

Troubles musculo-squelettiques

Études et recherches

RAPPORT R-563



Troubles musculo-squelettiques et bureautique

Suivi de l'impact des modifications du mobilier
de bureau sur la posture et la sollicitation
musculaire du membre supérieur

*Alain Delisle
Christian Larivière
André Plamondon
Caroline Jetté
Denis Marchand
Susan Stock*



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.

NOS RECHERCHES

Mission *travaillent pour vous !*

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.

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

Assurer la diffusion des connaissances, jouer un rôle de référence scientifique et d'expert.

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 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 CSST. Abonnement : 1-877-221-7046

Dépôt légal

Bibliothèque et Archives nationales
2008

ISBN : 978-2-89631-271-9 (version imprimée)

ISBN : 978-2-89631-272-6 (PDF)

ISSN : 0820-8395

IRSST - Direction des communications
505, boul. De Maisonneuve Ouest
Montréal (Québec)
H3A 3C2
Téléphone : 514 288-1551
Télécopieur : 514 288-7636
publications@irsst.qc.ca
www.irsst.qc.ca
Institut de recherche Robert-Sauvé
en santé et en sécurité du travail,
mai 2008



Troubles musculo-squelettiques

Études et recherches

RAPPORT R-563

Troubles musculo-squelettiques et bureautique

Suivi de l'impact des modifications du mobilier de bureau sur la posture et la sollicitation musculaire du membre supérieur

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.

*Alain Delisle, Christian Larivière et André Plamondon,
Service de la recherche, IRSST*

Caroline Jetté, Université du Québec à Montréal

*Denis Marchand, Département de kinanthropologie,
Université du Québec à Montréal*

*Susan Stock, Direction des risques biologiques, environnementaux
et occupationnels, Santé au travail, Institut national de santé
publique du Québec et Université McGill*

Cliquez recherche
www.irsst.qc.ca



Cette publication est disponible
en version PDF
sur le site Web de l'IRSST.

CONFORMÉMENT AUX POLITIQUES DE L'IRSS

Les résultats des travaux de recherche publiés dans ce document
ont fait l'objet d'une évaluation par des pairs.

SOMMAIRE

Faisant suite à une précédente étude menée en laboratoire (Delisle et al. 2006a), la présente étude avait pour objectif d'évaluer, dans un contexte réel de travail, les impacts de deux types d'aménagement réalisés auprès de travailleurs de bureau sur les sollicitations musculaires et les postures du membre supérieur. L'objectif secondaire était de documenter les effets des aménagements sur le confort et les douleurs perçues. L'aménagement standard consistait à ajuster le poste de travail existant selon les critères ergonomiques définis par l'Association canadienne de normalisation (CSA Z412). L'aménagement à surface unique impliquait l'implantation d'un nouveau mobilier favorisant l'appui des avant-bras directement sur la surface de travail. Vingt travailleurs ont participé à l'ensemble des huit mesures réalisées au cours d'une période de 18 mois. L'activité musculaire de quatre muscles (trapèze supérieur non-dominant, trapèze supérieur dominant, deltoïde antérieur dominant et extenseur commun des doigts dominant) et les postures de la tête, du tronc, du bras et du poignet dominants ont été mesurées pour déterminer les impacts des deux aménagements. Un questionnaire a permis de documenter plusieurs variables confondantes (les tâches de travail réalisées, des aspects psychosociaux), le confort et les douleurs perçues ainsi que la limitation fonctionnelle associée aux douleurs. De plus, des mesures des différentes composantes du poste de travail ont permis de déterminer l'ampleur des modifications réalisées pour chacun des deux groupes.

En comparaison avec le réaménagement de poste réalisé selon les standards ergonomiques, l'implantation d'un nouveau mobilier à surface unique favorisant l'appui des avant-bras sur la surface de travail a occasionné un éloignement du clavier et de la souris par rapport à l'extrémité de la surface de travail. Cet éloignement des interfaces de saisie a eu pour effet d'augmenter légèrement la flexion du bras. Même si une augmentation du confort, principalement reliée aux postures de travail, est observée chez ce groupe, l'implantation de ce nouveau mobilier n'a conduit à aucun changement en ce qui concerne les sollicitations musculaires et les douleurs perçues.

Les résultats obtenus pour les sollicitations musculaires des muscles de la région proximale corroborent partiellement les résultats de la précédente étude menée en laboratoire. Toutefois, l'augmentation de la sollicitation musculaire de l'extenseur commun des doigts rapportée en laboratoire lors de l'utilisation du nouveau mobilier à surface unique favorisant l'appui des avant-bras sur la surface de travail n'a pas été observée au cours des différents suivis échelonnés sur une période de 15 mois.

À la lumière des résultats obtenus, un mobilier permettant l'appui des avant-bras sur la surface de travail contribue à augmenter le confort des travailleurs. Par contre, ce type d'aménagement n'occasionne pas de bénéfice supérieur à un ajustement du poste basé sur les standards ergonomiques en ce qui concerne les sollicitations musculaires et les douleurs ressenties. Cette étude démontre qu'il est difficile de réduire davantage les sollicitations musculaires et les douleurs perçues par des modifications de l'aménagement du poste lorsque celui-ci est bien ajusté. Rappelons qu'un effort particulier a été investi dans les mesures instrumentées pour optimiser les chances de détecter un changement, attestant la fiabilité de ces résultats. Il semble donc que les deux configurations de poste étudiées sont adéquates et peuvent être utilisées pour le travail à l'ordinateur.

TABLE DES MATIÈRES

SOMMAIRE	I
LISTE DES TABLEAUX	VII
LISTE DES FIGURES.....	IX
1. INTRODUCTION	1
2. OBJECTIFS ET HYPOTHÈSES	9
3. MÉTHODOLOGIE.....	11
3.1 Les participants	11
3.2 Les interventions.....	12
3.3 Les mesures d'effet.....	13
3.3.1 Aménagement physique du poste de travail.....	13
3.3.2 Sollicitation musculaire	14
3.3.2.1 Instrumentation.....	14
3.3.2.2 Traitement des signaux.....	15
3.3.3 Postures.....	18
3.3.4 Symptômes de douleurs et limitation fonctionnelle	19
3.3.5 Confort.....	20
3.4 Les variables confondantes.....	21
3.5 Déroulement.....	22
3.6 Analyses statistiques.....	24
3.6.1 Étude de fidélité.....	24
3.6.2 Mesures d'effet et variable de contrôle	25

4. RÉSULTATS	26
4.1 Les participants	26
4.2 Les variables confondantes	27
4.2.1 Comparaison des données de base.....	27
4.2.2 Comparaison des données dans le temps.....	28
4.3 Effets des interventions sur l'aménagement physique du poste de travail	28
4.4 Effets des interventions sur les postures.....	30
4.4.1 Effets des interventions sur les postures à la tête	31
4.4.2 Effets des interventions sur les postures au tronc.....	32
4.4.3 Effets des interventions sur les postures au bras	33
4.4.4 Effets des interventions sur les postures au poignet.....	33
4.5 Effets des interventions sur la sollicitation musculaire.....	34
4.5.1 Analyse de l'amplitude du signal (ADPF)	34
4.5.2 Analyse de la variabilité de l'activation musculaire.....	35
4.5.3 Analyse des repos musculaires.....	37
4.6 Effets des interventions sur les douleurs et sur la limitation fonctionnelle.....	38
4.7 Effets des interventions sur le confort	38
5. DISCUSSION.....	40
5.1 Limites de l'étude	40
5.2 Étude de fidélité	41
5.3 Effet des aménagements des postes de travail	42

6. CONCLUSION..... 47

RÉFÉRENCES..... 49

ANNEXE A

QUESTIONNAIRE DE BASE 57

ANNEXE B

**RECRUTEMENT DES PARTICIPANTS, TAUX DE PARTICIPATION ET RAISONS
DE DÉSISTEMENT..... 65**

ANNEXE C

**RÉSULTATS DES ANALYSES DE LA VARIANCE OBTENUE POUR LES
VARIABLES DE CONFONDANTES..... 69**

ANNEXE D

ÉTUDE DE FIDÉLITÉ..... 73

ANNEXE E

**DONNÉES INSTRUMENTÉES OBTENUES LORS DE L'EXÉCUTION DE LA
TÂCHE RÉELLE..... 81**

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 1.	LES CARACTÉRISTIQUES MESURÉES POUR DÉCRIRE L'AMÉNAGEMENT PHYSIQUE DU POSTE TRAVAIL.....	13
TABLEAU 2.	DESCRIPTION DES PARTICIPANTS LORS DE LA MESURE DE BASE (PRÉ) SELON L'INTERVENTION REÇUE.....	27
TABLEAU 3.	VALEURS MOYENNES (ÉCART-TYPE) OBTENUES POUR LES ASPECTS RELIÉS À L'AMÉNAGEMENT PHYSIQUE DU POSTE DE TRAVAIL (MESURES EN CM) SELON L'INTERVENTION REÇUE.....	29
TABLEAU 4.	VALEURS MOYENNES (ÉCART-TYPE) OBTENUES POUR LES ANGLES (°) AU 10 ^E , 50 ^E ET 90 ^E PERCENTILE ET POUR L'AMPLITUDE DE MOUVEMENT (95 ^E ILE – 5 ^E ILE) POUR LES POSTURES À LA TÊTE SELON L'INTERVENTION REÇUE.....	31
TABLEAU 5.	VALEURS MOYENNES (ÉCART-TYPE) OBTENUES POUR LES ANGLES (°) AU 10 ^E , 50 ^E ET 90 ^E PERCENTILE ET POUR L'AMPLITUDE DE MOUVEMENT (95 ^E ILE – 5 ^E ILE) POUR LES POSTURES AU TRONC SELON L'INTERVENTION REÇUE	32
TABLEAU 6.	VALEURS MOYENNES (ÉCART-TYPE) OBTENUES POUR LES ANGLES (°) AU 10 ^E , 50 ^E ET 90 ^E PERCENTILE ET POUR L'AMPLITUDE DE MOUVEMENT (95 ^E ILE – 5 ^E ILE) POUR LES POSTURES AU BRAS SELON L'INTERVENTION REÇUE.....	33
TABLEAU 7.	VALEURS MOYENNES (ÉCART-TYPE) OBTENUES POUR LES APDF DES DIFFÉRENTS MUSCLES (EXPRIMÉES EN % DE LA RVE) SELON L'INTERVENTION REÇUE	35
TABLEAU 8.	VALEURS MOYENNES (ECART-TYPE) OBTENUES POUR LES INDICES DE VARIABILITE DE L'ANALYSE DE LA VARIATION D'EXPOSITION (EVA) DES DIFFERENTS MUSCLES SELON L'INTERVENTION REÇUE.....	36
TABLEAU 9.	VALEURS MOYENNES (ECART-TYPE) OBTENUES POUR LES REPOS MUSCULAIRE POUR LES DIFFERENTS MUSCLES SELON L'INTERVENTION REÇUE.....	37
TABLEAU 10.	VALEURS MOYENNES (ÉCART-TYPE) OBTENUES POUR LES DOULEURS RESSENTIES SELON L'INTERVENTION REÇUE	38

TABLEAU 11. VALEURS MOYENNES (ÉCART-TYPE) OBTENUES POUR LE CONFORT SELON LES INTERVENTIONS REÇUES	39
--	----

LISTE DES FIGURES

FIGURE 1.	LES INTERVENTIONS IMPLANTÉES : A) AMÉNAGEMENT STANDARD; B.1) AMÉNAGEMENT À SURFACE UNIQUE IMPLIQUANT UN NOUVEAU MOBILIER EN COIN À SURFACE UNIFORME ET B.2) AMÉNAGEMENT À SURFACE UNIQUE IMPLIQUANT UN RÉAMÉNAGEMENT DU MOBILIER ACTUEL POUR PERMETTRE L'APPUI DES AVANT-BRAS SUR LA SURFACE DE TRAVAIL.....	13
FIGURE 2.	ILLUSTRATION DES PROCÉDURES UTILISÉES POUR PRODUIRE LES CONTRACTIONS MUSCULAIRES SOUS-MAXIMALES DE RÉFÉRENCE PERMETTANT DE CALIBRER LE SIGNAL EMG (A) POUR LES TRAPÈZES, (B) POUR LE DELTOÏDE ANTÉRIEUR, ET (C) POUR L'EXTENSEUR COMMUN DES DOIGTS	15
FIGURE 3.	DEUX EXEMPLES DE MATRICE D'EXPOSITION DE LA VARIATION DU SIGNAL (EVA) AVEC LES INDICES DE VARIABILITÉ CORRESPONDANT ET ILLUSTRANT (A) UNE VARIABILITÉ MINIMALE, ET (B) UNE VARIABILITÉ MAXIMALE.	18
FIGURE 4.	REPRÉSENTATION DE LA DISTRIBUTION DES DIFFÉRENTES MESURES DANS LE TEMPS	23
FIGURE 5.	DISTANCE (CM) DU CLAVIER (A) ET DE LA SOURIS (B) PAR RAPPORT À L'EXTRÉMITÉ DE LA TABLE SELON L'INTERVENTION REÇUE	30
FIGURE 6.	ANGLE DE FLEXION (°) DU BRAS SELON L'INTERVENTION REÇUE ...	34
FIGURE 7.	INDICE DE VARIABILITÉ DE DURÉE DE L'ANALYSE DE LA VARIATION D'EXPOSITION (EVA) DU DELTOÏDE ANTÉRIEUR SELON LE TYPE D'INTERVENTION REÇUE.....	37
FIGURE 8.	CONFORT PERÇU PAR LES TRAVAILLEURS SELON L'INTERVENTION REÇUE POUR LES POSTURES DE TRAVAIL (A), LA CHAISE (B) ET L'ESPACE DE TRAVAIL (C).....	40

1. INTRODUCTION

Selon l'Enquête sociale et de santé de 1998 (Institut de la statistique du Québec, 2001), les problèmes touchant le système musculo-squelettique constituent la principale cause d'incapacité chez la population québécoise. Près de 83 % de la population active du Québec affirme avoir ressenti des douleurs importantes à au moins une région corporelle au cours de la dernière année. Toutefois, aucune donnée québécoise ou canadienne exhaustive ne permet pour l'instant de déterminer l'ampleur des douleurs musculo-squelettiques chez les travailleurs utilisant un ordinateur dans le cadre de leur emploi même s'il est utilisé par plus de la moitié de la population active du Canada. En effet, entre 1989 et 2000, la proportion de travailleurs canadiens utilisant un ordinateur dans le cadre de leur emploi est passé de 33% à 57%, et 78% d'entre eux affirmaient l'utiliser quotidiennement (Marshall, 2001).

Des études conduites à l'extérieur du Canada révèlent que les symptômes musculo-squelettiques sont communs chez ces travailleurs. Selon les études, la proportion de travailleurs ressentant des douleurs à au moins une région varie entre 51 et 72% (Hagberg et al. 2002; Karlqvist et al. 2002; Marcus et Gerr 1996) et entre 24 et 69% seulement à la région du cou (Chiu et al. 2002; Hagberg et al. 2002; Jensen, 2003; Karlqvist et al. 2002; Sillanpaa et al. 2003; Yu et Wong 1996). Pour les membres supérieurs, la proportion de travailleurs ressentant des douleurs aux épaules varie entre 22% et 49% (Hagberg et al. 2002; Karlqvist et al. 2002; Sillanpaa et al. 2003) et entre 26% et 36% pour la région des avant-bras, des mains et des poignets (Bergqvist et al. 1995; Jensen, 2003; Sillanpaa et al. 2003).

La présence de certains facteurs de risque reliés à l'aménagement ainsi qu'à l'organisation du travail semble contribuer au développement de douleurs musculo-squelettiques chez ces travailleurs. L'exposition à certains déterminants du travail tel que : le nombre d'heures d'utilisation de l'ordinateur (Blatter et Bongers 2006; Demure et al. 2000; Karlqvist et al. 2002; Nakazawa et al. 2002; Yu & Wong 1996), les postures statiques ou inadéquates (Andersen et al. 2003; Bergqvist et al. 1995; Chiu et al. 2002), l'environnement de travail (Juul-Kristensen et al. 2004), l'aménagement inadéquat du poste de travail (Bergqvist et al. 1995; Demure et al. 2000;

Jensen, 2003; Marcus et al. 2002; Yu et Wong 1996), l'utilisation ou l'emplacement du clavier et de la souris (Brandt et al. 2004; Demure et al. 2000; Jensen 2003; Karlqvist et al. 2002), ainsi que le manque de variabilité des tâches et le temps passé à l'ordinateur sans prendre de pauses (Karlqvist et al. 2002) sont associés à la présence de symptômes musculo-squelettiques. De plus, un contexte de travail orienté vers l'accentuation du rythme de travail ainsi que la nature de certains types de travail impliquant de la précision ou une charge mentale élevée peut contribuer à augmenter le stress psychophysiologique présent lors du travail à l'ordinateur. En effet, il semble que certains aspects psychosociaux du travail ont pour effet d'augmenter la charge musculaire lors du travail à l'ordinateur (Hagberg et al. 2002; Karlqvist et al. 2002; McLean et Urquhart 2002) et qu'ils pourraient ainsi contribuer à l'apparition de douleurs aux membres supérieurs et au cou.

Étant donné l'ampleur des travailleurs touchés, un nombre croissant d'études sont réalisées pour évaluer différents types d'interventions visant à modifier les comportements et à optimiser l'ajustement des postes de travail pour prévenir ou réduire les symptômes musculo-squelettiques (Aaras et al. 1998; Aaras et al. 2001; Bayed et Smith 1999; Brisson et al. 1999; Ketola et al. 2002; Lintula et al. 2001; Mekhora et al. 2000; Rempel et al. 2006). Individuellement, certaines études rapportent une diminution des symptômes de douleurs pour certaines régions corporelles ou pour certaines catégories de travailleurs (ex. selon les groupes d'âge) (Aaras et al. 1998; Aaras et al. 2001; Bayed et Smith 1999; Brisson et al. 1999; Mekhora et al. 2000; Rempel et al. 2006). D'autres études rapportent des effets positifs en ce qui concerne la modification des comportements tels que l'adoption de postures plus adéquates ou les modifications de l'ajustement de certaines composantes du poste de travail (Brisson et al. 1999; Ketola et al. 2002). Finalement, certaines études ont observé une diminution de l'activation musculaire des trapèzes suite à l'implantation d'une intervention visant l'aménagement de poste (Aaras et al. 1998; Aaras et al. 2001; Lintula et al. 2001). Toutefois, selon une récente revue de la littérature, peu d'évidences scientifiques permettent à ce jour de déterminer si les différents types d'intervention réalisés ont un impact significatif sur les symptômes musculo-squelettiques (Brewer et al. 2006).

L'évaluation de plusieurs interventions réalisées auprès des utilisateurs de l'ordinateur pour prévenir ou réduire les troubles musculo-squelettiques se fait uniquement grâce à des questionnaires (Aaras et al. 1999; Amick et al. 2003; Cook et Burgess-Limerick 2004; Martin et al. 2003; Mekhora et al. 2000; Nelson et Silverstein 1998; Rempel et al. 2006). Certaines études ont toutefois combiné l'utilisation d'un questionnaire à des mesures plus objectives telles que des observations, des examens physiques, une quantification de la productivité, des données d'entreprise, ou des prises de mesures du poste de travail et de l'environnement de travail pour déterminer les impacts des interventions implantées (Brisson et al. 1999; Feuerstein et al. 2004; Galinsky et al. 2000; Gerr et al. 2005; Greene et al. 2005; Henning et al. 1997; Ketola et al. 2002; Psihogios et al. 2001; Rempel et al. 1999; van den Heuvel et al. 2003). Cependant, très peu d'études ont, à ce jour, évalué les effets des interventions réalisées en milieu de travail sur l'exposition réelle des travailleurs quantifiée grâce à des instruments de mesure tels que l'électromyographie, la goniométrie ou l'accélérométrie (Aaras et al. 1998; Lintula et al. 2001; McLean et al. 2001)

L'objectif sous-jacent à la plupart de ces interventions est de permettre aux travailleurs qui utilisent l'ordinateur d'adopter des postures adéquates et de réduire la charge statique imposée à la musculature des membres supérieurs. Bien que l'activation musculaire soit généralement de basse intensité pour ce genre de travail, il est reconnu que ce type de sollicitation musculaire peut mener à la douleur chronique lorsque maintenue sur de longues périodes de temps [voir la revue de la littérature de Sjogaard et Sjogaard (1998) sur ce sujet]. En effet, il apparaît que l'obstruction partielle des vaisseaux sanguins peut mener à la fatigue et à la dégénérescence de certaines fibres musculaires recrutées à faible intensité, mais soutenues sur de longues périodes de temps (hypothèse des « fibres de cendrillons ») (Hagg 1991; Sjogaard et Sjogaard 1998).

Un moyen privilégié pour réduire la sollicitation musculaire des muscles de la région cou-épaule est de favoriser l'appui des membres supérieurs pendant le travail afin d'augmenter les chances de relâcher ces muscles. Il existe dans la littérature plusieurs études qui démontrent l'efficacité de fournir un appui pour diminuer l'activité électromyographique (EMG) du trapèze et de d'autres muscles du membre supérieur (Aaras et al. 1997; Aaras et al. 1998; Aaras et al.

2001; Cook et al. 2004; Feng et al. 1997; Fernstrom et Ericson 1997; Hasegawa et Kumashiro 1998; Lintula et al. 2001; Nevala-Puranen et al. 2003; Schuldt et al. 1987; Visser et al. 2000; Wells et al. 1997). L'appui peut se faire de différentes façons, soit au niveau du poignet (appui-poignet), de l'avant-bras (appui-bras mobile ou fixe) ou du coude (appui-bras de la chaise). L'appui au poignet semble produire une diminution de l'activité musculaire des muscles du trapèze et du deltoïde antérieur lors du travail au clavier (Cook et al. 2004), mais ce type d'appui semble engendrer une augmentation de la charge musculaire lors du travail à la souris (Visser et al. 2000). L'appui fourni à l'avant-bras ou au coude, et obtenu grâce à l'ajout d'appui-bras amovibles ou fixes, semble aussi contribuer à une diminution de l'activité musculaire du trapèze et du deltoïde antérieur (Feng et al. 1997; Fernstrom et Ericson 1997; Lintula et al. 2001; Visser et al. 2000). Toutefois, l'utilisation de ces appui-bras peut présenter certaines limites, principalement lorsque les travailleurs doivent couvrir une grande surface de travail en passant, par exemple, du clavier et à la souris avec la main dominante. Dans ce cas, l'appui fourni par les appui-bras risque d'être déficient.

Le support des avant-bras peut aussi se faire en réaménageant l'espace de travail pour permettre aux travailleurs d'appuyer directement les avant-bras sur la surface de travail. Cette possibilité est rapportée par les travailleurs comme étant un des aspects les plus importants pour le confort d'un poste de travail (Karlqvist, 1998). Certaines études ont observé une réduction de la sollicitation musculaire des trapèzes, de l'inconfort, ou des douleurs suite à des modifications de l'aménagement du poste de travail permettant ce type d'appui (Aaras et al. 1997; Aaras et al. 1998; Aaras et al. 2001; Cook et al. 2004; Nevala-Puranen et al. 2003).

Cependant, les effets encourus par ce type d'appui pour la région du poignet et de l'avant-bras sont plus difficiles à interpréter. En effet, une étude portant sur l'impact de l'implantation d'un mobilier de bureau favorisant l'appui des avant-bras sur la surface de travail rapporte une augmentation de la sollicitation musculaire des extenseurs du poignet chez les travailleurs qui n'ont pas reçu de formation sur les techniques de travail (Nevala-Puranen et al. 2003). Ces auteurs ont toutefois observé une réduction des douleurs à la région du coude et des avant-bras, sept mois après l'intervention, mais uniquement pour les travailleurs ayant reçu une formation

sur les techniques de travail. De son côté Aaras et al. (2001) a constaté que six ans après une intervention introduisant notamment l'appui des avant-bras sur la surface de travail, les deux groupes ayant subi l'intervention rapportaient un niveau de douleur plus élevé à la région avant-bras et main comparativement au début de l'intervention, bien que ce niveau ne soit pas différent de celui du groupe contrôle. Par contre, une diminution de l'inconfort à la région du poignet et de l'avant-bras est rapportée par Cook et Burgess-Limerick (2004) après une période d'adaptation de 12 semaines.

Les études qui se sont intéressées à évaluer les effets d'appuyer les avant-bras directement sur la surface de travail ont, pour la plupart, comparé cette condition à une condition où aucun appui n'était possible. Une étude menée au laboratoire de l'IRSST (Delisle et al. 2006a) a comparé les effets sur la sollicitation musculaire et les postures de trois mobiliers de bureau. Le premier était un mobilier ajustable à surface uniforme avec une configuration en coin qui permettait l'appui des avant-bras sur la surface de travail. Le second (hauteur du clavier et de l'écran ajustable) et le troisième (hauteur fixe) mobiliers disposaient d'une tablette pour mettre le clavier et la souris. Dans ces deux cas, l'appui des avant-bras se faisait sur les appuie-bras de la chaise. Pour la sollicitation musculaire des muscles proximaux (trapèzes et deltoïde), peu de différences ont été observées entre les trois mobiliers. Toutefois, le mobilier de bureau offrant la possibilité d'appuyer les avant-bras sur la surface de travail avait pour effet d'augmenter la variabilité dans les patrons d'activation musculaire du trapèze dominant. Cette plus grande variabilité pourrait contribuer au relâchement de l'activité des unités motrices lors de contractions statiques soutenues, et possiblement conduire à des effets bénéfiques. Elle pourrait aussi être le reflet d'une adaptation insuffisante à cette condition, puisque la durée d'adaptation était presque nulle. En effet, des patrons de mouvements instables comportent une plus grande variabilité (Stergiou, 2004), et peuvent refléter une étape transitoire dans le processus d'adaptation. Par contre, ce mobilier avait le désavantage d'augmenter légèrement l'activité musculaire de l'extenseur commun des doigts. Cette augmentation de la sollicitation musculaire de l'extenseur commun des doigts pourrait aussi être attribuable à une période d'adaptation insuffisante (les trois conditions étaient évaluées dans la même journée).

Il y a encore peu d'études qui ont effectué un suivi des modifications apportées au poste de travail informatisé et de leurs impacts à la fois sur la sollicitation musculaire, sur la posture et sur les symptômes musculo-squelettiques (Brewer et al 2006). Cette lacune s'explique probablement, en partie, par la difficulté que représente l'évaluation objective de la contrainte physique en milieu de travail, la très grande variabilité intra et inter-individuelle des paramètres utilisés pour la caractériser et la longue période de suivie nécessaire pour observer des changements sur les symptômes musculo-squelettiques des travailleurs (Lotters et Burdorf 2002). Lorsqu'un effet sur la santé est d'intérêt, un suivi de plus de 6 mois est souhaitable, et au moins deux mesures post-intervention sont préférables (Westgaard et Winkel 1997). En théorie, plus l'effet sur l'exposition mécanique est grand, plus rapide devraient être les effets sur les symptômes musculo-squelettiques. Aussi, plus le niveau d'exposition initial est élevé, plus il sera facile de générer un changement important. Ce n'est cependant pas le cas pour le travail informatisé. Comme le niveau d'exposition est généralement faible pour ce genre de travail, le changement d'exposition découlant d'une intervention sera vraisemblablement de petite amplitude, et l'effet sur les symptômes musculo-squelettiques devrait prendre beaucoup de temps, d'où l'importance d'un suivi sur une longue période de temps. Par ailleurs, bien que l'exposition mécanique puisse permettre une appréciation plus rapide des effets d'une intervention, un certain délai peut aussi être nécessaire, particulièrement lorsqu'un apprentissage peut modifier l'exposition mécanique (Westgaard et Winkel 1997). Peu d'études ont effectué plusieurs mesures de l'exposition mécanique sur une longue période de temps pour documenter la stabilité dans le temps de l'effet d'une intervention. La grande majorité des études menées en laboratoire sont de courtes durées et l'adaptation avec le poste de travail est minimale, soit à l'intérieur d'une seule session en laboratoire de quelques heures. Il est possible qu'une période d'adaptation (apprentissage) plus longue entraîne des effets différents.

Puisque certains paramètres utilisés pour caractériser l'exposition mécanique peuvent être influencés par l'interaction du travailleur avec le milieu de travail, l'évaluation de l'impact d'une modification apportée à un poste de travail en situation réelle est essentielle. Les variables utilisées pour caractériser les contraintes physiques sont généralement fidèles et sensibles pour des évaluations en situation contrôlée en laboratoire. D'ailleurs, les résultats de

l'étude portant sur les mobiliers de bureaux (Delisle et al. 2006a) ont démontré qu'il est possible de détecter de très petites différences avec nos méthodes de mesures cinématiques et électromyographiques. Les conditions de laboratoire permettent le contrôle de plusieurs variables confondantes, ce qui a pour effet de diminuer la variabilité intra et inter-individuelle et de rehausser la sensibilité des mesures aux différentes conditions expérimentales. Cependant, leurs exploitations pour un suivi fait dans le temps en situation réelle de travail peut poser certaines difficultés car le niveau de contrôle ne peut pas être le même qu'en laboratoire, ce qui implique une augmentation de la variabilité des mesures et une perte de sensibilité au changement. L'utilisation d'une tâche standardisée pourrait donc être une alternative permettant de limiter la variabilité, mais il est possible que la généralisation des résultats en soit affectée. En plus d'utiliser des méthodes instrumentées établies minimisant les erreurs systématiques, des stratégies de mesures visant à réduire le niveau d'erreur doivent donc être explorées pour assurer une meilleure fidélité et ainsi, une meilleure sensibilité au changement.

D'autres efforts semblent donc nécessaires pour déterminer le potentiel réel d'appuyer les avant-bras sur la surface de travail en comparaison avec des ajustements standards. La documentation détaillée des effets de tels ajustements (sur les postures, les sollicitations musculaires et les symptômes musculo-squelettiques), pendant une période suffisamment longue pour permettre une adaptation, contribuerait certainement à clarifier l'impact de ces interventions.

2. OBJECTIFS ET HYPOTHÈSES

L'objectif principal de ce projet est d'évaluer l'impact à moyen terme de deux types de modifications de l'aménagement physique d'un poste de travail informatisé (*aménagement standard* et *aménagement à surface unique*) sur la sollicitation musculaire et les postures du membre supérieur. L'hypothèse rattachée à cet objectif est qu'après une période d'adaptation, l'introduction d'un mobilier à surface unique permettant l'appui des avant-bras sur la surface de travail (*aménagement à surface unique*) entraînera une diminution de la sollicitation musculaire des muscles proximaux (trapèzes supérieurs et deltoïde antérieur), sans toutefois affecter la sollicitation musculaire du muscle distal (extenseur commun des doigts). Pour les postures, l'*aménagement à surface unique* entraînera une augmentation de la flexion du bras puisque l'appui des avant-bras se fait sur la surface de travail devant le clavier, celui-ci étant éloigné de l'extrémité de la surface de travail.

Un autre objectif secondaire est d'évaluer la fidélité test-retest et la sensibilité aux effets d'intervention des mesures électromyographiques, goniométriques et inclinométriques dans un contexte réel de travail à l'ordinateur. L'hypothèse rattachée à cet objectif est qu'une stratégie exploitant une tâche de travail standardisée pour la réalisation des mesures instrumentées améliorera leur fidélité et leur sensibilité aux effets d'intervention comparativement à une stratégie exploitant l'utilisation de tâches réelles de travail.

Finalement, bien que ce n'était pas un objectif de l'étude, l'intensité des douleurs musculo-squelettiques aux membres supérieurs, la limitation fonctionnelle ainsi que le confort au poste de travail ont été documentés.

3. MÉTHODOLOGIE

Suite à un questionnaire de base portant sur la description de la population à l'étude et permettant de décrire le contexte dans lequel l'étude se déroulait, des participants ont été aléatoirement assignés à l'un de deux aménagements (pour plus de détails sur le questionnaire de base et le portrait de la population à l'étude, voir l'Annexe A). L'impact de ces aménagements était ensuite évalué par des mesures directes au poste, des mesures instrumentées et des questionnaires sur une période de 18 mois.

3.1 Les participants

Parmi les 169 travailleurs ayant répondu au questionnaire de base, 69 ont été ciblés pour participer à l'étude selon des critères de pré-sélection établis à partir de certains aspects documentés dans le questionnaire de base (aménagement actuel du poste de travail, intérêt à participer à l'étude et absence de douleurs intenses multiples). Ces 69 travailleurs ont été contactés par téléphone pour vérifier s'ils étaient toujours intéressés à participer à l'étude et pour vérifier s'ils correspondaient aux critères de sélection. Les critères d'inclusion étaient les suivants : être âgé entre 18 et 60 ans, maîtriser la langue française, avoir une expérience d'au moins six mois au même travail, travailler 21 heures ou plus par semaine, travailler à l'ordinateur trois heures ou plus par jour et avoir un mobilier de travail où le clavier est disposé sur tablette-clavier. Les critères d'exclusion étaient : être atteint d'une maladie musculo-squelettique, d'une maladie systémique ou dégénérative connue ou de trouble neurologique, avoir entrepris un nouveau programme d'activités physiques (dernier mois), avoir eu des modifications récentes du poste de travail (moins de six mois) et prévoir s'absenter de l'entreprise pour une longue période au cours des 18 mois de l'étude. Parmi ces 69 travailleurs, 14 ne répondaient pas aux critères de sélection et 16 ont refusé de participer. Vingt-neuf travailleurs ont pris part initialement aux mesures de base et ils ont été randomisés aux deux interventions. Toutefois seulement 20 travailleurs ont participé à la totalité des mesures. Le taux de participation des travailleurs lors du recrutement et lors des différentes mesures ainsi que les raisons de désistement sont présentés à l'Annexe B.

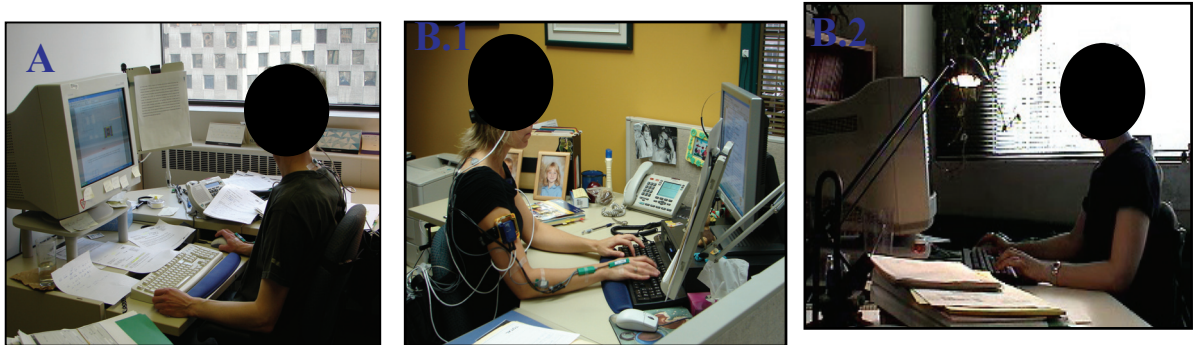
3.2 Les interventions

Les participants ont été assignés aléatoirement à l'une de deux interventions (*aménagement standard* ou *aménagement à surface unique*). L'*aménagement standard*, servant de contrôle dans ce cas-ci, consistait à réaliser des ajustements de l'actuel mobilier de bureau (Figure 1A) selon les recommandations reconnues dans la littérature en général, telles que celles contenues dans le Guide sur l'ergonomie au bureau de l'Association canadienne de normalisation (CSA Z412). Ces ajustements se résumaient selon les principes suivants : les pieds en appui au sol ou sur un repose-pied, l'arrière des genoux dégagé, les cuisses parallèles au sol (genoux fléchis à 90°), les avant-bras appuyés sur les appuie-bras de la chaise et les coudes au même niveau que le clavier et fléchis à 90°, l'écran placé à distance d'environ un bras et avec la ligne du regard située dans le tiers supérieur de l'écran.

L'*aménagement à surface unique* consistait soit à introduire un nouveau mobilier de bureau ou à réaménager le mobilier actuel pour permettre l'appui des avant-bras directement sur la surface de travail. Le nouveau mobilier de bureau (Figure 1B.1) offrait une surface de travail unique ajustable en hauteur. Le clavier et la souris devaient ainsi être éloignés du rebord du bureau de façon à permettre l'appui des avant-bras sur la surface de travail. Le réaménagement du mobilier actuel (solution plus économique) s'effectuait en réaménageant le poste de façon à offrir la possibilité d'appuyer les avant-bras devant le clavier (Figure 1 B.2). Toutefois, uniquement trois participants de ce groupe ont eu ce type de réaménagement et un seul parmi eux a participé à la totalité des mesures. Les sujets étaient informés des avantages que pouvait offrir l'appui des avant-bras lors du travail à l'ordinateur et ils étaient fortement encouragés à travailler en s'appuyant adéquatement.

Pour ce groupe, les critères d'ajustement de postes étaient les mêmes que ceux utilisés pour le groupe *aménagement standard*. De plus, les participants des deux groupes ont reçu un appuie-poignet en gel (plus mince que celui déjà utilisé). Toutes les modifications étaient supervisées par l'ergonome expérimentateur et par l'ergonome interne de l'entreprise.

FIGURE 1. Les interventions implantées : A) Aménagement standard; B.1) Aménagement à surface unique impliquant un nouveau mobilier en coin à surface uniforme et B.2) Aménagement à surface unique impliquant un réaménagement du mobilier actuel pour permettre l'appui des avant-bras sur la surface de travail



3.3 Les mesures d'effet

3.3.1 Aménagement physique du poste de travail

Toutes les dimensions et hauteurs d'ajustement du mobilier de bureau énumérées au Tableau 1 ont été documentées à chaque séance de mesure, tant lors de la mesure de base (Pré-intervention) que lors des trois évaluations suivant les interventions (post-intervention 1, 2, 3).

TABLEAU 1. Les caractéristiques mesurées pour décrire l'aménagement physique du poste travail

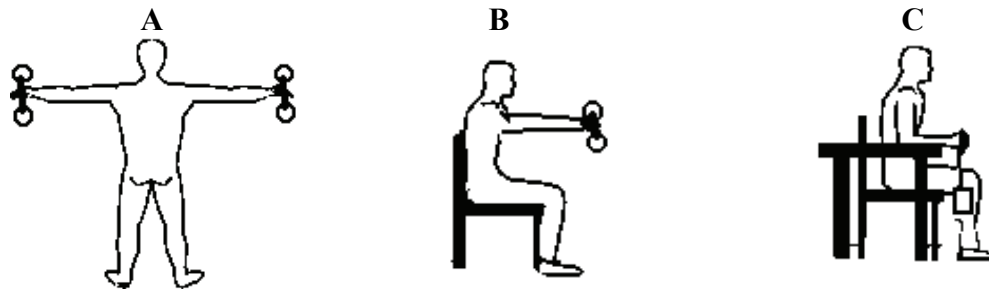
Hauteur du clavier par rapport au sol (cm)
Distance de la lettre « J » par rapport à l'extrémité de table (cm)
Distance entre la souris et l'extrémité de la table (cm)
Hauteur de l'écran par rapport au sol (cm)
Distance entre les yeux et la ligne supérieure de l'écran (cm)
Hauteur de l'assise par rapport au sol (cm)

3.3.2 Sollicitation musculaire

3.3.2.1 Instrumentation

Quatre paires d'électrodes différentielles pré-amplifiées à la source (gain : 1000) et ayant une bande passante de 20 à 500 Hz (Delsys, Boston, Ma.) ont été utilisées pour recueillir le signal EMG. Le signal était enregistré à une fréquence de 512 Hz et numérisé par une carte d'acquisition analogue-numérique 12-bit (National Instrument, DAQ-E). L'activité EMG des muscles trapèzes supérieurs droit et gauche, du deltoïde antérieur et de l'extenseur commun des doigts du côté d'utilisation de la souris (appelé dominant dans le reste de ce document) était récoltée selon des méthodologies bien documentées dans la littérature. Ainsi, pour le trapèze, la position des électrodes suivait les recommandations proposées par Jensen *et al.* (1993). Brièvement, le centre entre les repères osseux correspondant à C7 et l'acromion était mesuré, et la paire d'électrodes était placée à deux centimètres latéralement de ce centre. Pour le deltoïde antérieur et l'extenseur commun des doigts, les électrodes étaient positionnées selon les recommandations de Basmajian et Blusmenstein (1983). Lors de la première séance de mesure, un gabarit permettant de positionner les électrodes au même endroit à toutes les mesures (Veiersted *et al.* 1990) était construit sur un transparent. Le gabarit pouvait alors être positionné selon des repères anatomiques visibles (e.g. taches à la surface de la peau).

FIGURE 2. Illustration des procédures utilisées pour produire les contractions musculaires sous-maximales de référence permettant de calibrer le signal EMG (A) pour les trapèzes, (B) pour le deltoïde antérieur, et (C) pour l'extenseur commun des doigts .



3.3.2.2 Traitement des signaux

Avant de réaliser la réduction des données, certains traitements des signaux étaient réalisés. Un filtre numérique passe-bande entre 30 et 250 Hz était d'abord appliqué aux signaux, notamment pour exclure le signal électrocardiographique et pour réduire l'influence possible du mouvement relatif à l'interface électrode-peau au niveau des basses fréquences du signal (Hansson et al. 2000). L'amplitude RMS (root mean square) du signal était calculée sur des fenêtres successives de 125 ms. De plus, le niveau de bruit était déterminé comme étant la valeur RMS minimale observée lors d'une période de repos, dans une posture de repos contrôlée avec rétroaction des signaux (30 s), ou lors de la réalisation des tâches. Le signal EMG était ensuite calibré en fonction d'une contraction de référence sous-maximale (Relative voluntary exertion (RVE)). L'utilisation d'une contraction de référence sous-maximale s'avère particulièrement justifiée lors de comparaisons intra-sujet (Nordander et al. 2000) et permet d'éviter les difficultés associées à l'obtention d'une contraction maximale chez des sujets non entraînés et souffrant possiblement de douleurs musculo-squelettiques. Le niveau de bruit était soustrait des signaux RMS de la contraction de référence (RVE) et des tâches (Delisle et al. 2005).

Pour les trapèzes supérieurs, deux contractions de référence d'intensité sous-maximale (durée :

15 s) avec les deux bras à 90° d'abduction et avec une charge de 1 kg dans chaque main (Figure 2A) étaient réalisées selon les procédures décrites par Hansson et al. (2000) et Mathiassen et al. (1995). De façon similaire deux contractions de référence d'intensité sous-maximale (durée : 15 s) avec le bras en flexion à 90° (avant-bras en demi-pronation-supination) et avec une charge de 1 kg dans la main (Figure 2B) étaient effectuées pour le deltoïde antérieur. Enfin, pour l'extenseur commun des doigts, une procédure semblable à celle décrite par Akesson et al. (1997) était suivie. Le sujet était assis, avec le bras fléchi et l'avant-bras en pronation en appui sur une table. Une courroie, placée sur la surface dorsale des doigts (articulations entre les premières et deuxièmes phalanges), à laquelle était fixé un poids de 1 kg (Figure 2C) offrant une résistance que le sujet devait maintenir pendant 15 secondes, et ceci à deux reprises.

Afin d'analyser et de synthétiser les données de façon à apprécier l'impact des deux aménagements sur les différents groupes musculaires, trois types d'analyse ont été utilisés. Les deux premières analyses étaient effectuées sur le signal EMG normalisé en fonction de la contraction sous-maximale de référence (exprimé en %RVE), alors que la troisième analyse était effectuée à partir des signaux RMS.

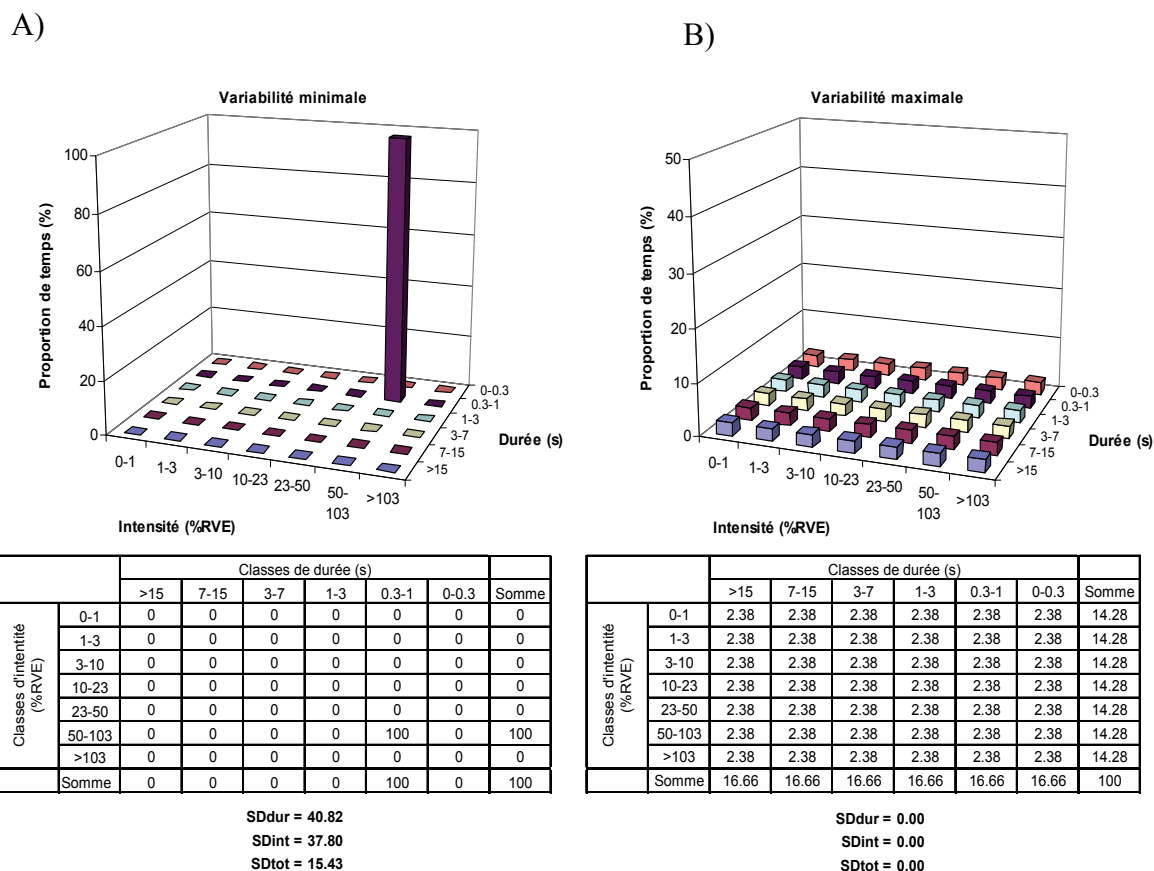
Premièrement, la fonction de la distribution des probabilités des amplitudes du signal (Amplitude Probability Distribution Function ou APDF, (Jonsson, 1978)) a été utilisée pour calculer les niveaux d'activité EMG correspondant au 10e (niveau statique), 50e (niveau médian) et 90e (niveau maximal) centile (%ile).

Deuxièmement, trois indices permettant de caractériser la variabilité de l'activation musculaire (Delisle et al. 2006a) ont été calculés. Cette analyse s'appuie sur la matrice de la variation de l'exposition (Exposure Variation Analysis (EVA): (Mathiassen et Winkel 1991)). La matrice EVA est composée de sept classes d'intensité [0–1; 1–3.3; 3.3–10; 10–23.3; 23.3–50; 50–103.3; >103.3 %RVE] et de six classes de durée [0–0.3; 0.3–1; 1–3; 3–7; 7–15; >15 s], et comporte donc au total 42 valeurs. Deux exemples de matrice EVA sont illustrés à la Figure 3. D'abord, la proportion de temps que le signal passe dans chacune de ces classes est calculée. Le premier indice reflète la variabilité entre les 6 classes de durée (SDdur). Il correspond à l'écart-type

estimé à partir des 6 sommes des classes de durée. Le deuxième indice reflète la variabilité entre les 7 classes d'intensité (SDint), et il correspond à l'écart-type des 6 sommes des classes d'intensité. Le troisième et dernier indice reflète la variabilité entre les 42 valeurs de la matrice (SDtot) et correspond à l'écart-type entre les 42 valeurs de la matrice EVA. Fait particulier, ces indices sont inversement reliés à la variabilité. Autrement dit, lorsque le signal se concentre sur un petit nombre de cellules, il y a peu de variabilité (voir Figure 3A) et les indices sont élevés. Au contraire, plus le signal est réparti à travers toute les cellules, plus la variabilité du signal est grande et plus les indices sont petits (voir Figure 3B).

Troisièmement, des analyses du nombre de périodes silencieuses (repos musculaire) dans le patron d'activité (EMG "gaps analysis": (Hansson et al. 2000; Veiersted et al. 1990), et de la portion de temps de repos musculaire (Hansson et al. 2000) étaient réalisées pour les quatre muscles. Une période silencieuse dans le patron d'activité EMG était définie comme étant une période d'une durée égale ou supérieure à 0,250 secondes avec un niveau d'activation inférieur à un seuil de 6 μ V. Le dénombrement de ces périodes (nombre/minute) constituait un premier indice, et la sommation des durées des périodes silencieuses (proportion du temps total) constituait un second indice. Un seuil absolu pour définir une période silencieuse a été utilisé dans d'autres études (Hermens et Vollenbroek-Hutten 2004, Voerman et al 2004, Vollenbroek-Hutten et al 2006) et semble produire des résultats plus fidèles (Delisle et al. 2006b).

FIGURE 3. Deux exemples de matrice d'exposition de la variation du signal (EVA) avec les indices de variabilité correspondant et illustrant (A) une variabilité minimale, et (B) une variabilité maximale.



3.3.3 Postures

Les angles de flexion/extension et de déviation radiale/cubitale du poignet dominant étaient enregistrés à l'aide d'un électrogoniomètre bi-axial (modèle AG-65, Biometrics). La procédure pour fixer l'électrogoniomètre était conforme à celle décrite par Hansson *et al.* (1996). La position neutre était définie par l'adoption d'une position debout, le bras, l'avant-bras et la main relâchés le long du corps et maintenue pendant 15 secondes. Le signal était enregistré à une fréquence de 512 Hz et numérisé par une carte d'acquisition analogue-numérique 12-bit (National Instrument, DAQ-E).

Trois senseurs inertiels (MT9, Xsens motion technologies, Enschede, Netherlands) ont été utilisés pour évaluer les postures à la tête, au tronc, ainsi qu'au bras dominant (celui impliqué lors de la manipulation de la souris). Seul le signal provenant des accéléromètres a été considéré dans le cadre de cette étude selon la méthode utilisée par Hansson et al. (2001). Pour la tête, le capteur était disposé sur un casque que le sujet devait enfiler, il était alors placé verticalement juste au-dessus de l'oreille droite du sujet. Pour le tronc, le capteur était disposé verticalement sur la poitrine directement sur le manubrium (partie supérieure du sternum). Puis, le capteur au bras dominant était positionné pour que son côté latéral soit placé sur la ligne entre l'acromion et l'épicondyle latéral et que le côté supérieur soit placé directement à l'insertion du deltoïde. Au début de chaque session de mesures, deux postures de référence maintenues pendant 15 secondes (position neutre et flexion vers l'avant) étaient réalisées pour chaque capteur. Ces postures de référence étaient utilisées pour transformer les référentiels de chaque capteur en référentiels pour chacun des segments. Les angles avant et latéraux étaient calculés selon la procédure utilisée par Hansson et al. (2001) et correspondaient approximativement, par exemple, à la flexion/extension et à l'adduction/abduction du capteur disposé sur le bras par rapport à la verticale. Les angles de rotation interne/externe ne pouvaient pas être mesurés avec cette approche.

Afin d'analyser et de synthétiser les données de façon à apprécier l'impact des deux aménagements sur les différentes postures, la fonction de la distribution des probabilités des amplitudes du signal (Amplitude Probability Distribution Function ou APDF, (Jonsson, 1978)) était utilisée pour calculer les angles correspondant au 10^e (niveau statique), 50^e (niveau médian) et 90^e (niveau maximal) centile (%ile). De plus, la différence entre le 95^e centile et le 5^e centile était utilisée pour déterminer l'amplitude de mouvement.

3.3.4 Symptômes de douleurs et limitation fonctionnelle

Les symptômes de douleurs musculo-squelettiques ont été évalués avec une version modifiée du questionnaire Nordic (Kuorinka *et al.* 1987). Les participants devaient évaluer l'intensité de

leurs douleurs pour différentes régions corporelles au cours du dernier mois à l'aide d'une échelle visuelle analogue variant de 0 à 10, où 0 correspondait à « aucune douleur » et 10 à « la pire douleur imaginable ». Ce questionnaire a déjà été utilisé pour évaluer les symptômes de douleurs suite à une intervention visant l'aménagement des postes de travail informatisé (Mekhora *et al.*, 2000). Les régions évaluées étaient les suivantes : cou, haut du dos, bas du dos, épaules (droite et gauche), coudes (droit et gauche), poignets/mains (droit et gauche). Des regroupements ont par la suite été réalisés pour déterminer la douleur maximale ressentie à la région proximale (cou, haut du dos et épaules), ainsi qu'à la région distale (coudes, poignets/mains).

La limitation fonctionnelle associée aux douleurs était évaluée à l'aide de six questions tirées du *Questionnaire about computer work and computer input devices* (National Institute for Working Life) et portant sur la difficulté à réaliser des activités de travail et de la vie quotidienne (travail en général, travail au clavier et travail à la souris, tâches domestiques, loisirs et sommeil). Les participants qui rapportaient des douleurs devaient déterminer le niveau de difficulté relatif (variant de 1 à 5, où 1 correspondait à « aucune difficulté » et 5 « je ne peux le faire ») pour chacune des tâches énumérées précédemment. La limitation fonctionnelle était alors déterminée par la somme des réponses aux six questions.

3.3.5 Confort

Le niveau de confort relatif à la chaise, aux postures de travail, à l'espace de travail, à la position de l'écran et à la position du clavier a été évalué à l'aide de questions comportant des échelles subjectives de neuf points variant entre - 4 (très, très inconfortable) et + 4 (très, très confortable). Ces questions étaient tirées du *Questionnaire about computer work and computer input devices* (National Institute for Working Life) et elles ont été utilisées dans d'autres études (Eklof *et al.*, 2006; Karlqvist, 1998; Karlqvist *et al.*, 2002; Lindegard *et al.*, 2003).

3.4 Les variables confondantes

Un questionnaire a été construit pour documenter les changements de différents aspects du travail qui pourraient aussi contribuer à des variations dans les mesures d'effet.

Le nombre d'heures travaillées, le nombre d'heures supplémentaires, les tâches de travail (travail à l'ordinateur, réunion, téléphone, etc., exprimées en pourcentage du temps de travail total) et les tâches effectuées à l'ordinateur (entrée de données, traitement de texte, programmation, l'utilisation du clavier et de la souris, etc., exprimées en pourcentage du temps de travail à l'ordinateur) au cours du dernier mois ont été évalués par des questions tirées du *Questionnaire about computer work and computer input devices* (National Institute for Working Life). Plusieurs des questions ont déjà été validées (Karlqvist *et al.* 1996) et ce questionnaire a été utilisé dans différentes études (Hagberg *et al.* 2002; Karlqvist *et al.* 2002). Des questions tirées de ce questionnaire ont également été utilisées pour documenter le niveau d'activité physique (nombre de séance et nombre d'heures par séance).

Neuf indices du *General Nordic Questionnaire for Psychological and Social Factors at Work* (Lindstrom *et al.*, 2000) ont été utilisés pour évaluer des aspects psychosociaux du travail. Les participants devaient répondre à toutes les questions selon une échelle de cinq points. Les indices concernaient la charge de travail (2 indices : charge quantitative de travail et développement des compétences), le contrôle sur le travail (1 indice), les compétences au travail (1 indice), les interactions sociales (3 indices : support du supérieur, des collègues et des amis et des proches), la culture organisationnelle (1 indice : climat social), ainsi que les interactions entre le travail et la vie privée (1 indice).

De plus, l'indice de détresse psychologique des enquêtes Santé Québec à quatorze items a été utilisé (IDPESQ14). Cet indice est une adaptation du Psychiatric Symptom Index (PSI) (Ilfeld, 1976), traduit et validé auprès de la population québécoise (Kovess, 1985; Prévile *et al.* 1992, 1995).

Finalement, les co-interventions impliquant des changements au poste de travail (changement

d'espace de travail, changement de clavier, de souris, de chaise ou d'écran) étaient documentées à chaque séance de mesure.

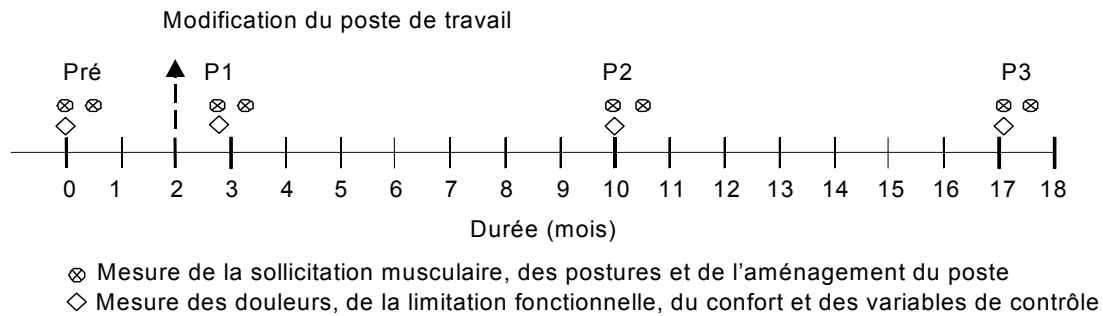
3.5 Déroulement

Une mesure de base était effectuée avec l'aménagement de travail actuel des participants. Ils étaient par la suite assignés aléatoirement à l'une des deux interventions et les modifications au poste de travail étaient apportées après environ huit semaines. Une semaine après les modifications du poste de travail, les participants étaient contactés de manière à vérifier leur satisfaction et d'apporter, si nécessaire, des modifications. Trois évaluations en post-intervention (Post1, Post2 et Post3) étaient ensuite réalisées. Une évaluation était constituée de la moyenne de deux séances de mesures instrumentées (pour l'évaluation de la sollicitation musculaire, des postures, de l'aménagement) au poste de travail, séparées d'au moins une semaine, et d'une évaluation par questionnaire (pour l'évaluation des douleurs, de la limitation fonctionnelle, du confort, ainsi que des variables de contrôle). Le déroulement dans le temps des différentes mesures est présenté à la Figure 4. Toutefois, étant donné la nature du projet réalisé directement en milieu de travail, une certaine variabilité inter-sujet a été observée entre les différentes étapes du projet. Cette variabilité était due à plusieurs raisons telles que la disponibilité des nouveaux mobiliers et/ou la coordination avec l'équipe responsable des réaménagements, ainsi que l'annulation, le report ou le devancement de rendez-vous selon les obligations professionnelles ou personnelles des participants.

L'utilisation de deux séances de mesure pour chaque évaluation visait à assurer une plus grande fidélité des mesures instrumentées. En effet, la moyenne de mesures EMG recueillies sur deux sessions de mesure est une stratégie efficace pour rehausser leur fidélité (Hatch *et al.* 1992; Sparto et Parnianpour 2001). Cette stratégie de mesure permet de diminuer l'effet des erreurs dues aux changements entre les sessions de mesure tels que le positionnement des senseurs (électrodes de surface, électrogoniomètre) et le changement dans le type de travail exécuté (ex. : plus de travail à la souris vs au clavier). Puis, de manière à contrôler les effets circadiens ou de la possible accumulation de la fatigue musculaire au cours de la journée, les mesures

instrumentées étaient réalisées dans la même partie de la journée (a.m. ou p.m.).

FIGURE 4. Représentation de la distribution des différentes mesures dans le temps



À chaque séance de mesure, les participants devaient d'abord réaliser une tâche standardisée de travail à l'ordinateur d'une durée d'environ 15 minutes (similaire à celle utilisée dans une étude antérieure au laboratoire de l'IRSST : Delisle *et al.* 2002). Par la suite, ils devaient effectuer leurs tâches réelles de travail à l'ordinateur pendant une période de 45 minutes. L'exécution d'une tâche standardisée lors des mesures permettait d'éliminer la variabilité due au contexte d'utilisation (tâches différentes d'une session à l'autre) mais avait toutefois le désavantage d'être moins écologique.

Un enregistrement vidéo, offrant une vue latérale des participants, était synchronisé avec les mesures instrumentées (électromyographie, électrogoniométrie et accélérométrie) pour documenter les activités de travail effectuées lors de ces mesures. Du au contexte dans lequel se déroulait les séances de collecte de données, des interruptions se sont produites à certains moments lorsque certains participants réalisaient la tâche standardisée (téléphone important, collègues qui demandent une information). Ces périodes étaient éliminées lors du traitement et de l'analyse des données. Pour la tâche de travail réel de 45 minutes, certains participants devaient parfois faire des tâches de travail qui ne se déroulaient pas directement à l'ordinateur (travail de bureau, téléphone, discussion avec collègue). Si ces périodes dépassaient deux minutes, les périodes étaient éliminées lors du traitement et de l'analyse des données.

3.6 Analyses statistiques

3.6.1 Étude de fidélité

La théorie générale de la fidélité (generalizability theory : Shavelson et Webb, 1991) a été utilisée pour estimer la fidélité des différents indices biomécaniques (EMG, inclinométrie, goniométrie) à partir des données recueillies lors des mesures pré-intervention. Cette théorie consiste en deux parties: la première est l'étude-G qui estime les composantes de variance jugées importantes pour la mesure d'intérêt (ex. : Sujet, Jour, Sujet × Jour) à partir des résultats du design expérimental (mesures répétées sur deux jours). Cette étude-G est essentiellement une ANOVA à une voie avec mesures répétées sur le facteur Jour. Les composantes de variance sont alors calculées à partir des valeurs de moindres carrés de l'ANOVA. La deuxième partie de la théorie générale de la fidélité est l'étude-D permettant de donner une estimation de la fidélité pour divers devis de recherche (stratégies de mesures) autres que l'étude-G. Les sources de variances sont utilisées pour calculer le coefficient de dépendabilité (Φ) et l'erreur standard de mesure (ESM) comme suit:

$$\Phi = \frac{\sigma_s^2}{\sigma_s^2 + \frac{\sigma_J^2}{n_J} + \frac{\sigma_{SJ}^2}{n_J}} \quad \text{et} \quad ESM = \sqrt{\frac{\sigma_J^2}{n_J} + \frac{\sigma_{SJ}^2}{n_J}}$$

où σ_s^2 , σ_J^2 et σ_{SJ}^2 sont les variances associées aux facteurs Sujet, Jour et Sujet × Jour, respectivement, et n_J est le nombre de jours moyennés lorsque des études-D sont planifiées. L'étude de fidélité a été faite lors de la tâche standardisée et lors de la tâche réelle de travail afin de voir la différence entre ces deux stratégies, au point de vue de la fidélité des mesures qui en résultent, pour documenter les effets des interventions.

Le coefficient de dépendabilité (Φ) correspond à la proportion de variance expliquée par le facteur Sujet et donne les mêmes résultats que le coefficient de corrélation intra-classe (CCIC) communément utilisé pour quantifier la fidélité (Shrout et Fleiss 1979). Le terme CCIC est donc utilisé ici. Munro (2001) propose d'interpréter le CCIC selon les critères suivants : 0,00 à

0,25 – fidélité très faible, voir nulle; 0,26 à 0,49 – fidélité faible; 0,50 à 0,69 – fidélité modérée; 0,70 à 0,89 – fidélité élevée ; 0,90 à 1,00 – excellente fidélité. Ainsi un CICC égal ou supérieur à 0,70 sera considéré comme étant acceptable. Enfin, La ESM sera également exprimée en pourcentage de la moyenne des mesures (à travers les jours).

3.6.2 Mesures d'effet et variable de contrôle

Un test-t (*Wilcoxon Rank-Sum Test for Difference in Medians*) a tout d'abord été utilisé pour déterminer si les deux groupes différaient lors de la mesure de base. Pour vérifier l'existence de différences entre les quatre différentes mesures (Pré, Post1, Post2, Post3) effectuées dans le temps (intra-sujet) et entre les deux interventions (inter-sujets), des analyses de variance (ANOVA) à deux voies pour mesures répétées ont été réalisées. Un test de comparaisons multiples (*Tukey-Kramer*) était ensuite appliqué pour déterminer où se situaient les différences significatives observées lorsque les facteurs *Temps* ou *Temps X Groupe* s'avéraient significatifs. Pour les données instrumentées, les tests statistiques ont été faits distinctivement pour chacune des deux tâches (tâche standardisée et tâche réelle).

Un effet *Groupe* significatif démontrait une différence entre les deux groupes, un effet *Temps* significatif démontrait un changement dans le temps, et une interaction significative *Groupe x Temps* démontrait l'effet spécifique d'une intervention dans le temps. C'est particulièrement ce facteur d'interaction qui était d'intérêt pour démontrer un effet spécifique à l'une ou l'autre des interventions.

4. RÉSULTATS

4.1 Les participants

Vingt-neuf participants ont pris part aux mesures de base, toutefois neuf d'entre eux ont quitté l'étude au cours du projet pour diverses raisons telles que des problèmes techniques, une insatisfaction quant aux aménagements implantés, une absence à long terme ou un départ de l'entreprise (pour plus de détails, voir l'Annexe B). Seulement vingt ont participé à la totalité des mesures et les résultats présentés ultérieurement porteront uniquement sur ces participants. Un test-t (*Mann-Whitney U test*) a été appliqué pour déterminer la présence de différences lors du premier questionnaire entre ces 20 participants et les neuf participants qui ont quitté l'étude. Une différence significative a été observée pour une seule variable. Les neufs participants qui ont quitté l'étude au cours du projet présentaient une limitation fonctionnelle due aux symptômes de douleur plus élevée que ceux qui ont participé à la totalité des mesures (20 participants : moy. = 7.8 (é.-t. = 4.7) ; 9 participants perdus : moy. = 11.44 (é.-t. = 4.04) ; $p = 0.034$).

Le Tableau 2 présente la description, lors de la mesure de base, des vingt participants qui ont complété la totalité des séances de mesure. Aucune différence significative n'a été observée entre les deux groupes d'intervention en ce qui concerne l'âge, l'expérience, la taille et le poids. Les deux groupes se distinguent toutefois pour la catégorie d'emploi exercé. En effet, une plus grande proportion de participants occupait un emploi de type « professionnel » dans le groupe *aménagement surface unique*.

TABLEAU 2. Description des participants lors de la mesure de base (Pré) selon l'intervention reçue

	Aménagement standard	Aménagement surface unique
Nombre	8	12
Femme	6	8
Homme	2	4
Souris manipulée par la main droite	6	10
Méthode de dactylographie	5	6
Âge moyen (étendue)	45 (29 - 49)	44 (30 - 55)
Expérience moyenne au travail actuel (étendue)	8 (1.8 - 26)	12 (2.5 - 15.8)
Taille (m) moyenne (étendue)	1,67 (1.57 - 1.86)	1,66 (1.5 - 1.83)
Poids (kg) moyen (étendue)	66 (53 - 77.3)	70 (51 - 102)
Catégorie d'emploi exercée		
Agent de bureau / secrétaire	2	2
Technicien	2	-
Professionnel	4	9
Cadre / coordonnateur	-	1

4.2 Les variables confondantes

4.2.1 Comparaison des données de base

À la mesure de base (Pré), les participants du groupe *aménagement surface unique* travaillaient, en moyenne, moins d'heures par semaine que ceux du groupe *aménagement standard* (31.9 h vs 34.3 h; $p = 0.026$). À l'exception de cette variable, aucune différence significative n'a été observée pour toutes les autres variables de contrôle (tâches de travail, tâches à l'ordinateur, niveau d'activité physique, variables psychosociales) lors de la mesure de base.

4.2.2 Comparaison des données dans le temps

L'interaction *Groupe X Temps* ne présentait aucun effet significatif pour les variables de contrôle reliées au travail réalisé (les résultats détaillés sont présentés à l'Annexe C). Toutefois, une différence dans le temps (effet *Temps*) s'est produite en ce qui concerne les heures de travail supplémentaires réalisées au cours du dernier mois. En effet, une diminution significative des heures supplémentaires a été observée entre la mesure de base (Pré) et le dernier suivi (Post3) pour les deux groupes. Puis, quelques différences entre les groupes (effet *Groupe*) ont aussi été observées. La différence entre les deux groupes concernant les heures de travail par semaine est maintenue tout au long des mesures. Même si les deux groupes étaient similaires lors de la mesure de base, un effet *groupe* significatif a été observé pour le pourcentage du temps de travail passé à faire du travail de bureau (% plus important pour le groupe *aménagement surface unique*), ainsi que pour le pourcentage d'utilisation du clavier et de la souris, (le groupe *aménagement surface unique* utilise plus le clavier et moins la souris que le groupe *aménagement standard*).

En ce qui concerne les aspects psychosociaux du travail et l'indice de détresse psychologique, aucun changement dans le temps (effet *Temps*) ou spécifique aux aménagements (effet *Groupe X Temps*) n'a été observé (les résultats détaillés sont présentés à l'Annexe C). Toutefois, des différences entre les deux groupes (effet *Groupe*) étaient présentes pour le contrôle sur le travail, le support du supérieur immédiat et le climat social. Pour ces trois variables, le groupe *aménagement surface unique* obtenait des résultats supérieurs (satisfaction plus grande) au groupe *aménagement standard* (aucune différence significative observée lors de la mesure de base).

4.3 Effets des interventions sur l'aménagement physique du poste de travail

Malgré quelques différences initiales entre les deux groupes, comme prévu, l'intervention du groupe *aménagement surface unique* a conduit à une augmentation de la distance du clavier et de la souris (Tableau 3; Figure 5). Outre ces différences, le type d'aménagement n'a pas

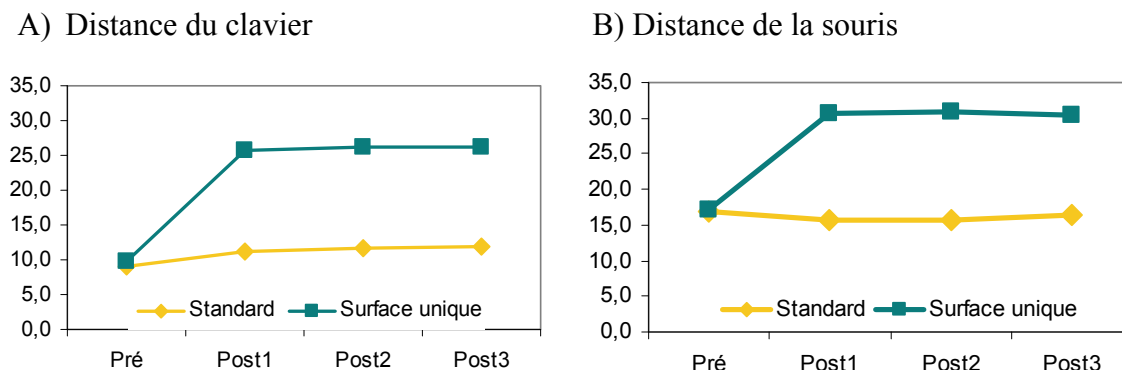
occasionné de changement en ce qui concerne les variables d'aménagement des postes de travail. Initialement (PRÉ), le groupe *aménagement surface unique* avait une *hauteur de clavier* ($p=0.02$) et une *distance yeux-écran* ($p=0.01$) plus élevées que le groupe *aménagement standard* et ces différences ont été maintenues dans le temps (effet *Groupe* significatif). De plus, la hauteur de l'écran s'avérait être plus basse pour le groupe *aménagement surface unique* tout au long de l'étude. Suite aux modifications des postes de travail réalisées dans chacun des groupes, une augmentation de la hauteur du clavier a été observée (effet *Temps* significatif, différence entre Pré et Post 2 et 3).

TABLEAU 3. Valeurs moyennes (écart-type) obtenues pour les aspects reliés à l'aménagement physique du poste de travail (mesures en cm) selon l'intervention reçue

	Aménagement standard				Aménagement surface unique				Effets principaux		
	Pré	Post1	Post2	Post3	Pré	Post1	Post2	Post3	Gr	Temps	Gr X T
Hauteur du clavier (vs sol)	70,5 (1,1)	70,5 (1,0)	71,5 (0,7)	72,0 (1,5)	73,3 (2,5)	75,8 (2,9)	76,5 (2,5)	76,9 (2,6)	0,000 *	0,002	0,259
Distance du clavier (vs extrémité de la table)	8,9 (2,8)	11,3 (0,7)	11,6 (1,3)	11,9 (1,2)	9,7 (3,2)	25,7 (4,3)	26,2 (4,7)	26,2 (5,4)	0,000	0,000	0,000
Distance de la souris (vs extrémité de la table)	17,0 (2,4)	15,6 (2,2)	15,7 (1,4)	16,5 (2,2)	17,2 (3,2)	30,8 (4,9)	30,9 (4,8)	30,5 (5,0)	0,000	0,000	0,000
Distance entre les yeux et l'écran	50,1 (5,8)	49,7 (7,8)	50,7 (8,9)	53,3 (11,6)	62,8 (11,8)	59,9 (8,4)	58,1 (9,6)	58,0 (9,8)	0,000 *	0,915	0,590
Hauteur de l'écran	125,3 (5,0)	125,2 (4,8)	124,7 (5,1)	124,6 (5,3)	123,8 (9,5)	119,8 (7,9)	119,2 (7,5)	119,2 (7,9)	0,008	0,622	0,780
Hauteur de l'assise	41,5 (1,6)	41,5 (1,8)	42,4 (2,4)	43,0 (2,1)	43,0 (3,7)	41,3 (4,1)	42,3 (3,8)	42,3 (3,0)	0,898	0,652	0,725

* Différence significative entre les deux groupes lors de la mesure de base (PRÉ). Établie selon un test-t (*Wilcoxon Rank-Sum Test for Difference in Medians*)

FIGURE 5. Distance (cm) du clavier (A) et de la souris (B) par rapport à l'extrémité de la table selon l'intervention reçue



4.4 Effets des interventions sur les postures

L'étude de fidélité avait pour objectif d'explorer différentes stratégies de mesure pour diminuer le niveau d'erreur associé aux différentes mesures instrumentées. L'effet de moyenniser sur deux jours plutôt que sur un seul, de même que l'effet d'utiliser une tâche standardisée ou le travail réel ont été documentés. Les résultats détaillés de l'étude de fidélité sont présentés à l'Annexe D.

Pour l'inclinométrie, l'indice CCIC atteignait un niveau acceptable ($CCIC \geq 0,70$) avec l'une ou l'autre des stratégies pour les angles de flexion du bras, de la tête (sauf 10^e centile) et du tronc lorsque moyenné sur deux jours. Le niveau d'erreur pour ces angles était généralement inférieur à 4°. Pour les angles d'inclinaison latérale, seule l'abduction du bras a démontré un CCIC d'un niveau acceptable ($CCIC \geq 0,70$) pour le 10^e et le 50^e centile; l'inclinaison latérale de la tête et du tronc démontrait un CCIC inférieur à 0,60. Toutefois, le niveau d'erreur (ESM) pour ces angles était de l'ordre de 2° à 3°. Pour l'inclinométrie, la tâche standardisée semble produire des résultats légèrement plus fidèles.

Pour la goniométrie du poignet dominant, l'indice CCIC atteignait un niveau acceptable ($CCIC \geq 0,70$) pour presque la totalité des variables, à l'exception du 50^e centile en déviation. L'erreur

standard de mesure (ESM) était inférieure à 1,5° pour toutes les variables. Afin d'alléger le texte, et puisque les résultats de fidélité étaient similaires et que les conclusions ne sont pas différentes selon le type de tâche, seuls les résultats obtenus à partir de la tâche standardisée sont présentés ici et ceux de la tâche réelle sont présentés à l'Annexe E.

4.4.1 Effets des interventions sur les postures à la tête

L'aménagement reçu par chacun des groupes (effet *Groupe X Temps*), ainsi que les différentes mesures (effet *Temps*) n'ont pas conduit à des changements de postures à la tête (Tableau 4). Toutefois, des différences entre les deux groupes (effet *Groupe*) ont été observées. Le groupe *aménagement surface unique* présentait une flexion et une amplitude de mouvement moins élevées que celles observées chez le groupe *aménagement standard*.

TABLEAU 4. Valeurs moyennes (écart-type) obtenues pour les angles (°) au 10^e, 50^e et 90^e percentile et pour l'amplitude de mouvement (95^e ile – 5^e ile) pour les postures à la tête selon l'intervention reçue

	Aménagement standard				Aménagement surface unique				Effets principaux		
	Pré	Post1	Post2	Post3	Pré	Post1	Post2	Post3	Gr	Temps	Gr X T
Flexion(+) / extension(-)											
10%ile	-4,5 (6,7)	-3,3 (7,0)	-2,0 (9,7)	-0,4 (4,3)	-3,6 (6,4)	-1,5 (7,7)	-6,2 (4,8)	-2,0 (5,6)	0,617	0,472	0,493
50%ile	4,0 (7,7)	5,7 (7,9)	7,0 (12,2)	9,2 (6,3)	3,6 (6,9)	4,7 (7,7)	1,2 (4,5)	5,1 (5,9)	0,102	0,500	0,633
90%ile	19,3 (8,2)	18,9 (7,2)	20,1 (12,4)	23,2 (8,1)	15,8 (6,8)	13,5 (9,2)	10,9 (6,1)	14,0 (6,8)	0,000	0,651	0,615
95%ile - 5%ile	30,2 (6,2)	27,3 (5,6)	27,7 (7,2)	29,1 (6,2)	23,5 (8,6)	18,1 (6,2)	21,0 (7,2)	19,5 (6,8)	0,000 *	0,320	0,863
Inclinaison gauche(+) / droite(-)											
10%ile	-4,0 (2,6)	-3,7 (3,9)	-2,9 (10,9)	-5,1 (2,5)	-3,9 (3,3)	-3,8 (4,6)	-4,9 (2,9)	-5,8 (3,7)	0,555	0,650	0,902
50%ile	-0,6 (3,0)	0,0 (3,8)	2,3 (10,6)	-1,7 (1,9)	-0,1 (2,5)	-0,6 (4,0)	-1,2 (2,5)	-2,1 (3,0)	0,328	0,355	0,526
90%ile	3,2 (2,8)	3,1 (3,7)	6,1 (11,1)	1,8 (2,0)	3,4 (2,5)	2,6 (3,7)	2,3 (2,8)	1,1 (3,1)	0,246	0,286	0,527
95%ile - 5%ile	9,8 (2,9)	9,2 (1,7)	12,2 (6,4)	9,9 (2,5)	9,5 (1,9)	8,4 (2,4)	10,1 (2,9)	9,7 (2,9)	0,226	0,141	0,755

* Différence significative entre les deux groupes lors de la mesure de base (PRÉ). Établie selon un test-t (Wilcoxon Rank-Sum Test for Difference in Medians)

4.4.2 Effets des interventions sur les postures au tronc

Le groupe *aménagement surface unique* réalisait la tâche avec une flexion du tronc plus importante (effet *Groupe*) que le groupe *aménagement standard* (Tableau 5). Malgré qu'aucun effet *Groupe X Temps* significatif n'ait été observé pour les postures du tronc, l'augmentation de la flexion chez le groupe *aménagement surface unique* est plus marquée lors du deuxième et du troisième suivis (Post 2 et Post 3). De plus, pour les deux groupes, il s'est produit une augmentation de l'inclinaison du tronc vers la gauche (effet *Temps*) lors du premier suivi (comparativement à la mesure de base). Ce changement de posture n'a toutefois pas été maintenu lors du deuxième et du troisième suivis (Post2 et Post3).

TABLEAU 5. Valeurs moyennes (écart-type) obtenues pour les angles (°) au 10^e, 50^e et 90^e percentile et pour l'amplitude de mouvement (95^e ile – 5^e ile) pour les postures au tronc selon l'intervention reçue

	Aménagement standard				Aménagement surface unique				Effets principaux		
	Pré	Post1	Post2	Post3	Pré	Post1	Post2	Post3	Gr	Temps	Gr X T
Flexion(+) / extension(-)											
10%ile	-1,0 (6,1)	-3,0 (4,5)	-2,2 (5,3)	-0,7 (4,9)	0,3 (6,3)	0,3 (3,8)	4,9 (4,6)	3,7 (6,7)	0,018	0,309	0,415
50%ile	1,7 (5,7)	-0,7 (4,8)	0,8 (6,4)	2,0 (4,7)	2,7 (5,7)	3,4 (3,3)	7,5 (4,7)	7,2 (7,5)	0,001	0,217	0,451
90%ile	4,0 (5,9)	3,0 (5,0)	3,9 (7,3)	5,5 (5,6)	6,4 (6,3)	6,3 (3,5)	9,9 (5,1)	10,3 (8,7)	0,005	0,330	0,811
95%ile - 5%ile	7,2 (2,8)	7,5 (2,5)	8,1 (3,8)	8,7 (5,4)	7,6 (4,9)	7,2 (2,5)	6,2 (1,8)	8,0 (4,7)	0,488	0,752	0,838
Inclinaison gauche(+) / droite(-)											
10%ile	-2,4 (2,6)	0,4 (1,7)	-1,4 (3,3)	-0,1 (3,6)	-3,1 (2,1)	0,8 (2,5)	0,0 (4,9)	-1,0 (5,8)	0,954	0,054	0,773
50%ile	0,1 (2,3)	2,7 (1,0)	1,1 (3,4)	2,1 (3,8)	-0,6 (2,1)	3,6 (2,8)	2,3 (4,3)	1,7 (5,4)	0,749	0,033	0,787
90%ile	2,3 (1,9)	4,8 (1,4)	3,3 (3,6)	4,2 (4,1)	1,4 (2,0)	6,3 (3,5)	4,6 (4,8)	3,8 (5,4)	0,646	0,032	0,665
95%ile - 5%ile	6,1 (2,7)	5,6 (2,1)	5,9 (1,6)	5,6 (1,8)	5,5 (1,1)	6,8 (2,9)	5,8 (1,5)	6,0 (1,7)	0,575	0,926	0,542

4.4.3 Effets des interventions sur les postures au bras

L'aménagement reçu par le groupe *aménagement surface unique* a toutefois conduit à une augmentation de la flexion du bras (Tableau 6; Figure 6). Cette augmentation est principalement attribuable aux modifications de l'aménagement du poste de travail observées chez ce groupe suite à l'implantation du nouveau mobilier. Ce groupe réalisait aussi la tâche avec une abduction (10^e percentile) et avec une amplitude de mouvement (abduction/adduction) plus élevées que celles observées chez le groupe *aménagement standard* (effet *Groupe* significatif).

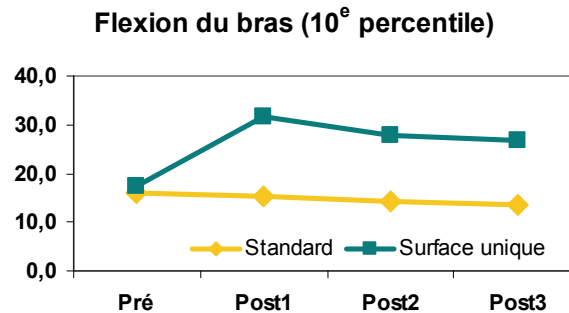
4.4.4 Effets des interventions sur les postures au poignet

Finalement, aucun effet significatif n'a été observé en ce qui concerne les postures au poignet.

TABLEAU 6. Valeurs moyennes (écart-type) obtenues pour les angles (°) au 10^e, 50^e et 90^e percentile et pour l'amplitude de mouvement (95^e ile – 5^e ile) pour les postures au bras selon l'intervention reçue

	Aménagement standard				Aménagement surface unique				Effets principaux			
	Pré	Post1	Post2	Post3	Pré	Post1	Post2	Post3	Gr	Temps	Gr X T	
Flexion(+) / extension(-)												
10%ile	16,1 (6,5)	15,3 (5,0)	14,4 (7,7)	13,7 (5,4)	17,3 (8,3)	31,6 (10,1)	27,8 (8,8)	26,9 (8,6)	0,000	0,082	0,025	
50%ile	21,6 (6,5)	22,5 (6,5)	20,5 (6,8)	19,9 (4,1)	25,9 (9,5)	36,3 (8,8)	32,9 (7,1)	31,7 (7,8)	0,000	0,149	0,212	
90%ile	27,9 (7,0)	26,7 (6,4)	24,9 (6,8)	25,1 (3,4)	32,1 (8,5)	41,1 (7,7)	37,9 (6,3)	36,9 (7,3)	0,000	0,353	0,113	
95%ile - 5%ile	14,7 (5,5)	14,0 (3,7)	12,8 (3,9)	14,0 (5,7)	17,7 (4,1)	12,1 (5,4)	12,5 (4,5)	12,8 (3,6)	0,902	0,076	0,347	
Adduction (+) / Abduction (-)												
10%ile	-7,6 (7,0)	-3,6 (5,6)	-8,9 (4,3)	-8,0 (3,8)	-9,8 (4,6)	-9,9 (4,1)	-10,8 (5,1)	-8,3 (3,3)	0,018	0,242	0,250	
50%ile	-3,5 (6,9)	0,3 (6,1)	-4,8 (4,3)	-3,4 (5,0)	-4,0 (4,4)	-5,3 (4,3)	-5,4 (5,0)	-3,1 (3,8)	0,162	0,429	0,241	
90%ile	0,3 (6,5)	4,5 (7,3)	-0,6 (4,8)	1,3 (5,4)	0,1 (4,0)	0,0 (4,1)	-1,0 (4,8)	1,4 (3,9)	0,274	0,262	0,441	
95%ile - 5%ile	10,8 (4,6)	10,2 (3,4)	10,8 (4,1)	12,0 (3,2)	12,6 (2,6)	12,3 (2,0)	12,5 (2,1)	12,4 (2,7)	0,033	0,809	0,848	

FIGURE 6. Angle de flexion (°) du bras selon l'intervention reçue



4.5 Effets des interventions sur la sollicitation musculaire

Comme pour les postures, l'étude de fidélité a permis d'explorer différentes stratégies de mesure pour diminuer le niveau d'erreur associé aux différentes mesures d'électromyographie et dont les résultats détaillés sont présentés à l'Annexe D. Pour toutes les variables électromyographiques et pour les quatre muscles, l'indice CCIC atteignait un niveau acceptable ($CCIC \geq 0,70$) avec l'une ou l'autre des stratégies de mesure (tâche standardisée ou tâche réelle) lorsque moyenné sur deux jours, à l'exception de deux variables pour le trapèze non-dominant et l'extenseur commun des doigts: la proportion de temps de repos musculaire et l'indice de variabilité déduit de l'EVA (SDint et SDtot). Comme pour les résultats portant sur les effets des aménagements sur les postures (section 4.4), seuls les résultats obtenus lors de la tâche standardisée sont présentés ici (les résultats concernant la tâche réelle sont présentés à l'Annexe E).

4.5.1 Analyse de l'amplitude du signal (ADPF)

Les deux types d'aménagement n'ont mené à aucun changement en ce qui concerne les sollicitations musculaires des quatre muscles évalués (Tableau 7). Seules des différences entre les deux groupes (effet *Groupe*) ont été observées pour les muscles proximaux. Ces différences

ne peuvent donc pas être attribuées aux deux aménagements implantés. Le groupe *aménagement surface unique* présentait une sollicitation musculaire plus élevée que le groupe *aménagement standard* pour le trapèze dominant, ainsi que pour la charge statique (10^e percentile) du deltoïde antérieur.

TABLEAU 7. Valeurs moyennes (écart-type) obtenues pour les APDF des différents muscles (exprimées en % de la RVE) selon l'intervention reçue

	Aménagement standard				Aménagement surface unique				Effets principaux			
	Pré	Post1	Post2	Post3	Pré	Post1	Post2	Post3	Gr	Temps	Gr X T	
Trapèze non-dominant	10 ^e	1,8 (0,9)	3,4 (3,9)	2,5 (2,5)	3,6 (3,8)	4,7 (2,7)	2,6 (1,5)	3,5 (2,2)	4,2 (3,1)	0,146 *	0,738	0,250
	50 ^e	8,7 (7,6)	8,2 (7,4)	11,5 (7,1)	12,6 (8,9)	13,8 (7,6)	8,1 (5,5)	9,8 (3,9)	10,4 (8,1)	0,871	0,476	0,405
	90 ^e	21,8 (10,4)	22,7 (10,6)	26,1 (10,9)	28,7 (13,3)	28,5 (9,4)	20,9 (11,0)	23,0 (6,3)	25,3 (13,1)	0,881	0,545	0,454
Trapèze dominant	10 ^e	3,4 (2,6)	3,8 (3,4)	3,3 (2,4)	3,3 (2,3)	5,9 (3,4)	5,7 (3,4)	7,8 (5,5)	7,1 (4,0)	0,000	0,839	0,674
	50 ^e	13,4 (11,0)	13,6 (9,2)	13,9 (11,1)	14,3 (8,3)	16,6 (8,9)	15,8 (8,6)	19,8 (9,0)	19,0 (9,0)	0,063	0,850	0,930
	90 ^e	28,5 (19,2)	27,4 (12,4)	28,8 (15,4)	27,6 (11,8)	30,4 (14,6)	36,9 (14,6)	39,5 (11,5)	39,5 (11,4)	0,009	0,720	0,678
Deltoïde antérieur	10 ^e	3,8 (1,9)	4,3 (1,7)	3,0 (1,5)	2,9 (1,2)	4,3 (1,7)	4,1 (1,2)	5,1 (2,0)	4,2 (1,4)	0,017	0,665	0,169
	50 ^e	11,4 (6,3)	10,1 (5,0)	6,7 (2,5)	7,4 (4,0)	11,6 (5,1)	8,6 (3,9)	11,2 (4,4)	9,0 (3,3)	0,235	0,133	0,219
	90 ^e	38,9 (11,8)	44,1 (18,7)	30,5 (8,1)	36,4 (15,4)	34,3 (11,7)	36,4 (13,5)	41,2 (17,0)	37,2 (11,6)	0,952	0,763	0,190
Extenseur des doigts	10 ^e	27,7 (8,1)	26,7 (7,6)	28,5 (8,5)	27,6 (8,1)	30,6 (7,3)	30,7 (11,2)	29,6 (10,1)	31,2 (7,8)	0,156	0,996	0,960
	50 ^e	52,2 (11,8)	49,8 (10,0)	50,8 (11,9)	49,5 (8,9)	54,6 (12,3)	56,8 (27,3)	53,7 (18,7)	55,1 (17,3)	0,241	0,994	0,970
	90 ^e	94,9 (27,0)	91,0 (26,0)	87,3 (22,5)	86,8 (17,1)	92,3 (29,0)	92,8 (46,3)	88,9 (34,9)	91,9 (30,5)	0,839	0,948	0,986

* Différence significative entre les deux groupes lors de la mesure de base (PRÉ). Établie selon un test-t (Wilcoxon Rank-Sum Test for Difference in Medians)

4.5.2 Analyse de la variabilité de l'activation musculaire

Un effet d'interaction significatif a été observé pour l'indice de variabilité de la durée du deltoïde antérieur seulement (Tableau 8 ; Figure 7). Lors du deuxième et du troisième suivis, le groupe *aménagement surface unique* réalisait la tâche avec moins de variabilité entre les classes de durée (indice plus grand) et le groupe *aménagement standard* avec une plus grande

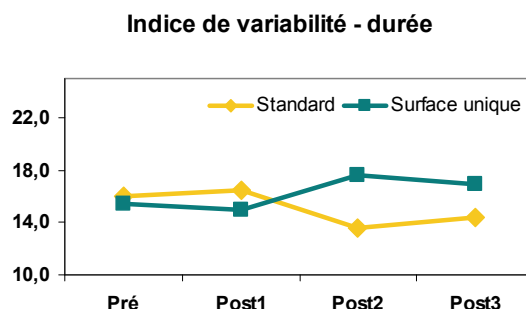
variabilité entre les classes de durée (indice plus petit). Des différences entre les groupes (effet *Groupe*) étaient aussi présentes pour le deltoïde antérieur. L'indice de variabilité total du deltoïde était plus élevé pour le groupe *aménagement surface unique* (Tableau 8) ce qui révèle que l'activation musculaire du deltoïde de ce groupe était moins variable que celle du groupe *aménagement standard*. Pour l'extenseur des doigts, une plus grande variabilité de l'activation musculaire à travers les classes d'intensité (indice plus petit) a été observée pour le groupe *aménagement standard*, alors qu'une plus faible variabilité (indice plus grand) à travers les classes de durée a été observée pour ce même groupe.

TABLEAU 8. Valeurs moyennes (écart-type) obtenues pour les indices de variabilité de l'analyse de la variation d'exposition (EVA) des différents muscles selon l'intervention reçue

		Aménagement standard				Aménagement surface unique				Effets principaux		
		Pré	Post1	Post2	Post3	Pré	Post1	Post2	Post3	Gr	Temps	Gr X T
Trapèze non-dominant	Intensité	18,5 (3,1)	18,5 (3,9)	17,4 (3,5)	17,6 (3,6)	18,6 (2,0)	20,4 (4,6)	19,3 (3,6)	20,6 (5,6)	0,068	0,833	0,741
	Durée	12,8 (3,7)	11,9 (4,9)	14,7 (3,3)	13,2 (3,3)	12,7 (3,9)	12,8 (2,8)	11,9 (3,8)	14,1 (5,0)	0,746	0,779	0,452
	Total	4,4 (0,6)	4,4 (0,4)	4,4 (0,8)	4,3 (0,6)	4,3 (0,4)	4,6 (0,8)	4,4 (0,8)	4,9 (1,0)	0,321	0,657	0,406
Trapèze dominant	Intensité	19,0 (3,8)	17,7 (1,7)	18,7 (3,5)	18,6 (4,5)	19,2 (3,6)	18,2 (2,6)	19,4 (4,1)	18,1 (3,7)	0,778	0,713	0,965
	Durée	15,0 (3,0)	14,7 (2,7)	14,5 (3,1)	14,5 (4,4)	13,9 (3,6)	15,5 (2,1)	15,7 (2,8)	15,7 (2,9)	0,445	0,860	0,605
	Total	4,7 (0,5)	4,4 (0,4)	4,5 (0,7)	4,6 (0,6)	4,5 (0,5)	4,5 (0,5)	4,7 (0,7)	4,6 (0,7)	0,849	0,849	0,875
Deltoïde antérieur	Intensité	16,3 (2,5)	17,1 (4,3)	18,2 (3,3)	17,3 (2,5)	18,7 (4,4)	19,7 (3,6)	17,9 (3,6)	19,0 (4,9)	0,071	0,894	0,617
	Durée	16,0 (3,3)	16,5 (2,8)	13,6 (3,6)	14,4 (2,6)	15,4 (4,5)	15,0 (3,6)	17,6 (2,8)	16,9 (3,4)	0,162	0,999	0,047
	Total	4,4 (0,5)	4,5 (0,6)	4,5 (0,4)	4,5 (0,4)	4,7 (0,6)	4,9 (0,7)	4,8 (0,7)	4,9 (0,7)	0,010	0,815	0,972
Extenseur des doigts	Intensité	21,3 (2,6)	21,0 (2,5)	21,8 (2,1)	21,9 (2,3)	22,2 (2,0)	22,9 (2,1)	22,2 (1,8)	23,5 (3,0)	0,031	0,615	0,754
	Durée	18,3 (2,3)	19,1 (1,2)	18,9 (1,2)	18,8 (1,5)	18,1 (1,6)	17,4 (2,0)	17,9 (1,3)	17,2 (2,5)	0,008	0,919	0,551
	Total	5,5 (0,3)	5,5 (0,4)	5,7 (0,4)	5,7 (0,3)	5,6 (0,3)	5,6 (0,4)	5,5 (0,3)	5,8 (0,5)	0,639	0,326	0,624

* Différence significative entre les deux groupes lors de la mesure de base (PRÉ). Établie selon un test-t (Wilcoxon Rank-Sum Test for Difference in Medians)

FIGURE 7. Indice de variabilité de durée de l'analyse de la variation d'exposition (EVA) du deltoïde antérieur selon le type d'intervention reçue



4.5.3 Analyse des repos musculaires

Tout comme pour les autres variables reliées à la sollicitation musculaire, le type d'aménagement reçu n'a produit aucun changement sur les repos musculaires (Tableau 9). Toutefois, encore ici, des différences entre les deux groupes (effet *Groupe*) sont observées. Pour le trapèze dominant, le groupe *aménagement surface unique* présentait moins de repos (% total) que le groupe *aménagement standard*. Inversement, le groupe *aménagement surface unique* démontrait plus de périodes de repos/minute que le groupe *aménagement standard* en ce qui concerne le trapèze non-dominant.

TABLEAU 9. Valeurs moyennes (écart-type) obtenues pour les repos musculaire pour les différents muscles selon l'intervention reçue

		Aménagement standard				Aménagement surface unique				Effets principaux		
		Pré	Post1	Post2	Post3	Pré	Post1	Post2	Post3	Gr	Temps	Gr X T
Trapèze non-dominant	<i>n. de repos/min</i>	8,0 (4,2)	6,3 (3,4)	6,2 (3,6)	5,3 (2,6)	8,8 (6,5)	12,2 (8,0)	11,3 (8,4)	9,4 (7,2)	0,008	0,834	0,622
	<i>% total de repos</i>	47,8 (21,5)	46,3 (22,5)	33,1 (23,4)	37,7 (23,4)	29,1 (19,8)	49,7 (29,2)	38,1 (23,1)	43,9 (33,4)	0,858	0,506	0,408
Trapèze dominant	<i>n. de repos/min</i>	9,9 (7,6)	8,4 (7,7)	8,1 (6,8)	8,2 (6,2)	7,2 (5,9)	7,9 (6,9)	5,3 (5,4)	6,4 (5,3)	0,188	0,806	0,938
	<i>% total de repos</i>	44,3 (31,2)	28,0 (19,8)	34,3 (29,9)	32,9 (28,5)	22,7 (22,8)	22,4 (26,4)	13,1 (17,4)	16,2 (19,7)	0,005	0,570	0,717
Deltoïde antérieur	<i>n. de repos/min</i>	16,2 (6,1)	19,2 (4,1)	18,6 (4,6)	18,1 (7,3)	17,8 (6,5)	20,7 (5,3)	19,8 (5,9)	20,9 (4,7)	0,173	0,392	0,974
	<i>% total de repos</i>	52,2 (16,3)	60,6 (16,3)	61,5 (16,1)	56,3 (15,7)	49,2 (24,6)	62,4 (16,8)	56,5 (19,3)	65,8 (16,0)	0,844	0,239	0,639
Extenseur des doigts	<i>n. de repos/min</i>	0,8 (0,6)	1,1 (0,9)	0,6 (0,7)	0,4 (0,4)	0,6 (0,7)	0,8 (0,8)	0,8 (0,8)	0,6 (0,5)	0,997	0,277	0,608
	<i>% total de repos</i>	1,4 (1,1)	1,3 (1,2)	1,2 (1,5)	0,6 (1,1)	0,8 (0,7)	1,1 (1,1)	1,0 (1,0)	0,9 (0,7)	0,496	0,572	0,542

4.6 Effets des interventions sur les douleurs et sur la limitation fonctionnelle

Le type d'aménagement reçu n'a pas influencé différemment les douleurs ressenties par les participants (interaction non significative, voir Tableau 10). Toutefois, les ajustements réalisés dans chacun des groupes ont conduit à une diminution graduelle de la limitation fonctionnelle (effet *Temps* : différence significative Pré vs Post 3) et à une tendance similaire pour les douleurs ressenties à la région « cou/épaules/haut du dos » ($p = 0.067$). Des différences ont aussi été observées entre les deux groupes (effet *Groupe*) pour les douleurs à la région du « bas du dos » ($p=0.005$) et une tendance ($p = 0.062$) pour la région « cou/épaules/haut du dos », les douleurs étant plus importantes chez le groupe *aménagement surface unique*. Dès la mesure de base, le groupe *aménagement surface unique* avait tendance à avoir plus de douleurs que le groupe *aménagement standard* pour les régions « cou/épaules/haut du dos » ($p=0.068$) et « bas du dos » ($p=0.070$).

TABLEAU 10. Valeurs moyennes (écart-type) obtenues pour les douleurs ressenties selon l'intervention reçue

	Aménagement standard				Aménagement surface unique				Effets principaux		
	Pré	Post1	Post2	Post3	Pré	Post1	Post2	Post3	Gr	Temps	Gr X T
Douleurs à la région "Cou/épaules/haut du dos"	1,9 (2,5)	1,3 (2,6)	0,9 (1,6)	0,8 (1,3)	4,0 (2,5)	2,0 (2,6)	1,8 (2,8)	1,2 (2,2)	0,062	0,067	0,686
Douleurs à la région "Coudes/poignets/mains"	1,1 (1,7)	0,6 (1,4)	1,2 (1,8)	0,1 (0,4)	0,8 (1,7)	0,3 (1,2)	0,1 (0,4)	1,2 (2,7)	0,724	0,854	0,256
Douleurs à la région du "Bas du dos"	0,3 (0,7)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	0,0 (0,0)	2,0 (2,2)	1,7 (3,3)	0,6 (1,2)	0,5 (1,0)	0,005	0,345	0,557
Limitation fonctionnelle	6,0 (4,0)	3,4 (4,8)	3,9 (4,2)	3,0 (4,4)	9,0 (4,9)	5,7 (5,3)	4,2 (4,8)	3,3 (3,6)	0,159	0,025	0,725

4.7 Effets des interventions sur le confort

Les aménagements ont mené à un changement du confort relié aux postures de travail différent entre les groupes (Tableau 11; Figure 8). Lors de la mesure de base, le groupe *aménagement*

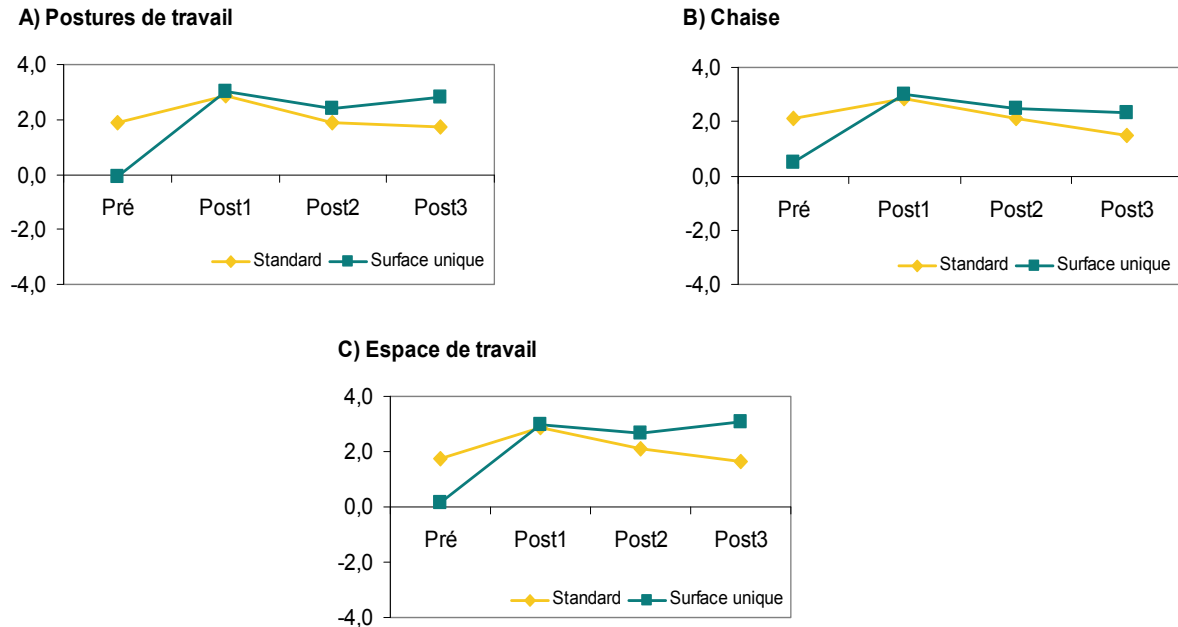
surface unique avait un confort moins élevé que le groupe *aménagement standard* ($p=0.05$), mais le confort de ce groupe s'est élevé à un niveau de confort similaire (Post1) ou supérieur au groupe *aménagement standard* et il s'est maintenu lors des autres mesures de suivi (Post 2 et Post 3). Une tendance similaire est observée pour le confort de la chaise ($p = 0.10$) et de l'espace de travail ($p = 0.07$). Les ajustements réalisés dans chacun des groupes ont aussi conduit à une augmentation du confort relié à la position du clavier lors du premier et du troisième suivis (effet *Temps* : différence significative Pré vs Post1 et Post 3).

TABLEAU 11. Valeurs moyennes (écart-type) obtenues pour le confort selon les interventions reçues

	Aménagement standard				Aménagement surface unique				Effets principaux		
	Pré	Post1	Post2	Post3	Pré	Post1	Post2	Post3	Gr	Temps	Gr X T
Chaise	2,1 (1,5)	2,9 (1,0)	2,1 (2,1)	1,5 (2,2)	0,5 (1,9)	3,0 (1,2)	2,5 (1,4)	2,3 (1,4)	0,843	0,02	0,100
Postures de travail	1,9 (1,5)	2,9 (1,0)	1,9 (2,2)	1,8 (2,2)	-0,1 (2,2)	3,0 (1,0)	2,4 (1,5)	2,8 (1,0)	0,887 *	0,002	0,025
Espace de travail	1,8 (2,1)	2,9 (1,0)	2,1 (1,8)	1,6 (2,3)	0,2 (2,8)	3,0 (1,0)	2,7 (1,4)	3,1 (1,2)	0,740	0,007	0,070
Position de l'écran	1,4 (2,3)	2,5 (1,9)	1,5 (2,6)	1,1 (2,7)	0,8 (2,7)	2,7 (2,1)	2,6 (1,4)	2,8 (1,5)	0,223	0,209	0,389
Position du clavier	1,0 (2,4)	2,4 (1,9)	1,8 (2,1)	1,4 (2,6)	0,3 (2,3)	3,2 (0,7)	2,3 (1,4)	3,0 (1,0)	0,185	0,005	0,258

*Différence significative entre les deux groupes lors de la mesure de base (PRÉ). Établie selon un test-t (Wilcoxon Rank-Sum Test for Difference in Medians)

FIGURE 8. Confort perçu par les travailleurs selon l'intervention reçue pour les postures de travail (A), la chaise (B) et l'espace de travail (C)



5. DISCUSSION

5.1 Limites de l'étude

Les limites de l'étude sont celles souvent associées aux études longitudinales réalisées en milieu naturel (milieu de travail) où le contrôle des variables confondantes ne peut pas être réussi aussi parfaitement qu'en laboratoire. Par exemple, certains individus ont bénéficié, au cours du projet, de co-interventions impliquant l'introduction de nouveaux équipements (clavier, souris, écran). Cela a inévitablement apporté de la variabilité dans les résultats. De plus, la mortalité expérimentale est caractéristique des études longitudinales. En effet, bien que le nombre de sujets visé était de 30, les mesures en fin de suivi n'ont pu être recueillies que pour 20 d'entre eux. Évidemment, il est alors pertinent de se questionner sur la puissance statistique de l'étude. Cependant, compte tenu des efforts mis en place pour diminuer le niveau d'erreur des mesures instrumentées (moyenne de deux jours) et que les effets recherchés (interaction Groupe \times Temps) ne se sont généralement pas rapprochés de la signification

statistique, il apparaît peu probable que l'ajout de sujets ait changé ces résultats de façon importante. Finalement, comme dans plusieurs études réalisées auprès d'utilisateurs d'ordinateur, les douleurs perçues étaient relativement faibles. Il devient alors difficile de voir un effet d'intervention sur les douleurs, notamment pour une intervention où les effets sur l'exposition mécanique étaient petits, voire nuls. Ici, la puissance statistique peut être en cause et des aspects méthodologiques seront discutés à cet égard. Toutefois, la documentation des effets des interventions sur les douleurs ne constituait pas l'objectif principal de la présente étude et n'avait donc pas été conçue en ce sens.

5.2 Étude de fidélité

L'étude de fidélité a permis de constater que les efforts déployés pour augmenter la fidélité des mesures instrumentées n'ont pas été vains. À la connaissance des auteurs, cette étude est la première à avoir utilisé une stratégie de mesure moyennant sur deux jours les données des mesures instrumentées pour documenter les effets d'une intervention. Cette stratégie a souvent été recommandée pour améliorer la fidélité des mesures d'exposition physique réalisées en milieu de travail (Delisle et al. 2005; Hansson et al. 2006 ; Mathiassen et al. 2002 ; Nordander et al. 2004) mais n'avait jamais été utilisée jusqu'à maintenant. Cette stratégie a contribué à diminuer le niveau d'erreur de ces mesures et à maximiser les chances de détecter un changement, aidant ainsi à rehausser la puissance statistique.

D'après cette analyse exhaustive de la fidélité, il apparaît qu'un niveau très acceptable de fidélité puisse être obtenu pour des mesures instrumentées réalisées en milieu de travail auprès d'utilisateurs d'ordinateur. Toutefois, ces résultats ne peuvent pas être comparés à ceux d'autres études sur la précision des mesures instrumentées (Hansson et al. 2006 ; Nordander et al. 2004) en raison de l'utilisation de paramètres différents. Si l'on compare avec une étude réalisée auprès d'interprètes en langage visuel (Delisle 2005), les présents résultats de fidélité sont supérieurs. On pourrait donc penser que le travail à l'ordinateur, qui par sa nature oblige le travailleur à faire un travail relativement standardisé (mêmes postures et efforts d'une journée à l'autre), puisse expliquer ces différences. On pourrait aussi penser que les résultats de fidélité

relativement similaires obtenus pour les deux tâches évaluées (standardisée et réelle) sont également attribuables à la nature du travail à l'ordinateur. Le fait de mesurer l'exposition lors d'une tâche standardisée n'offre donc pas d'avantage marqué pour ce type de travail.

5.3 Effet des aménagements des postes de travail

L'objectif de cette étude était d'évaluer les effets engendrés par deux types d'intervention visant à optimiser les ajustements du poste de travail. Pour une rare fois, les effets sur les ajustements du poste de travail, sur les postures et sur les sollicitations musculaires ont été documentés. Les interventions, d'une intensité nettement différente, ont conduit à des effets qui différaient peu. Ainsi, l'intervention qui a introduit un nouveau mobilier de bureau pour favoriser la prise d'appuis sur la surface de travail a conduit à des positionnements clairement différents des interfaces de saisie (clavier et souris). Ce nouveau positionnement des interfaces a également entraîné une légère augmentation de la flexion du bras. Par contre, aucun changement sur les sollicitations musculaires n'a été observé. Le confort associé à la posture de travail s'est accru davantage pour le groupe avec l'aménagement à surface unique, mais les participants de ce groupe avaient au départ une perception moins élevée de leur confort que ceux de l'autre groupe. Enfin, les interventions ne différaient pas quant à leur influence sur l'intensité des douleurs et sur la limitation fonctionnelle associée.

L'absence de différence entre les deux interventions en ce qui concerne les sollicitations musculaires n'est pas surprenante outre mesure. En effet, une étude précédente en laboratoire avait démontré peu de différence pour les sollicitations musculaires entre ces aménagements (Delisle et al. 2006a). Dans la présente étude, les deux aménagements ont été ajustés individuellement de manière optimale par la même ergonome. À la fois la chaise et le mobilier, dans les deux groupes évalués, étaient ajustables. De plus, dans les deux groupes, un appui-poignet mince a été introduit, et des appuis des membres supérieurs étaient possibles. Ainsi, contrairement à plusieurs études portant sur les effets d'interventions, cette étude comparait deux interventions avec des ajustements considérés optimaux. Le fait que la sollicitation musculaire du trapèze et du deltoïde n'ait pas augmenté avec l'augmentation de la flexion du bras dans le groupe *aménagement surface unique* témoigne qu'un appui du membre supérieur

était effectivement utilisé. Ce type d'appui ne s'est cependant pas avéré plus efficace pour la sollicitation musculaire que celui utilisé dans l'autre groupe. Ces résultats ne correspondent pas à ce qui a été observé par Aaras et al. (1998) où une diminution de la sollicitation du trapèze droit était rapportée suite à l'introduction d'un mobilier de bureau similaire à celui introduit dans la présente étude. Toutefois, aucune information n'était donnée sur la façon dont ces mesures étaient réalisées, tant pour la tâche utilisée (tâche standardisée de travail au clavier ou à la souris, ou tâche réelle) que pour la durée des enregistrements. De plus, leur groupe contrôle ne recevait aucune intervention. Ces aspects pourraient contribuer à expliquer les différences de résultats.

Dans l'étude en laboratoire, une plus grande variabilité de l'activité musculaire des trapèzes et du deltoïde antérieur avait été observée avec le mobilier offrant l'appui des avant-bras sur la surface de travail (Delisle et al. 2006a). Une plus grande variabilité de l'activité musculaire pouvait refléter soit une adaptation insuffisante à la condition, soit des stratégies d'activation musculaire pour retarder l'apparition de fatigue. Comme cette plus grande variabilité n'a pas été observée dans la présente étude, il semble que la variabilité observée dans l'étude précédente pouvait bel et bien être associée à une adaptation insuffisante à la condition. Dans la présente étude, la première évaluation suivant les modifications a été réalisée au moins deux semaines après l'implantation du nouveau mobilier, ce qui constitue une période d'adaptation nettement plus longue que celle de l'étude en laboratoire réalisée en une seule session de mesure.

Toujours selon notre étude en laboratoire, un niveau d'activation plus élevé de l'extenseur commun des doigts avait été observé avec le mobilier offrant l'appui des avant-bras sur la surface de travail (Delisle et al. 2006a). Ce ne fut pas le cas dans la présente étude. L'ajout d'un mince appuie-poignet devant le clavier pourrait possiblement expliquer cette différence. De plus, les claviers dans l'étude en laboratoire et ceux de la présente étude n'étaient probablement pas identiques quant à leur épaisseur, ce qui pourrait également avoir contribué à cette différence dans les résultats.

L'absence d'un effet, ou un faible effet, sur la perception des douleurs musculo-squelettiques correspond aux résultats d'études récentes sur les effets d'intervention pour le travail

informatisé (Cook et Burgess-Limerick, 2004; Gerr et al. 2005; Rempel et al., 2006). L'intervention réalisée dans l'étude de Cook et Burgess-Limerick (2004) consistait en un réaménagement du poste actuel pour offrir un appui des avant-bras sur la surface de travail. En comparaison au groupe contrôle, l'intervention n'a conduit à aucun changement significatif des symptômes musculo-squelettiques. Gerr et al. (2005) comparaient une intervention avec des ajustements dits alternatifs à une intervention avec des ajustements standards, et à un groupe contrôle sans modification. Comparativement aux ajustements standards, les ajustements alternatifs comportaient notamment un éloignement du clavier et une diminution de la hauteur du clavier. Aucun effet sur les symptômes musculo-squelettiques n'a été observé entre ces deux types d'ajustement. Plus récemment, une étude démontrait un effet positif, de l'ajout d'un panneau offrant un appui bilatéral des avant-bras sur les douleurs de la région cou/épaule et du membre supérieur (Rempel et al. 2006). Sur la période d'un an de cette étude, l'intervention a conduit à une faible, mais statistiquement significative, réduction moyenne de la douleur à la région cou/épaule de 0.48 sur une échelle de 0 à 10. Dans la présente étude la réduction de la douleur après 18 mois était de 1.2 pour le groupe *aménagement standard*, et de 2.8 pour le groupe *aménagement surface unique* sur une échelle de 0 à 10. Un test-t sur ce changement entre les groupes atteint presque le niveau de signification ($p= 0.07$). Cependant, contrairement à Rempel et al. (2006), l'évaluation de la douleur était basée sur une seule mesure et non sur la moyenne de plusieurs semaines, ce qui pourrait expliquer ces différences.

De plus, le fait que les douleurs aient diminué rapidement suite aux nouveaux aménagements pour les deux groupes apparaît contradictoire avec l'idée qu'une intervention prend un certain temps avant qu'un effet sur les symptômes musculo-squelettiques soit observé, particulièrement si le changement d'exposition est faible (Westgaard et Winkel 1997 ; Lotters et Burdorf, 2002). Ceci pourrait s'expliquer par le fait qu'une seule mesure constituait notre point de référence pour les symptômes musculo-squelettiques. En effet, il semble que la sévérité et l'intensité des symptômes rapportés soient plus élevées (sur-estimation) lors d'une première évaluation comparativement à celles qui suivent (Steingrimsdottir et al. 2004). Dans la présente étude, ce phénomène pourrait avoir été atténué puisque les participants en étaient à leur deuxième évaluation, la première étant le questionnaire de pré-sélection. Néanmoins, Steingrimsdottir et

al. (2004) recommandent l'utilisation de plus de deux mesures pour établir le niveau de référence lorsque l'objectif est d'apprécier un effet sur les symptômes musculo-squelettiques, ce qui est en accord avec l'approche que nous préconisons pour les mesures instrumentées.

Il est intéressant de constater qu'aucune des études récentes portant sur les effets d'intervention (Cook et Burgess-Limerick, 2004; Gerr et al. 2005; Rempel et al, 2006) n'a documenté l'ampleur des changements résultants des interventions en terme d hauteurs, d ajustements ou de postures. Seules les études de Gerr et al. (2005) et Cook et al (2004) ont rapporté des informations sur la conformité aux recommandations émises dans les interventions, et les deux études ont rapporté des difficultés à se conformer aux interventions souhaitées. Dans la présente étude, les changements ont été quantifiés et certaines variations ont pu être observées dans le temps. Ainsi, l'ampleur des changements découlant de l'intervention impliquant l'introduction d'une surface unique semble avoir diminué légèrement avec le temps. En effet, bien que l'éloignement du clavier observé suite à l'intervention soit demeuré stable dans le temps, des changements dans les postures du tronc et du bras ont été observés. Lors du deuxième suivi post-intervention, les valeurs moyennes du groupe *aménagement surface unique* démontrent que la flexion des bras a légèrement diminué par rapport au premier suivi post-intervention alors que la flexion du tronc a augmenté légèrement. Ces changements ne sont pas statistiquement significatifs, mais une analyse plus détaillée permet de constater que 5 des 12 participants du groupe *aménagement surface unique* ont démontré ce comportement. Ainsi, la consigne de demeurer bien appuyé sur le dossier de la chaise tout en éloignant le clavier semblait difficile à maintenir dans le temps, ce qui pourrait avoir affecté nos résultats. Ces observations nouvelles ont été possibles grâce à la réalisation de mesures instrumentées effectuées de manière répétée dans le temps. Comme le suggéraient Westgaard et Winkel (1997) ce type de mesures répétées est important pour apprécier la pérennité d'une intervention.

Puisque cette étude se déroulait en milieu réel de travail, et part sa nature longitudinale, il était impossible d'empêcher toutes autres interventions naturelles. Par exemple, la modernisation du parc informatique de l'entreprise suivait son cours. Ainsi, suite à l'intervention, 5 des 8 participants du groupe *aménagement standard* ont reçu un nouvel écran, 6 ont eu une nouvelle

souris, et 5 un nouveau clavier. Pour le groupe *aménagement surface unique*, aucun des 12 participants n'a changé d'écran, 4 ont changé de souris, et un a changé de clavier. L'introduction de ces nouveaux équipements peut avoir influencé nos résultats.

De plus, cette étude s'intéressait essentiellement au travail à l'ordinateur et les effets sur les autres tâches de travail n'ont pas été documentés. L'introduction d'un nouveau mobilier de bureau à surface unique pourrait avoir facilité la réalisation de ces autres tâches et, ainsi avoir contribué à augmenter la perception du confort observée chez le groupe *aménagements surface unique*.

6. CONCLUSION

Comparativement à des ajustements standards, l'introduction d'un nouveau mobilier de bureau offrant la possibilité d'appuyer les avant-bras sur la surface de travail a contribué à augmenter le confort, mais n'a pas modifié les sollicitations musculaires. Rappelons que l'étude de fidélité a démontré que la stratégie de mesure utilisée offrait un niveau de fidélité très satisfaisant pour les mesures instrumentées utilisées, optimisant les chances de détecter un changement. Pour les deux groupes, une légère diminution des douleurs perçues a été observée, mais elle ne peut être attribuée aux interventions. Ces résultats démontrent qu'il est difficile de réduire davantage les sollicitations musculaires et les douleurs perçues par des modifications de l'aménagement du poste lorsque celui-ci est bien ajusté. Il semble donc que les deux configurations de poste étudiées sont adéquates et peuvent être utilisées pour le travail à l'ordinateur.

RÉFÉRENCES

- Aaras, A., Fostervold, K. I., Ro, O., Thoresen, M. & Larsen, S. (1997). Postural load during VDU work: a comparison between various work postures. *Ergonomics*, 40, 1255-1268.
- Aaras, A., Horgen, G., Bjorset, H. H., Ro, O. & Thoresen, M. (1998). Musculoskeletal, visual and psychosocial stress in VDU operators before and after multidisciplinary ergonomic interventions. *Appl.Ergon.*, 29, 335-354.
- Aaras, A., Ro, O. & Thoresen, M. (1999). Can a More Neutral Position of the Forearm When Operating a Computer Mouse Reduce the Pain Level for Visual Display Unit Operators? A Prospective Epidemiological Intervention Study. *Int J Hum-Comput Int*, 11, 79.
- Aaras, A., Horgen, G., Bjorset, H. H., Ro, O. & Walsøe, H. (2001). Musculoskeletal, visual and psychosocial stress in VDU operators before and after multidisciplinary ergonomic interventions. A 6 years prospective study--Part II. *Appl.Ergon*, 32, 559-571.
- Akesson, I., Hansson, G. A., Balogh, I., Moritz, U. & Skerfving, S. (1997). Quantifying work load in neck, shoulders and wrists in female dentists. *Int Arch.Occup Environ.Health*, 69, 461-474.
- Amick, B. C., III, Robertson, M. M., DeRango, K., Bazzani, L., Moore, A., Rooney, T. & Harrist, R. (2003). Effect of office ergonomics intervention on reducing musculoskeletal symptoms. *Spine*, 28, 2706-2711.
- Andersen, J. H., Kaergaard, A. & Mikkelsen, S. (2003). Risk factors in the onset of neck/shoulder pain in a prospective study of workers in industrial and service companies. *Occup Environ.Med.*, 60, 649-654.
- Basmajian, J. V. & Blusmenstein, R. (1983). Electrode placement in electromyographic biofeedback. In Williams & Wilkins (Ed) *In Basmajian, J. V. (ed), Biofeedback. Principles and practice for clinicians.* (pp. 363-378). Baltimore.
- Bayed, D. A. & Smith, J. M. (1999). Effect of Physical Ergonomics on VDT Workers' Health: A Longitudinal Intervention Field Study in a Service Organization. *Int J Hum-Comput Int*, 11, 109.
- Bergqvist, U., Wolgast, E., Nilsson, B. & Voss, M. (1995). The influence of VDT work on musculoskeletal disorders. *Ergonomics*, 38, 754-762.
- Blatter, B. M. & Bongers, P. M. (2006). Duration of computer use and mouse use in relation to musculoskeletal disorders of neck or upper limb. *International journal of Industrial Ergonomics*, 30, 295-306.

Brandt, L. P., Andersen, J. H., Lassen, C. F., Kryger, A. I., Overgaard, E., Vilstrup, I. & Mikkelsen, S. (2004). Neck and shoulder symptoms and disorders among Danish computer workers. *Scand.J Work Environ.Health*, 30, 399-409.

Brewer, S., Van Eerd, D., Amick, B. C., III, Irvin, E., de Korte, E., Gerr, F., Moore, P. J., Cullen, K. & Rempel, D. (2006). Workplace interventions to prevent musculoskeletal and visual symptoms and disorders among computer users: A systematic review. *Journal of Occupational Rehabilitation*, 16, 325-358.

Brisson, C., Montreuil, S. & Punnett, L. (1999). Effects of an ergonomic training program on workers with video display units. *Scand.J Work Environ.Health*, 25, 255-263.

Chiu, T. T. W., Ku, W. Y., Lee, M. H., Sum, W. K., Wan, M. P., Wong, C. Y. & Yuen, C. K. (2002). A study on the prevalence of and risk factors for neck pain among university academic staff in Hong Kong. *Journal of Occupational Rehabilitation*, 12, 77-91.

Cook, C. & Burgess-Limerick, R. (2004). The effect of forearm support on musculoskeletal discomfort during call centre work. *Appl.Ergon.*, 35, 337-342.

Cook, C., Burgess-Limerick, R. & Papalia, S. (2004). The effect of upper extremity support on upper extremity posture and muscle activity during keyboard use. *Appl.Ergon.*, 35, 285-292.

Delisle, A., Imbeau, D., Santos, B. & Montpetit, Y. Étude cinématique de diverses méthodes de manipulation de la souris d'ordinateur. Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail du Québec (IRSST). Rapport de recherche R-311, 35 p. 2002. Montréal, Canada.

Delisle, A., Lariviere, C., Imbeau, D. & Durand, M. J. (2005). Physical exposure of sign language interpreters: baseline measures and reliability analysis; *Eur J Appl Physiol*, 94, 448-460.

Delisle, A., Lariviere, C., Plamondon, A. & Imbeau, D. (2006a). Comparison of three computer office workstations offering forearm support: impact on upper limb posture and muscle activation. *Ergonomics*, 49, 139-160.

Delisle A, Larivière C, Plamondon A, Marchand D, Stock SR (2006b), Reliability of mechanical exposure measures during computer office work, *IEA2006: 16th World Congress on Ergonomics, 10-14 July 2006, Maastricht, Netherlands*.

Demure, B., Luippold, R. S., Bigelow, C., Ali, D., Mundt, K. A. & Liese, B. (2000). Video display terminal workstation improvement program: I. Baseline associations between musculoskeletal discomfort and ergonomic features of workstations. *J Occup Environ.Med.*, 42, 783-791.

- Eklof, M. & Hagberg, M. (2006). Are simple feedback interventions involving workplace data associated with better working environment and health? A cluster randomized controlled study among Swedish VDU workers. *Appl.Ergon.*, 37, 201-210.
- Feng, Y., Grooten, W., Wretenberg, P. & Arborelius, U. P. (1997). Effects of arm support on shoulder and arm muscle activity during sedentary work. *Ergonomics*, 40, 834-848.
- Ferjer, R., Jordan, A. & Hartvigsen, J. (2005). Categorising the severity of the neck pain :Establishment of cut-points for use in clinical and epidemiological research. *Pain*, 119, 176-182.
- Fernstrom, E. & Ericson, M. O. (1997). Computer mouse or Trackpoint--effects on muscular load and operator experience. *Appl.Ergon*, 28, 347-354.
- Feuerstein, M., Nicholas, R. A., Huang, G. D., Dimberg, L., Ali, D. & Rogers, H. (2004). Job stress management and ergonomic intervention for work-related upper extremity symptoms. *Appl.Ergon*, 35, 565-574.
- Galinsky, T. L., Swanson, N. G., Sauter, S. L., Hurrell, J. J. & Schleifer, L. M. (2000). A field study of supplementary rest breaks for data-entry operators. *Ergonomics*, 43, 622-638.
- Gerr, F., Marcus, M., Monteilh, C., Hannan, L., Ortiz, D. & Kleinbaum, D. (2005). A randomised controlled trial of postural interventions for prevention of musculoskeletal symptoms among computer users. *Occup Environ.Med.*, 62, 478-487.
- Greene, B. L., DeJoy, D. M. & Olejnik, S. (2005). Effects of an active ergonomics training program on risk exposure, worker beliefs, and symptoms in computer users. *Work*, 24, 41-52.
- Hagberg, M., Tornqvist, E. W. & Toomingas, A. (2002). Self-reported reduced productivity due to musculoskeletal symptoms: Associations with workplace and individual factors among white-collar computer users. *Journal of Occupational Rehabilitation*, 12, 151-162.
- Hagg, G. M. (1991). Static work loads and occupational myalgia - a new explanation model. In Anderson, P. A., Hobart, D. J. & Danoff, J. V. (eds), *Electromyographical Kinesiology*. (pp. 141-144). Amsterdam, Elsevier Science.
- Hansson GA, Arvidsson I, Ohlsson K, Nordander C, Mathiassen SE, Skerfving S, Balogh I (2006), Precision of measurements of physical workload during standardised manual handling. Part II: Inclinometry of head, upper back, neck and upper arms, *Journal of Electromyography and Kinesiology* 16: 125-136
- Hansson, G. A., Balogh, I., Ohlsson, K., Rylander, L. & Skerfving, S. (1996). Goniometer measurement and computer analysis of wrist angles and movements applied to occupational repetitive work. *J Electromyogr.Kinesiol.*, 6, 23-35.

Hansson, G. A. & Et al. (2001). Validity and reliability of triaxial accelerometers for inclinometry in postures analysis. *Med Biol.Eng Comput.*, 39, 405-413.

Hansson, G. A., Nordander, C., sterland, P., hlsson, K., tromberg, U., kerfving, S. & Rempel, D. (2000). Sensitivity of trapezius electromyography to differences between work tasks - influence of gap definition and normalisation methods. *J Electromyogr.Kinesiol.*, 10, 103-115.

Hasegawa, T. & Kumashiro, M. (1998). Effects of armrests on workload with ten-key operation. *Appl.Human Sci.*, 17, 123-129.

Hatch, J. P., Prihoda, T. J. & Moore, P. J. (1992). The application of generalizability theory to surface electromyographic measurements during psychophysiological stress testing: how many measurements are needed? *Biofeedback Self Regul.*, 17, 17-39.

Henning, R. A., Jacques, P., Kissel, G. V., Sullivan, A. B. & Alteras-Webb, S. M. (1997). Frequent short rest breaks from computer work: effects on productivity and well-being at two field sites. *Ergonomics*, 40, 78-91.

Hermens HJ, Vollenbroek-Hutten MM (2004), Effects of electrode dislocation on electromyographic activity and relative rest time: effectiveness of compensation by a normalisation procedure, *Med Biol Eng Comput* 42: 502-508

Ilfeld, F.W., (1996). Further validation of a psychiatric symptom index in a normal population. *Psychological Reports*, 39, 1215-1228.

Institut de la statistique du Québec . Enquête sociale et de santé 1998 (2001) 2^e édition . 525-570. 2001. Québec, Canada, Institut de la statistique du Québec. Les publications du Québec.

Jensen, C., Vasseljen, O. & Westgaard, R. H. (1993). The influence of electrode position on bipolar surface electromyogram recordings of the upper trapezius muscle. *Eur.J.Appl.Physiol*, 67, 266-273.

Jensen, C. (2003). Development of neck and hand-wrist symptoms in relation to duration of computer use at work. *Scand.J Work Environ.Health*, 29, 197-205.

Jonsson, B. (1978). Quantitative electromyographic evaluation of muscular load during work. *Scand.J.Rehabil.Med.*, S6, 69-74.

Juul-Kristensen, B., Sogaard, K., Stroyer, J. & Jensen, C. (2004). Computer users' risk factors for developing shoulder, elbow and back symptoms. *Scand.J.Work Environ.Health*, 30, 390-398.

Karlqvist, L. K. (1998). A process for the development, specification and evaluation of VDU work tables. *Appl.Ergon*, 29, 423-432.

Karlqvist, L. K., Hagberg, M., Koster, M., Wenemark, M. & Nell, R. (1996). Musculoskeletal Symptoms among Computer-assisted Design (CAD) Operators and Evaluation of a Self-assessment Questionnaire. *Int Arch. Occup Environ. Health*, 2, 185-194.

Karlqvist, L. K., Tornqvist, E. W., Hagberg, M., Hagman, M. & Toomingas, A. (2002). Self-reported working conditions of VDU operators and associations with musculoskeletal symptoms: a cross-sectional study focussing on gender differences. *International journal of Industrial Ergonomics*, 30, 277-294.

Ketola, R., Toivonen, R., Hakkanen, M., Luukkonen, R., Takala, E. P. & Viikari-Juntura, E. (2002). Effects of ergonomic intervention in work with video display units. *Scand.J.Work Environ.Health*, 28, 18-24.

Kovess, V. (1985). Évaluation de l'état de santé de la population des territoires des D.S.C. de Verdun et de Rimouski, Unité de recherche psychosociale, Hôpital Douglas, Verdun, Québec, tome II, 225 p.

Kuorinka, I., Jonsson, B., Kilbom, A., Vinterberg, H., Biering-Sorensen, F., Andersson, G. & Jorgensen, K. (1987). Standardised Nordic Questionnaires for the Analysis of Musculoskeletal Symptoms. *Appl.Ergon.*, 18, 233-237.

Lariviere, C., Delisle, A. & Plamondon, A. (2005). The effect of sampling frequency on EMG measures of occupational mechanical exposure; *J Electromyogr.Kinesiol.*, 15, 200-209.

Lindström, K., Elo, A-L, Skogstad, A., Dallner, M., Gamberale, F., Hottinen, V., Knardahl, S., Orhede, E. (2000). User's Guide for the QPSNordic, 77 p.

Lindgard, A., Wahlstrom, J., Hagberg, M., Hansson, G. A., Jonsson, P. & Wigaeus, T. E. (2003). The impact of working technique on physical loads - an exposure profile among newspaper editors. *Ergonomics*, 46, 598-615.

Lintula, M., Nevala-Puranen, N. & Louhevaara, V. (2001). Effects of Ergorest arm supports on muscle strain and wrist positions during the use of the mouse and keyboard in work with visual display units: a work site intervention. *Int J Occup Saf Ergon*, 7, 103-116.

Lotters F. & Burdorf, A. (2002). Are changes in mechanical exposure and musculoskeletal health good performance indicators for primary interventions? *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 75, 549-561.

Marcus, M. & Gerr, F. (1996). Upper extremity musculoskeletal symptoms among female office workers: associations with video display terminal use and occupational psychosocial stressors. *Am.J Ind.Med.*, 29, 161-170.

Marcus, M., Gerr, F., Monteilh, C., Ortiz, D. J., Gentry, E., Cohen, S., Edwards, A., Ensor, C. & Kleinbaum, D. (2002). A prospective study of computer users: II. Postural risk factors for musculoskeletal symptoms and disorders. *Am.J Ind.Med.*, 41, 236-249.

- Marshall, K. (2001). Utilisation de l'ordinateur au travail. *L'emploi et le revenu en perspective*, 13, 8-15.
- Martin, S. A., Irvine, J. L., Fluharty, K. & Gatty, C. M. (2003). A comprehensive work injury prevention program with clerical and office workers: phase I. *Work*, 21, 185-196.
- Mathiassen SE, Burdorf A, van der Beek AJ (2002), Statistical power and measurement allocation in ergonomic intervention studies assessing upper trapezius EMG amplitude. A case study of assembly work, *J Electromyogr.Kinesiol.* 12: 45-57
- Mathiassen, S. E. & Winkel, J. (1991). Quantifying variation in physical load using exposure-vs-time data. *Ergonomics*, 34, 1455-1468.
- Mathiassen, S. E., Winkel, J. & Hagg, G. M. (1995). Normalization of surface EMG amplitude from the upper trapezius muscle in ergonomic studies - A review. *J Electromyogr.Kinesiol.*, 5, 197-226.
- McLean, L., Tingley, M., Scott, R. N. & Rickards, J. (2001). Computer terminal work and the benefit of microbreaks. *Appl.Ergon*, 32, 225-237.
- McLean, L. & Urquhart, N. (2002). The influence of psychological stressors on myoelectrical signal activity in the shoulder region during a data entry task. *Work and Stress*, 16, 138-153.
- Mekhora, K., Liston, C. B., Nanthavanij, S. & Cole, J. H. (2000). The effect of ergonomic intervention on discomfort in computer users with tension neck syndrome. *International journal of Industrial Ergonomics*, 26, 367-379.
- Munro, B.H. (2001) *Statistical Methods for Health Care Research*, fourth ed., Lippincott, Philadelphia.
- Nakazawa, T., Okubo, Y., Suwazono, Y., Kobayashi, E., Komine, S., Kato, N. & Nogawa, K. (2002). Association between duration of daily VDT use and subjective symptoms. *Am.J Ind.Med.*, 42, 421-426.
- Nelson, N. A. & Silverstein, B. A. (1998). Workplace changes associated with a reduction in musculoskeletal symptoms in office workers. *Hum Factors*, 40, 337-350.
- Nevala-Puranen, N., Pakarinen, K. & Louhevaara, V. (2003). Ergonomic intervention on neck, shoulder and arm symptoms of newspaper employees in work with visual display units. *International journal of Industrial Ergonomics*, 31, 1-10.
- Nordander C, Balogh I, Mathiassen SE, Ohlsson K, Unge J, Skerfving S, Hansson G-A (2004), Precision of measurements of physical workload during standardised manual handling. Part I: Surface electromyography of m. trapezius, m. infraspinatus and the forearm extensors, *Journal of Electromyography and Kinesiology* 14: 443-454

Nordander, C., Hansson, G. A., Rylander, L., Asterland, P., Bystrom, J. U., Ohlsson, K., Balogh, I. & Skerfving, S. (2000). Muscular rest and gap frequency as EMG measures of physical exposure: the impact of work tasks and individual related factors. *Ergonomics*, 43, 1904-1919.

Préville, M., Boyer, R., Potvin, L., Perrault, C., Légaré, G. (1992). *La détresse psychologique : détermination de la fiabilité et de la validité de la mesure utilisée dans l'enquête Santé Québec, enquête Santé Québec 1987*, Les cahiers de recherche, n° 7, Ministère de la Santé et des Services Sociaux, 54 p.

Préville, M., Potvin, L., & Boyer, R. (1995). The structure of psychological distress, *Psychological Reports*, vol. 77, p. 275-293.

Psihogios, J. P., Sommerich, C. M., Mirka, G. A. & Moon, S. D. (2001). A field evaluation of monitor placement effects in VDT users. *Appl.Ergon*, 32, 313-325.

Department for Work and Health du National Institute for Working Life (Stockholm, Suède). *Questionnaire about computer work and computer input devices*, disponible à l'adresse Internet suivante http://www.niwl.se/datorarbete/hjalpmedel_en.asp.

Rempel, D., Tittiranonda, P., Burastero, S., Hudes, M. & So, Y. (1999). Effect of keyboard keyswitch design on hand pain. *J Occup Environ.Med.*, 41, 111-119.

Rempel, D. M., Krause, N., Goldberg, R., Benner, D., Hudes, M. & Goldner, G. U. (2006). A randomised controlled trial evaluating the effects of two workstation interventions on upper body pain and incident musculoskeletal disorders among computer operators. *Occup.Environ.Med.*, 63, 300-306.

Schuldt, K., Ekholm, J., Harms-Ringdahl, K., Nemeth, G. & Arborelius, U. P. (1987). Effects of arm support or suspension on neck and shoulder muscle activity during sedentary work. *Scand.J.Rehabil.Med.*, 19, 77-84.

Shavelson, R. J. & Webb, N. M. (1991). *Generalizability theory. A primer*. London.

Shrout, P. E. & Fleiss, J. L. (1979). Intraclass Correlations: Uses in assessing rater reliability. *Psychological Bulletin*, 86, 420-428.

Sillanpaa, J., Huikko, S., Nyberg, M., Kivi, P., Laippala, P. & Uitti, J. (2003). Effect of work with visual display units on musculo-skeletal disorders in the office environment. *Occup.Med.(Lond)*, 53, 443-451.

Sjogaard, G. & Sjogaard, K. (1998). Muscle injury in repetitive motion disorders. *Clinical orthopaedics and related research*, 351, 21-31.

Sparto, P. J. & Parnianpour, M. (2001). Generalizability of trunk muscle EMG and spinal forces. *IEEE Eng Med.Biol.Mag.*, 20, 72-81.

Steingrimsdottir, O.A., Vollestad, N.K., Roe, C., Knardahl, S. (2004). Variation in reporting of pain and other subjective health complaints in a working population and limitations of single sample measurements, *Pain* 110: 130-139.

Stergiou, N. (2004). Innovative analyses of human movement : Analytical tools for human movement research. Human Kinetics, Champaign (IL), 331p.

Turville, K. L., Psihogios, J. P., Ulmer, T. R. & Mirka, G. A. (1998). The effects of video display terminal height on the operator: a comparison of the 15 degree and 40 degree recommendations. *Appl.Ergon*, 29, 239-246.

van den Heuvel, S. G., de Looze, M. P., Hildebrandt, V. H. & The, K. H. (2003). Effects of software programs stimulating regular breaks and exercises on work-related neck and upper-limb disorders. *Scand.J Work Environ.Health*, 29, 106-116.

Veiersted, K. B., Westgaard, R. H. & Andersen, P. (1990). Pattern of muscle activity during stereotyped work and its relation to muscle pain. *Int.Arch.Occup.Environ.Health*, 62, 31-41.

Visser, B., de Korte, E., van, d. K., I & Kuijer, P. (2000). The effect of arm and wrist supports on the load of the upper extremity during VDU work. *Clin.Biomech.(Bristol., Avon.)*, 15 Suppl 1, S34-S38.

Voerman, G.E., Sandsjo, L., Vollenbroek-Hutten, M.M., Groothuis-Oudshoorn, C.G., Hermens, H.J. (2004). The influence of different intermittent myofeedback training schedules on learning relaxation of the trapezius muscle while performing a gross-motor task, *Eur J Appl Physiol*, 93, 57-64.

Vollenbroek-Hutten, M., Hermens, H., Voerman, G., Sandsjo, L., Kadefors, R. (2006). Are changes in pain induced by myofeedback training related to changes in muscle activation patterns in patients with work-related myalgia? *Eur J Appl Physiol*, 96, 209-215.

Wells, R., Lee, I. H. & Bao, S. Investigations of upper limb support conditions for mouse use. Proceedings of the 29th Annual Conference of the Human Factors Association of Canada. 4 p. 1997.

Westgaard R.H., Winkel J (1997), Ergonomic intervention research for improved musculoskeletal health: a critical review., *International Journal of Industrial Ergonomics* 20: 463-500.

Yu, I. T. S. & Wong, T. W. (1996). Musculoskeletal problems among VDU workers in a Hong Kong bank. *Occup.Med.*, 46, 275-289.

Zelman, D. C., Dukes, E., Brandenburg, N., Bostrom, A. & Gore, M. (2005). Identification of cut-points for mild, moderate and severe pain due to diabetic peripheral neuropathy. *Pain*, 115, 29-36.

ANNEXE A
QUESTIONNAIRE DE BASE

Un questionnaire permettant de documenter certains aspects du travail à l'ordinateur, du confort et des symptômes de douleurs musculo-squelettiques (inspiré du www.arbetslivsinstitutet.se/datorarbete/pdf/Questionnaire_970814.pdf) a été distribué à 260 travailleurs d'un établissement de la fonction publique québécoise et complété par 169 d'entre eux (taux de réponse de 65%).

Des données descriptives (moyenne, pourcentage, écart-type, minimum et maximum) ont été produites pour décrire la population. Des rapports de prévalence avec des intervalles de confiance fixés à 95% ont été réalisés pour documenter la présence d'association entre l'exposition à certaines variables et la présence de douleur aux régions du cou, des épaules, des avant-bras/mains/poignets et du bas du dos. Le degré d'exposition était défini par la valeur médiane du groupe et les douleurs étaient catégorisées selon l'intensité des douleurs ressenties soit : 1) aucune douleur ou douleur faible (moins de 4 sur l'échelle visuelle analogue) et 2) douleur moyenne et douleur intense (4 et plus sur l'échelle visuelle analogue) (pour plus de détail sur la catégorisation de l'intensité de la douleur voir Ferjer *et al.* (2005); et Zelman *et al.* (2005)). Les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide du logiciel NCSS.

Au total, 169 travailleurs ont répondu au questionnaire. À l'exception d'un travailleur, tous les travailleurs ont répondu avoir utilisé l'ordinateur au cours du dernier mois, selon un pourcentage moyen du temps de travail de 45 % (é.-t. = 23.8) et 36% de ces travailleurs ont révélé avoir passé fréquemment plus de deux heures consécutives à l'ordinateur sans prendre de pauses. Au total, les deux tiers (66%) des travailleurs ont rapporté ressentir des douleurs à au moins une région corporelle, la plus touchée étant celle du cou rapportée par 46% des répondants. Parmi eux, les trois quarts des travailleurs avec douleurs ont rapporté avoir pris au moins un moyen pour prévenir ou atténuer leurs douleurs. Plus spécifiquement, près de la moitié (49%) ont affirmé avoir modifié leurs postures de travail, 38% ont affirmé avoir pris des médicaments et 21 % ont affirmé avoir demandé de l'aide à un professionnel de la santé. De plus, entre 28% et 44% des travailleurs avec douleurs rapportaient des difficultés ou une diminution de leur performance dues à leurs douleurs pour réaliser certains aspects de leur travail (performance générale, travail au clavier et à la souris) ou de leur vie quotidienne (tâches

domestiques, vie sociale, loisirs, sommeil). Toutefois, même si les deux tiers des travailleurs rapportaient des douleurs, plus de la moitié des répondants affirmaient avoir un confort élevé en ce qui concerne la luminosité et le poste de travail.

Des associations entre certains aspects du travail et les douleurs ont été observées. Les travailleurs exposés au travail à l'ordinateur étaient plus nombreux à ressentir des douleurs aux régions du cou et au bas du dos. Ceux qui affirmaient passer plus de deux heures à l'ordinateur sans prendre de pauses fréquemment étaient plus nombreux à rapporter des douleurs à la région avant-bras/mains/poignets. Cependant, les travailleurs qui affirmaient avoir un confort élevé tant pour la luminosité, l'environnement de travail et le poste de travail informatique étaient moins nombreux à ressentir des douleurs aux régions du cou, des épaules et des avant-bras/mains/poignets. Les tableaux suivants présentent en détail les résultats obtenus lors de ce questionnaire de base.

1. Description des travailleurs ayant répondu au questionnaire de base

	n. (%)	moy. (é.-t.)
Nombre de sujets	169	
Sexe		
Homme	41 (24.3)	
Femme	128 (75.7)	
Dominance		
Droitier	147 (87.0)	
Gaucher	17 (10.1)	
Ambidextre	5 (3.0)	
Taille (moy. en m.) (n = 163)		1.7 (0.1)
Poids (moy. en kg) (n =162)		68.9 (13.8)
Expérience à ce travail (moy. en années)		9.9 (8.8)
Nombre d'employés permanents (n = 168)	141 (83.4)	
Scolarité		
Primaire		
Secondaire	30 (17.8)	
Collégial	30 (17.8)	
Universitaire (premier cycle)	68 (40.2)	
Universitaire (deuxième et troisième cycles)	41 (24.3)	
Heures de travail / semaine		33.9 (4.3)
Moins de 28 heures	4 (2.4)	
Entre 28 et 32heures	50 (29.6)	
35 heures	95 (56.2)	
Plus de 35 heures	20 (11.8)	
Nombre de jours de travail / semaine (n = 168)		4.6 (0.6)
Moins de 4 jours	3 (1.8)	
4 jours	54 (32.0)	
5 jours	111 (65.7)	
Catégorie d'emploi		
Employé de bureau	42 (24.9)	
Technicien	26 (15.4)	
Professionnel	95 (56.2)	
Cadre	6 (3.6)	

2. Description des tâches de travail réalisées

A) Tâches de travail réalisées	n. (%) (n. total = 168)	% moyen (é. -t.) du temps de travail temps de travail
Travail à l'ordinateur	167 (99.4)	45 (24)
Téléphone	159 (94.6)	11 (12)
Photocopies, déplacements, manipulation de matériel	156 (92.9)	6 (8)
Discussions avec des collègues	148 (88.1)	8 (10)
Travail de bureau	144 (85.7)	14 (15)
Réunions, conférences	129 (76.8)	9 (11)
Courtes pauses, café, etc.	128 (76.2)	3 (4)
Autres	36 (21.4)	4 (9)
B) Tâches de travail réalisées à l'ordinateur		
Traitement de texte	147 (88.0)	48 (32)
Recherche d'information	141 (84.4)	17 (22)
Entrée de données	84 (50.3)	16 (26)
Graphiques, figures, schémas, tableaux	70 (41.9)	6 (10)
Traitement de données statistiques	32 (19.2)	4 (12)
Programmation	9 (5.4)	1 (6)
Dessin assisté par ordinateur	3 (1.8)	0 (2)
Autres	38 (22.8)	7 (18)

3. Description des douleurs ressenties

	% de répondants avec douleurs (n)	% de douleur "faible" (n)	% de douleur "moyenne" (n)	% de douleur "intense" (n)
Au moins une région corporelle	66% (112)	24% (27)	46% (51)	30% (34)
Cou	46% (76)	39% (30)	46% (35)	15% (11)
Épaules	37% (61)	36% (22)	44% (27)	20% (12)
Avant-bras, mains, poignets	31% (52)	37% (19)	38% (20)	25% (13)
Bas du dos	31% (51)	35% (18)	41% (21)	24% (12)

4. Description du confort ressenti

	Niveau de confort		
	Bas (-4 à -2) % (n)	Moyen (-1 à 1) % (n)	Élevé (2 à 4) % (n)
Luminosité (n = 167)	9 (15)	34.7 (58)	56.3 (94)
Luminosité en général (n = 168)	10.7 (18)	23.2 (39)	66.1 (111)
Luminosité au poste de travail (n = 165)	8.5 (14)	25.5 (42)	66.1 (109)
Reflets sur l'écran (n = 167)	12.6 (21)	24.6 (41)	62.9 (105)
Environnement de travail (n = 166)	13.9 (23)	44 (73)	42.2 (70)
Niveau de bruit (n = 168)	13.7 (23)	31 (52)	55.4 (93)
Température intérieure (n = 167)	29.9 (50)	31.1 (52)	38.9 (55)
Poste de travail (n = 169)	9.5 (16)	26 (44)	64.5 (109)
Chaise (n = 169)	9.5 (16)	32 (54)	58.6 (99)
Postures de travail (n = 166)	12.7 (21)	29.5 (49)	57.8 (96)
L'espace de travail (n = 168)	10.7 (18)	23.8 (40)	65.5 (110)
Position de l'écran (n = 168)	7.7 (13)	23.2 (39)	69.1 (116)
Position du clavier (n = 168)	10.1 (17)	32.1 (54)	57.7 (97)
Position de la souris (n = 167)	15.6 (26)	25.2 (42)	59.3 (99)
Fonctionnement de l'ordinateur (n = 167)	3 (5)	19.8 (33)	77.3 (129)

5. Rapport de prévalence avec intervalle de confiance (95%) entre l'exposition à certaines variables et les douleurs ressenties aux différentes régions corporelles

	Au moins une région	cou	Épaules	Avant-bras, mains, poignets	Bas du dos
Travail à l'ordinateur					
Exposition à l'ordinateur (< 40% vs ≥ 40%)	2,05 (1,09 ; 3,86)	2,20 (1,07 ; 4,55)	1,31 (0,62 ; 2,76)	2,27 (1,00 ; 5,17)	2,99 (1,28 ; 7,01)
Période à l'ordinateur sans pause (< 2 h vs ≥ 2h)	1,96 (0,84 ; 4,54)	2,00 (0,79 ; 5,06)	2,67 (0,98 ; 7,27)	4,63 (1,71 ; 12,53)	1,21 (0,41 ; 3,54)
Confort					
Luminosité (< 2 vs ≥ 2)	0,48 (0,26 ; 0,89)	0,43 (0,21 ; 0,85)	0,30 (0,14 ; 0,64)	0,43 (0,20 ; 0,94)	0,77 (0,35 ; 1,66)
Environnement de travail (< 2 vs ≥ 2)	0,60 (0,32 ; 1,13)	0,49 (0,24 ; 1,00)	0,46 (0,21 ; 0,97)	1,00 (0,45 ; 2,22)	0,61 (0,29 ; 1,31)
Poste de travail (< 1.8 vs ≥ 1.8)	0,33 (0,18 ; 0,61)	0,50 (0,25 ; 0,99)	0,29 (0,14 ; 0,62)	0,38 (0,17 ; 0,85)	0,55 (0,25 ; 1,20)
Limitation de la capacité fonctionnelle (< 3 vs ≥ 3)	12,74 (4,61 ; 35,18)	4,73 (2,12 ; 10,57)	4,66 (1,98 ; 10,98)	4,07 (1,67 ; 9,95)	4,12 (1,72 ; 9,85)
Moyens pris pour atténuer les douleurs					
Prendre des médicaments (non vs oui)	8,65 (3,58 ; 20,92)	4,29 (2,02 ; 9,11)	4,92 (2,34 ; 10,35)	3,35 (1,51 ; 7,41)	5,31 (2,40 ; 11,76)
Modifier les postures de travail (non vs oui)	3,98 (1,95 ; 8,15)	2,31 (1,12 ; 4,78)	2,43 (1,15 ; 5,12)	2,12 (0,98 ; 4,59)	1,84 (0,84 ; 4,03)

ANNEXE B

RECRUTEMENT DES PARTICIPANTS, TAUX DE PARTICIPATION ET RAISONS DE DESISTEMENT

1. Recrutement des participants, taux de participation et raisons de désistement

	n.	(%)
Participants ciblés	69	
Participants ciblés non conformes aux critères de sélection	24	(34.8)
Poste de travail initial permettant l'appui des avant-bras sur la surface de travail	8	(11.6)
Réaménagement récent du poste de travail (moins de 6 mois)	4	(5.8)
Départ à la retraite, démission, transfert (autre établissement) prévu pour l'année en cours	4	(5.8)
Problèmes arthritiques aux membres supérieurs	3	(4.3)
Congé à long terme (maladies ou maternité)	3	(4.3)
Travailleur ayant un poste de travail adapté	1	(1.4)
Participants potentiels	45	
Participants ne pouvant ou ne voulant pas participer	16	(35.6)
Pas d'intérêt ou manque de temps à consacrer à l'étude	14	(31.1)
Supérieur immédiat en désaccord avec la participation du travailleur	2	(4.4)
Participants initialement recrutés, mais exclus des analyses	3	(6.7)
Sujets ayant quitté l'étude suite aux mesures de base	2	(4.4)
Sujet exclu des analyses - problèmes techniques	1	(2.2)
Participants à l'étude	26	
Participants aux mesures pré et post 1	26	(100.0)
Participants aux mesures pré, post 1 et post 2	25	(96.2)
Insatisfaction quant aux aménagements implantés	1	(3.8)
Participants aux mesures pré, post 1, post 2 et post 3	20	(76.9)
Insatisfaction quant aux aménagements implantés	1	(3.8)
Congé à long terme (maladie et maternité)	2	(7.7)
Départ de l'entreprise (démission et retraite anticipée)	2	(7.7)

ANNEXE C

RÉSULTATS DES ANALYSES DE LA VARIANCE OBTENUE POUR LES VARIABLES DE CONFONDANTES

1. Valeurs moyennes (écart-type) obtenues pour les tâches de travail réalisées selon l'intervention reçue

	Aménagement standard				Aménagement surface uniforme				Effets principaux		
	Pré	Post1	Post2	Post3	Pré	Post1	Post2	Post3	Gr	Temps	Gr X T
Heures travaillées/semaine	34,3 (1,4)	33,9 (1,6)	33,9 (1,6)	33,9 (1,6)	31,9 (2,4)	31,9 (2,4)	31,5 (4,1)	31,6 (3,6)	0,00 *	0,970	0,995
Heures supplémentaires (lors du dernier mois)	5,6 (9,5)	1,8 (2,7)	0,0	0,0	5,8 (10,3)	2,8 (5,2)	4,3 (5,6)	0,0	0,313	0,033	0,652
TÂCHES GÉNÉRALES DE TRAVAIL (exprimé en % du temps de travail)											
Utilisation de l'ordinateur	46,0 (25,0)	41,5 (19,4)	45,0 (18,9)	52,1 (15,5)	45,7 (13,8)	46,7 (18,1)	43,2 (17,9)	44,8 (14,8)	0,789	0,857	0,752
Travail de bureau	8,4 (8,4)	8,6 (8,6)	10,6 (8,8)	8,6 (8,2)	20,7 (15,3)	13,7 (13,4)	16,4 (14,3)	15,4 (10,8)	0,007	0,817	0,774
Réunions, conférences	16,0 (20,3)	22,4 (27,3)	20,8 (22,1)	14,9 (19,7)	10,0 (9,0)	12,8 (16,6)	11,5 (10,9)	16,3 (13,3)	0,143	0,870	0,737
Discussions collègues	8,1 (10,2)	6,4 (8,9)	6,8 (10,0)	9,9 (13,1)	7,3 (3,3)	6,2 (4,2)	6,5 (3,3)	4,8 (2,6)	0,333	0,923	0,667
Téléphone	7,4 (5,2)	8,5 (6,6)	8,4 (5,6)	6,6 (3,9)	8,1 (6,6)	8,8 (7,9)	8,3 (5,8)	8,3 (5,3)	0,648	0,934	0,970
Photocopies, déplacements, manutentions	5,3 (4,3)	8,1 (5,7)	5,8 (5,3)	4,0 (3,4)	3,3 (2,7)	3,9 (1,8)	9,3 (16,5)	7,5 (13,6)	0,923	0,737	0,440
Courtes pauses	2,9 (3,2)	3,6 (2,7)	3,0 (3,3)	3,3 (1,9)	3,5 (3,0)	3,6 (1,8)	4,1 (2,5)	3,3 (3,0)	0,482	0,958	0,913
TÂCHES RÉALISÉES À L'ORDINATEUR (exprimé en % de temps passé à l'ordinateur)											
Entrer des données	5,3 (6,9)	2,5 (7,1)	5,6 (8,9)	3,6 (6,8)	10,0 (25,5)	1,9 (3,6)	16,3 (31,6)	15,0 (29,4)	0,159	0,566	0,774
Utiliser un traitement de texte	59,4 (24,0)	60,6 (28,3)	58,1 (27,0)	52,9 (36,0)	58,8 (32,1)	62,1 (24,8)	54,6 (32,7)	55,0 (33,4)	0,983	0,884	0,992
Faire des figures, graphiques, schémas	14,8 (16,0)	10,4 (16,8)	7,4 (10,1)	20,6 (25,7)	7,5 (13,4)	7,9 (14,1)	7,0 (11,4)	8,6 (15,6)	0,123	0,499	0,656
Traiter des données statistiques	1,9 (5,3)	7,1 (14,6)	3,8 (10,6)	3,1 (8,8)	3,8 (7,7)	8,3 (9,6)	1,7 (3,9)	2,1 (7,2)	0,996	0,195	0,882
Faire de la Programmation	1,9 (5,3)	3,5 (6,8)	0,0	0,0	3,3 (11,5)	5,0 (17,3)	4,2 (14,4)	5,0 (11,7)	0,241	0,937	0,944
Rechercher de l'information	15,0 (19,3)	15,3 (19,6)	23,3 (23,9)	18,5 (27,9)	11,9 (10,7)	12,3 (6,6)	15,4 (9,6)	13,9 (6,4)	0,203	0,635	0,961
Utiliser le clavier	53,1 (26,2)	52,5 (19,8)	49,4 (18,8)	48,8 (18,1)	73,3 (16,7)	56,9 (28,1)	68,8 (19,3)	60,8 (23,8)	0,006	0,577	0,653
Utiliser la souris	45,6 (25,7)	47,5 (19,8)	50,6 (18,8)	51,3 (18,1)	26,7 (16,7)	34,8 (24,3)	31,3 (19,3)	37,9 (21,2)	0,001	0,656	0,935

* Différence significative entre les deux groupes lors de la mesure de base (PRÉ). Établie selon un test-t (Wilcoxon Rank-Sum Test for Difference in Medians)

2. Valeurs moyennes (écart-type) obtenues pour les aspects psychosociaux du travail selon l'intervention reçue

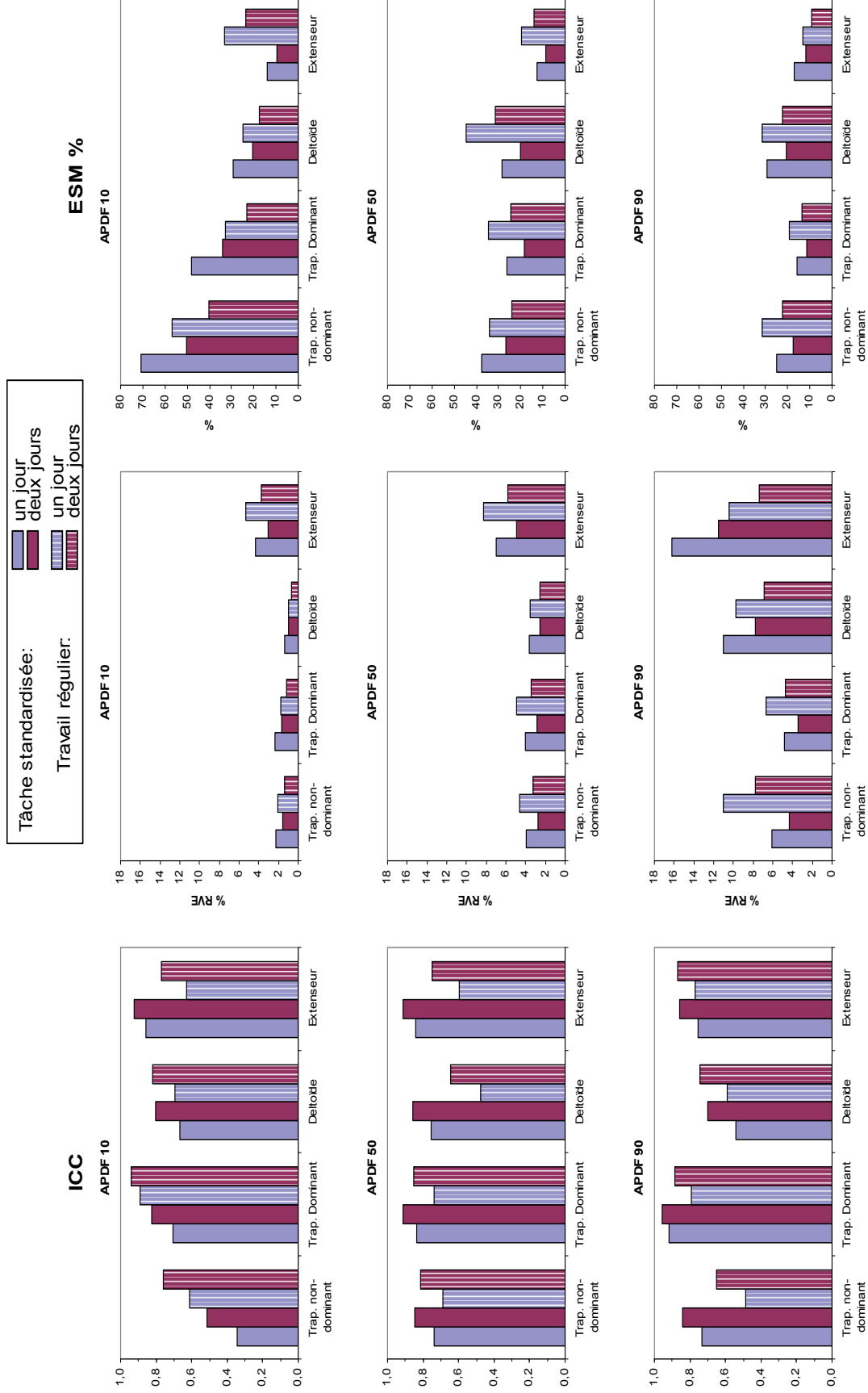
	Aménagement standard				Aménagement surface unique				Effets principaux		
	Pré	Post1	Post2	Post3	Pré	Post1	Post2	Post3	Gr	Temps	Gr X T
Charge quantitative de travail	2,8 (0,9)	2,6 (1,0)	2,1 (0,7)	2,6 (0,6)	2,8 (1,0)	2,8 (1,0)	2,6 (1,0)	2,8 (1,1)	0,333	0,512	0,871
Développement des compétences	2,4 (0,9)	2,3 (0,7)	2,0 (0,6)	2,1 (0,8)	2,1 (0,6)	2,1 (0,7)	2,0 (0,7)	2,2 (0,8)	0,556	0,768	0,829
Contrôle sur le travail	3,9 (0,9)	3,8 (0,9)	4,3 (0,7)	3,8 (0,8)	4,5 (0,4)	4,5 (0,4)	4,6 (0,5)	4,7 (0,4)	0,000	0,585	0,506
Perception des capacités professionnelles	4,7 (0,4)	4,4 (0,4)	4,4 (0,4)	4,5 (0,4)	4,4 (0,6)	4,5 (0,4)	4,5 (0,5)	4,8 (0,4)	0,502	0,762	0,376
Support du supérieur immédiat	4,2 (1,2)	4,1 (0,9)	3,7 (1,1)	3,9 (0,7)	4,4 (0,5)	4,4 (0,5)	4,4 (0,7)	4,3 (0,7)	0,031	0,822	0,715
Support des collègues de travail	4,3 (0,8)	4,4 (0,6)	4,2 (0,5)	4,2 (0,4)	4,2 (0,7)	4,3 (0,6)	4,5 (0,6)	4,3 (0,7)	0,608	0,878	0,606
Support des amis et des proches	4,0 (1,0)	4,0 (1,0)	3,7 (1,1)	3,6 (1,0)	3,9 (0,9)	4,1 (0,7)	4,1 (0,7)	3,9 (1,0)	0,395	0,713	0,855
Climat social	3,8 (0,9)	3,6 (1,0)	3,5 (0,8)	3,7 (0,5)	3,9 (0,8)	4,0 (0,9)	4,2 (0,7)	4,1 (0,8)	0,029	0,997	0,808
Interaction entre le travail et la vie privée	1,8 (0,8)	1,9 (0,8)	1,9 (0,6)	2,0 (0,8)	1,9 (0,7)	2,0 (0,7)	1,8 (0,6)	1,9 (0,7)	0,975	0,968	0,945
Indice de détresse psychologique	22,9 (8,3)	22,6 (7,8)	17,6 (8,7)	15,2 (8,0)	23,6 (14,6)	19,7 (12,6)	21,4 (18,4)	17,9 (12,3)	0,707	0,405	0,848
Activités physiques (n. séances/mois X durée)	212,6 (285,7)	160,0 (229,3)	170,7 (237,3)	272,5 (284,2)	132,5 (275,1)	181,3 (266,0)	280,0 (408,9)	332,9 (424,0)	0,708	0,543	0,829

ANNEXE D
ÉTUDE DE FIDÉLITÉ

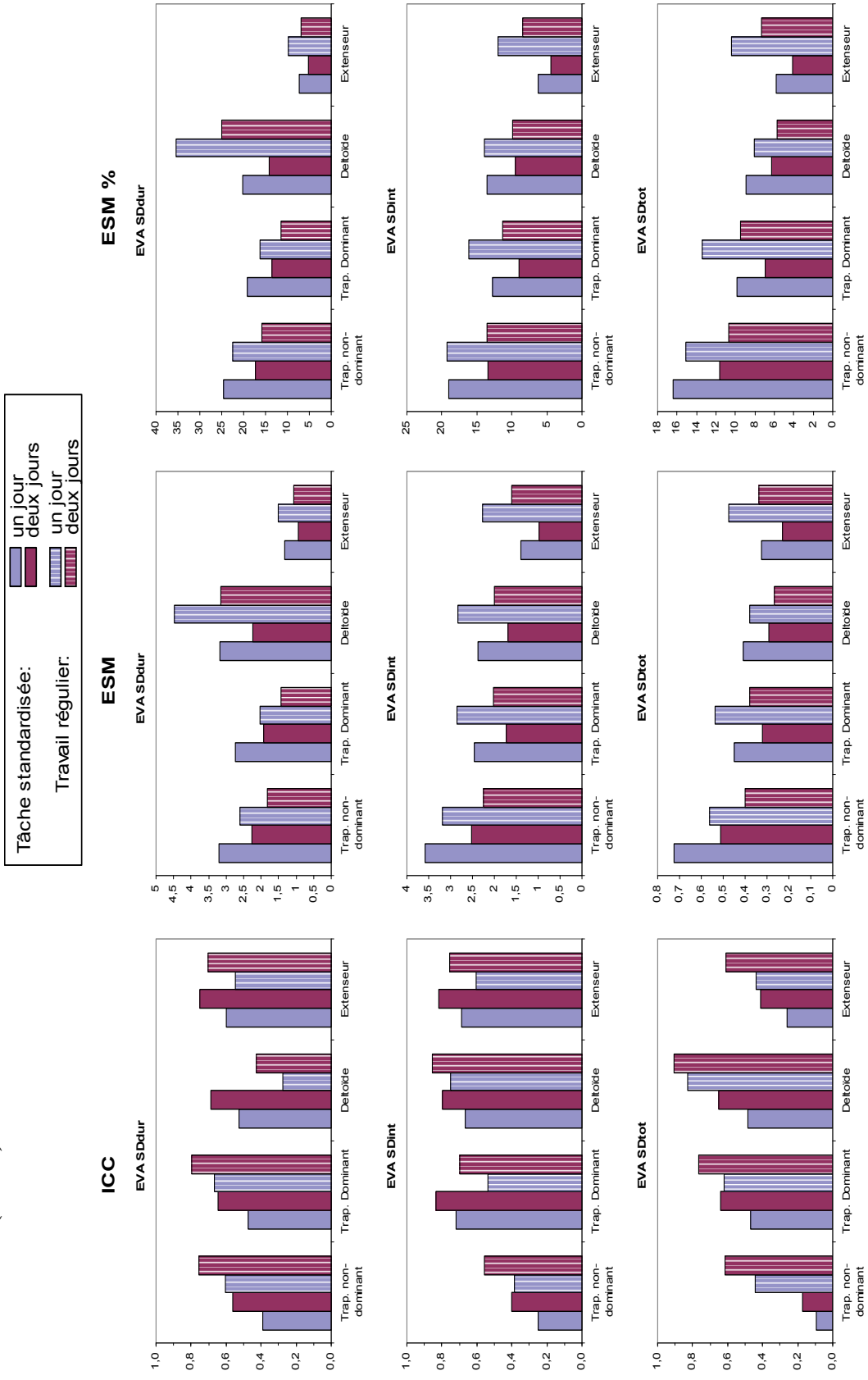
L'étude de fidélité avait pour objectif d'explorer différentes stratégies de mesure pour diminuer le niveau d'erreur associé aux différentes mesures instrumentées. L'effet de moyennner sur deux jours plutôt qu'un seul, de même que l'effet d'utiliser une tâche standardisée ou le travail réel ont été documentés.

Les résultats détaillés de l'étude de fidélité sont présentés aux pages suivantes. En voici les principaux faits saillants. Évidemment, le fait de prendre la moyenne de deux jours augmentait la fidélité. Cette augmentation permettait à la majorité des variables utilisées d'atteindre un niveau acceptable de fidélité ($CCIC \geq 0,70$). Cependant, il s'agit de l'unique résultat constant à travers les cas. En effet, l'étude des différents indices de fidélité (CCIC, ESM, ESM%) et des différentes variables (EMG et cinématiques) n'a pas permis de constater la supériorité d'une approche (tâche standardisée vs réelle) par rapport à une autre. Dans plusieurs cas, les indices de fidélité sont comparables entre les tâches. Il arrive de constater des différences importantes entre les tâches pour certaines variables mais dans la plupart de ces cas, les résultats des différents indices de fidélité (CCIC, ESM, ESM%) ne vont pas dans le même sens.

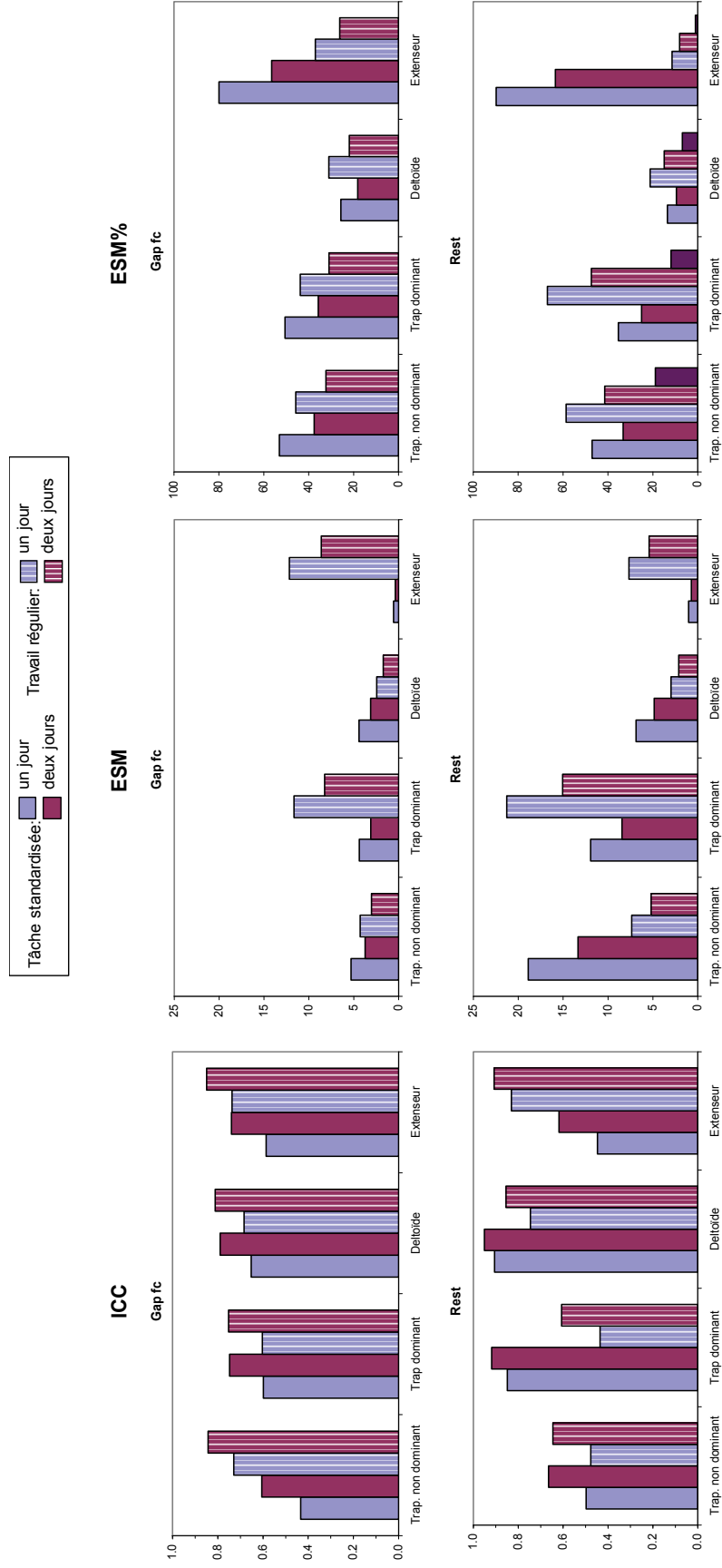
1. Résultats de l'étude de fidélité – niveau d'activation musculaire (APDF)



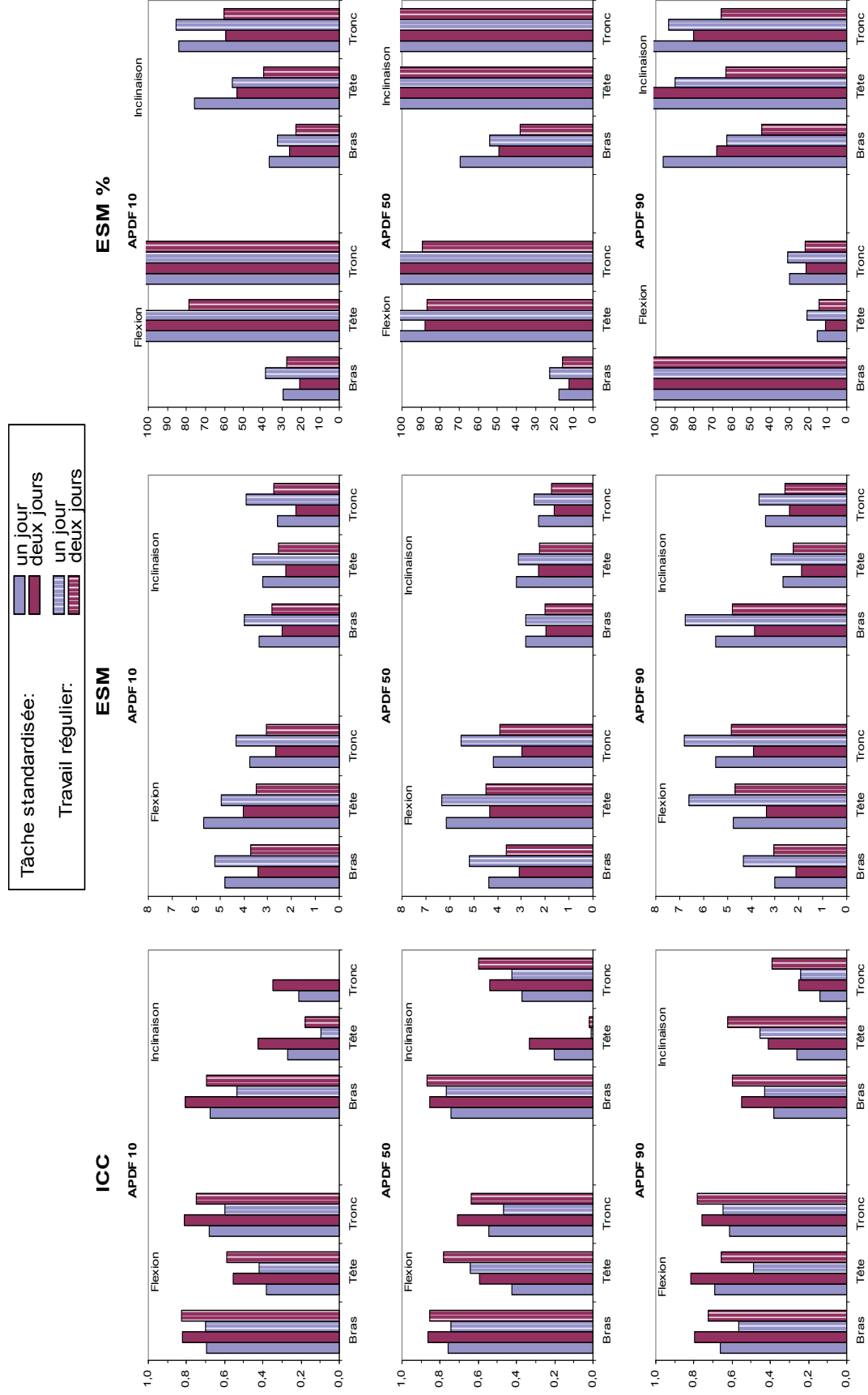
2. Résultats de l'étude de fidélité – indices de variabilité de la matrice d'exposition de la variation d'activation (EVA)



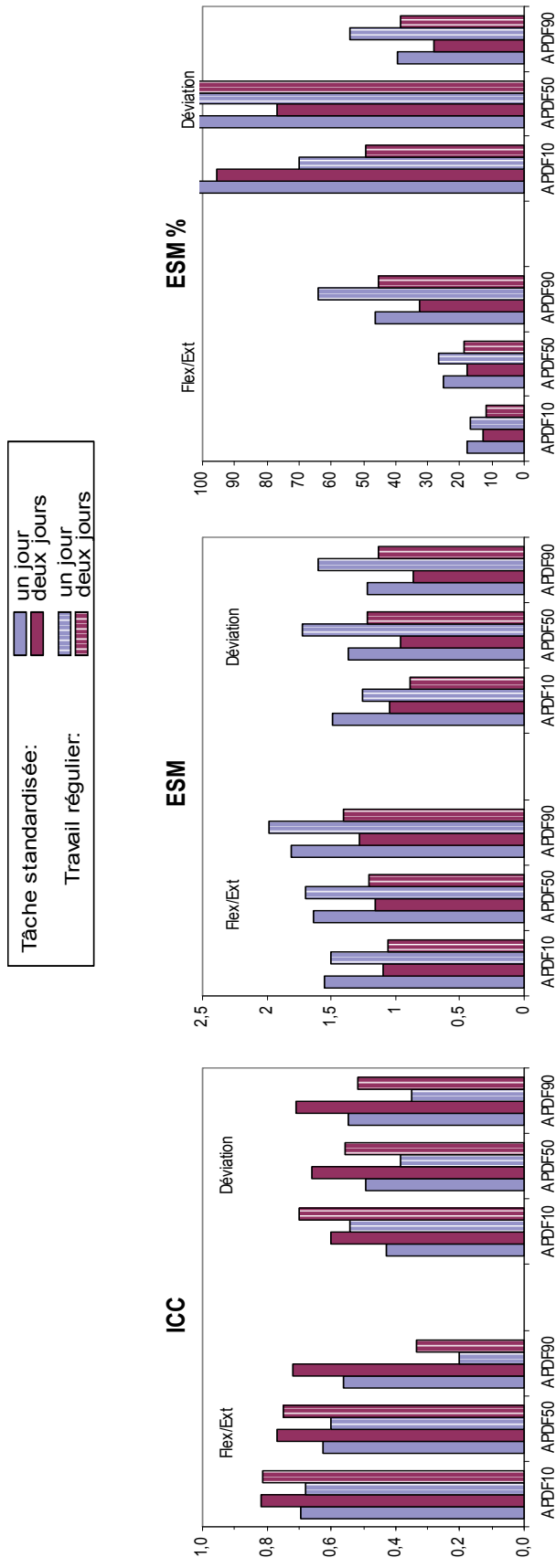
3. Résultats de l'étude de fidélité – nombre repos (Gap fc) et durée du repos (Rest) musculaires



4. Résultats de l'étude de fidélité – Postures à la tête, au tronc et au bras (APDF)



5. Résultats de l'étude de fidélité – Postures au poignet (APDF)



ANNEXE E

**DONNÉES INSTRUMENTÉES OBTENUES LORS DE L'EXÉCUTION DE LA TÂCHE
RÉELLE**

1. Valeurs moyennes (écart-type) obtenues pour les angles (°) au 10^e, 50^e et 90^e percentile et pour l'amplitude de mouvement (95^e ile – 5^e ile) des postures à la tête selon l'intervention reçue

	Aménagement standard				Aménagement surface unique				Effets principaux		
	Pré	Post1	Post2	Post3	Pré	Post1	Post2	Post3	Gr	Temps	Gr X T
Flexion(+) / extension(-)											
10%ile	-7,3 (9,4)	-5,0 (8,3)	-4,2 (8,4)	-4,1 (6,1)	-4,6 (5,6)	-3,2 (9,4)	-8,8 (5,0)	-5,1 (6,3)	0,871	0,736	0,432
50%ile	0,5 (12,6)	2,0 (8,8)	4,5 (10,1)	4,1 (7,3)	4,5 (7,2)	6,0 (9,7)	0,1 (6,9)	2,1 (7,5)	0,823	0,935	0,344
90%ile	20,1 (12,6)	19,1 (15,4)	22,2 (12,8)	22,2 (11,6)	21,1 (7,1)	21,1 (9,1)	16,3 (7,7)	15,5 (4,9)	0,297	0,944	0,415
95%ile - 5%ile	33,4 (6,8)	31,1 (14,6)	32,5 (6,1)	32,6 (9,2)	32,1 (5,1)	31,3 (6,7)	32,7 (5,9)	27,8 (6,5)	0,433	0,701	0,721
Inclinaison gauche(+) / droite(-)											
10%ile	-5,3 (4,3)	-4,4 (5,6)	-5,4 (6,4)	-7,3 (3,1)	-6,2 (2,6)	-6,3 (3,5)	-7,3 (3,0)	-7,8 (5,1)	0,183	0,399	0,944
50%ile	-0,1 (3,1)	-0,2 (4,0)	-0,7 (6,4)	-2,7 (2,4)	-1,6 (2,4)	-0,7 (3,5)	-1,2 (2,4)	-3,4 (3,6)	0,320	0,097	0,971
90%ile	4,2 (2,7)	4,9 (6,1)	4,2 (7,1)	1,7 (3,2)	4,6 (3,6)	5,8 (5,4)	4,8 (4,0)	1,3 (2,8)	0,675	0,053	0,973
95%ile - 5%ile	14,6 (4,2)	13,1 (9,5)	14,6 (3,5)	12,7 (5,6)	15,9 (4,4)	16,5 (5,0)	17,1 (4,9)	13,4 (4,0)	0,110	0,419	0,852

2. Valeurs moyennes (écart-type) obtenues pour les angles (°) au 10^e, 50^e et 90^e percentile et pour l'amplitude de mouvement (95^e ile – 5^e ile) pour les postures au tronc selon l'intervention reçue

	Aménagement standard				Aménagement surface unique				Effets principaux		
	Pré	Post1	Post2	Post3	Pré	Post1	Post2	Post3	Gr	Temps	Gr X T
Flexion(+) / extension(-)											
10%ile	-2,4 (4,5)	-5,3 (6,0)	-0,8 (5,9)	-0,9 (5,0)	0,4 (5,5)	0,5 (5,2)	3,4 (4,1)	3,0 (7,0)	0,002	0,140	0,866
50%ile	1,4 (4,8)	-0,2 (6,4)	3,1 (5,6)	3,2 (5,7)	5,8 (6,5)	5,6 (5,4)	9,2 (6,8)	7,8 (6,5)	0,000	0,274	0,962
90%ile	8,4 (3,2)	5,0 (7,1)	8,6 (6,8)	10,0 (7,4)	11,7 (9,8)	12,6 (6,9)	15,4 (7,6)	13,9 (6,3)	0,002	0,473	0,743
95%ile - 5%ile	14,7 (5,7)	14,4 (7,2)	13,1 (3,5)	14,1 (4,6)	15,5 (8,1)	16,4 (8,2)	16,7 (6,7)	14,4 (8,2)	0,296	0,968	0,894
Inclinaison gauche(+) / droite(-)											
10%ile	-4,3 (3,5)	0,2 (2,5)	-0,8 (5,0)	-1,1 (4,0)	-4,3 (2,5)	-1,0 (2,5)	-1,3 (5,2)	-1,3 (5,5)	0,599	0,018	0,967
50%ile	0,8 (3,3)	4,4 (1,9)	3,0 (6,2)	2,7 (3,8)	-1,0 (2,5)	3,3 (2,7)	2,1 (4,9)	2,2 (6,1)	0,264	0,039	0,971
90%ile	5,1 (2,7)	8,2 (3,8)	6,8 (7,0)	6,5 (5,1)	3,1 (2,7)	7,4 (3,0)	5,3 (4,6)	5,1 (6,7)	0,184	0,109	0,983
95%ile - 5%ile	13,4 (3,1)	11,4 (5,2)	11,3 (3,6)	10,8 (5,0)	10,7 (2,2)	11,6 (3,6)	9,3 (2,5)	9,0 (4,3)	0,070 *	0,261	0,650

* Différence significative entre les deux groupes lors de la mesure de base (PRÉ). Établie selon un test-t (Wilcoxon Rank-Sum Test for Difference in Medians)

3. Valeurs moyennes (écart-type) obtenues pour les angles (°) au 10^e, 50^e et 90^e percentile et pour l'amplitude de mouvement (95^e ile – 5^e ile) pour les postures au bras selon l'intervention reçue

	Aménagement standard				Aménagement surface unique				Effets principaux		
	Pré	Post1	Post2	Post3	Pré	Post1	Post2	Post3	Gr	Temps	Gr X T
Flexion(+) / extension(-)											
10%ile	14,1 (5,5)	17,7 (9,2)	13,4 (8,5)	12,5 (4,2)	14,1 (10,1)	22,9 (11,1)	20,9 (11,1)	21,5 (7,3)	0,011	0,222	0,440
50%ile	23,8 (5,8)	24,7 (7,1)	20,8 (7,8)	20,6 (3,9)	23,1 (10,8)	32,6 (8,7)	29,4 (10,3)	29,7 (7,7)	0,002	0,278	0,229
90%ile	32,1 (3,3)	32,0 (6,7)	27,0 (6,0)	26,9 (5,3)	32,3 (9,0)	40,5 (6,1)	37,0 (7,8)	35,0 (7,7)	0,000	0,100	0,140
95%ile - 5%ile	22,5 (5,2)	19,6 (10,2)	18,2 (5,2)	18,9 (7,4)	23,2 (5,7)	23,8 (7,9)	22,4 (4,9)	18,2 (7,8)	0,193	0,261	0,618
Adduction (+) / Abduction (-)											
10%ile	-8,7 (6,5)	-6,7 (5,5)	-11,9 (4,0)	-10,8 (5,2)	-13,8 (4,8)	-15,3 (5,6)	-15,0 (3,8)	-11,5 (4,9)	0,000	0,425	0,110
50%ile	-1,4 (6,0)	-1,1 (6,7)	-6,1 (3,7)	-4,7 (4,5)	-6,4 (5,6)	-7,4 (4,3)	-7,4 (4,2)	-4,3 (3,8)	0,009	0,297	0,132
90%ile	5,2 (6,1)	4,4 (7,3)	-0,7 (4,1)	1,5 (5,1)	0,9 (5,1)	-0,9 (4,7)	-1,1 (4,9)	1,9 (6,8)	0,064	0,190	0,317
95%ile - 5%ile	20,4 (5,6)	14,6 (6,6)	15,7 (6,0)	16,4 (6,9)	18,6 (3,8)	19,0 (4,0)	19,1 (4,7)	17,9 (8,2)	0,170	0,478	0,365

4. Valeurs moyennes (écart-type) obtenues pour les APDF des différents muscles (exprimées en % de la RVE) selon l'intervention reçue

		Aménagement standard				Aménagement surface unique				Effets principaux		
		Pré	Post1	Post2	Post3	Pré	Post1	Post2	Post3	Gr	Temps	Gr X T
Trapèze non-dominant	10°	3,1 (3,9)	2,0 (1,3)	1,8 (0,9)	3,2 (2,5)	3,6 (1,6)	4,3 (2,5)	4,3 (2,7)	5,0 (3,9)	0,007	0,634	0,665
	50°	10,6 (8,5)	7,9 (7,1)	9,6 (5,7)	9,5 (4,9)	15,8 (7,6)	12,5 (7,6)	12,6 (6,3)	13,5 (7,8)	0,015	0,643	0,969
	90°	30,5 (15,7)	25,1 (14,0)	28,6 (9,7)	28,4 (9,0)	37,9 (10,8)	34,8 (10,9)	36,1 (10,6)	37,1 (9,0)	0,003	0,731	0,989
Trapèze dominant	10°	4,7 (5,5)	2,4 (1,5)	3,7 (3,4)	2,4 (1,6)	5,7 (4,6)	5,8 (4,9)	8,0 (7,7)	6,7 (4,8)	0,005	0,702	0,699
	50°	12,8 (10,1)	9,3 (8,3)	12,2 (8,4)	10,7 (8,3)	15,8 (8,4)	16,1 (7,0)	19,9 (11,2)	18,6 (9,1)	0,003	0,713	0,816
	90°	33,8 (16,5)	27,8 (16,9)	30,5 (11,0)	26,1 (13,8)	36,7 (12,2)	39,2 (11,2)	41,9 (11,8)	42,9 (9,9)	0,000	0,925	0,406
Deltoïde antérieur	10°	3,8 (1,9)	4,0 (1,4)	2,9 (1,4)	2,8 (1,2)	3,6 (1,3)	3,9 (1,2)	4,5 (2,0)	4,1 (1,4)	0,062	0,811	0,162
	50°	8,0 (4,6)	5,6 (1,9)	4,8 (2,9)	5,9 (4,7)	7,5 (3,3)	6,5 (2,3)	8,0 (3,3)	6,5 (2,2)	0,160	0,353	0,364
	90°	31,0 (12,5)	25,5 (11,6)	22,4 (8,5)	24,4 (16,7)	29,2 (12,8)	26,5 (8,8)	29,0 (9,4)	26,6 (10,1)	0,451	0,545	0,712
Extenseur des doigts	10°	18,3 (7,7)	15,1 (9,0)	16,8 (6,6)	17,4 (9,3)	14,0 (7,9)	12,7 (5,5)	15,1 (6,3)	14,2 (4,4)	0,072	0,723	0,945
	50°	40,1 (8,7)	33,0 (13,4)	37,5 (9,0)	36,5 (11,0)	40,2 (9,7)	42,8 (19,1)	42,6 (12,7)	41,6 (13,7)	0,094	0,943	0,724
	90°	77,1 (20,8)	65,5 (20,0)	69,3 (16,8)	70,4 (16,6)	75,7 (17,6)	80,5 (39,7)	77,1 (30,1)	75,0 (24,3)	0,265	0,967	0,797

5. Valeurs moyennes (écart-type) obtenues pour les indices de variabilité de l'analyse de la variation d'exposition (SD -EVA) des différents muscles selon l'intervention reçue

		Aménagement standard				Aménagement surface unique				Effets principaux		
		Pré	Post1	Post2	Post3	Pré	Post1	Post2	Post3	Gr	Temps	Gr X T
Trapèze non-dominant	Intensité	17,3 (4,7)	17,8 (4,1)	15,8 (3,6)	17,1 (2,8)	16,1 (2,1)	17,7 (2,1)	17,3 (3,7)	17,3 (4,0)	0,912	0,713	0,698
	Durée	10,0 (3,8)	9,7 (4,1)	12,8 (1,3)	11,3 (2,4)	11,8 (3,7)	11,8 (3,4)	12,0 (3,3)	12,1 (3,4)	0,213	0,421	0,570
	Total	3,8 (0,8)	3,9 (0,6)	3,7 (0,6)	3,9 (0,5)	3,7 (0,5)	4,0 (0,6)	3,9 (0,7)	3,9 (0,5)	0,786	0,734	0,826
Trapèze dominant	Intensité	17,5 (3,4)	17,9 (4,2)	17,1 (2,4)	18,1 (4,2)	17,8 (3,9)	17,2 (4,1)	17,8 (4,3)	17,3 (3,7)	0,899	0,994	0,909
	Durée	12,4 (2,9)	10,0 (3,9)	11,2 (4,1)	11,6 (3,2)	12,4 (2,8)	13,2 (2,0)	13,8 (2,2)	13,3 (2,8)	0,006	0,719	0,358
	Total	3,9 (0,8)	3,7 (0,5)	3,8 (0,6)	4,0 (0,7)	4,0 (0,6)	3,9 (0,7)	4,1 (0,8)	4,1 (0,6)	0,371	0,836	0,967
Deltoïde antérieur	Intensité	20,0 (4,5)	24,6 (4,8)	23,9 (4,5)	24,1 (6,1)	20,5 (6,2)	23,2 (4,5)	21,0 (4,1)	23,0 (3,4)	0,272	0,095	0,761
	Durée	12,4 (3,8)	12,6 (3,6)	10,6 (3,1)	10,7 (2,4)	12,9 (4,2)	12,0 (3,9)	13,3 (3,3)	12,8 (2,5)	0,145	0,871	0,459
	Total	4,7 (0,8)	5,6 (1,1)	5,3 (0,9)	5,2 (1,2)	4,7 (1,0)	5,2 (0,9)	4,8 (0,8)	5,1 (0,7)	0,300	0,128	0,826
Extenseur des doigts	Intensité	19,5 (3,2)	18,4 (2,4)	19,4 (2,5)	19,4 (3,0)	18,3 (3,4)	18,5 (2,9)	19,1 (2,9)	19,4 (2,7)	0,613	0,744	0,889
	Durée	15,7 (1,5)	14,5 (3,5)	15,1 (1,3)	14,5 (1,9)	15,4 (2,3)	14,4 (1,7)	15,2 (2,1)	14,9 (2,0)	0,950	0,395	0,951
	Total	4,7 (0,5)	4,4 (0,7)	4,5 (0,5)	4,5 (0,6)	4,5 (0,7)	4,4 (0,6)	4,6 (0,6)	4,6 (0,6)	0,950	0,721	0,827

* Différence significative entre les deux groupes lors de la mesure de base (PRÉ). Établie selon un test-t (Wilcoxon Rank-Sum Test for Difference in Medians)

6. Valeurs moyennes (écart-type) obtenues pour les repos musculaire pour les différents muscles (seuil de repos fixé à 6Uv) selon l'intervention reçue

		Aménagement standard				Aménagement surface unique				Effets principaux		
		Pré	Post1	Post2	Post3	Pré	Post1	Post2	Post3	Gr	Temps	Gr X T
Trapèze non-dominant	n. de repos/min	7,5 (3,4)	8,1 (5,5)	6,8 (3,8)	6,6 (2,5)	7,7 (3,3)	7,9 (5,0)	8,4 (4,3)	5,8 (3,4)	0,818	0,578	0,834
	% total de repos	43,0 (27,1)	51,3 (21,0)	37,6 (16,7)	41,3 (20,0)	28,9 (19,0)	35,8 (27,1)	34,3 (24,4)	32,3 (26,8)	0,061	0,719	0,860
Trapèze dominant	n. de repos/min	7,2 (4,6)	8,2 (4,6)	7,3 (5,0)	7,3 (3,4)	7,4 (5,9)	6,4 (4,6)	5,3 (4,8)	5,0 (3,7)	0,176	0,790	0,835
	% total de repos	40,8 (29,6)	44,9 (29,9)	34,8 (23,6)	41,3 (28,6)	25,8 (21,7)	23,0 (24,3)	18,6 (19,2)	20,3 (21,2)	0,001	0,788	0,962
Deltoïde antérieur	n. de repos/min	12,8 (3,6)	9,8 (4,1)	10,7 (3,2)	10,1 (3,7)	14,1 (5,7)	13,6 (3,4)	15,4 (5,0)	13,5 (6,4)	0,003	0,568	0,729
	% total de repos	67,6 (17,2)	81,3 (9,0)	76,9 (14,9)	74,5 (21,2)	64,9 (19,1)	75,4 (14,0)	70,5 (16,1)	78,1 (10,4)	0,440	0,101	0,758
Extenseur des doigts	n. de repos/min	2,9 (1,2)	5,6 (3,5)	3,3 (2,6)	3,3 (1,8)	4,2 (1,5)	4,6 (1,8)	3,1 (1,5)	4,1 (2,8)	0,627	0,035	0,364
	% total de repos	6,2 (2,8)	15,0 (15,1)	7,8 (6,6)	8,2 (7,2)	10,9 (5,0)	12,6 (4,0)	7,8 (2,9)	10,5 (6,0)	0,459 *	0,033	0,395

* Différence significative entre les deux groupes lors de la mesure de base (PRÉ). Établie selon un test-t (Wilcoxon Rank-Sum Test for Difference in Medians)