de soutenir les poches et les équipements. Ces textiles peuvent être moins lourds, car ils ne contiennent pas d'élasthanne. Le poids visé est d'environ 225 g/m². Les poches du gilet sont constituées du même textile.

²² Ces propositions devraient toutefois être validées lors d'essais avec échantillons.

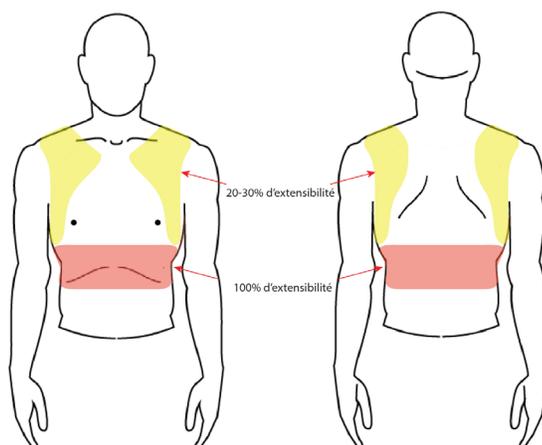


Figure 47. Découpage de la housse en zones d'extensibilité – jaune : extensibilité de 20 à 30 %; rouge : extensibilité de 75 à 100 %; blanc : aucune extensibilité.

6.4.1.4 Critères de performance ergonomiques portant sur la construction et sur différents éléments de fabrication du gilet pare-balles

En plus de la surface globale recouverte par les panneaux du GPB et les propriétés textiles des panneaux balistiques et de sa housse, la construction même de cette dernière - direction du système de fermeture, dimension des panneaux, qualité des coutures, choix et positionnement des bandes Velcro, etc. - a également une incidence sur le confort perçu et sur la mobilité. La direction de rabattage du système de fermeture du gilet déterminant en partie l'ajustement sur le corps obtenu à la hauteur de la poitrine et de la taille (Budico, 2012), un système de fermeture vers le devant sans ceinture élastique de retenue (Figure 48) serait à privilégier pour éviter l'effet de serrage sur la partie inférieure du tronc.

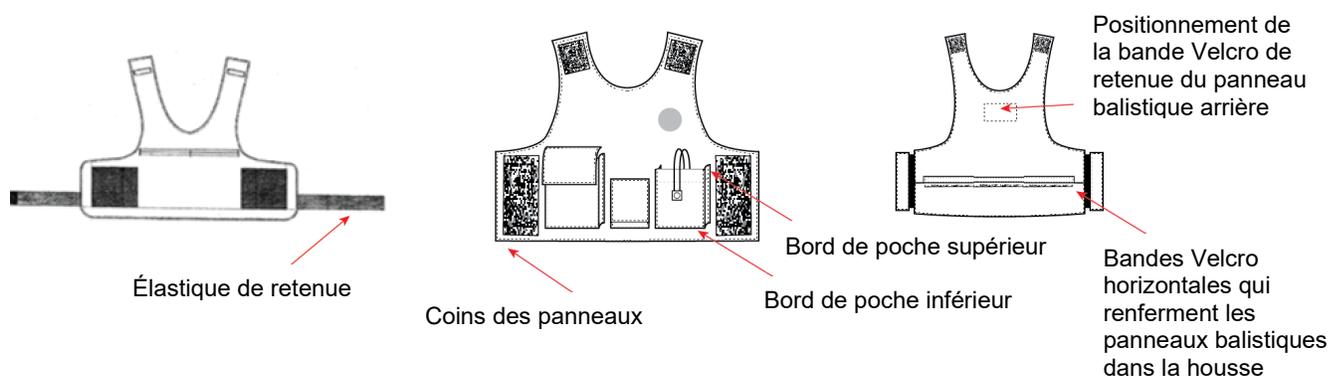


Figure 48. Composantes des gilets pare-balles.

La construction de poches plates sur le bord inférieur (cf. les gilets des policiers provinciaux) et plus profondes sur la partie supérieure du gilet constituerait un bon compromis entre les besoins d'y loger une partie des équipements et les exigences de mobilité. Les observations montrent que la distribution du poids du gilet sur les épaules du motard est déterminée en partie par l'angle

de la pente des bretelles. L'ensemble des gilets étudiés comportent des bandes Velcro sur les bretelles du devant et du dos et permettent d'ajuster leur longueur et également leur angle de rencontre. Toutefois, la superposition adéquate des bandes Velcro des bretelles du gilet de la PP guide indirectement vers un ajustement des bretelles plus en angle (Figure 49). Cette configuration ne convient cependant pas à toutes les morphologies d'épaule. Le Tableau 36 résume les critères escomptés.

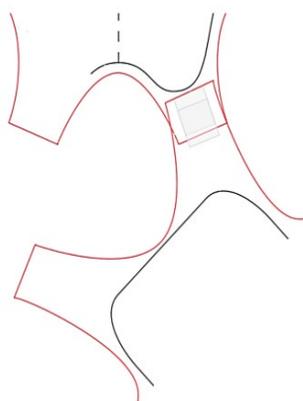


Figure 49. Angle de rencontre des bretelles et superposition adéquate des bandes Velcro.

Dans le but d'améliorer le manque d'aération au tronc, il serait pertinent d'incorporer des zones d'aération ou de dégagements latéraux, ce qui permettrait d'accéder plus facilement aux équipements du ceinturon.

Afin d'éviter que le poids du gilet repose sur les bords latéraux des bretelles, le système d'ajustement de la longueur des bretelles devrait permettre différentes dispositions d'angles, mais sans guider vers un angle préétabli. Les agents devraient être informés et encouragés à positionner les bretelles afin de les adapter à leur propre morphologie. Pour égaliser davantage la distribution du poids sur les épaules, des textiles légèrement élastiques et coussinés devraient être incorporés aux bretelles (cf. sous-section 6.4.1.3).

Les coutures sur le périmètre de la housse devraient être délicates, extensibles et conférer aux bords une rondeur (non surpiqués). Également, l'ensemble des coins du gilet devraient être arrondis. Cela permettra également d'éviter des accrochages potentiels avec les équipements du ceinturon.

Finalement, afin de fournir un confort tactile optimal, d'amincir et d'assouplir le gilet, il serait judicieux d'éviter d'utiliser des Velcro sur la couche interne de la housse et d'explorer des alternatives plus souples.

Tableau 36. Synthèse des critères ergonomiques de construction de la housse externe

Structure de la housse			
Problématique notée sur le terrain		Objectif	Critère de développement et de sélection
Système de fermeture latéral	Le système de fermeture vers l'arrière (PP) impose un ajustement du gilet en forme de V, ce qui favorise des pressions persistantes sur la taille et sur les hanches. L'élastique de retenue génère des pressions persistantes sous la poitrine.	Permettre un accès tactile et visuel au système de fermeture pour offrir un ajustement facile et adéquat; Diminuer les points de pression.	Construction de la housse avec des systèmes de fermeture vers le devant et sans élastique de retenue.
Poches	<ol style="list-style-type: none"> 1) Les poches volumineuses incitent à y loger l'équipement lourd et volumineux ce qui augmente le poids et la rigidité du gilet, engendre des points de pression et entrave la flexion du tronc; 2) Les bords inférieurs des poches volumineuses s'accrochent aux équipements du ceinturon lors de la rotation du tronc sur la moto. 	<p>Diminuer le volume et le poids de l'équipement logé dans les poches du gilet;</p> <p>Éviter l'interférence entre les poches et les équipements du ceinturon.</p>	Les poches doivent comporter des bords inférieurs plats et une profondeur d'environ 1,5 cm sur leur bord supérieur.
Angle des bretelles	Pression concentrée sur le bord acromial du gilet de la PP, due à un angle plus prononcé des bretelles.	Permettre un ajustement optimal de l'angle des bretelles.	Le système d'attache des bretelles doit permettre un ajustement d'angle sans guider vers un angle d'ajustement préétabli.
Forme et coutures sur le périmètre de la housse	<ol style="list-style-type: none"> 1) Points de pression et douleurs sur le périmètre du gilet causés par les bords « coupants »; 2) Accrochage des coins des panneaux avec les équipements du ceinturon. 	Diminuer les pressions locales sur le périmètre du gilet et éviter des accrochages du gilet avec les équipements du ceinturon.	Les bords du gilet doivent être arrondis et non coupants.
Bandes Velcro horizontales et bandes Velcro de retenue des panneaux balistiques	<ol style="list-style-type: none"> 1) Points de pressions et irritations persistantes sur l'abdomen causés par la superposition des bandes Velcro volumineuses et rigides; 2) Points de pression persistants sur le dos causés par la superposition de plusieurs couches de bande Velcro volumineuses et rigides. 	Diminuer les points de pression et de friction.	<p>Éviter des surfaces importantes et des superpositions multiples de bandes Velcro rigides sur la surface interne de la housse;</p> <p>Privilégier le positionnement des bandes Velcro sur le pli externe de la housse.</p>

6.4.2 Méthode d'essayage pour évaluer le modèle et la taille du gilet pare-balles

L'essayage du GPB devrait faire partie intégrante du processus de choix du modèle et de la taille. Sachant que l'interaction entre le GPB et les équipements logés dans ses poches et sur le ceinturon a des conséquences sur la mobilité et le confort, l'agent devrait essayer le gilet avec l'ensemble de l'uniforme moto incluant les équipements habituels. Le recouvrement du tronc par les panneaux balistiques devrait répondre au diagramme de la Figure 45 puis l'agent devrait simuler à plusieurs reprises une série de postures et de gestes permettant d'évaluer son confort global et sa mobilité, notamment :

- 1) la posture de référence : posture debout neutre avec le dos droit et les bras relâchés;
- 2) la conduite de la moto : (i) montée et descente de la moto, (ii) conduite en ligne droite, (iii) demi-tour, (iv) attente sur la moto pour réintégrer le convoi lors d'une escorte de dignitaires;
- 3) la communication avec le conducteur pour obtenir les papiers de conduite;
- 4) la rédaction de la contravention en position habituelle sur la moto;
- 5) la gestion de la circulation, notamment : (i) signalisation aux véhicules de se diriger vers la gauche, (ii) signalisation aux véhicules se trouvant dans la voie de gauche de s'immobiliser et à ceux dans la voie de droite d'avancer, (iii) signalisation aux véhicules lourds de s'immobiliser, (iv) signalisation à l'ensemble des véhicules de s'immobiliser;
- 6) les tâches diverses : (i) vérification d'un pot d'échappement, (ii) récupération d'un objet au sol.

6.4.3 Technologies de refroidissement alternatives

L'option d'intégrer des technologies de refroidissement avant-gardistes dans le GPB a été examinée pour soulager la contrainte thermique. Une revue des articles scientifiques a été menée pour connaître l'efficacité de ces technologies et évaluer si elles sont adaptées au travail des agents motards (Tableau 37). Sur la base de l'analyse critique, des critères de développement et de sélection d'un mécanisme de refroidissement alternatif ont été formulés (Tableau 38).

Plusieurs technologies ont été considérées comme efficaces pour diminuer la contrainte thermique lorsqu'elles s'intègrent à un vêtement (c.-à-d. matériaux de changement de phase, microsystèmes de ventilation, systèmes thermoélectriques). Toutefois, l'ensemble de ces technologies de refroidissement occasionne un ajout de poids, de volume, voire de vibrations, ce qui ne facilite aucunement l'exécution du travail des motards, notamment sur le plan de la mobilité, ou de l'entretien (c.-à-d. réfrigérer avant l'utilisation) difficile à assurer dans leur contexte de travail. Par exemple, le gilet Schoeller®-PCM™ devait contenir 40 pochettes de refroidissant (866 g) pour atténuer l'astreinte thermique causée par 60 minutes d'exercice en habit de pompier ($T_{\text{air}} : 35 \text{ }^{\circ}\text{C}$, RH : 50 %).

Tableau 37. Critique de différents mécanismes de refroidissement alternatifs

Analyse des technologies existantes		
Technologie	Avantage	Désavantage
Matériaux de changement de phase (Oulast® ou Schoeller®-PCM™, etc.)	Égalise les fluctuations thermiques en emmagasinant la chaleur excessive et en la dissipant lorsque la température baisse (Marchand <i>et al.</i> 2015; Song et Wang, 2015)	Capacité d'emmagasinage limitée et donc efficace sur de courtes périodes de temps. Poids et volume importants. Doit être refroidi préalablement à l'utilisation. (Marchand <i>et al.</i> 2015; Song et Wang., 2015)
Coolpacks ou veste avec sachets de glace	Refroidissement rapide par conductivité et donc diminution de l'astreinte thermique (Glitz <i>et al.</i> , 2015)	Risque de refroidissement local excessif causant la vasoconstriction et une moindre dissipation de la chaleur corporelle interne (Song et Wang, 2015). Durée de refroidissement limitée. Poids et volume importants (approx 1 kg et 1L) (Smolander <i>et al.</i> , 2004)
Textiles 3D (Spacer Fabric) sur la surface interne du GPB	Efficace pour « éloigner » l'humidité du tronc lorsque l'ensemble du système des couches de vêtements est optimal	Inefficace lorsque le textile est écrasé par le poids du gilet (Song et Wang, 2015). Augmente le volume du gilet, ce qui nuit à la mobilité.
Couche évaporatoire de type Oxylane Quechua Aquafreeze ou HyperKewl™ Evaporative Cooling	Refroidissement lent et efficace grâce à l'évaporation de l'eau préimbibée dans cette couche (Filingeri <i>et al.</i> , 2015)	Présence d'une couche humide sur le corps.
Système de ventilation composé d'un ventilateur de poche et de tubes flexibles percés	Assure une ventilation contrôlable en toutes situations de travail. Avec une ventilation suffisante (p. ex. : 100 et 600 l/min, selon la situation), ce système est efficace pour refroidir le corps par convection (Glitz <i>et al.</i> , 2015). Peut-être combiné à une couche évaporatoire pour un refroidissement plus rapide	Ajout de rigidité dans la zone où sont situés le ventilateur et ses tubes. Ajout de volume et de poids (environ 3 kg). Présence de vibrations et de bruit.
Système de circulation d'un liquide de refroidissement	Refroidissement par conduction	Poids, volume et rigidité liés aux tubes, au liquide ainsi qu'à la chambre de refroidissement
Incorporation de plaques thermoélectriques (effet Pelletier)	Refroidissement efficace et contrôlable par conductivité, épaisseur minimale des plaques Pelletier (Sahta <i>et al.</i> , 2014)	Ajout d'éléments étanches à l'air; accumulation de chaleur sur la surface externe des éléments Pelletier; poids lié à la source d'énergie; intégration de la technologie aux vêtements en développement.

Tableau 38. Critères de développement et de sélection d'un mécanisme de refroidissement alternatif

Poids	N'alourdit pas le gilet de façon importante
Volume	N'ajoute pas une épaisseur ou un volume important au gilet
Confort cutané	Absence d'arrêtes, de bords aigus ou de surfaces raides qui causeraient de la friction et des points de pression persistants
Écart de température	L'écart entre la température cutanée locale et l'élément de refroidissement ne devrait pas dépasser 6 °C (Song et Wang, 2015)
Efficacité	Réduit l'astreinte thermique : <ul style="list-style-type: none"> ○ En situation statique c.-à-d. travail à pied (peu de circulation d'air) ○ En situation dynamique c.-à-d. travail en moto (présence de circulation d'air)
Bruit	N'est pas bruyant
Vibrations	N'émet pas des vibrations
Mobilité	Ne contraint pas la mobilité ni les déplacements du motard
Entretien	Simple, rapide et non quotidien
Durée de vie	2-3 ans

6.4.4 Agir sur les autres pièces d'équipements

Plusieurs réflexions et pistes de solution relatives aux différentes pièces d'équipements ont été discutées et commentées par les motards pour améliorer leur mobilité et leur confort thermique. Comme elles n'ont fait l'objet ni d'investigation ni de démonstration exhaustives, ces pistes de solution sont seulement présentées à l'Annexe XI. Elles peuvent néanmoins être utiles pour guider d'éventuelles décisions d'achat. Toutefois, la logique de conception et d'achat des différentes pièces de l'uniforme devrait permettre de percevoir l'uniforme du motard comme formant un tout et donc d'éviter de multiplier les couches.

6.4.5 Agir sur les déterminants organisationnels

Dans le but de prévenir l'augmentation de l'astreinte thermique, il serait judicieux d'agir sur divers éléments de l'organisation de travail, notamment (i) en favorisant l'acclimatation des agents au début de la saison estivale avec une augmentation graduelle la durée d'exposition à la chaleur, (ii) en évitant l'accumulation de périodes de « temps supplémentaire » en saison estivale, en ne favorisant pas le cumul de quarts de travail consécutifs afin de permettre à l'organisme de récupérer, (iii) en permettant des pauses de 15 minutes toutes les heures, dans un environnement frais (c.-à-d. : parc, café ou restaurant climatisés, etc.) lors de conditions estivales très chaudes ou à l'apparition des premiers symptômes d'astreinte thermique, (iv) en alternant le travail à l'extérieur avec du travail de bureau, (v) en prévoyant une relève après un certain temps (à déterminer) lors des longues escortes, (vi) en effectuant le travail en autopatrouille, (vii) en autorisant le retrait du GPB, (viii) en fournissant de l'eau fraîche ou des boissons riches en électrolytes (\pm 250 ml aux 20 minutes).

7. CONCLUSION

Les unités motocyclistes des organismes de police jouent un rôle très important. En plus de l'image prestigieuse - reconnue à l'échelle mondiale - que l'intervention policière à moto projette, sa flexibilité et sa rapidité d'action permettent une efficacité d'intervention que l'autopatrouille n'offre pas. Cependant, l'analyse ergonomique et les simulations réalisées dans la présente étude montrent qu'il s'agit d'un travail physiquement et cognitivement exigeant, souvent réalisé dans des conditions environnementales difficiles et que le port du GPB vient exacerber cette pénibilité. Le travail d'agent à moto requiert une importante mobilité du tronc et des membres supérieurs, dont de nombreuses flexions et rotations du tronc lors de la conduite, des postures exigeantes liées à la montée et à la descente de la moto, au ciblage des véhicules avec le cinémomètre, à la gestion de la circulation, à l'exécution de virages serrés, etc. Or, les analyses confirment que le port du gilet entrave cette mobilité à certains égards, engendre des points de pression et des inconforts aux épaules, au torse et aux cuisses des agents, et interfère avec les équipements du ceinturon. La confection actuelle des gilets pare-balles, notamment la coupe, le poids, l'ajustement et la souplesse, participe à la genèse de ces contraintes. Des transformations doivent donc être apportées aux textiles des housses et aux panneaux balistiques des gilets ainsi qu'à leur confection, notamment pour leur donner suffisamment de souplesse pour faciliter l'exécution des tâches associées au travail des agents motards.

L'étude a également montré que plusieurs agents motards participants peuvent être soumis à des astreintes thermiques modérées pendant des périodes répétées et prolongées. À plusieurs reprises, ces astreintes dépassaient les valeurs critiques établies par le NIOSH, l'OMS et la BOHS et entraînaient des conséquences négatives pour les motards (sudation profuse, maux de tête, baisse de vigilance, fatigue, inconfort, etc.), voire une augmentation des risques d'accidents lors de la conduite, mais ne représentaient pas un risque pour la santé lors d'un quart de travail entier. Les motards interrogés mettent en place des stratégies de régulation pour éviter de subir l'astreinte thermique. Les déterminants favorisant l'astreinte thermique peuvent être multiples - activité, ensoleillement, humidité, T_{air} , stress, vêtements, moto, etc. - et le port du GPB participe à cette astreinte en diminuant la possibilité d'échanges thermiques entre le torse et l'environnement. Ces déterminants créent un effet isotherme et une augmentation progressive de la température corporelle interne (TCI), diminuant par le fait même l'efficacité d'évaporation de la chaleur. Les modèles de gilet actuels et les technologies de refroidissement disponibles ne répondent pas aux contraintes du travail des motards et devraient faire l'objet d'études approfondies visant à concevoir un nouveau design de gilet léger, souple et favorisant l'aération du corps. Cependant, comme l'ensemble des pièces de l'uniforme - casque, dossard de sécurité à haute visibilité (DSHV), bottes, imperméable et GPB - peuvent avoir une influence sur l'astreinte thermique, la réflexion devrait être élargie et porter sur l'ensemble des pièces d'uniforme, tout en cherchant à éviter la superposition des couches de divers matériaux.

BIBLIOGRAPHIE

- Alcade, C. D. (2013). *Paresthésies chez le motard* (Mémoire de maîtrise, Université Joseph Fourier, Grenoble, France).
- Ashcroft, J., Daniels, D. J. et Hart, S. V. (2001). *Selection and application guide to personal body armor* (Guide n° 100-01). Washington, DC: National Institute of Justice.
- Borrow, M. et Clark, K. (1998). Heat-related illnesses. *American Family Physician*, 58(3), 749-756.
- Budico, V. (2012). *Rapport final de l'intervention ergonomique : révision de la veste pare-balles niveau II* (Rapport de stage, UQAM, Montréal, QC).
- Costill, D. L. (1977). Sweating: Its composition and effects on body fluids. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 301(1), 160–174.
- Dempsey, P. C., Handcock, P. J. et Rehrer, N. J. (2013). Impact of police body armour and equipment on mobility. *Applied Ergonomics*, 44(6), 957–961.
- Derrick, L. G., Henn, H. R. et Malone, G. H. (1963). *The influence of body armor coverage and weight on the performance of the marine while performing certain simulated combat-type tasks*. Fort Belvoir, VA: DTIC.
- DuBois, D. et DuBois, E. F. (1916). A formula to estimate the approximate surface area if height and weight be known. *Archives of Internal Medicine*, 17, 863-871. doi : 10.1001/archinte.1916.00080130010002
- Duford, M.-C. (2010). *Aménagement de l'habitacle de véhicule de patrouille : analyse ergonomique et élaboration des outils et de recommandations pour prévenir les troubles musculo-squelettiques et améliorer le confort et l'efficacité des patrouilleurs* (Mémoire de maîtrise, UQAM, Montréal, QC).
- Dunn, S. (2010). *Les policiers tués dans l'exercice de leurs fonctions, 1961 à 2009*. Ottawa, ON: Statistique Canada. Tiré de <http://www.statcan.gc.ca/pub/85-002-x/2010003/article/11354-fra.htm>
- Filingeri, D., Fournet, D., Hodder, S. et Havenith, G. (2015). Mild evaporative cooling applied to the torso provides thermoregulatory benefits during running in the heat. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 25(S1), 200–210.
- Frimat, P., Chamoux, A., De Gaudemaris, R., Cantineau, A. et Amphoux, M. (1989). Fréquence cardiaque et travail : quelle utilisation? Quels critères? *Archives des maladies professionnelles*, 50, 357–360.
- Geliebter, A., Westreich, S., Pierson, R. N. et Van Itallie, T. B. (1986). Extra-abdominal pressure alters food intake, intragastric pressure, and gastric emptying rate. *American Journal of Physiology*, 250(19), R549-R552.
- Glitz, K. J., Seibel, U., Rohde, U., Gorges, W., Witzki, A., Piekarski, C. et Leyk, D. (2015). Reducing heat stress under thermal insulation in protective clothing: Microclimate cooling by a physiological method. *Ergonomics*, 58(8), 1461–1469.
- Harty, H. R., Corfield, D. R., Schwartzstein, R. M. et Adams, L. (1999). External thoracic restriction, respiratory sensation, and ventilation during exercise in men. *Journal of Applied Physiology*, 86(4), 1142–1150.
- Hussain, S. N. A. et Pardy, R. L. (1985). Inspiratory muscle function with restrictive chest wall loading during exercise in normal humans. *Journal of Applied Physiology*, 58(6), 2027–2032. doi: 10.1152/jappl.1985.58.6.2027
- Iiyori, N., Ide, T., Isono, S., Tagaito, Y., Nishino T. (2003). Ventilatory load compensation response to long-term chest compression in rat model. *Respiratory Physiology & Neurobiology*, 136(1), 55-63. doi: 10.1016/S1569-9048(03)00107-1

- Jacklitsch, B., Williams, W. J., Musolin, K., Coca, A., Kim, J.-H. et Turner, N. (2016). *Criteria for a recommended standard: Occupational exposure to heat and hot environments*. Cincinnati, OH : NIOSH. Tiré de <https://www.cdc.gov/niosh/docs/2016-106/pdfs/2016-106.pdf?id=10.26616/NIOSH PUB2016106>.
- Krake, A., King, B. et McCullough, J. (2003). *NIOSH evaluation report: United States Air Force Little, Rock Air Force Base*. Jacksonville, AR: NIOSH.
- LaTourrette, T. (2010). The life-saving effectiveness of body armor for police officers. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 7(10), 557-562.
- Lehmacher, E. J., Jansing, P. et Kupper, T. (2007). Thermophysiological responses caused by ballistic bullet-proof vests. *Annals of Occupational Hygiene*, 51(1), 91–96. doi: 10.1093/annhyg/mel056
- Ma'arof, M. I. N., Rashid, H., Omar, A. R., Abdullah, S. C., Ahmad, I. N., Jaafar, R. et Karim, S. A. (2014). Motorcycling: Awkward posture is the best posture! Dans N. Stanton, S. Landry, G. Di Bucchianico et A. Vallicelli (Édit.), *AHFE: Advances in human aspects of transportation, part II* (p. 12-21). Louisville, KY: AHFE Conference.
- Mairiaux, P. et Malchaire, J. (1990). *Le travail en ambiance chaude*. Paris, France: Masson.
- Marchand, D., Gauvin, C., Aubertin-Leheudre, M. et Filteau, M. (2015). Évaluation de nouvelles technologies visant à réduire le stress thermophysologique associé au port de vêtements individuels de protection pour les pompiers (Rapport n° R-891). Montréal, QC: IRSST.
- Meyer, J. P., Turpin-Legendre, E., Gingembre, L., Horvat, F., Didry, G. (2014). Évaluation des astreintes thermiques à l'aide de la fréquence cardiaque : les extrapulsations cardiaques thermiques (EPCT). *Références en santé au travail*, 140, 83-94.
- Meyer, J. (1996). La fréquence cardiaque, un indice d'astreinte physique ancien servi par une métrologie moderne. *Documents pour le médecin du travail*, 68(4), 315-322.
- Monod, H. et Kapitaniak, B. (2003). *Ergonomie* (2^e éd.). Paris, France: Masson
- National Institute for Occupational Safety and Health, Occupational Safety and Health Administration, U.S. Coast Guard et U.S. Environmental Protection Agency. (1985). *Occupational safety and health guidance manual for hazardous waste site activities*. Tiré de <https://www.cdc.gov/niosh/docs/85-115/pdfs/85-115.pdf?id=10.26616/NIOSH PUB85115>
- O'Donnell, D. E., Hong, H. H., et Webb, K. A. (2000). Respiratory sensation during chest wall restriction and dead space loading in exercising men. *Journal of Applied Physiology*, 88(5), 1859–1869. doi: doi.org/10.1152/jappl.2000.88.5.1859
- Parsons, K. (2005). The environmental ergonomics survey. Dans J. Wilson et N. Corlett (Édit.), *Evaluation of human work* (3^e éd., p. 631-642). Boca Raton, FL: Taylor & Francis.
- Roberge, B. et Deadman, J. E. (2004). *Manuel d'hygiène du travail : du diagnostic à la maîtrise des facteurs de risque*. Mont-Royal, QC: Modulo-Griffon.
- Sahta, I., Baltina, I., Blums, J. et Jurkans, V. (2014). The control of human thermal comfort by the smart clothing. *SHS Web of Conferences*, 10. doi: 10.1051/shsconf/20141000040
- Saville, B. P. (1999). *Physical testing of textiles*. Cambridge, Antgleterre: Woodhead Publishing.
- Scheetz, H. A., Corona, B. M., Ellis, P. H., Jones, R. D. et Randall, R. B. (1973). *Human factor evaluation of the USMC M1955 armored vest and the proposed titanium nylon improved conventional munitions protective armored vest (48 plate)*. Tiré de <https://apps.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/759493.pdf>
- Smolander, J., Kuklane, K., Gavhed, D., Nilsson, H. et Holmer, I. (2004). Effectiveness of a light-weight ice-vest for body cooling while wearing fire fighter's protective clothing in the heat. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 10(2), 111–117.

- Sone, Y., Kato, N., Kojima, Y., Takasu, N. et Tokura, H. (2000). Effects of skin pressure by clothing on digestion and orocecal transit time of food. *Journal of Physiological Anthropology and Applied Human Science*, 19(3), 157-163.
- Song, W. et Wang, F. (2015). The hybrid personal cooling system (PCS) could effectively reduce the heat strain while exercising in a hot and moderate humid environment. *Ergonomics*, 59(8), 1009–1018. doi: 10.1080/00140139.2015.1105305
- Taylor, B., Kubu, B., Kappleman, K., Gunaratne, H., Ballard, N. et Martinez, M. (2009). *The BJA/PERF body armor national survey: Protecting the nation's law enforcement officers: Phase II: Final report*. Washington, DC: U.S. Department of Justice.
- Tilley, A. R. (2002) *The measure of man and woman: Human factors in design* (éd. rév.). New York, NY: The Whitney Library of Design
- Van Elslande, P. (2003). Erreurs de conduite et besoins d'aide : une approche accidentologique en ergonomie. *Le travail humain*, 66(3), 197-224. doi : 10.3917/th.663.0197
- Vezeau, S. (2004). Apports des utilisateurs et méthodes d'investigation de l'activité dans un processus de design d'outils manuels : de la parole au geste du plâtrier (Thèse de doctorat, EPHE, Paris, France).
- Vogt, J. J. et Metz, B. (1981). Ambiances thermiques. Dans J. Scherrer (Édit.), *Précis de physiologie du travail : notions d'ergonomie* (2^e éd., p. 217-263). Paris, France: Masson.
- Vu-Khanh, T., Dolez, P., Harrabi, L., Lara, J., Larivière, C., Tremblay, G. et Nadeau, S. (2007). *Caractérisation de la souplesse des gants de protection par des méthodes mécaniques et biomécaniques* (Rapport n° R-506). Montréal, QC: IRSST.
- Wenzel, H. G., Mehnert, C. et Schwarzenau, P. (1989). Evaluation of tolerance limits for humans under heat stress and the problems involved. *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health*, 15(1), 7-14.
- Whitaker, J. (1980). *A survey of motorcycle accidents* (Rapport n° TRRL LR913). Crowthorne, Angleterre: Transport and Road Research Laboratory.
- Yao, Y., Lian, Z., Liu, W. et Shen, Q. (2007). Experimental study on skin temperature and thermal comfort of the human body in a recumbent posture under uniform thermal environments. *Indoor and Built Environment*, 16(6), 505-518.
- Yarger, W. E., Litt, B. D. et Goldman, R. F. (1969). *Body armor in a hot humid environment: Part 2: Studies in heat acclimatized men*. Tiré de <https://apps.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/682689.pdf>
- Youle, A., Collins, K. J., Crockford, G. W., Fishman, D. S., Mulhall, A. et Parsons, K. C. (1996). *The thermal environment* (Guide technique n° 12). Leeds, Angleterre: British Occupational Hygiene Society.
- Zehner, G. F., Ervin, C., Robinette, K. M. et Daziens, P. (1987). *Fit evaluation of female body armor*. Tiré de <https://apps.dtic.mil/sti/pdfs/ADA188721.pdf>

ANNEXE I : Poids des équipements du motard

(précision : $\pm 0,1$ kg)

Casque ancien	1,5 kg
Casque nouveau	1,5 kg
Torche	550 g
Menottes	550 g
Canette de poivre de Cayenne et étui	500 g
Bâton télescopique et étui	750 g
Arme (sans chargeur)	600 g
Étui pour arme	600 g
Chargeur (3 unités)	500 g
Étui du chargeur (horizontal) + 2 chargeurs	700 g
Attache pour la radio	100 g
Radio (corps et répéteur)	1,1 kg
Radio (répéteur seulement)	< 100 g
Outil multiple (couteau de poche)	250 g
Ceinturon tout équipé (sans radio ni bâton télescopique)	5,5 kg
Manteau en cuir (sans protecteurs)	1,5 kg
Pantalons en cuir (sans protecteurs)	2 kg
Manteau en cuir (avec protecteurs)	3 kg
Pantalons en cuir (avec protecteurs)	2,15 kg
Radar	1,9 kg

ANNEXE II : Questionnaire subjectif sur la mobilité Partie A

Grille d'entretien avec les motards

Étape 4, Volet 1

Évaluation des contraintes à la mobilité :

Approche ergonomique

Date :

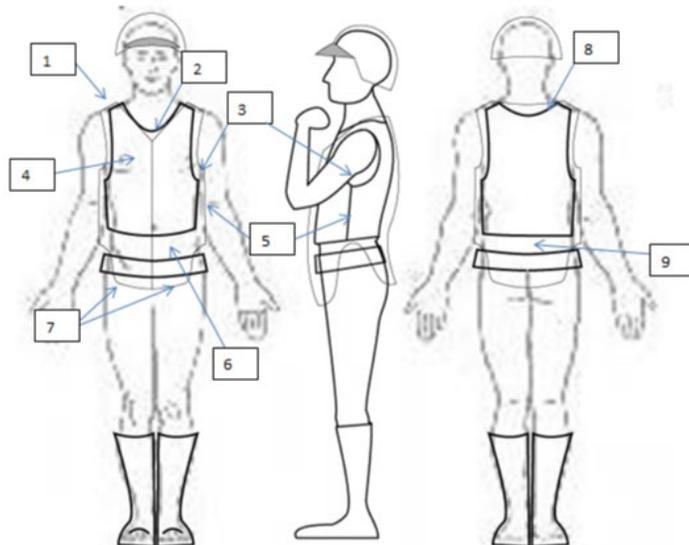
Heure :

Service de police :

Poste de police :

Code du participant :

1. Au courant de la période de travail d'aujourd'hui, avez-vous ressenti des contraintes aux mouvements ou des encombrements?
2. Veuillez indiquer sur la charte suivante les zones corporelles ou les contraintes ont été ressenties, décrivant le type d'inconfort, la tâche réalisée et l'équipement causant l'encombrement.



3. Veuillez décrire les inconforts ressentis. Par exemple, s'agit-il de pressions, douleurs, limitations, autre sensation?
4. Décrivez les activités et tâches lorsque ces inconforts sont apparus.
5. Selon vous, quelles pièces d'uniforme ou outils de travail contribuaient à ces encombrements? Veuillez décrire en détail les éléments encombrants.
6. Selon vous, en quelle mesure le gilet pare-balles a-t-il contribué aux encombrements des mouvements ressentis? Veuillez décrire en détail les éléments encombrants.
7. Avez-vous d'autres commentaires?

Prise de photo :

- zones d'inconfort
- devant
- dos
- côté droit
- côté gauche

Partie B

D-6) Circulation : signe aux autos des 2 côtés latérales de s'immobiliser: les deux épaules en abduction 110o



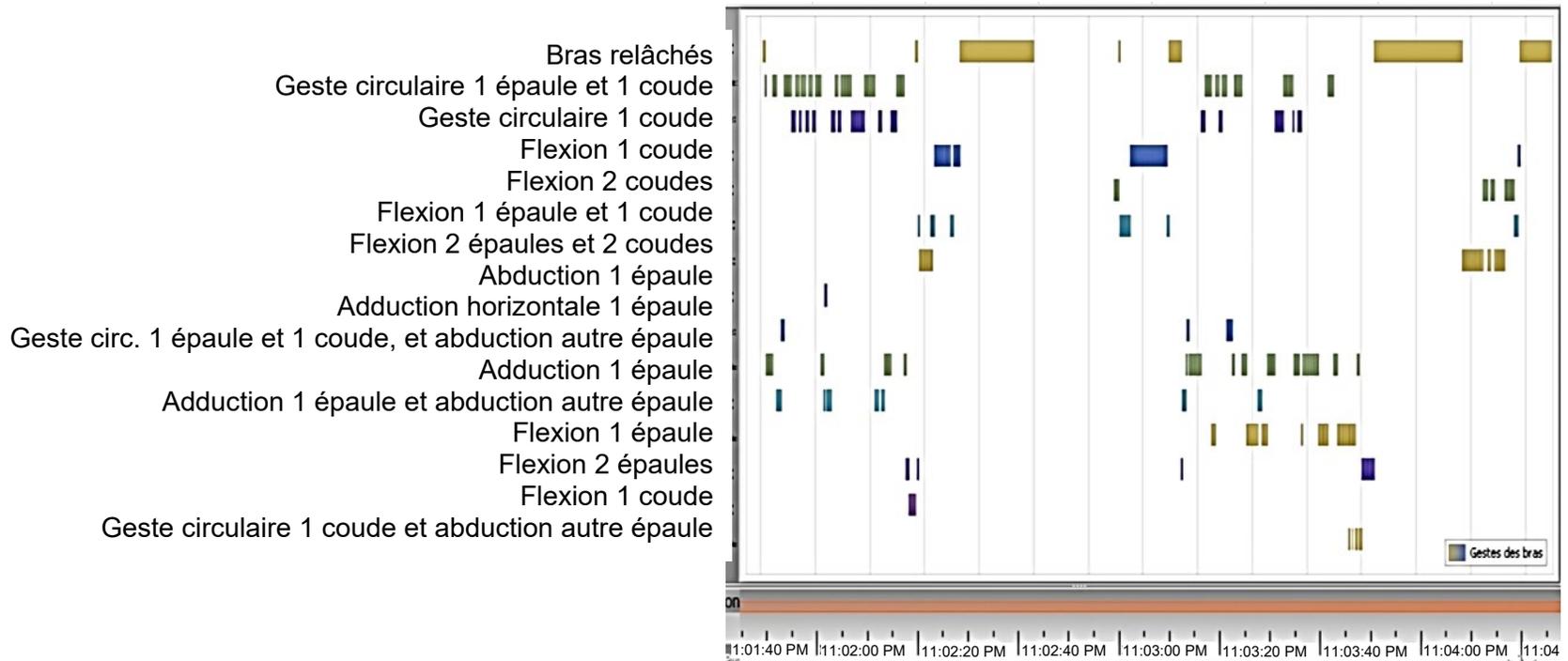
	Encombrement De 0 (totalement libre à réaliser le mouvement) à 10 (incapable de réaliser le mouvement)	Pression De 0 (aucune sensation) à 10 (pression causant douleur)	Autre sensation Préciser	Photo	Prise de mesure du dégagement nécessaire
Encolure					
Épaules					
Creux d'épaules					
Poitrine					
Côtes					
Taille devant					
Taille sur les côtés					
Autre1					
Autre2					

F-4) Escorte de dignitaires, standby

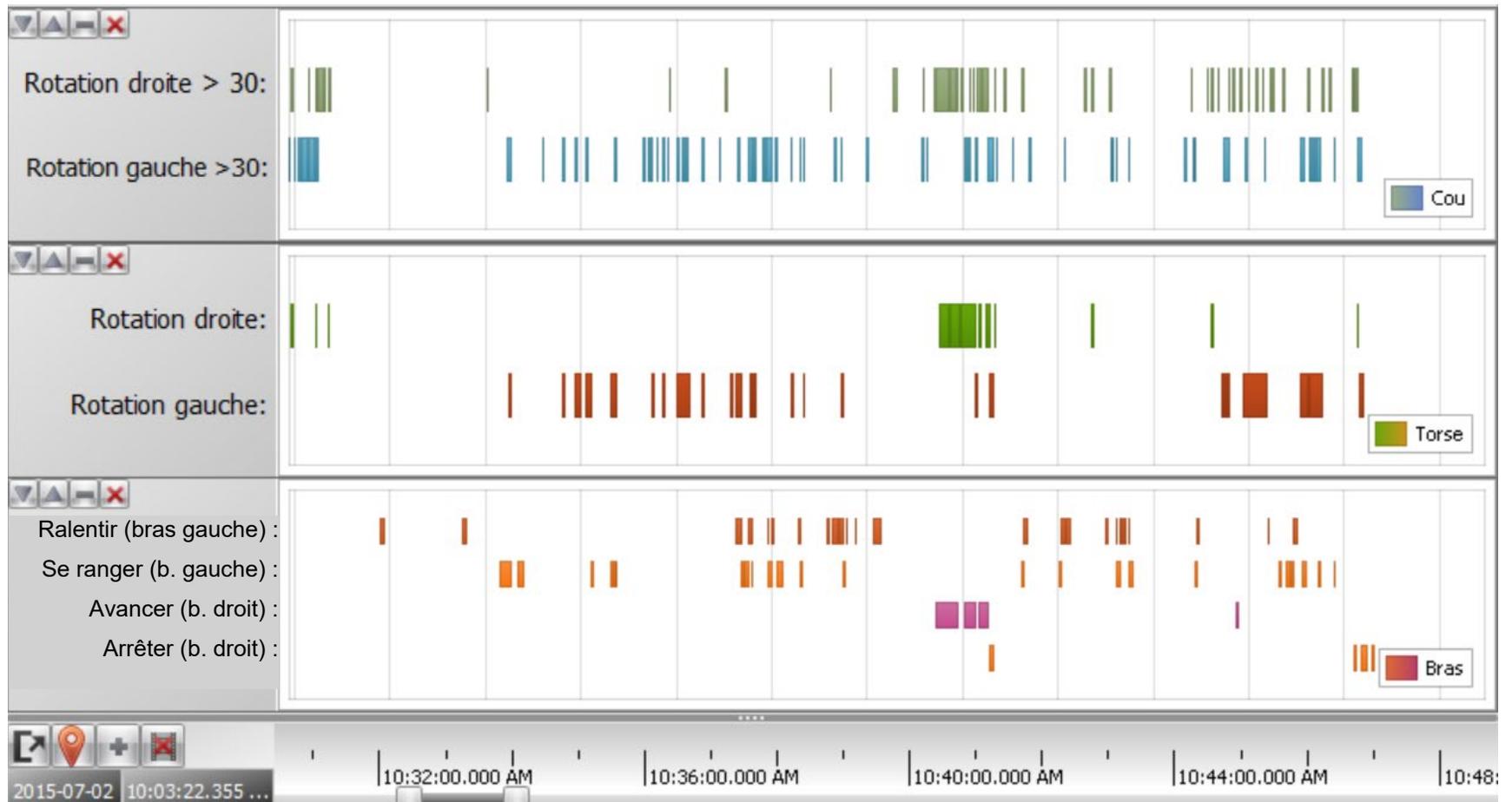


	Encombrement De 0 (totalement libre à réaliser le mouvement) à 10 (incapable de réaliser le mouvement)	Pression De 0 (aucune sensation) à 10 (pression causant douleur)	Autre sensation Préciser	Photo	Prise de mesure du dégagement nécessaire
Encolure					
Épaules					
Creux d'épaules					
Poitrine					
Côtes					
Taille devant					
Taille sur les côtés					
Autre1					
Autre2					

ANNEXE III :
Exemple de graphes réalisés dans CAPTIV pour étudier les contraintes de mobilité



A - Gestes des bras exécutés par l'agent lors de la gestion de la circulation dans le quart de Sys 18 (extrait de 3 minutes).



B - Gestes du cou, du torse et des bras exécutés par l'agent lors de la formation d'escorte de dignitaires dans le quart de Sys 35 (extrait de 16 minutes).

ANNEXE IV :

Questionnaire de jugement subjectif permettant l'évaluation de l'astreinte thermique

(selon la norme ISO 10551:1995 – Ergonomie des ambiances thermiques : évaluation de l'influence des ambiances thermiques à l'aide d'échelles de jugements subjectifs.)

1. Comment vous sentez-vous en ce moment précis (cochez la case appropriée) : J'ai ...

Extrêmement froid <input type="checkbox"/>	Très froid <input type="checkbox"/>	Froid <input type="checkbox"/>	Légèrement froid <input type="checkbox"/>	Ni chaud ni froid <input type="checkbox"/>	Légèrement chaud <input type="checkbox"/>	Chaud <input type="checkbox"/>	Très chaud <input type="checkbox"/>	Extrêmement chaud <input type="checkbox"/>
---	--	-----------------------------------	--	---	--	-----------------------------------	--	---

2. Trouvez-vous cela ... ?

Confortable <input type="checkbox"/>	Légèrement inconfortable <input type="checkbox"/>	inconfortable <input type="checkbox"/>	Très inconfortable <input type="checkbox"/>	Extrêmement inconfortable <input type="checkbox"/>
---	--	---	--	---

3. En ce moment, préféreriez-vous avoir ... ?

Beaucoup plus froid <input type="checkbox"/>	Plus froid <input type="checkbox"/>	Un peu plus froid <input type="checkbox"/>	Sans changement <input type="checkbox"/>	Un peu plus chaud <input type="checkbox"/>	Plus chaud <input type="checkbox"/>	Beaucoup plus chaud <input type="checkbox"/>
---	--	---	---	---	--	---

4. Comment jugez-vous cet environnement de votre point de vue personnel ?

Tout à fait acceptable <input type="checkbox"/>	Tout juste acceptable <input type="checkbox"/>	Tout juste inacceptable <input type="checkbox"/>	Tout à fait inacceptable <input type="checkbox"/>
--	---	---	--

5. À votre avis, cet environnement est-il ... ?

Parfaitement tolérable <input type="checkbox"/>	Légèrement difficile à tolérer <input type="checkbox"/>	Assez difficile à tolérer <input type="checkbox"/>	Très difficile à tolérer <input type="checkbox"/>	Impossible à tolérer <input type="checkbox"/>
--	--	---	--	--

ANNEXE V : Analyse de l'activité des motards et chroniques de quart

Organisme municipal		Durée du quart de travail	Durée des tâches			
			Durée totale	Radar	Conduite	Circulation
Sys11 - Escorte - Évènement spécial						
7 h 06 à 8 h 13	Installation de l'équipement de recueil des données, préparation pour le quart (breffage, équipement)					
8 h 13 à 8 h 33	Trajet vers Champlain pour effectuer l'opération radar				00:20	
8 h 33 à 9 h 45	Opération radar			01:12		
9 h 45 à 10 h 55	Pause					
10 h 55 à 11 h 20	Préparation des motos pour la parade et attente					
11 h 20 à 12 h 35	Parade				01:25	
12 h 35 à 12 h 45	Débreffage					
12 h 45 à 13 h 15	Pause					
13 h 15 à 13 h 25	Trajet vers le poste				00:10	
13 h 25 à 15 h 00	Retour au poste, enlèvement d'équipements et entretien					
	Total approx.	08:00	03:00	01:12	01:55	00:00
Sys12 - Opération radar						
7 h 35 à 8 h 13	Installation de l'équipement de recueil des données, préparation pour le quart (breffage, équipement)					
8 h 13 à 8 h 21	Trajet vers le lieu de l'opération radar				00:08	
8 h 21 à 9 h 15	Opération radar			00:55		
9 h 15 à 9 h 55	Retour au poste pour régler des problèmes techniques avec l'équipement de recherche				00:15	
9 h 55 à 10 h 16	Pause au poste de St-Augustin					
10 h 16 à 11 h 15	Opération sonomètre (interruption liée aux problèmes mécaniques du sonomètre)				00:15	
11 h 15 à 11 h 40	Passage au poste				00:10	
11 h 40 à 12 h 45	Pause					
12 h 45 à 14 h 07	Opération radar			01:20		
14 h 07 à 14 h 30	Trajet vers le poste				00:23	
14 h 30 à 15 h 00	Retour au poste, enlèvement d'équipements et entretien					
	Total approx.	08:00	03:20	02:15	01:05	00:00

Organisme municipal		Durée du quart de travail	Durée des tâches			
			Durée totale	Radar	Conduite	Circulation
Sys 13 - Opération radar						
15 h 00 à 16 h 00	Installation de l'équipement de recueil des données, préparation pour le quart (breffage, équipement)					
16 h 05 à 18 h 42	Opération radar			02:37		
18 h 42 à 19 h 55	Pause au poste de police et entretien					
20 h 05 à 21 h 05	Opération radar			01:00		
21 h 15 à 22 h 00	Pause					
22 h 00 à 23 h 00	Retour au poste, enlèvement d'équipements et entretien					
	Total approx.	08:00	03:37	03:37	N/A	00:00
Sys 14 - Escorte - Évènement spécial						
6 h 39 à 7 h 20	Installation de l'équipement de recueil des données, préparation pour le quart (breffage, équipement)					
7 h 20 à 8 h 15	Préparation des motos sur le lieu de l'escorte et attente				00:20	
8 h 15 à 8 h 40	Escorte				00:25	
8 h 40 à 8 h 45	Breffage pour la suite de la journée, c.-à-d. une parade					
8 h 45 à 9 h 35	Pause					
9 h 35 à 10 h 35	Patrouille dans le Vieux-Port, vérification des stationnements				01:00	
10 h 35 à 11 h 46	Préparation des motos pour la parade et attente				00:10	
11 h 46 à 12 h 37	Parade				00:30	
12 h 47 à 13 h 00	Trajet vers le poste				00:13	
13 h 00 à 13 h 45	Travail de bureau					
13 h 50 à 14 h 46	Opération radar			00:55		
14 h 52 à 16 h 25	Débreffage au poste					
16 h 25 à 17 h 55	Surveillance des voies réservées					
17 h 55 à 19 h 00	Patrouille dans le Vieux-Port, vérification des stationnements				01:05	
19 h 00 à 19 h 45	Pause					
19 h 45 à 20 h 25	Assignment, déplacement et remplissage du réservoir d'essence				00:05	
20 h 25 à 20 h 40	Patrouille				00:15	
20 h 40 à 21 h 05	Recherche d'abri (pluie), mise de l'imperméable					
21 h 05 à 21 h 50	Couloir de sécurité pour les travailleurs du festival lors de l'installation/enlèvement des cônes de sécurité				00:45	
21 h 50 à 22 h 30	Patrouille				00:40	
22 h 30 à 23 h 00	Assignment de l'intersection à gérer, déplacement, s'installer à l'intersection et attente				00:10	
23 h 00 à 23 h 40	Circulation					00:40
23 h 40 à 24 h 00	Retour au poste, enlèvement d'équipements et entretien				00:13	

Total approx.		17:30	07:20	00:55	05:45	00:40
Organisme municipal		Durée du quart de travail	Durée des tâches			
			Durée totale	Radar	Conduite	Circulation
Sys 15 - Escorte - Évènement spécial						
15 h 15 à 16 h 15	Installation de l'équipement de recueil des données, préparation pour le quart (breffage, équipement)					
16 h 15 à 16 h 30	Nettoyage de la moto					
16 h 30 à 16 h 40	Remplissage du réservoir à essence					
16 h 40 à 17 h 45	Patrouille dans le Vieux-Port				01:05	
17 h 45 à 18 h 30	Circulation					00:45
18 h 30 à 19 h 20	Pause					
19 h 20 à 19 h 40	Escorte d'un artiste, commande imprévue				00:20	
19 h 40 à 20 h 25	Débreffage					
20 h 25 à 21 h 52	Circulation					01:30
21 h 52 à 22 h 22	Pause pour chercher du jus				00:05	
22 h 22 à 23 h 06	Assignment de l'intersection à gérer, déplacement, préparation de l'intersection et attente				00:05	
23 h 06 à 24 h 50	Circulation					01:45
24 h 50 à 01 h 10	Retour au poste, enlèvement d'équipements et entretien				00:13	
	Total approx.	10:00	05:50	00:00	01:50	04:00

Organisme municipal		Durée du quart de travail	Durée des tâches			
			Durée totale	Radar	Conduite	Circulation
Sys 16 - Patrouille						
7 h 47 à 9 h 10	Installation de l'équipement de recueil des données, préparation pour le quart (breffage, équipement)					
9 h 10 à 10 h 32	Entraînement (planification du trajet pour l'escorte)			01:22		
10 h 32 à 11 h 15	Pause					
11 h 15 à 12 h 32	Patrouille et remise de contraventions			01:00		
12 h 32 à 12 h 50	Remplissage des « justifications » de contraventions à l'ombre					
12 h 50 à 13 h 50	Patrouille et remise de contraventions			00:40		
13 h 50 à 15 h 00	Retour au poste, enlèvement d'équipements et entretien			00:13		
	Total approx.	07:30	03:20	00:00	03:20	
Sys 17 - Escorte - Évènement spécial						
16 h 00 à 17 h 00	Installation de l'équipement de recueil des données, préparation pour le quart (breffage, équipement)					
17 h 00 à 17 h 35	Trajet vers l'aéroport pour escorter un artiste			00:35		
17 h 35 à 18 h 00	Breffage du trajet et attente					
18 00 à 18 h 35	Escorte			00:35		
18 h 35 à 19 h 15	Pause			00:05		
19 h 15 à 21 h 32	Circulation				02:15	
21 h 32 à 22 h 20	Pause			00:05		
22 h 20 à 22 h 50	Circulation				00:30	
22 h 50 à 23 h 00	Assistance à un conducteur qui a causé un accident mineur					
23 h 00 à 24 h 37	Circulation				01:37	
24 h 37 à 1 h 05	Retour au poste, enlèvement d'équipements et entretien			00:13		
	Total approx.	09:00	05:55	00:00	04:20	

Organisme municipal		Durée du quart de travail	Durée des tâches			
			Durée totale	Radar	Conduite	Circulation
Sys 18 - Escorte - Évènement spécial						
15 h 40 à 16 h 00	Trajet vers l'endroit de l'escorte de cyclistes				00:20	
16 h 00 à 17 h 05	Attente de l'arrivée des cyclistes					
17 h 05 à 17 h 40	Escorte des cyclistes et trajet vers le poste				00:35	
17 h 40 à 18 h 15	Installation de l'équipement de recueil des données					
18 h 32 à 19 h 05	Communication avec collègues sur le site du festival				00:13	
19 h 05 à 20 h 10	Pause					
20 h 10 à 21 h 33	Circulation					01:23
21 h 33 à 22 h 20	Pause					
22 h 20 à 22 h 35	Assignment de l'intersection à gérer, déplacement, préparation de l'intersection et attente				00:05	
23 h 10 à 23 h 50	Circulation					00:40
23 h 50 à 24 h 20	Retour au poste, enlèvement d'équipements et entretien				00:13	
	Total approx.	08:40	03:30	00:00	01:25	02:05
Sys 19 - Patrouille - Évènement spécial						
16 h 00 à 17h 00	Installation de l'équipement de recueil des données, préparation pour le quart (breffage, équipement)					
17 h 00 à 18 h 28	Patrouille dans le Vieux-Port				01:28	
18 h 28 à 19 h 30	Pause					
19 h 30 à 19 h 50	Déplacement vers une intersection				00:20	
19 h 50 à 20 h 20	Circulation (intersection 1)					00:30
20 h 30 à 21 h 25	Circulation (intersection 2)					00:55
21 h 25 à 22 h 10	Pause					
22 h 10 à 23 h 05	Assignment de l'intersection à gérer, déplacement, préparation de l'intersection et attente				00:05	
23 h 05 à 24 h 45	Circulation					01:40
24 h 45 à 1 h 15	Retour au poste, enlèvement d'équipements et entretien				00:13	
	Total approx.	09:15	05:10	00:00	02:05	03:05

Organisme municipal		Durée du quart de travail	Durée des tâches			
			Durée totale	Radar	Conduite	Circulation
Sys 19 - Patrouille - Évènement spécial						
16 h 00 à 17 h 00	Installation de l'équipement de recueil des données, préparation pour le quart (breffage, équipement)					
17 h 00 à 18 h 28	Patrouille dans le Vieux-Port			01:28		
18 h 28 à 19 h 30	Pause					
19 h 30 à 19 h 50	Déplacement vers une intersection			00:20		
19 h 50 à 20 h 20	Circulation (intersection 1)					00:30
20 h 30 à 21 h 25	Circulation (intersection 2)					00:55
21 h 25 à 22 h 10	Pause					
22 h 10 à 23 h 05	Assignment de l'intersection à gérer, déplacement, préparation de l'intersection et attente			00:05		
23 h 05 à 24 h 45	Circulation					01:40
24 h 45 à 1 h 15	Retour au poste, enlèvement d'équipements et entretien			00:13		
	Total approx.	09:15	05:10	00:00	02:05	03:05
Sys 20 - Opération radar						
7 h 15 à 9 h 00	Installation de l'équipement de recueil des données, préparation pour le quart (breffage, équipement)					
9 h 00 à 9 h 10	Déplacement vers le lieu de l'opération radar				00:10	
9 h 10 à 10 h 50	Opération radar			01:40		
10 h 50 à 11 h 25	Passage au poste				00:10	
11 h 25 à 12 h 06	Opération radar			00:40		
12 h 06 à 13 h 00	Pause					
13 h 00 à 14 h 15	Patrouille				01:15	
14 h 15 à 14 h 30	Surveillance de virage interdit					
14 h 30 à 15 h 15	Retour au poste, enlèvement d'équipements et entretien				00:13	
	Total approx.	08:00	04:10	02:20	01:50	00:00

Organisme municipal		Durée du quart de travail	Durée des tâches			
			Durée totale	Radar	Conduite	Circulation
Sys 21 - Opération radar						
7 h 10 à 8 h 27	Installation de l'équipement de recueil des données, préparation pour le quart (breffage, équipement)					
8 h 30 à 8 h 40	Trajet vers le Vieux-Port				00:10	
8 h 40 à 10 h 20	Surveillance de virage interdit					
10 h 20 à 10 h 30	Interception d'un motard sans casque					
10 h 30 à 11 h 55	Trajet et pause				00:10	
11 h 55 à 13 h 45	Opération radar			01:50		
13 h 45 à 14 h 45	Pause					
14 h 45 à 16 h 15	Passage au poste et patrouille				01:00	
16 h 15 à 17 h 45	Surveillance des voies réservées					
17 h 45 à 18 h 15	Retour au poste, enlèvement d'équipements et entretien				00:10	
	Total approx.	11:00	03:20	01:50	01:30	00:00
Sys 22 - Opération radar						
7 h 18 à 8 h 30	Installation de l'équipement de recueil des données, préparation pour le quart (breffage, équipement)				00:10	
8 h 30 à 10 h 00	Pause					
10 h 06 à 10 h 50	Nettoyage de la moto					
10 h 50 à 11 h 10	Trajet vers le lieu de l'opération radar				00:20	
11 h 10 à 12 h 45	Opération radar			01:35		
12 h 45 à 13 h 00	Patrouille				00:15	
13 h 00 à 14 h 00	Rédaction des « justifications » de contravention, entretien ergo					
14 h 00 à 15 h 30	Patrouille				01:30	
15 h 30 à 16 h 05	Retour au poste, enlèvement d'équipements et entretien				00:10	
	Total approx.	08:00	04:00	01:35	02:25	00:00

ANNEXE VI :
Effets de la morphologie de l'agent et de l'ajustement du GPB
A - Sur les inconforts (entraves et pressions) – Épaule/creux de l'épaule

		PP1	PP2	PP3	PP4	PP5	PP6	PP7	PP8	PM11	PM12	PM13	PM14	PM15	PM16	PM18	PM19
Posture neutre	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	P	2	0	4	0	0	0	1	0	2	2	0	2	3	5	0	2
Montée et descente de la moto	E	8	0	8,5	3	0	0	0	4	0	3	3,5	0	2	4	0	3,5
	P	7	0	10	1	0	4,5	0	9	0	4	3,5	2	0	4	0	3,5
Conduite droite	E	0	0	2,5	0	2	0	0	0	0	3	0	0	0	4	0	2
	P	0	7,5	3,5	0	3	0	0	2	5	2	0	0	2	4	0	2
Changement de voie	E	0	0	0	0	0	3,5	0	0	0	4	0	0	0	4	0	4
	P	0	0	0	0	0	6	0	0	0	5	0	0	2	4	0	4
Demi-tour	E	0	0	10	0	3	0	0	0	0	4	0	0	2	5	0	3
	P	0	0	10	0	5	6	0	0	0	5	0	0	2	5	0	3
Attente, escorte de dignitaires	E	NA	NA	NA	5	5,5	0	1,5	0	0	5,5	0	0	0	4,5	0	4
	P	NA	NA	NA	5	5,5	0	3	3	2,5	5	0	0	2	4,5	0	4
Ciblage de véhicules avec le radar	E	0	2	8	3	0	8	0	5	0	0	2	0	4	2	0	2
	P	0	0	10	3	6	5	0	4	2	4	2	2	3	5	0	2
Communication avec un conducteur	E	7	2	6,5	5,5	0	0	3	5	3	4	0	0	4	4	3	4
	P	7,5	0	10	4	5	4,5	1	5	0	4	0	4	2	4	3	4
Rédaction d'un constat	E	6,5	0	0	6	0	0	0	0	2,5	3	3	0	0	0	2	1
	P	6,5	0	3,5	6	0	1	0	4	2,5	3	3	0	0	0	2	1
Circulation : diriger tout droit	E	0	0	2,5	2	3	0	2	0	3	6	4	0	3	6	3	3
	P	0	0	0	3	4	0	2	5	3	5	0	2	4	6	3	3
Circulation : tourner à gauche	E	0	4	4	2	3	4	4	8	3	4	2,5	3	3	1	3	2
	P	0	0	4	1	6	3	0	5	3	3	0	2	3,5	3,5	3	2
Circulation : signe d'arrêt aux autos en face	E	1	8	8	8	4	3	0	3	3	4	3,5	4	4	6	5	3
	P	0	8	9	8	4	3	4	8	3	4	3,5	3	3	6	5	4
Circulation : signe d'arrêt à tous	E	0	0	4,5	3	3	2	1	0	2	5	2	2,8	3	0	3	3
	P	0	0	4,5	3	3	2	1	0	2	5	0	2	4	0	3	3
Récupération d'un objet au sol	E	10	10	8	4	8	0	0	0	3	5	0	0	2	0	6	4
	P	0	0	9	5	7	0	0	0	3	4	0	3	0	0	6	4
Vérification du pot d'échappement	E	0	9	10	6	3	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	3
	P	0	9	10	7	8	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	3

E : entrave; P : pression; NA : ne s'applique pas

Caractéristiques personnelles																
	PP1	PP2	PP3	PP4	PP5	PP6	PP7	PP8	PM11	PM12	PM13	PM14	PM15	PM16	PM18	PM19
Âge	41	37	42	38	42	35	39	43	42	46	40	41	39	43	44	36
Taille (m)	1,9	1,85	1,78	1,93	1,8	1,96	1,88	1,8	1,73	1,73	1,83	1,73	1,75	1,75	1,75	1,7
Poids (kg)	113	91	88	95	77	92	91	80	70	102	92	79	70	82	83	70
IMC	31	27	28	26	24	24	26	25	23	34	27	26	23	27	27	24
Carrure frontale posture neutre (cm)	36	34	35,5	39	31	36	31	34	35	34	33	34	32	33	33	33
Tour de poitrine (cm)	121	119	110,5	114	105	111	111	111	109	123	109,5	115	103	112	111,5	107
Tour de taille (cm)	121	92	93	98	89,5	95	98	95	87,8	114	97	99	93	99	98,5	89
Tour poitrine - tour de taille (cm)	0	27	17,5	16	15,5	16	13	16	21,2	9	12,5	16	10	13	13	18

IMC : indice de masse corporelle

Le dégradé de rouge vise à repérer visuellement les situations où les valeurs augmentent, le rouge foncé indiquant les cas les plus élevés

B - Sur l'évaluation moyenne des inconforts (entraves) – Dos (0 à 10)

	PP								PM								
	1	2	3	4	5	6	7	8	11	12	13	14	15	16	18	19	
Posture neutre	0	1	0	0	4	0	0	1	2	0	0	3	0	0	0	0	
Montée et descente de la moto	4	0	7	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	
Conduite droite	0	6,5	0	0	5	0	0	2	0	0	3,5	3	0	3	6	0	
Changement de voie	0	0	0	0	5	0	0	4	0	0	3,5	0	0	2	0	0	
Demi-tour	0	3	0	0	5	0	0	4	0	0	3,5	0	0	2	0	0	
Attente, escorte de dignitaires	NA	NA	NA	0	6	0	0	2	0	5	2	0	0	6	3	2	
Ciblage de véhicules avec le radar	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	1,5	0	0	0	2	0	
Communication avec un conducteur	6	0	1,5	0	3	0	4	4	3	3	0	0	2	7	1	0	
Rédaction d'un constat	0	0	0	0	4	0	0	4,5	3	2	2	3	0	0	1	0	
Circulation : avancer	0	0	0	0	0	0	0	2	2,5	0	3,5	0	0	0	0	0	
Circulation : tourner à gauche	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	3,5	0	0	0	0	0	
Circulation : signe d'arrêt aux autos en face	0	0	0	0	0	0	0	2	1	2	0	0	0	0	0	0	
Circulation : signe d'arrêt à tous	0	0	6	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	
Récupération d'un objet au sol	0	0	8	4	0	0	0	2	3	4	0	0	0	5	4	3	
Vérification du pot d'échappement	0	7,5	0	0	0	0	0	5	0	4	0	0	2	5	3	2	
Aisance à la poitrine (cm)	9	-1	8,5	6	3	3,5	14	9	-1	5,5	-2	0	7	5	-1	-5	
Aisance à la taille (cm)	7,5	19,5	18	9	13	10	17	12	18	16	8	12	17	17	9,5	12	
Différence entre longueur du dos de l'agent et longueur du dos gilet (cm)	n.d.	n.d.	n.d.	1,5	7	10	6	5	8	6	4,5	3	11	8	11	9	
Taille (m)	1,9	1,85	1,78	1,93	1,8	1,96	1,88	1,8	1,73	1,73	1,83	1,73	1,75	1,75	1,75	1,70	
IMC	31	27	28	26	24	24	26	25	23	34	27	26	23	27	27	24	
Âge	41	37	42	38	42	35	39	43	42	46	40	41	39	43	44	36	

NA : ne s'applique pas; n.d. : non disponible; IMC : indice de masse corporelle

Le dégradé de rouge vise à repérer visuellement les situations où les valeurs augmentent, le rouge foncé indiquant les cas les plus élevés.

C - Sur les inconforts (entraves) – Encolure

	PP								PM								
	1	2	3	4	5	6	7	8	11	12	13	14	15	16	18	19	
Posture neutre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Montée et descente de la moto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Conduite droite	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Changement de voie	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Demi-tour	0	0	0	5	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Attente, escorte de dignitaires	NA	NA	NA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Ciblage de véhicules avec le radar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Communication avec un conducteur	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Rédaction d'un constat	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Circulation : avancer	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Circulation : tourner à gauche	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Circulation : signe d'arrêt aux autos en face	0	0	0	8	9	9	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Circulation : signe d'arrêt à tous	0	0	0	4	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	
Récupération d'un objet au sol	6	6,5	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	3	
Vérification du port d'échappement	0	0	0	7	0	0	6,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Largeur de la bretelle (cm)	11	9	9,5	11	9,5	10	10	10	9	10	10	10	9,5	9	10	10	
Largeur d'épaule de l'agent (cm)	13	14	15	16	15	14	15	12	15	14	12	14	11	13	13	15	
Largeur de la bretelle - largeur de l'épaule de l'agent (cm)	2,5	5	5,5	5	5	4	4,5	1,5	5,5	4	1,5	3,5	1,5	4	2,5	4,5	
Largeur d'encolure de la chemise (cm)	17	16	14	15	15	16	15	16	15	17	15	15	15	14	16	15	
Largeur d'encolure du gilet (cm)	18	21	23	17	17	18	16	16	22	21	20	21	21	21	20	21	
Largeur d'encolure chemise - largeur d'encolure gilet (cm)	1	5	8,7	2	2	2	1	0,5	7	3,5	5,5	6,5	6	6,5	4,5	6	

NA : ne s'applique pas;

Le dégradé de rouge vise à repérer visuellement les situations où les valeurs augmentent, le rouge foncé indiquant les cas les plus élevés.

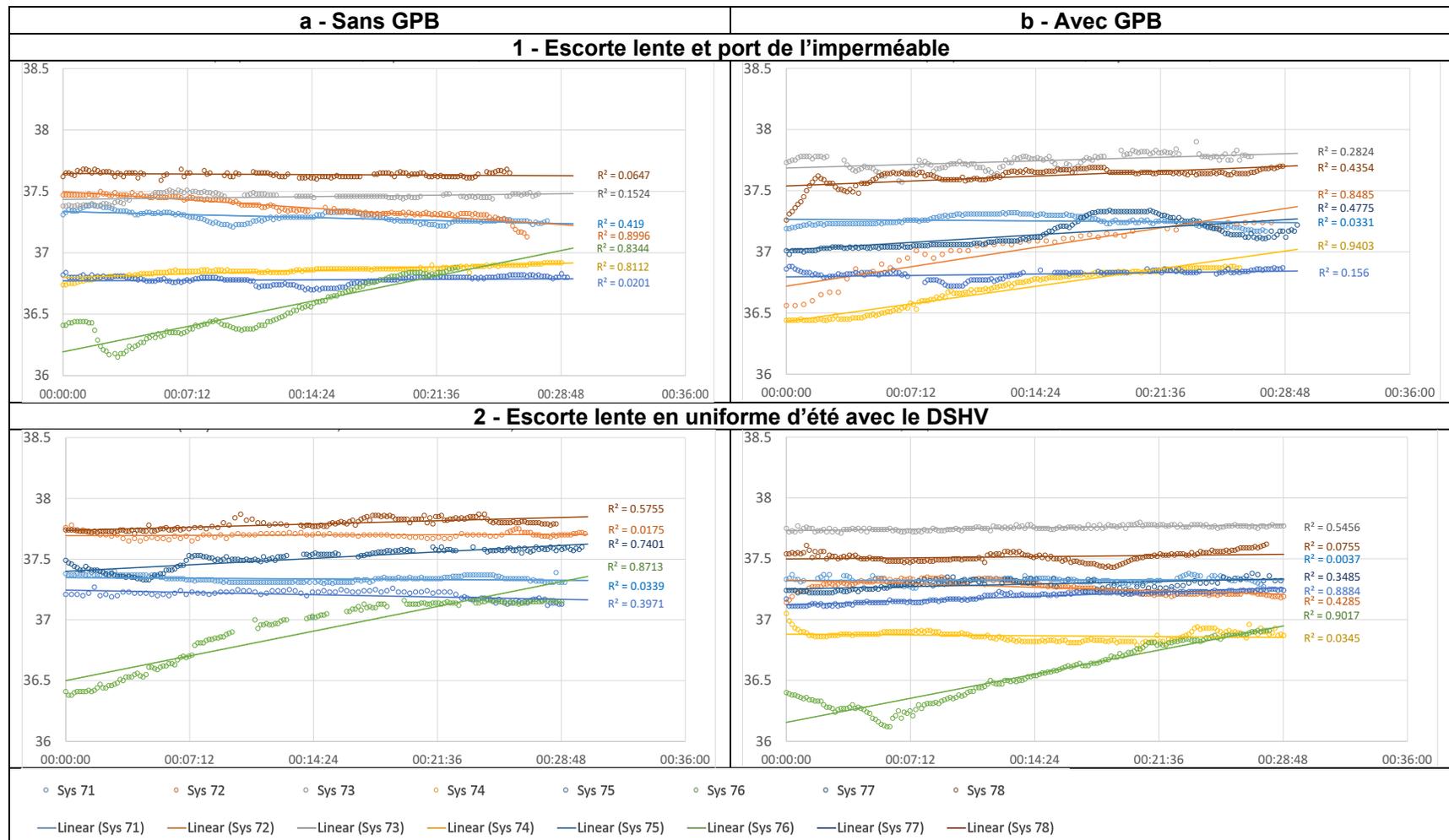
D - Sur les inconforts - Abdomen

	PP								PM							
	1	2	3	4	5	6	7	8	11	12	13	14	15	16	18	19
Posture neutre	0	0	0	0	0	0	3,5	0	3	3	0	0	3	5	0	0
Montée et descente de la moto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	4	0	0	5	2	0
Conduite droite	5	7	0	1	5	0	0	2	0	5	4,5	3,5	2	8	6	2,5
Angle mort et changement de voie	5	0	0	0	5,5	0	0	2	0	5	4,5	0	0	0	0	0
Demi-tour	5	0	0	0	5	0	0	2	0	5	4,5	0	0	3,5	6	2
Attente, escorte de dignitaires	NA	NA	NA	3	4	0	0	0	0	6	4	0	0	7	0	0
Ciblage de véhicules avec le radar	6	1	0	0	0	0	3,5	0	0	3	2	0	3	5	0	0
Communication avec un conducteur	6	1	2,5	0	0	0	0	4	0	2	2	0	0	6	0	0
Rédaction d'un constat	0	0	0	5	0	0	1	0	0	3	3	0	2	4,5	0	0
Circulation : tout droit	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2,5	0	0	4	0	0
Circulation : tourner à gauche	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,5	0	0	2,5	2	0
Circulation : signe d'arrêt en face	0	0	6,5	0	0	0	0	0	0	3	2	0	0	5	0	0
Circulation : signe d'arrêt à tous	0	0	6	0	0	0	0	0	0	3	2	0	0	0	2	0
Récupération d'un objet au sol	10	10	10	4	8	6,5	6,5	10	0	0	3,5	4	0	8	0	10
Vérification du port d'échappement	10	0	10	7	8	5	6,5	0	0	4	5,5	0	0	8	5	10
Aisance à la poitrine (cm)	9	-1	8,5	6	3	3,5	14	9	-1	5,5	-2	0	7	5	-1	-5
Aisance à la taille (cm)	7,5	19,5	18	9	13	10	17	12	18	16	8	12	17	17	9,5	12
IMC	31	27	28	26	24	24	26	25	23	34	27	26	23	27	27	24
Tour de taille (cm)	121	92	93	98	90	95	98	95	88	114	97	99	93	99	99	89
Longueur agent au-devant	55	45	47	49	49	51	49	45	47	50	46	47	48	50	48	45
Longueur agent dv - longueur housse dv	11	6	13	10	10	12	10	6	10	8	5,5	11	12	11	11	9

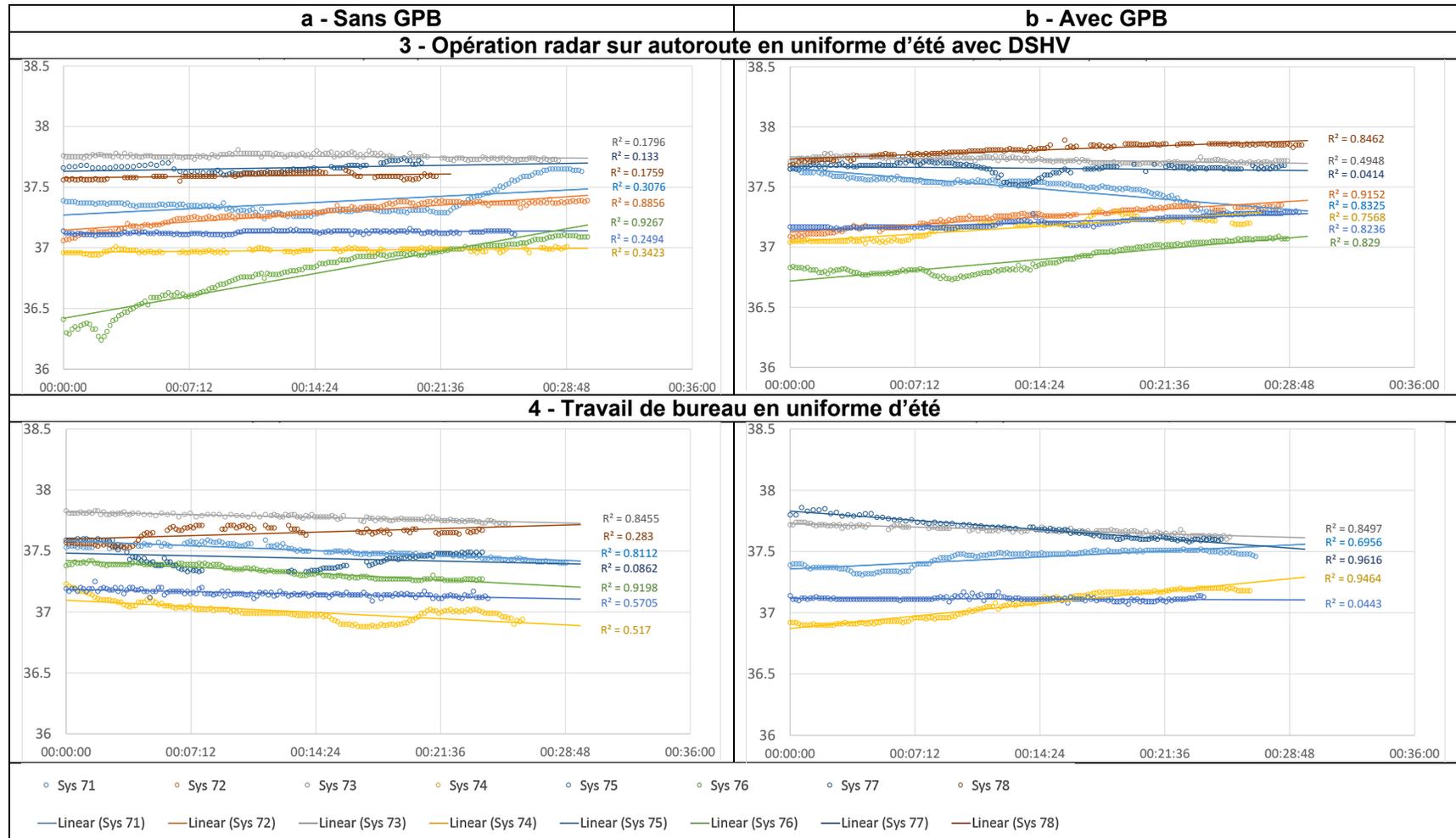
NA : ne s'applique pas; IMC : indice de masse corporelle

Le dégradé de rouge vise à repérer visuellement les situations où les valeurs augmentent, le rouge foncé indiquant les cas les plus élevés.

ANNEXE VII :
**Fluctuation de la TCI durant la simulation des agents de la PP selon le port ou non du GPB
et selon différentes activités**



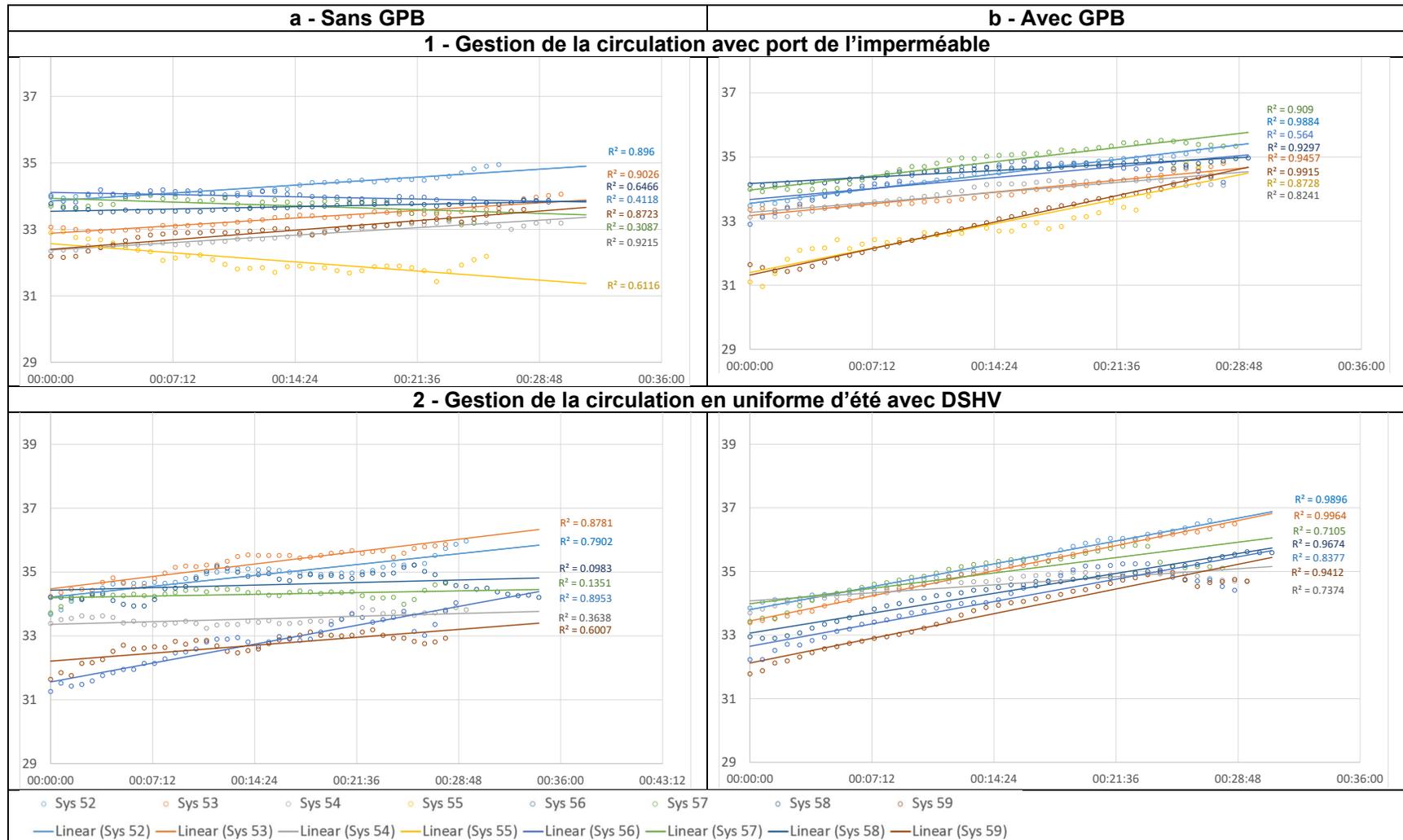
A - Fluctuation de la température corporelle interne (PP) lors de l'escorte lente, selon l'uniforme porté.



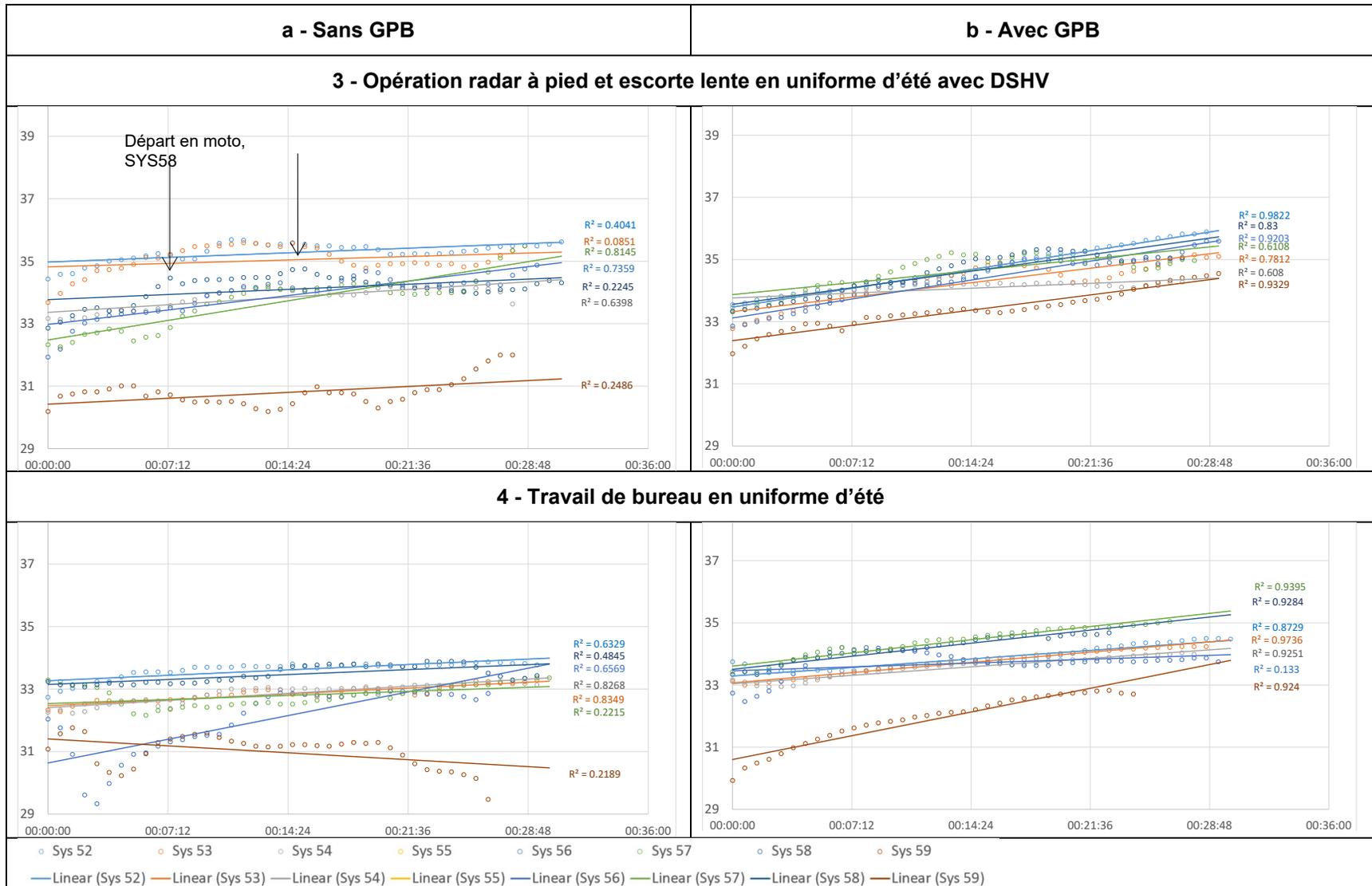
B - Fluctuation de la température corporelle interne (PP) lors des opérations radar et du travail de bureau.

ANNEXE VIII :

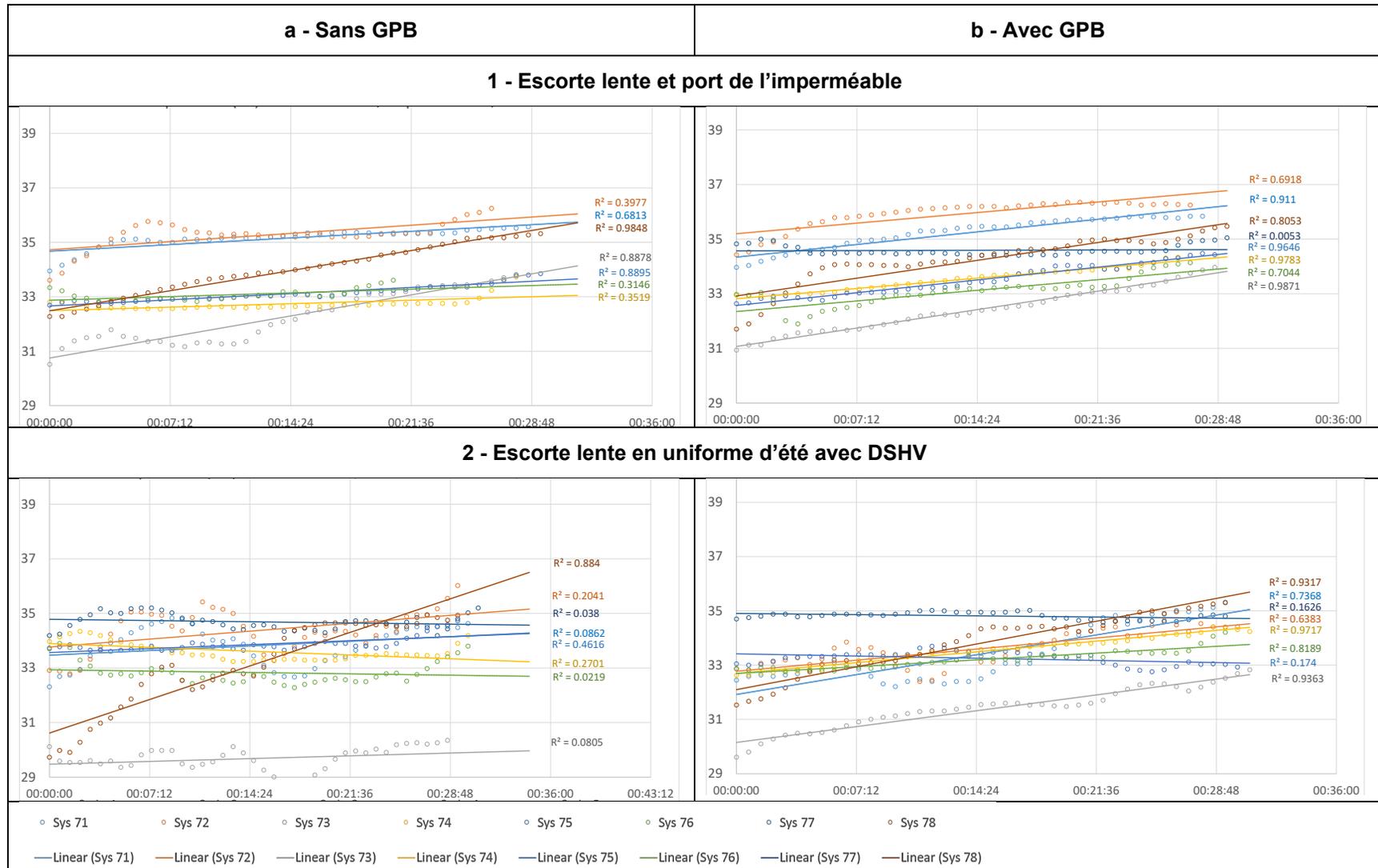
Fluctuation de la température cutanée des agents selon le port ou non du GPB et selon différentes activités



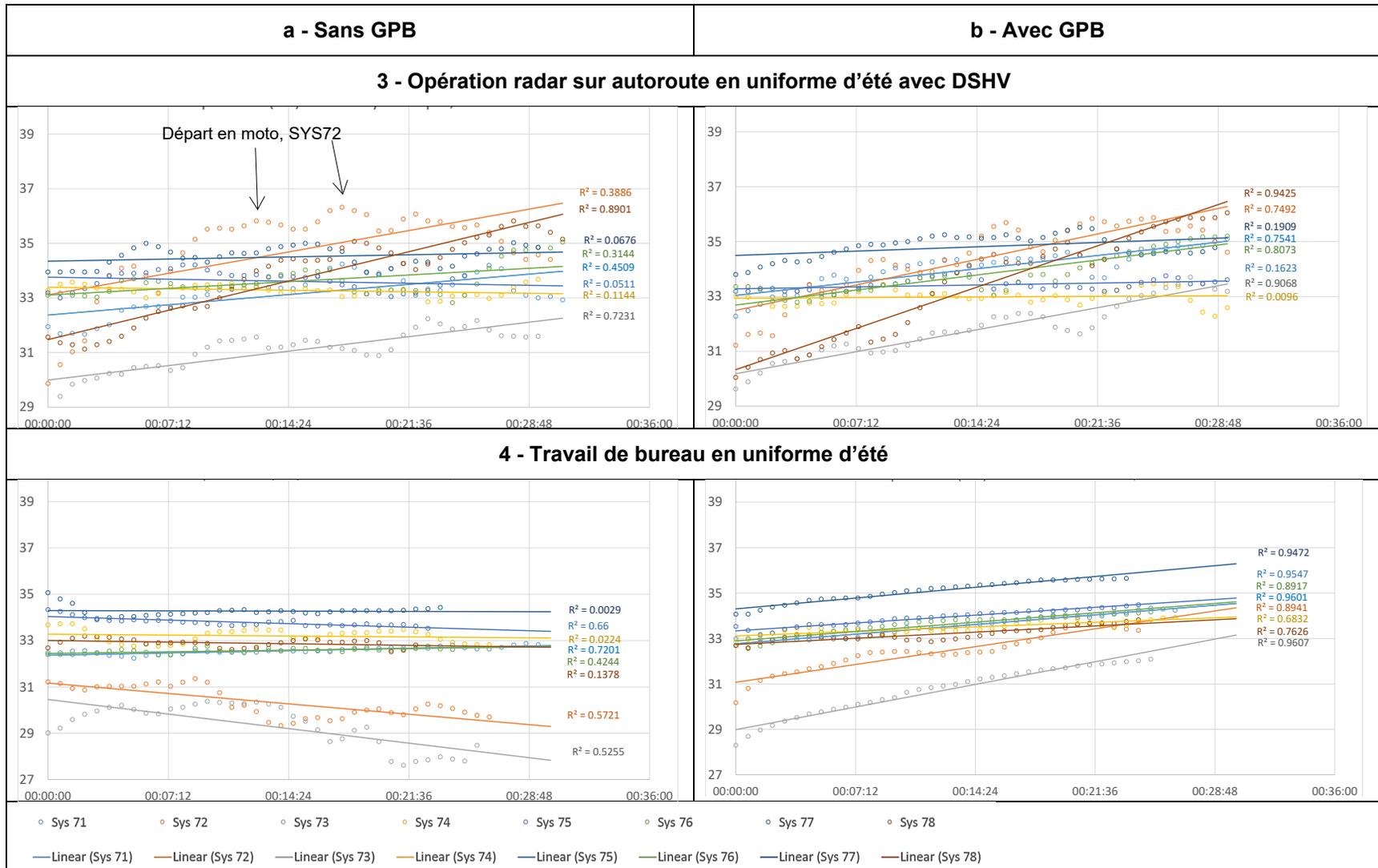
A - Fluctuation de la température cutanée de la poitrine (PM) lors de la gestion de la circulation, selon l'uniforme porté.



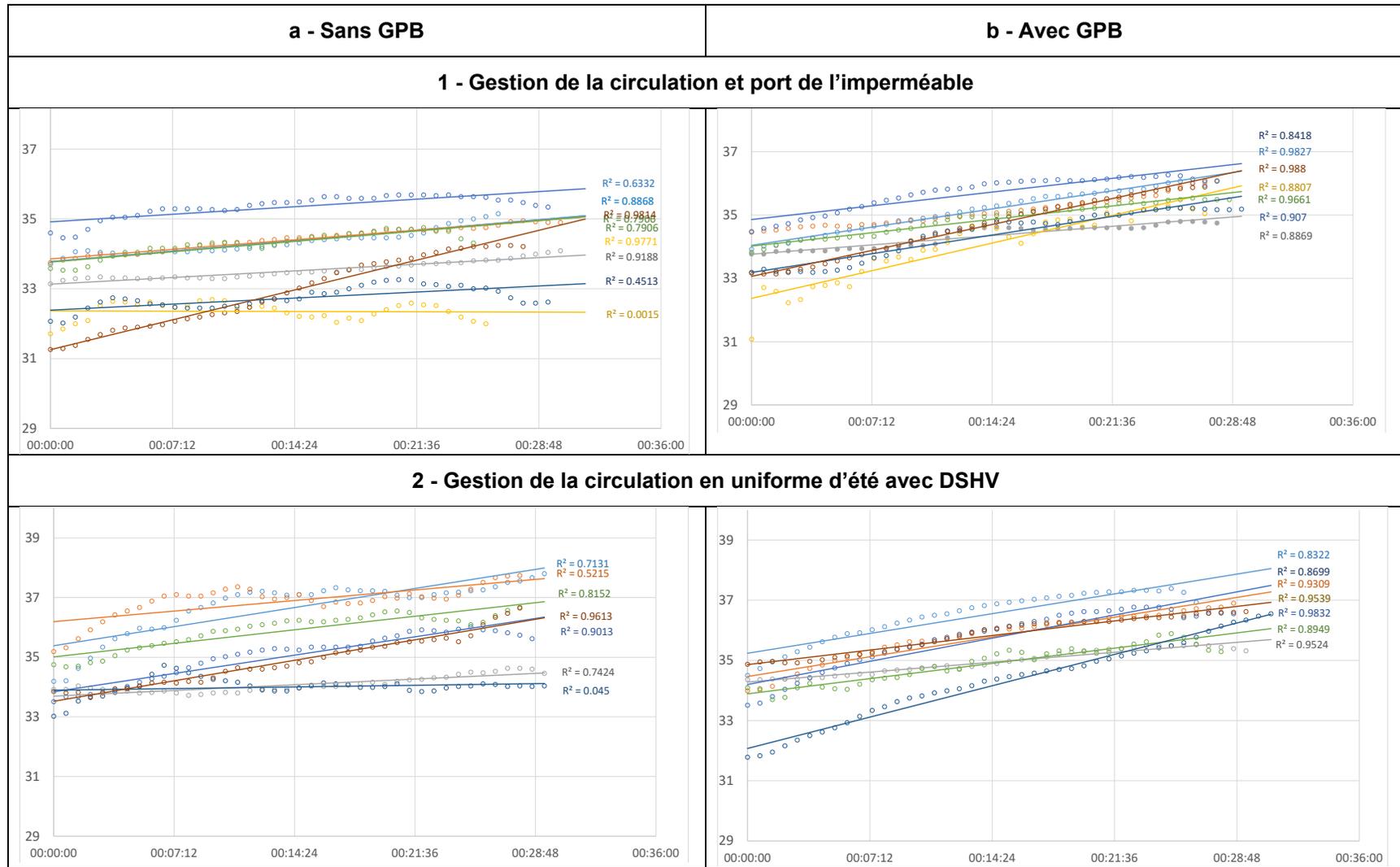
B - Fluctuation de la température cutanée de la poitrine (PM) lors des opérations radar et le travail de bureau.



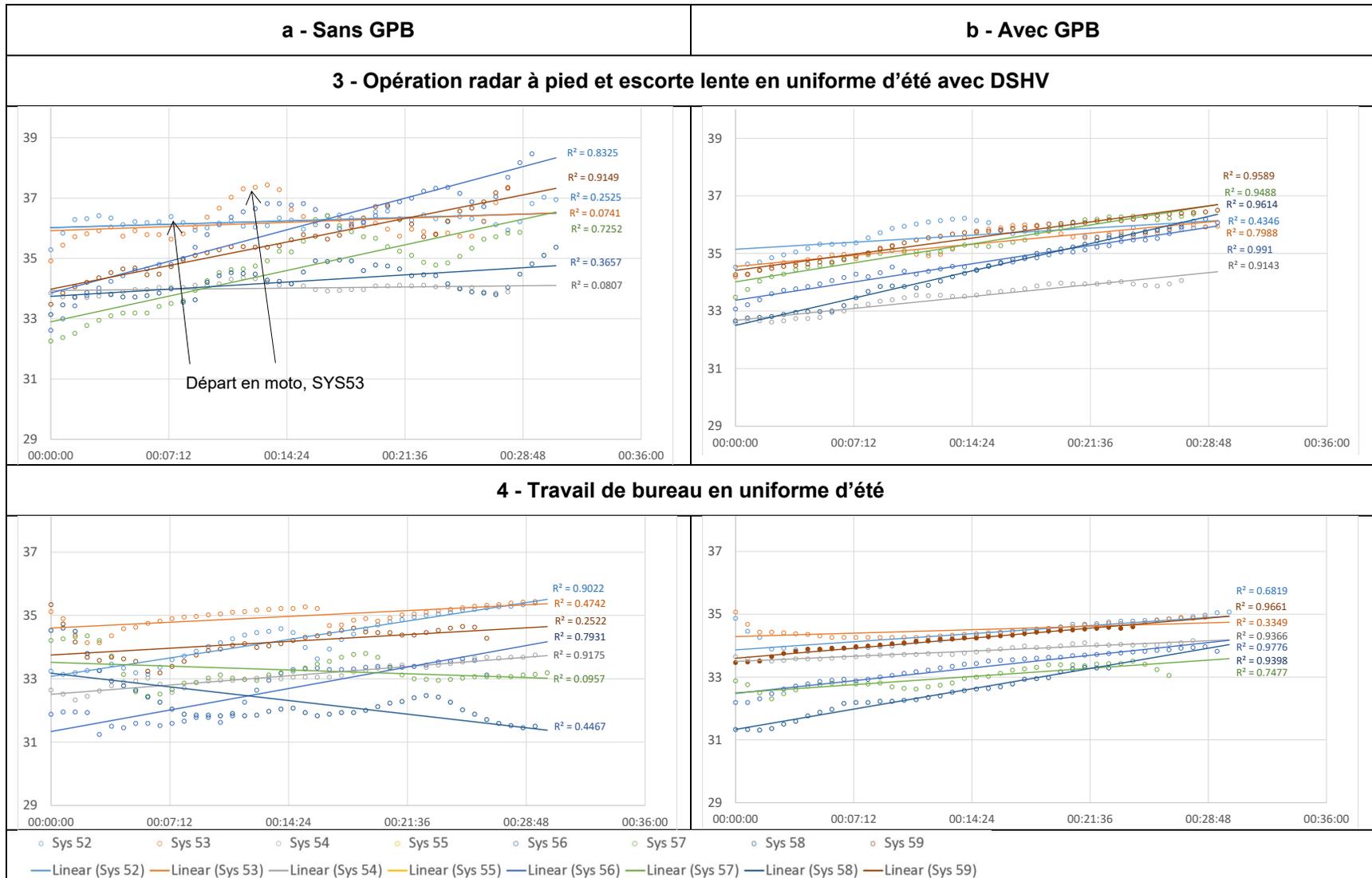
C - Fluctuation de la température cutanée de la poitrine (PP) lors de l'escorte lente, selon l'uniforme porté.



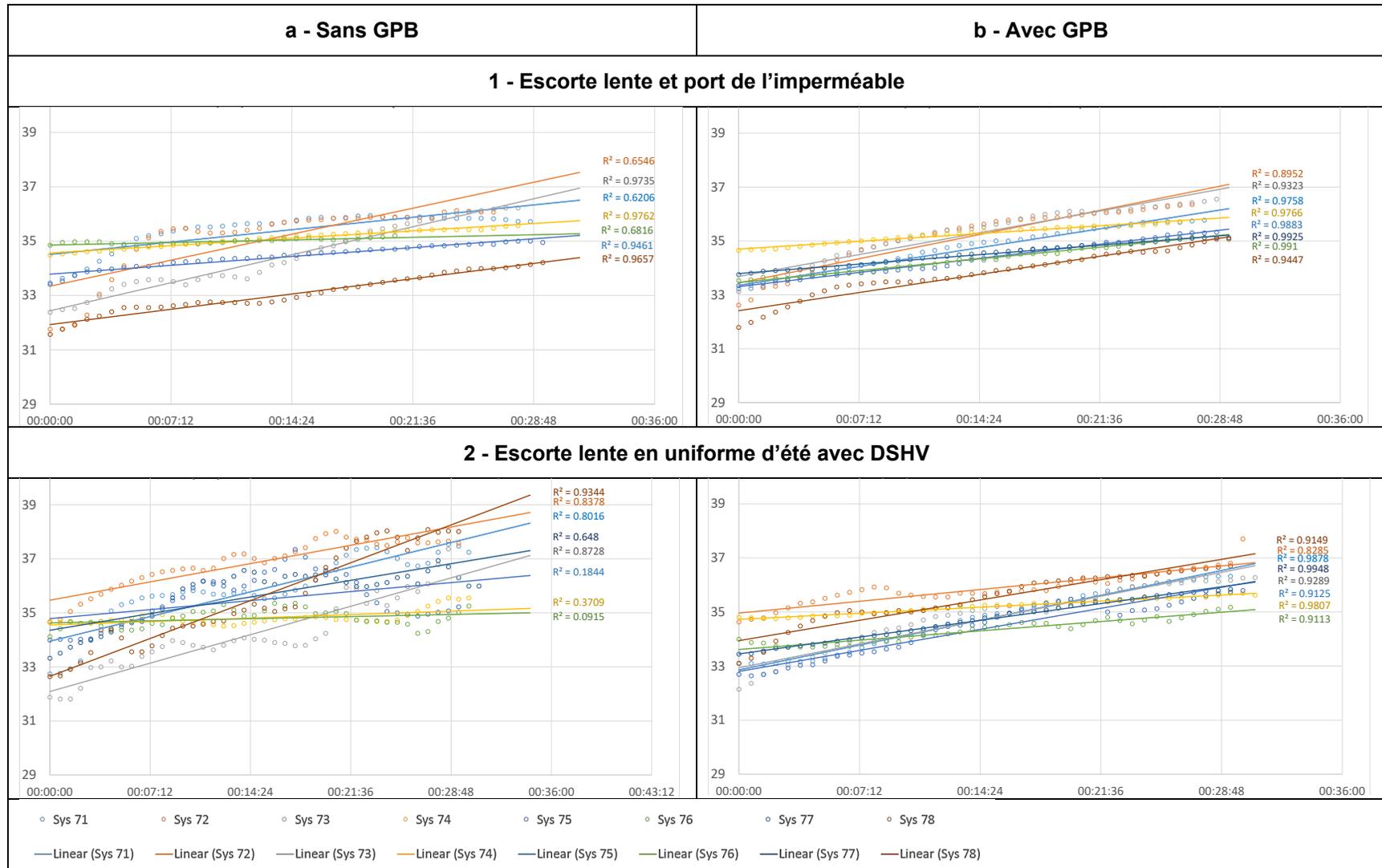
D - Fluctuation de la température cutanée de la poitrine (PP) lors des opérations radar et le travail de bureau.



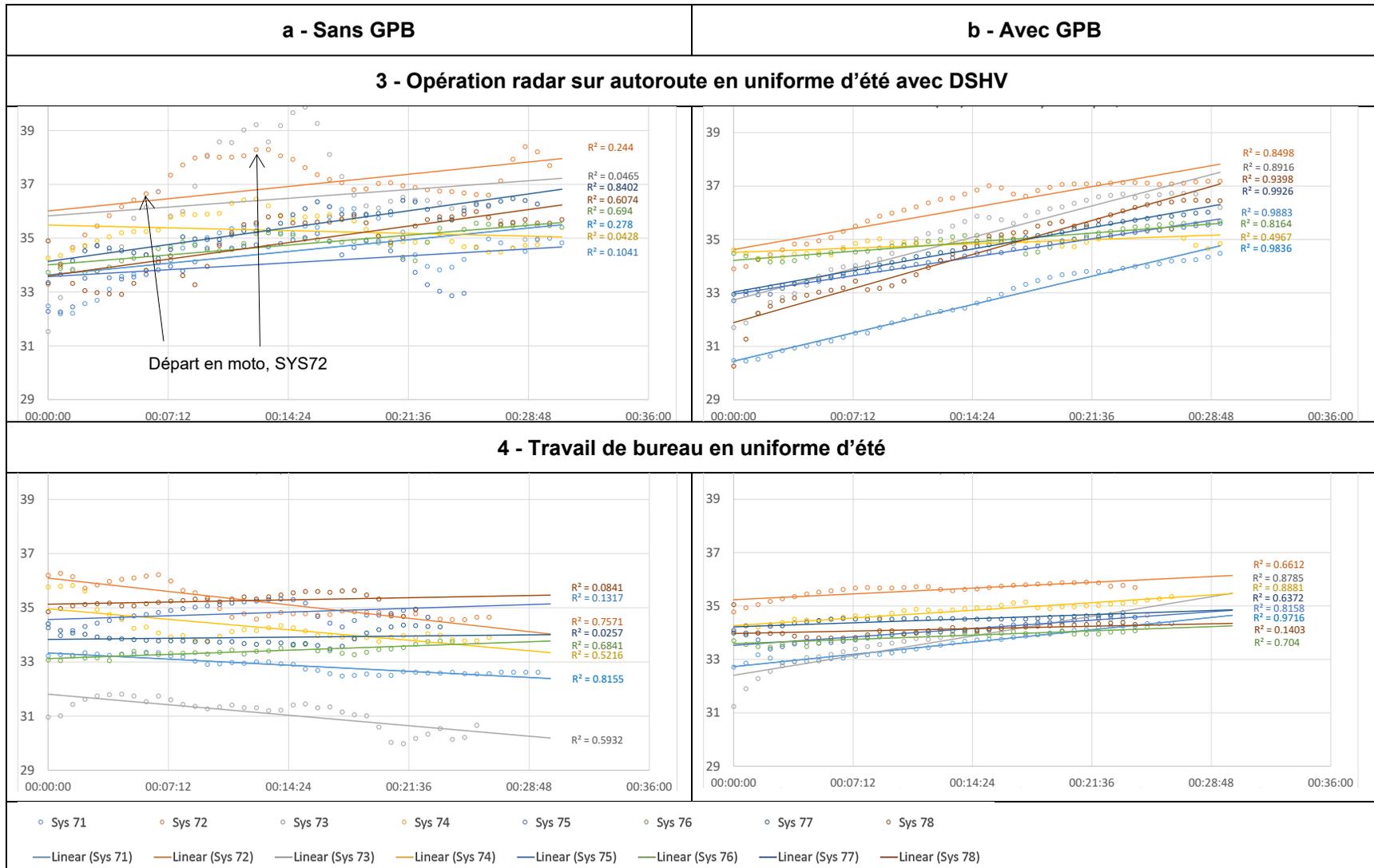
E - Fluctuation de la température cutanée du dos (PM) lors de la gestion de la circulation, selon l'uniforme porté.



F - Fluctuation de la température cutanée du dos (PM) lors des opérations radar et le travail de bureau.



G - Fluctuation de la température cutanée du dos (PP) lors de l'escorte lente, selon l'uniforme porté.



H - Fluctuation de la température cutanée du dos (PP) lors des opérations radar et le travail de bureau.

ANNEXE IX : Coût cardiaque relatif et EPCT enregistrées lors des séances de simulation sans et avec GPB, selon l'activité et le vêtement porté

Organisme municipal

	Tâche	Circulation				Radar statique et escorte		Bureau	
		Vêtement		Chemise et DSHV		Chemise et DSHV		Chemise	
		Sans GPB	GPB	Sans GPB	GPB	Sans GPB	GPB	Sans GPB	GPB
Sys 52 F _{cm} max th 184 (bpm)	FC moy (bpm)	92	89	98	105	97	92	80	76
	FC max (bpm)	117	115	126	117	125	122	112	111
	FC repos (bpm)	105	105	92	103	90	86	72	84
	F _{Co} (bpm)	68	72	81	82	83	78	75	72
	CCR (%)	21	15	17	23	14	13	5	4
	EPCT (bpm)	37	33	11	21	7	8	-3	12
Sys 53 F _{cm} max th 184 (bpm)	FC moy (bpm)	82	89	93	95	88	87	74	71
	FC max (bpm)	114	115	113	118	126	116	105	98
	FC repos (bpm)	88	88	87	87	79	82	68	78
	F _{Co} (bpm)	63	74	74	74	80	74	74	68
	CCR (%)	16	14	17	19	8	12	0	3
	EPCT (bpm)	25	14	13	13	-1	8	-6	10
Sys 54 F _{cm} max th 176 (bpm)	FC moy (bpm)	82	89	93	95	88	87	74	71
	FC max (bpm)	108	115	118	110	111	n/a	94	90
	FC repos (bpm)	75	78	79	82	73	n/a	78	80
	F _{Co} (bpm)	69	70	70	72	71	n/a	74	69
	CCR (%)	12	18	22	22	16	n/a	0	2
	EPCT (bpm)	6	8	9	10	2	n/a	4	11
Sys 55 F _{cm} max th 176 (bpm)	FC moy (bpm)	77	76	83	88	77	76	68	67
	FC max (bpm)	101	92	105	103	100	107	96	91
	FC repos (bpm)	67	72	77	84	77	72	65	69
	F _{Co} (bpm)	69	65	66	69	73	69	65	65
	CCR (%)	7	10	15	18	4	7	3	2
	EPCT (bpm)	-2	7	11	15	4	3	0	4
Sys 56 F _{cm} max th 179 (bpm)	FC moy (bpm)	84	81	83	98	91	83	74	58
	FC max (bpm)	107	108	104	123	131	130	107	102
	FC repos (bpm)	73	66	88	91	85	86	58	72
	F _{Co} (bpm)	60	60	58	67	69	66	66	58
	CCR (%)	20	18	21	28	20	15	7	0
	EPCT (bpm)	13	6	30	24	16	20	-8	14
Sys 57 F _{cm} max th 177 (bpm)	FC moy (bpm)	92	90	96	94	90	87	82	74
	FC max (bpm)	115	111	110	109	113	110	106	97
	FC repos (bpm)	82	82	102	95	88	91	78	76
	F _{Co} (bpm)	87	76	75	82	84	81	81	76
	CCR (%)	6	14	21	13	6	6	1	2
	EPCT (bpm)	-5	6	27	13	4	10	-3	0
Sys 58 F _{cm} max th 181 (bpm)	FC moy (bpm)	78	78	86	94	91	86	73	81
	FC max (bpm)	101	99	106	116	139	133	102	113
	FC repos (bpm)	71	81	77	74	83	83	79	76
	F _{Co} (bpm)	66	67	64	73	73	72	70	79
	CCR (%)	10	10	19	19	17	13	3	2
	EPCT (bpm)	5	14	13	1	10	11	9	-3
Sys 59 F _{cm} max th 177 (bpm)	FC moy (bpm)	89	85	88	93	90	91	78	75
	FC max (bpm)	99	96	98	110	113	113	99	98
	FC repos (bpm)	87	79	82	88	89	88	73	73
	F _{Co} (bpm)	76	76	75	74	77	80	80	73
	CCR (%)	13	9	13	18	13	11	2	2
	EPCT (bpm)	11	3	7	14	12	8	-7	0

Note : CCA = FC_{moy}-F_{Co} / F_{cm} max-F_{Co} ; EPCT = F_{Cr}-F_{Co} (F_{Cr} = moyenne de F_{Cr3}, F_{Cr4} et F_{Cr5})

Organisme provincial

	Activité	Escorte lente				Radar dynamique		Bureau	
		Imperméable		Chemise et DSHV		Chemise et DSHV		Chemise	
	Vêtement	Sans GPB	GPB	Sans GPB	GPB	Sans GPB	GPB	Sans GPB	GPB
Sys71 Fcmx th 177 (bpm)	FC moy (bpm)	86	85	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
	FC max (bpm)	100	96	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
	FC repos (bpm)	96	87	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
	FCo (bpm)	83	77	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
	CCR (%)	3	8	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
	EPCT (bpm)	17	19	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Sys72 Fcmx th 164 (bpm)	FC moy (bpm)	105	104	101	97	111	119	91	88
	FC max (bpm)	132	129	123	119	126	142	119	106
	FC repos (bpm)	100	109	111	104	110	116	88	86
	FCo (bpm)	89	86	86	88	89	93	86	85
	CCR (%)	21	23	19	12	29	37	6	4
	EPCT (bpm)	11	23	25	16	21	23	2	1
Sys73 Fcmx th 179 (bpm)	FC moy (bpm)	73	75	73	72	83	76	64	60
	FC max (bpm)	97	93	93	89	100	92	84	81
	FC repos (bpm)	69	79	77	80	75	73	66	63
	FCo (bpm)	64	65	72	65	70	66	65	59
	CCR (%)	8	9	1	6	12	9	1	1
	EPCT (bpm)	5	14	5	15	5	7	1	4
Sys74 Fcmx th 181 (bpm)	FC moy (bpm)	59	58	56	56	64	66	61	60
	FC max (bpm)	65	65	63	65	79	80	87	86
	FC repos (bpm)	59	62	61	65	69	70	64	59
	FCo (bpm)	53	52	58	51	58	56	55	56
	CCR (%)	5	5	2	4	5	8	5	3
	EPCT (bpm)	6	10	3	14	11	14	9	3
Sys75 Fcmx th 177 (bpm)	FC moy (bpm)	57	61	62	68	73	73	58	50
	FC max (bpm)	72	76	79	78	88	80	71	75
	FC repos (bpm)	57	65	59	72	69	66	58	58
	FCo (bpm)	53	54	58	62	60	59	58	56
	CCR (%)	3	6	3	5	11	12	0	5
	EPCT (bpm)	4	11	1	10	9	7	0	2
Sys76 Fcmx th 176 (bpm)	FC moy (bpm)	81	74	71	73	80	78	67	62
	FC max (bpm)	149	101	99	93	100	103	87	89
	FC repos (bpm)	77	75	77	82	86	89	63	61
	FCo (bpm)	69	65	65	62	63	63	71	63
	CCR (%)	11	8	5	10	15	13	4	1
	EPCT (bpm)	8	10	12	20	23	26	-8	-2
Sys77 Fcmx th 166 (bpm)	FC moy (bpm)	69	70	87	78	66	85	n/a	n/a
	FC max (bpm)	83	83	115	97	95	105	n/a	n/a
	FC repos (bpm)	69	71	85	73	74	85	n/a	n/a
	FCo (bpm)	66	62	74	63	75	78	n/a	n/a
	CCR (%)	3	8	14	15	10	8	n/a	n/a
	EPCT (bpm)	3	9	11	10	-1	7	n/a	n/a
Sys78 Fcmx th 179 (bpm)	FC moy (bpm)	90	93	98	94	106	106	87	88
	FC max (bpm)	114	113	121	113	118	115	94	109
	FC repos (bpm)	88	102	99	98	100	99	84	85
	FCo (bpm)	83	89	90	85	84	87	88	84
	CCR (%)	7	4	9	10	23	21	1	4
	EPCT (bpm)	5	13	9	13	16	12	-4	1

Note : CCA = $\frac{FC_{moy} - FC_o}{FC_{max} - FC_o}$; EPCT = $FC_r - FC_o$ (FC_r = moyenne de FC_{r3} , FC_{r4} et FC_{r5})

ANNEXE X :
Caractéristiques des panneaux balistiques disponibles

Fabricant	Modèle	Composition du textile balistique	Épaisseur		Densité		Poids combiné des panneaux pour la taille « moyen-long », surface approx. 0,24 m ²	Certification
			(po)	(mm)	(lb/pi ²)	(kg/m ²)	(kg)	
	SQ (blanc)	inconnu		8			1,85	NIJ 0101.04
ABA	Xtreme HP	Twaron®, Spectra Shield® Gold Shield®	0,18	4,5	0,78	3,80	0,91	NIJ 0101.06
	Xtreme	Kevlar®	0,18	4,6	0,85	4,15	1,00	NIJ 0101.06
Second Chance	Xtreme SX	Kevlar®, Spectra Shield®	0,18	4,6	0,64	3,12	0,75	NIJ 0101.06
	Summit	Spectra Shield®, Gold Shield®	0,19	4,8	0,79	3,85	0,93	NIJ 0101.06
	Summit SP	Kevlar KM2 Plus®, Gold Shield®	0,19	4,8	0,83	4,05	0,97	NIJ 0101.06
	Monarch	Twaron®, Goldshield®	0,22	5,6	0,98	4,78	1,15	NIJ 0101.06
	Summit™	Spectra Shield®, Gold Shield®	0,19	4,8	0,79	3,85	0,93	NIJ 0101.06
Armor express	Razor	Kevlar® Dyneema®	0,18	4,6	0,81	3,95	0,95	NIJ 0101.06
	HALO	Twaron®	0,21	5,3	0,92	4,49	1,08	NIJ 0101.06
	Quantum	Twaron®	0,24	6,1	1,02	4,98	1,20	NIJ 0101.06
	FMS	NA	0,29	7,4	1,31	6,39	1,54	NIJ 0101.06
PointBlank	CII-3	NA	0,25	6,3	1,2	5,85	1,41	NIJ 0101.06
	CIIF-2	NA	0,25	6,3	1,2	5,85	1,41	NIJ 0101.06
	GNXII	NA	0,22	5,6	0,92	4,49	1,08	NIJ 0101.06
	GNXIIF	NA	0,23	5,8	0,97	4,73	1,14	NIJ 0101.06
	BII	NA	0,23	5,8	0,87	4,24	1,02	NIJ 0101.06
	BIIF	NA	0,23	5,8	0,87	4,24	1,02	NIJ 0101.06
	DX-II	NA	0,19	4,8	0,88	4,29	1,03	NIJ 0101.06
	DXFII-1	NA	0,19	4,8	0,87	4,24	1,02	NIJ 0101.06
	SP+2-LE	NA	0,19	4,8	0,79	3,85	0,93	NIJ 0101.06
	SP+2-FLE	NA	0,19	4,8	0,79	3,85	0,93	NIJ 0101.06
	AXII	NA	0,18	4,6	0,63	3,07	0,74	NIJ 0101.06
AXIIF	NA	0,18	4,6	0,63	3,07	0,74	NIJ 0101.06	
Ten4		n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

NA : ne s'applique pas; n.d. : non disponible ; Nombres en gras : valeurs les plus favorables

ANNEXE XI : Recommandations relatives à d'autres équipements

RECOMMANDATIONS RELATIVES À D'AUTRES ÉQUIPEMENTS POUR AMÉLIORER LA MOBILITÉ DES MOTARDS			
	Problématique notée sur le terrain	Objectif	Recommandation
Casque			
PM, PP	Fatigue de la zone cervicale liée au port prolongé	Diminuer la fatigue de la zone cervicale	Diminuer le poids du casque
Pantalons de motard <i>Breeches</i>			
PP	Restrictions de flexion et d'abduction des hanches et flexion des genoux (s'agenouiller, monter/descendre de la moto, etc.)	Permettre la mobilité des membres inférieurs	Incorporer un textile avec une légère extensibilité (2-3 % élasthanne) à la culotte
PP	Restrictions de la flexion des genoux; points de pression et douleurs en arrière des genoux en posture assise	Permettre la flexion maximale des genoux; éliminer les points de pression en arrière des genoux	Élargir la circonférence au genou
Complet en cuir			
PM	La fourche du pantalon est très basse et limite l'abduction de la hanche (p. ex. : pour enfourcher la moto)	Permettre l'abduction de la hanche	Raccourcir la fourche du pantalon
PM, PP	Fatigue générale liée au poids de l'uniforme en cuir; <u>Organisme provincial</u> : manteau = 2,8 kg; pantalon = 1,5 kg; <u>Organisme municipal</u> : manteau sans protecteurs = 1,5 kg; pantalon sans protecteurs = 2 kg; manteau avec protecteurs = 3 kg; pantalon avec protecteurs = 2,2 kg	Diminuer la fatigue corporelle	Incorporer des textiles et des protecteurs contre les chutes plus légers
	Des ondulations de tissus sont formées lors de la flexion des coudes et la flexion et l'abduction des épaules	Permettre les mouvements des coudes et des épaules	Incorporer des textiles plus souples dans la construction du manteau
	Les bandes latérales du manteau qui s'attachent à la hauteur des équipements du ceinturon limitent la rotation du tronc et la flexion et l'abduction des épaules	Permettre la rotation du tronc et les mouvements des épaules	Remplacer les bandes de rétention par des bandes extensibles
	La mobilité des bras et du tronc est très restreinte lorsque le manteau en cuir est porté par-dessus le GPB, due à l'épaisseur du gilet pare-balles et à l'équipement rangé dans les poches.	Permettre un niveau de mobilité acceptable lorsque le gilet et le manteau en cuir sont superposés. Éviter une coupe de manteau qui est trop large lorsque porté sans GPB en dessous.	Adapter le gilet en diminuant son épaisseur et le volume d'équipements qu'il soutient. Faire l'essayage et la sélection de la taille du manteau lorsque le GPB est enfilé. Explorer la possibilité d'incorporer des ajustements de largeur pour le manteau sur les côtés.
PP	La configuration de la manche du manteau (avec tête de manche style tailleur) limite l'abduction des bras	Permettre les mouvements des épaules	Remplacer la tête de manche montée par une tête de manche de type sport

RECOMMANDATIONS RELATIVES À D'AUTRES ÉQUIPEMENTS POUR AMÉLIORER LA MOBILITÉ DES MOTARDS			
	Problématique notée sur le terrain	Objectif	Recommandation
Équipement du ceinturon			
PM	L'étui des chargeurs porté verticalement au ceinturon cause des points de pressions persistants sur l'abdomen lors de la conduite de la moto	Diminuer les points de pression	Porter les chargeurs à l'horizontale sur le ceinturon
Équipement rangé dans les poches du GPB			
PM, PP	Le poids et le volume de l'équipement soutenu par le GPB contribuent à l'apparition des points de pression persistants sur les épaules et sur la poitrine	Diminuer les points de pression et ne permettre que le port d'équipements nécessaires	Diminuer le poids, le volume et la rigidité de l'équipement (p. ex. : bloc- notes, menottes)
Gants de pluie			
PM	Les gants de pluie sont perméables à l'eau. Une fois l'eau absorbée, un effet « éponge » se produit, ce qui complique la manipulation des boutons de contrôle de la moto	Permettre la manipulation des boutons de contrôle de la moto.	Remplacer par des gants imperméables
Bottes de pluie			
PM	Les bottes de pluie portées par-dessus les bottes de patrouille sont volumineuses et affectent la sensation tactile nécessaire pour contrôler la pression appliquée aux pédales de la moto (freins, embrayage)	Permettre le contrôle en douceur des pédales de la moto	Remplacer par des bottes de pluie intégrales (portées directement sur le pied)

RECOMMANDATIONS RELATIVES À D'AUTRES ÉQUIPEMENTS POUR DIMINUER LA CONTRAINTE THERMIQUE SUBIE PAR LES MOTARDS		
Problématique notée sur le terrain	Objectif	Recommandation
Dossard de sécurité à haute visibilité		
Le DSHV est étanche à l'air et inhibe les effets de la ventilation du tronc	Augmenter la ventilation du tronc	Incorporer un textile perméable à l'air
Bottes en cuir		
Les bottes en cuir non perméables à l'air recouvrent une grande partie de la jambe inférieure et causent des contraintes thermiques locales importantes et persistantes	Maintenir la protection médiale contre la chaleur émanant de la moto tout en permettant une aération sur la partie latérale de la jambe et du pied	Prévoir des incisions d'aération de type Spacer Fabric ou perforations sur la surface latérale de la botte. Une doublure de type Goretex® peut être incorporée contre la pluie.
Casque		
Les systèmes d'aération des casques sont peu efficaces pour diminuer la température locale lors du travail à pied ou en moto. De la chaleur importante et de la transpiration profuse locale sont rapportées dans la plupart des conditions lorsque le casque est porté.	Réduire la contrainte thermique et la transpiration à la tête	Explorer la possibilité de fournir des casques qui offre la même protection, mais qui comportent des systèmes d'aération plus performants
Complet en cuir		
Le complet en cuir est utilisé pendant les saisons plus fraîches et la saison estivale. Il protège contre les flux d'air froid lors de la conduite de la moto, mais cause des contraintes thermiques lors du travail à pied et sur la moto lorsque la température externe dépasse les 10 à 15 °C	Rendre le complet modulable pour répondre à des situations thermiques diversifiées	Incorporer des zones d'aération, par exemple aux aisselles, à la poitrine, sur les cuisses, telles que des fermetures éclair avec fond en mèche.
Des contraintes thermiques apparaissent lorsque le complet en cuir est superposé au GPB à partir de températures ambiantes aussi basses que 9 °C. Leur port combiné n'est donc pas adapté au travail en saison estivale. L'uniforme en cuir est parfois requis en condition estivale (p. ex. : lors d'escortes de dignitaires) pour diminuer les risques de blessures cutanées en cas d'accident routier.	Offrir une protection semblable en saison estivale et éviter l'accumulation d'astreintes thermiques importantes	Fournir un complet protecteur plus léger, sans doublure en molleton, fabriqué en cuir ou en textile alternatif (p. ex. : Kevlar®)
Complet de pluie		
Le complet de pluie est non perméable à l'air et ne permet pas le refroidissement corporel ni l'évaporation de la transpiration, ce qui augmente la contrainte thermique et cause de la transpiration profuse. Des astreintes thermiques se manifestent lorsque le complet est porté à des températures ambiantes qui dépassent les 18 °C.	Améliorer la ventilation corporelle	Incorporer des zones d'aération en mèche, par exemple aux aisselles, à la poitrine et au dos. Fournir des complets de pluie fabriqués en textile perméable à l'air (p. ex. : laminés avec membrane en Goretex®)
Culottes de motards		
De la chaleur et de la transpiration locale sont perçues derrière les genoux lors d'activités de travail menées sur la moto et à pied.	Permettre une meilleure ventilation en arrière des genoux	Incorporer à la culotte un textile plus perméable à l'air, p. ex. : en tissu mèche, derrière les genoux

RECOMMANDATIONS RELATIVES À D'AUTRES ÉQUIPEMENTS POUR DIMINUER LA CONTRAINTE THERMIQUE SUBIE PAR LES MOTARDS		
Problématique notée sur le terrain	Objectif	Recommandation
Moto		
Les surfaces de la moto (siège en cuir et composantes métalliques) deviennent chaudes au toucher lorsque la moto est exposée aux rayons du soleil.	Diminuer la chaleur produite par la moto	Privilégier des motos comportant des surfaces fabriquées en matériaux non absorbants de chaleur (plastique au lieu du métal et textile imperméable au lieu du cuir)
De la chaleur importante se dégage du moteur et des tuyaux d'échappement de la moto, ce qui contribue à la chaleur perçue aux pieds et aux mollets	Diminuer la chaleur produite par la moto	Explorer les véhicules électriques comme alternative aux motos à essence