

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC

**MÉMOIRE PRÉSENTÉ À
L'UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À TROIS-RIVIÈRES**

**COMME EXIGENCE PARTIELLE DE LA MAÎTRISE EN SCIENCES DE
L'ACTIVITÉ PHYSIQUE**

**PAR
DANIELLE BOUCHARD**

**Reproductibilité de la relation consommation d'oxygène - fréquence cardiaque à
différentes périodes de la journée.**

AVRIL 2005

Université du Québec à Trois-Rivières

Service de la bibliothèque

Avertissement

L'auteur de ce mémoire ou de cette thèse a autorisé l'Université du Québec à Trois-Rivières à diffuser, à des fins non lucratives, une copie de son mémoire ou de sa thèse.

Cette diffusion n'entraîne pas une renonciation de la part de l'auteur à ses droits de propriété intellectuelle, incluant le droit d'auteur, sur ce mémoire ou cette thèse. Notamment, la reproduction ou la publication de la totalité ou d'une partie importante de ce mémoire ou de cette thèse requiert son autorisation.

RÉSUMÉ

La relation entre la consommation d'oxygène ($\dot{V}O_2$) et la fréquence cardiaque (Fc) mesurée en laboratoire est couramment utilisée pour estimer la dépense énergétique d'un poste ou d'une tâche de travail. En déterminant cette relation en laboratoire sous forme d'une équation de régression, il est ensuite facile et peu coûteux de mesurer sur le terrain la fréquence cardiaque et de déduire par interpolation la valeur de la consommation d'oxygène. Malheureusement, la fréquence cardiaque est par la suite évaluée à des moments de la journée qui ne correspondent pas au moment où la relation $\dot{V}O_2 / Fc$ a été mesurée en laboratoire.

Comme l'évaluation de la dépense énergétique des postes de travail se fait pour l'instant sans prendre en considération le moment de la journée où la mesure est prise, on peut dès lors se demander s'il existe une différence dans la relation consommation d'oxygène/ fréquence cardiaque au cours de la journée de travail pour une tâche similaire. L'objectif principal de ce projet est de vérifier la fidélité de la relation $\dot{V}O_2 / Fc$ durant une journée de travail sachant que la dérive cardiovasculaire fait changer la fréquence cardiaque et la consommation d'oxygène même pour une tâche d'intensité similaire. Notre hypothèse est qu'une mesure de la relation $\dot{V}O_2 / Fc$ qui a été réalisée à un certain moment de la journée ne devrait pas être utilisée pour prédire la dépense énergétique à un autre moment que celui où la mesure de la relation $\dot{V}O_2 / Fc$ a été mesurée. Le présent projet s'intéresse donc à un problème de nature méthodologique et a des répercussions potentielles non seulement sur la recherche en ergonomie mais aussi sur les évaluations ergonomiques sur le terrain.

Cinquante - sept sujets divisés en plusieurs groupes selon le sexe, l'intensité (faible, modérée) et l'ambiance thermique (neutre, chaude) ont participé à l'étude. Les groupes étaient les suivants :

- | | |
|--------------------------|--------------------------|
| 1. Hommes Faible Neutre | 5. Hommes Faible Chaude |
| 2. Femmes Faible Neutre | 6. Femmes Faible Chaude |
| 3. Hommes Modérée Neutre | 7. Hommes Modérée Chaude |
| 4. Femmes Modérée Neutre | 8. Femmes Modérée Chaude |

L'intensité du poste de travail des sujets était confirmée après l'analyse de la moyenne de leur fréquence cardiaque durant la journée de travail. Pour être dans la catégorie modérée, la fréquence cardiaque moyenne de la journée de travail devait se situer à plus de 20% de la fréquence cardiaque de repos du sujet (Frimat , Chamoux, De Gaudemaris, Cantineau et Amphoux, 1989). Sous ce seuil, l'intensité de travail était considérée comme étant faible. Quant à l'ambiance thermique, les sujets devaient faire une moyenne de température perçue au travail. La catégorie ambiance neutre était occupée par des postes de travail ayant une température ressentie à environ ≤ 20 degrés Celcius. Chaque sujet s'est présenté trois fois au laboratoire, une première fois pour compléter les données anthropométriques et effectuer une période de familiarisation avec l'équipement, et à deux autres séances où les sujets se sont présentés avant et après une journée de travail. À chacune de ces deux présences, les sujets effectuaient un test sur tapis roulant afin de déterminer la relation $\dot{V}O_2 / Fc$ par mesure continue de la consommation d'oxygène et de la fréquence cardiaque. À chaque palier du test d'effort, la perception de l'effort était demandée au sujet. Durant la journée de travail séparant

les séances 2 et 3, les sujets portaient un cardiofréquencemètre à mémoire et un accéléromètre.

La comparaison des données entre le début et la fin de la journée de travail chez l'ensemble de la cohorte montre que la relation $\dot{V}O_2 / Fc$ ne varie pas de façon significative ($P > 0,05$), soit $1,91 \pm 0,59$ L/min pour avant le travail et $1,97 \pm 0,67$ L/min après le quart de travail à 150 battements par minute (bpm). Par contre, l'effort ressenti selon l'échelle de Borg ($4,14 \pm 1,45$ avant le travail vs $4,45 \pm 1,47$ après le quart de travail à 150 bpm) varie significativement et ce, surtout chez les femmes et les groupes qui exécutent une journée de travail à intensité modérée ($P < 0,05$).

Peu importe le groupe étudié, la température tympanique et le pourcentage d'hématocrite ont respectivement augmenté et diminué entre le début et la fin de la journée de travail. La différence la plus significative pour la température tympanique s'est manifestée chez les sujets avec travail d'intensité modérée. La diminution la plus significative du pourcentage d'hématocrite s'est présentée parmi les groupes qui travaillent en milieu chaud.

Cette étude montre donc que la relation $\dot{V}O_2 / Fc$ est assez robuste et résiste à une journée de travail en particulier à des fréquences cardiaques inférieures à 125 bpm. Au-delà, il peut dans certaines conditions y avoir une différence entre avant et après le travail suite à un même effort sur tapis roulant. Par exemple, le groupe faible-neutre hommes (Δ de 0,24 L/min à 125 bpm) et le groupe modéré-chaud-hommes (Δ de 0,34 L/min à 150 bpm) ont montré des différences significatives. Ces résultats indiquent donc que la dérive se fait ressentir peu aux intensités de travail retrouvées généralement en

milieu de travail mais que l'interpolation pour des valeurs de fréquences cardiaques de 125 bpm et plus peut induire une erreur d'estimation. Cette augmentation de la consommation d'oxygène pour les fréquences cardiaques supérieures à 125 bpm est parfois associée à une augmentation significative de la perception de l'effort (échelle de Borg) lors d'un effort standardisé après une journée de travail.

REMERCIEMENTS

J'aimerais profiter de ce moment pour exprimer ma reconnaissance et remercier sincèrement monsieur François Trudeau. Tout d'abord, pour le partage de ses connaissances multiples ainsi que son ouverture et sa flexibilité. Il m'a énormément fait confiance dans le processus de recherche, ce qui m'a apporté beaucoup d'expérience. M. Trudeau a été un modèle de conduite pour moi, et il m'a incitée à poursuivre mes études dans le domaine. Il a toujours été disponible et patient, malgré le fait que mes connaissances en recherche étaient limitées. Finalement, c'est aussi grâce à lui que j'ai pu terminer ce travail de maîtrise en si peu de temps. Je tiens aussi à remercier M. Louis Laurencelle qui m'a vraiment donné un bon soutien pour traiter mes données statistiques. Finalement je m'en voudrais de passer sous silence l'aide technique de M. Claude Brouillette au laboratoire. Ils m'ont tous encouragé à atteindre mes objectifs avec leur bonne humeur et leur attitude positive jour après jour.

Finalement, je tiens à remercier ma famille et mes amis, tout particulièrement mon père pour son support et sa confiance en moi et ma mère qui aurait été très fière de voir mon cheminement professionnel.

TABLE DES MATIÈRES

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| RÉSUMÉ | ii |
| REMERCIEMENTS | vi |
| TABLE DES MATIÈRES | vii |
| LISTE DES TABLEAUX..... | viii |
| LISTE DES FIGURES | ix |
| CHAPITRES | |
| I. INTRODUCTION | 1 |
| II. MÉTHODOLOGIE | 8 |
| III. RÉSULTATS | 16 |
| IV. DISCUSSION | 29 |
| V. CONCLUSION | 40 |
| RÉFÉRENCES | 42 |
| ANNEXE A : Questionnaire sur l'aptitude à l'activité physique | 46 |
| ANNEXE B : Questionnaire de participation à des activités physiques santé | 48 |
| ANNEXE C : Feuille de route des 3 séances au laboratoire | 50 |
| ANNEXE D : Différence de $\dot{V}O_2/Fc$ et variation de l'échelle de Borg pour chacun des 8 groupes | 53 |
| ANNEXE E : Corrélations (r) entre accélérations et fréquence cardiaque par minute pour chacun des sujets ($n = 57$) | 56 |
| ANNEXE F : Catégorisation des sujets selon le sexe, l'intensité de travail et l'ambiance thermique ($n = 57$) | 58 |

LISTE DES TABLEAUX

| Tableaux | Page |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 1. Données anthropométriques..... | 17 |
| 2. Variations du $\dot{V}O_2$ et de l'échelle de Borg entre avant et après le quart de travail pour chacun des groupes à 100-125-150 bpm | 23 |
| 3. Différence entre la température et le pourcentage d'hématocrite le matin vs le soir chez 3 catégories (sexe, intensité et milieu de travail) | 24 |
| 4. Corrélations (r) entre les comptes d'accélérations et la fréquence cardiaque par minute pour les différents regroupements de sujets | 25 |

LISTE DES FIGURES

| Figures | Page |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 1. Dérive cardiovasculaire | 4 |
| 2. Relation $\dot{V}O_2 / Fc$ après 20 et 32 semaines de gestation et 12 semaines post-partum | 5 |
| 3. Limite d'astreinte cardiaque utilisée pour déterminer l'intensité de travail ... | 11 |
| 4. Échelle de Borg | 14 |
| 5. $\dot{V}O_2$ (a) et perception de l'effort selon l'échelle de Borg (b) à 100-125-150 bpm avant vs après le quart de travail (n = 57) | 17 |
| 6. Relation $\dot{V}O_2/Fc$ chez les hommes (a) et les femmes (c) ainsi que la perception de l'effort correspondante (b-d) à 100-125-150 bpm avant vs après le quart de travail | 19 |
| 7. Relation $\dot{V}O_2 / Fc$ chez les groupes travaillant à une intensité faible (a) et à une intensité modérée (c) ainsi que la perception de l'effort correspondante (b-d) à 100-125-150 bpm avant vs après le quart de travail | 20 |
| 8. Relation $\dot{V}O_2 / Fc$ chez les sujets travaillant en ambiance neutre (a) et en ambiance chaude (c) et la perception de l'effort correspondante (b-d) à 100-125-150 bpm avant vs après le quart de travail. | 21 |
| 9. Fréquence cardiaque échantillonnée par heure (a) et par minute (b) de travail pour l'échantillon au complet (n = 57) | 26 |
| 10. Comptes d'accélérations par minute compilés par heure de travail pour échantillon au complet (n = 57). | 27 |

CHAPITRE I

INTRODUCTION

En milieu de travail, il est très important de quantifier l'effort exigé par le (la) travailleur(se) pour comprendre l'intensité d'un effort ou d'une tâche et aussi connaître les limites des travailleurs. La relation entre la fréquence cardiaque et la consommation d'oxygène mesurées en laboratoire est couramment utilisée pour estimer la dépense énergétique d'un poste ou d'une tâche de travail. En déterminant cette relation en laboratoire, sous forme d'une équation de régression, il est ensuite relativement facile et peu coûteux sur le terrain de mesurer la fréquence cardiaque et de prédire par interpolation la valeur de la consommation d'oxygène. Or, la dérive cardiovasculaire pourrait potentiellement altérer la prédiction de la dépense énergétique car elle provoque normalement une augmentation de la fréquence cardiaque et de la demande en oxygène de façon disproportionnée lors d'un effort à intensité constante (Ekelund et Holmgren, 1967). Pour l'instant, la mesure de la fréquence cardiaque au travail ne se fait pas nécessairement à un même moment de la journée pour chacun des postes évalués. Un tel décalage pourrait ainsi générer des erreurs dans l'interpolation de la dépense énergétique en milieu de travail.

Un problème courant avec cette approche donc, est l'absence de considération du phénomène de spécificité physiologique. Un exemple d'erreur de spécificité est qu'il arrive qu'une droite de régression soit déterminée dans une régression $\dot{V}O_2 / Fc$ bâtie avec un exercice utilisant majoritairement les jambes pour ensuite être utilisée pour évaluer un poste de travail employant plus ou moins le bas du corps (Aminoff,

Smolander, Korhonen et Louhevaara, 1999). Le travail effectué en laboratoire devrait donc simuler davantage la réalité du poste de travail car il existe des différences significatives dans les réponses cardiovasculaires selon l'intensité de la tâche entre les deux types de travail (Vokac, Bell, Bautz-Holter et Rodahl, 1995). Il faut prendre en considération que la position du corps (assis ou debout) n'influence normalement pas l'équation de régression entre le volume d'oxygène et la fréquence cardiaque durant un effort maximal (Ekelund et Holmgren, 1967). Cependant en milieu de travail l'intensité de travail est majoritairement de faible ou moyenne intensité. Un autre exemple de situation modifiant la circulation et affectant aussi la pente $\dot{V}O_2 / Fc$ à l'effort physique, est la grossesse (Figure 2). Certains auteurs ont déjà évalué les différents changements physiologiques lors d'une activité physique d'une durée de 60 minutes pour réaliser qu'il existe vraiment des changements physiologiques lors d'un travail d'intensité constante à des intensités de travail modérées à élevées (Ekelund et Holmgren, 1967; Lajoie, Laurencelle et Trudeau, 2000). Par contre, il existe très peu d'information sur l'existence du même phénomène sur une plus grande plage de temps, comme un quart de travail de huit heures. La dérive cardiovasculaire est définie de différentes façons mais selon Coyle et Gonzalez-Alonso (2001) c'est un phénomène où certains changements de réponses cardiovasculaires apparaissent à différents moments à partir d'environ 5-10 minutes d'exercice à intensité modérée (50-75% du $\dot{V}O_2$ max) dans une ambiance chaude ou neutre. La dérive cardiovasculaire est aussi caractérisée par une diminution progressive du volume d'éjection systolique et une augmentation de la fréquence cardiaque pour maintenir un débit cardiaque constant (Figure 1). Les causes de ce

phénomène restent à être pleinement expliquées. Selon Coyle (1998), une des raisons majeures de l'apparition de cette dérive est la déshydratation. De plus, il ajoute qu'il est évident que la dérive cardiovasculaire classique n'est pas due à l'augmentation du débit sanguin cutané. Par contre, selon Rowell (1986), la dérive cardiovasculaire serait la conséquence d'une augmentation progressive de la vasodilatation de la peau lorsque la température augmente.

La dérive cardiovasculaire est influencée par plusieurs facteurs, dont l'intensité de l'exercice, le stress, la déshydratation, la condition physique des sujets, la température ambiante et l'augmentation de l'activité du système nerveux sympathique par la fatigue (Coyle et Gonzalez-Alonso, 2001; Rowell, 1986). Ces facteurs peuvent agir de façon individuelle ou en interaction (Coyle, 1998). De plus, il a été démontré que la position orthostatique influence aussi la dérive due à une faible implication de la pompe musculaire, ce qui caractérise plusieurs types d'emplois comme les caissiers, les cuisiniers, les serveurs, etc. (Coyle et Gonzalez-Alonso, 2001; Rowell, 1986). En effet, l'absence de contraction musculaire provoque, en plus de la baisse de performance cardiaque, un pooling veineux, et un œdème des membres inférieurs qui génère aussi d'autres problèmes comme l'hypoxie, l'étirement des ligaments et le stress des disques intervertébraux surtout lorsque le travail est effectué debout (Messing et Kilbom, 2001).

La $\dot{V}O_2$ augmente graduellement aussi mais de façon moins marquée que la Fc, (9% pour la $\dot{V}O_2$ vs 11.25% pour la Fc sur une heure pour Lajoie et al. (2000) et 7.5% pour la $\dot{V}O_2$ et 15% Fc selon Ekelund et Holmgren (1967). La différence de variation entre la fréquence cardiaque la $\dot{V}O_2$ pourrait donc amener un changement de pente dans

la droite de régression $\dot{V}O_2 / Fc$. Ce changement dans la proportionnalité de la relation entre la consommation d'oxygène et la fréquence cardiaque peut potentiellement nuire à la validité de l'estimation des charges de travail. De plus, la dérive cardiovasculaire pourrait expliquer que certaines tâches de travail de même intensité seront de moins en moins bien supportées à mesure que la journée progresse.

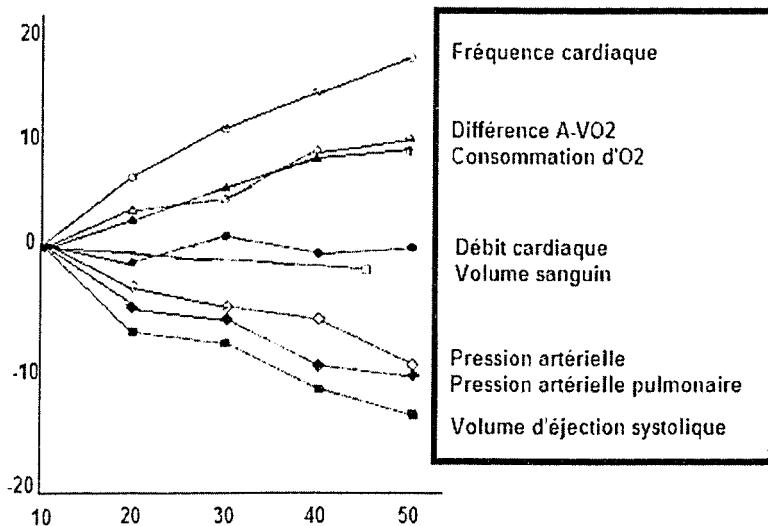


Figure 1. Dérive cardiovasculaire (Tiré de Ekelund et Holmgren, 1967).

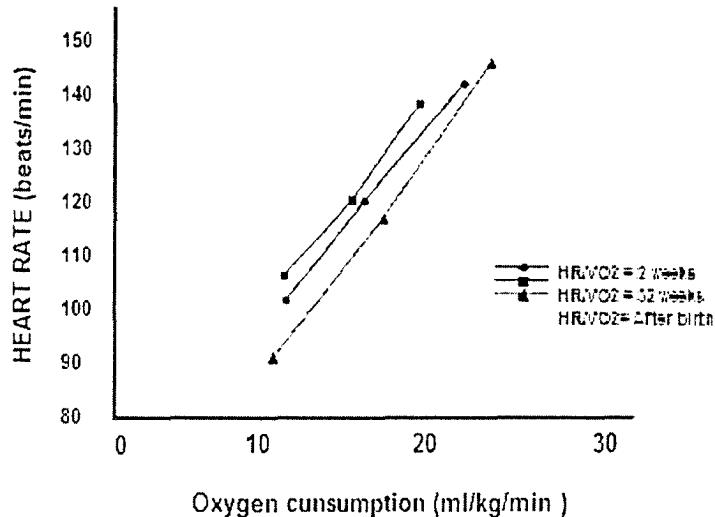


Figure 2. $\dot{V}O_2 / Fc$ après 20 et 32 semaines de gestation et 12 semaines post-partum (Tiré de Pivarnik, Stein et Rivera, 2002).

L'augmentation de la fréquence cardiaque consécutive à la dérive cardiovasculaire s'avère être une réponse qui augmente le stress physiologique (Coyle et Gonzalez-Alonso, 2001). Suite à un stress physiologique devenant plus élevé, le travailleur est obligé de trouver des stratégies (consciemment ou non) pour continuer la tâche de façon acceptable: 1) en modifiant sa technique de travail (i.e. des compensations avec d'autres groupes musculaires) ou 2) en diminuant le pourcentage attribué à certains aspects de la tâche (Messing, Doniol-Shaw et Haentjens, 1993). D'autre part, l'augmentation de la consommation d'oxygène observée durant la dérive cardiovasculaire semble être attribuable à un recrutement moins important des fibres musculaires lentes devenues fatiguées et à une augmentation du recrutement des fibres

rapides moins efficaces et qui nécessitent plus d'oxygène pour réaliser le même travail (Reggiani, Bottinelli et Stienen, 2000). Ainsi, il peut être inapproprié d'utiliser une variable mesurée chez une personne avant la journée de travail et de l'interpoler chez la même personne qui se fatigue au cours de la journée suite à de telles modifications cardiovasculaires et neuromusculaires.

Problématique

L'estimation de la dépense énergétique chez les travailleurs et travailleuses impliquées dans un poste de travail est cruciale dans l'évaluation des exigences de la tâche. L'ergonome peut utiliser des tables de coûts énergétiques pour estimer la dépense d'énergie. Par contre, les coûts énergétiques indiqués dans ces tables ont d'abord été obtenus à partir d'une mesure directe de consommation d'oxygène ou par l'interpolation à partir de la fréquence cardiaque sur une courbe $\dot{V}O_2 / Fc$. Cette dernière méthode présente l'avantage de ne pas nécessiter l'utilisation d'appareils coûteux (e.g. analyseur métabolique) et encombrants lors de l'analyse d'un poste de travail. Cependant, l'utilisation de cette relation physiologique ($\dot{V}O_2 / Fc$) afin d'interpoler les valeurs de consommation d'oxygène à partir de la fréquence cardiaque est régie par le principe de spécificité physiologique pour en assurer la validité. Par exemple, il serait erroné de mesurer la relation $\dot{V}O_2 / Fc$ obtenue en laboratoire lors d'un exercice avec les jambes afin d'estimer une tâche de travail réalisée avec les bras sur le terrain. Malheureusement, de telles erreurs sont souvent observées dans la littérature scientifique et dans la pratique. De même, nous croyons qu'une mesure de la relation $\dot{V}O_2 / Fc$ qui a été

réalisée à un certain moment de la journée ne devrait pas être utilisée pour prédire la dépense énergétique à un autre moment que celui où la mesure de la relation $\dot{V}O_2 / Fc$ a été faite, sinon des erreurs de surestimation ou de sous-estimation de la dépense énergétique risquent de se produire. L'objectif principal de ce projet est de vérifier la fidélité de la relation $\dot{V}O_2 / Fc$ durant une journée de travail, sachant que la dérive cardiovasculaire fait changer la fréquence cardiaque et la consommation d'oxygène même pour une tâche d'intensité similaire. Le présent projet s'intéresse à un problème de nature méthodologique et a donc des répercussions potentielles non seulement sur la recherche en ergonomie mais aussi sur les évaluations ergonomiques sur le terrain.

Hypothèses

Le projet comprend une hypothèse principale qui affirme que la dérive cardiovasculaire cause une distorsion de la relation $\dot{V}O_2 / Fc$ à mesure que la journée de travail avance, car la fréquence cardiaque augmente dans une plus forte proportion que la consommation d'oxygène pour réaliser une même tâche. Par conséquent, la pente de la relation $\dot{V}O_2 / Fc$ variera, induisant ainsi une erreur d'interpolation de la dépense énergétique si cette dernière est effectuée à l'aide d'une pente $\dot{V}O_2 / Fc$ prise à un autre moment de la journée. Ainsi, l'impact de la dérive cardiovasculaire sur la relation $\dot{V}O_2 / Fc$ pourrait être différent:

- A. chez les femmes et les hommes,
- B. dans une ambiance chaude ou neutre ou
- C. pour une intensité de travail plus ou moins élevée.

CHAPITRE II

MÉTHODOLOGIE

Sujets

Les sujets étaient des travailleurs et travailleuses qui ont été recrutés selon quatre types d'occupation catégorisés à l'aide des tables d'Ainsworth, Haskell, Leon, Jacobs, Montoye, Sallis, et Paffenbarger (1993) :

- 1) dépense énergétique légère avec ambiance neutre (e.g. travail de bureau, ambiance climatisée, enseignement...), ($\text{♀}=7, \text{♂}=7$).
- 2) dépense énergétique modérée avec ambiance neutre, (e.g. manutentionnaire d'entrepôt climatisé, entretien ménager, caissier, serveur...), ($\text{♀}=7, \text{♂}=7$).
- 3) dépense énergétique légère avec ambiance chaude, (e.g. supervision de machine, travailleur en usine, sauveteur...), ($\text{♀}=7, \text{♂}=8$).
- 4) dépense énergétique modérée avec ambiance chaude, (e.g. travail en buanderie ou plongeur dans une cafétéria, cuisinier...), ($\text{♀}=7, \text{♂}=7$).

Une liste des emplois occupés par les sujets des différents groupes est disponible à l'annexe F.

Un minimum de 14 travailleurs était requis dans chacune des catégories (50% femmes : 50% hommes). Finalement, 57 sujets ont été évalués. La catégorisation des groupes s'est faite comme suit :

A) Intensité de l'occupation :

L'intensité du poste de travail des sujets était confirmée après l'analyse de la moyenne de leur fréquence cardiaque durant la journée de travail. Pour être dans la catégorie modérée, la fréquence cardiaque moyenne de la journée de travail devait se situer au dessus de 20% de la fréquence cardiaque de repos du sujet (Frimat, Chamoux, De Gaudemaris, Cantineau et Amphoux, 1989). Sous ce seuil, l'intensité de travail était considérée comme légère.

B) L'ambiance thermique du milieu de travail :

Les sujets devaient faire une moyenne de température perçue au travail. Par exemple, des sauveteurs durant une journée chaude ou un cuisinier pouvaient indiquer que la température (sans mesure) était chaude (caractérisée par une sueur sans effort). La catégorie ambiance neutre était occupée par des postes de travail ayant une température ressentie à environ ≤ 20 degrés Celsius. L'évaluation de l'ambiance thermique était donc subjective. Les sujets devaient présenter une bonne santé en général. L'âge des sujets dans les différents groupes a aussi été contrôlé pour minimiser le changement entre les fréquences cardiaques maximales théoriques des différents groupes étudiés. L'état de santé a été évalué à l'aide : 1) de la Fc de repos (< 100 bpm), 2) de pression artérielle de repos (< 144 et 94) et 3) du QAAP sans réponse positive (Annexe A). Pour participer à notre projet, les sujets devaient avoir des quarts de travail préféablement d'une durée de 8 à 10 heures.

Un certificat d'approbation avait été préalablement émis par le Comité de déontologie de la recherche humaine de l'Université du Québec à Trois-Rivières.

Chaque sujet a dû se présenter trois fois au laboratoire. Voir l'annexe C pour des détails sur le déroulement des séances au laboratoire.

Description des tests et des mesures

Mesure de la consommation d'oxygène. Les gaz expirés ont été analysés avec un analyseur métabolique (Ventura, CA). L'appareil a été calibré avant chaque utilisation.

Mesure de la fréquence cardiaque. Durant le test aérobie sur le tapis roulant, la fréquence cardiaque a été enregistrée à l'aide d'une ceinture de transmission Polar couplée à un récepteur connecté au système d'acquisition de données. Un cardio-fréquencemètre à mémoire (Polar S810 i, Finlande) a été utilisé simultanément afin de valider les mesures de fréquence cardiaque. Le même cardio-fréquencemètre était porté tout au long de la journée suite à la séance 2 au laboratoire et jusqu'au retour du sujet après la journée de travail. Pour évaluer l'intensité de travail des sujets, la table d'intensité de travail (Frimat et al., 1989) a été utilisée (Figure 3).

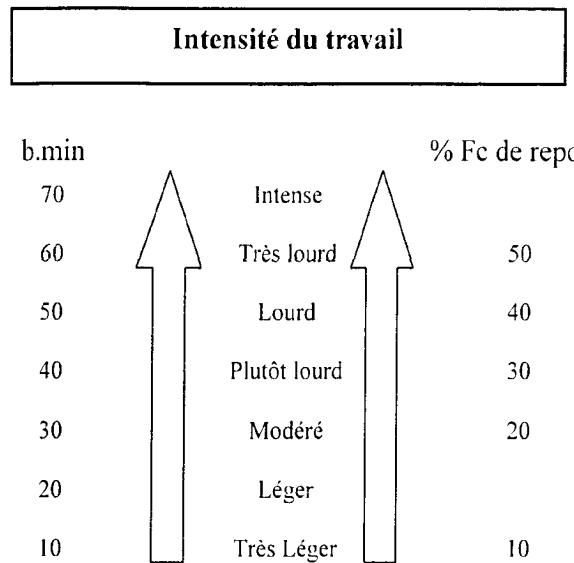


Figure 3. Limite d'astreinte cardiaque utilisée pour déterminer l'intensité de travail (Frimat et coll., 1989).

Pression artérielle. Au début de chacune des séances, la pression artérielle a été mesurée au repos à l'aide d'un sphygmomanomètre (Tycos Healthometer, USA) pour s'assurer qu'elle était de 145 et 95 mm Hg ou moins, sinon l'évaluation était interrompue et le sujet était fortement recommandé de prendre un rendez-vous avec son médecin.

Fréquence cardiaque au repos et à l'exercice. Au début de chacune des séances, une mesure de la fréquence cardiaque de repos a été prise pour s'assurer qu'elle se situait sous 100 bpm (méthode suggérée par la Société canadienne de physiologie de l'exercice (SCPE). Par la suite, tel que mentionné plus haut, la fréquence cardiaque était

mesurée continuellement lors du travail (1 mesure par minute) avec un cardiofréquencemètre entre les séances 2 et 3 (Polar S810 i, Finlande).

Mesures anthropométriques.

Ces mesures ont été réalisées selon les directives de la SCPE (1996). Le poids des sujets a été mesuré avec une balance à fléau (Detecto-medic. Detecto Scales Inc. Brooklyn, N.Y., USA). Le sujet devait se tenir debout et immobile au centre de la plate-forme de la balance. Le poids a été enregistré aux 100g près. Un stadiomètre a été utilisé pour mesurer la taille des sujets (Healthometer, Bridgeview, IL). Ces derniers se tenaient debout sans chaussure, les pieds joints, avec le dos et les talons touchant au mur. Un ruban à mesurer a été utilisé pour faire la mesure du tour de taille des sujets. Finalement, toutes les mesures de plis cutanés ont été prises sur le côté droit du corps suivant la méthode suggérée par la SCPE (1996) avec une pince adipométrique de type Harpenden (John Bull, England).

Q-AAP. À la première séance, le questionnaire sur l'aptitude à l'activité physique a été administré selon l'algorithme de la SCPE (Annexe A).

Questionnaire sur le niveau de participation aux activités physiques. Pendant la séance 1, les sujets ont rempli le questionnaire de participation à des activités physiques (Annexe B) pour aider à déterminer le choix du protocole (pour sujet actif ou sédentaire) sur tapis roulant. Pour évaluer la fréquence d'activité physique, un pointage de 3 était accordé à ceux qui répondaient plus de 3 fois par semaine, 2 pour ceux qui répondaient 1-2 fois par semaine et 1 pour ceux qui répondaient rarement ou jamais.

Température tympanique. La température tympanique a été prise à l'aide d'un thermomètre électronique (Thermoscan, Braun) aux séances 2 et 3 après 15 minutes en position assise.

Mesure de l'hématocrite. La mesure du taux de globules rouges dans le sang a été prise avant le test sur tapis roulant, aux séances 2 et 3 après 15 minutes en position assise, pour avoir un indice de déshydratation des sujets après une journée de travail (Micro-Capillary Centrifuge model MB, Needhom HTS, USA).

Accéléromètre. Les sujets ont porté un accéléromètre (Actigraph, MTI Health, Health Services) à la ceinture en même temps que le cardio-fréquencemètre durant la journée de travail (entre les séances 2 et 3) pour estimer la quantité de mouvements effectués durant une période donnée. Un accéléromètre uniaxial ActiGraph (Actigraph, MTI Health, Health Services) a été utilisé pour analyser les comptes par minute chez les différents sujets dans leur milieu de travail. Ce petit instrument détecte les accélérations entre 0.05 g à 2 g en omettant les autres mouvements détectés comme les vibrations (Bassett, Ainsworth, Swartz et al., 2000). Le signal de l'accéléromètre est filtré et numérisé à un taux de 10 échantillons par seconde en enregistrant 1 donnée par minute (Tryon et Williams, 1996). Les données de l'Actigraph sont interprétées en comptes par minute et ont démontré des résultats fiables et valides pour l'évaluation des comportements actifs (Welk, Blair, Wood et al., 2000).

Perception subjective de l'effort. Les sujets ont été interrogés sur la perception de l'effort après chacun des 3 paliers d'exercices, avant et après la fin de la journée. L'échelle utilisée a été le CR 10 (Figure 4).

Horaire particulier. La prise des mesures a compliqué par les horaires de travail très variables des sujets. L'évaluateur a dû aller au laboratoire au cours de la nuit, les fins de semaine et ce à plusieurs reprises.

| |
|------------------------|
| Extrêmement dur |
| 10 |
| 9 |
| 8 |
| Très dur |
| 7 |
| 6 |
| Dur |
| 5 |
| Un peu dur |
| 4 |
| Modéré |
| 3 |
| Léger |
| 2 |
| Très léger |
| 1 |
| Très très léger |
| 0,5 |
| Rien |
| 0 |

Figure 4. Échelle de Borg (Phan Chan The, Meyer et Smolik, 2003).

Analyse statistique

Les données furent exprimées sous forme de moyenne \pm écart-type ($M \pm ET$). Les différences entre les moyennes des consommations d'oxygène, des fréquences cardiaques, de l'hématocrite, de la pression artérielle de repos et à l'exercice, de la perception de l'effort (échelle de Borg) et des pentes de la relation $\dot{V}O_2 / Fc$ obtenues lors des 2^{ième} et 3^{ième} séances seront comparées avec le test de Student (test-t).

Plusieurs tests de corrélation ont été effectués entre les données anthropométriques et la différence de consommation d'oxygène pour mieux expliquer les résultats. Pour vérifier les différentes variations possibles entre les fréquences cardiaques et les comptes d'accélérations par minute entre les groupes, des analyses de variances ont été effectuées. Finalement, pour évaluer les différences de fréquences cardiaques ou les vecteurs d'activité par minute entre les heures de travail, l'utilisation d'une analyse de variance et de tests de dominance relative ont été faits. Les résultats ont été considérés comme statistiquement significatifs au seuil de 5%. Les résultats ont été majoritairement analysés avec pour référence les tables de statistiques Laurencelle et Dupuis (2000).

CHAPITRE III

RÉSULTATS

Données descriptives

Le tableau 1 révèle que les huit groupes étaient relativement semblables tant chez les femmes que chez les hommes, sauf le groupe d'hommes dit modéré neutre, qui étaient plus âgés, avaient un tour de taille plus grand et étaient aussi moins actifs. Des corrélations ont été effectuées entre l'âge, l'IMC, le tour de taille, la fréquence d'activité physique et le % de graisse et aucun de ces paramètres n'affecte pas la fiabilité de la courbe $\dot{V}O_2 / Fc$ entre le début et la fin du quart de travail.

Relation $\dot{V}O_2 / Fc$

La $\dot{V}O_2$ tend à être plus élevée après une journée de travail aux fréquences cardiaques de 125 et 150 battements par minute (bpm) mais de façon non significative lorsque analysée chez tous les sujets (Figure 6 a). Pour ce qui est de la perception de l'effort selon l'échelle de Borg, il existe une différence significative entre le début et la fin de la journée à une fréquence cardiaque de 150 bpm ($P < 0.05$). C'est-à-dire que pour une même fréquence cardiaque sur tapis roulant, les individus perçoivent l'effort comme plus intense à une Fc de 150 bpm mais pas entre 100 et 125 bpm. Lorsqu'on regarde de façon plus spécifique les relations $\dot{V}O_2 / Fc$ et échelle de Borg / Fc selon le sexe, le milieu ou l'intensité de travail, on remarque dans certains groupes des différences entre le début et la fin de la journée selon le groupe.

Tableau 1
Données anthropométriques

| GROUPE | Age (ans) | IMC | Tour de taille (cm) | Fréquence AP/sem | Graisse (%) |
|-----------------------------|-----------|-----------|---------------------|------------------|-------------|
| Faible-Neutre Hommes | 26±2 | 23,99±2,4 | 81,96±5,91 | 0,95 | 13±4 % |
| Faible Neutre Femmes | 27±8,5 | 23,45±4,4 | 74,36±6,91 | 0,9 | 24±8% |
| Modéré-Neutre Hommes | 34±10 | 28,26±5,9 | 98,29±18,50 | 0,57 | 21±9 % |
| Modéré-Neutre Femmes | 25±1 | 26,03±5,9 | 79,71±13,87 | 0,95 | 27±8 % |
| Faible-Chaud Hommes | 24±8 | 26,18±2,2 | 89±10,50 | 0,92 | 16±5 % |
| Faible-Chaud Femmes | 27±5 | 27,75±7,5 | 81,57±15,36 | 0,71 | 29±10% |
| Modéré-Chaud Hommes | 25±7 | 25,62±3,9 | 86,43±8,75 | 0,76 | 15±6 % |
| Modéré-Chaud Femmes | 28±6 | 24,69±8,7 | 78,43±18,16 | 0,71 | 23±12 % |

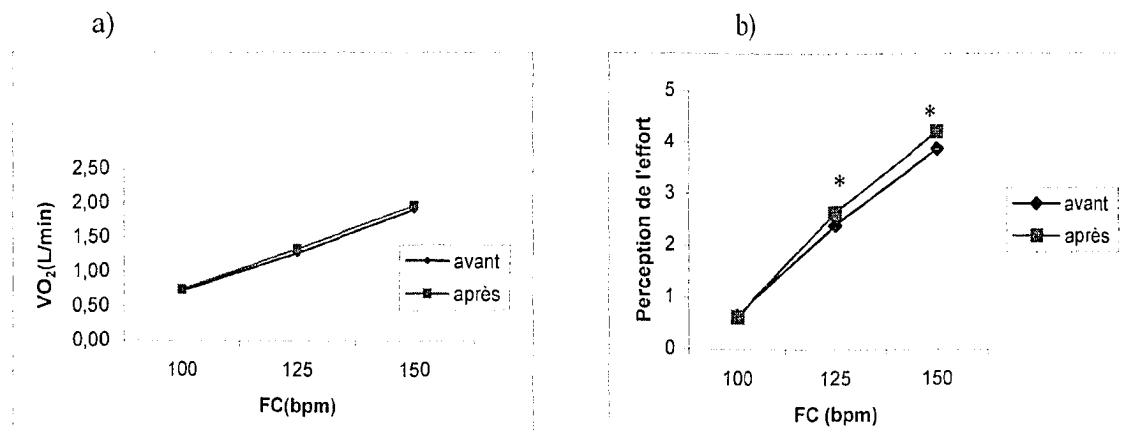


Figure 5. $\dot{V}O_2$ (a) et perception de l'effort selon l'échelle de Borg (b) à 100-125-150 bpm avant vs après le quart de travail (n = 57).

Sexe

Lors de l'analyse entre les deux sexes, on remarque des différences significatives dans la perception de l'effort. La perception de l'effort chez les femmes (Figure 6d) est généralement plus élevée après le quart de travail à 125 et 150 bpm ($P < 0.05$). La seule différence significative dans l'analyse de la consommation d'oxygène entre avant et après le quart de travail se retrouve chez les hommes à la fréquence cardiaque 125 bpm ($P < 0.05$) (Figure 6a).

Intensité de travail (faible et modérée)

Lorsqu'on divise les sujets selon l'intensité (faible vs modérée) du travail, on voit que pour toutes les fréquences cardiaques étudiées la différence de $\dot{V}O_2$ n'est pas significative entre avant et après le quart de travail. Par contre, dans le cas de l'échelle de Borg, il existe une différence significative pour les fréquences cardiaques de 125 bpm ($P < 0.05$) et 150 bpm ($P < 0.01$) lorsque la journée de travail s'est déroulée à intensité modérée (Figure 7).

Ambiance thermique du travail (neutre et chaude)

Une analyse des relations $\dot{V}O_2 / Fc$ et perception de l'effort / Fc a aussi été effectuée en fonction de l'ambiance thermique (neutre vs chaud) du milieu dans lequel s'est déroulé le quart de travail. La relation $\dot{V}O_2 / Fc$ n'a pas changé significativement suite à une journée de travail selon l'ambiance thermique dans laquelle les sujets travaillaient. Cependant, on remarque que la perception de l'effort varie de façon significative pour les sujets travaillant en milieu chaud mais seulement à une Fc de 150 bpm (Figure 8).

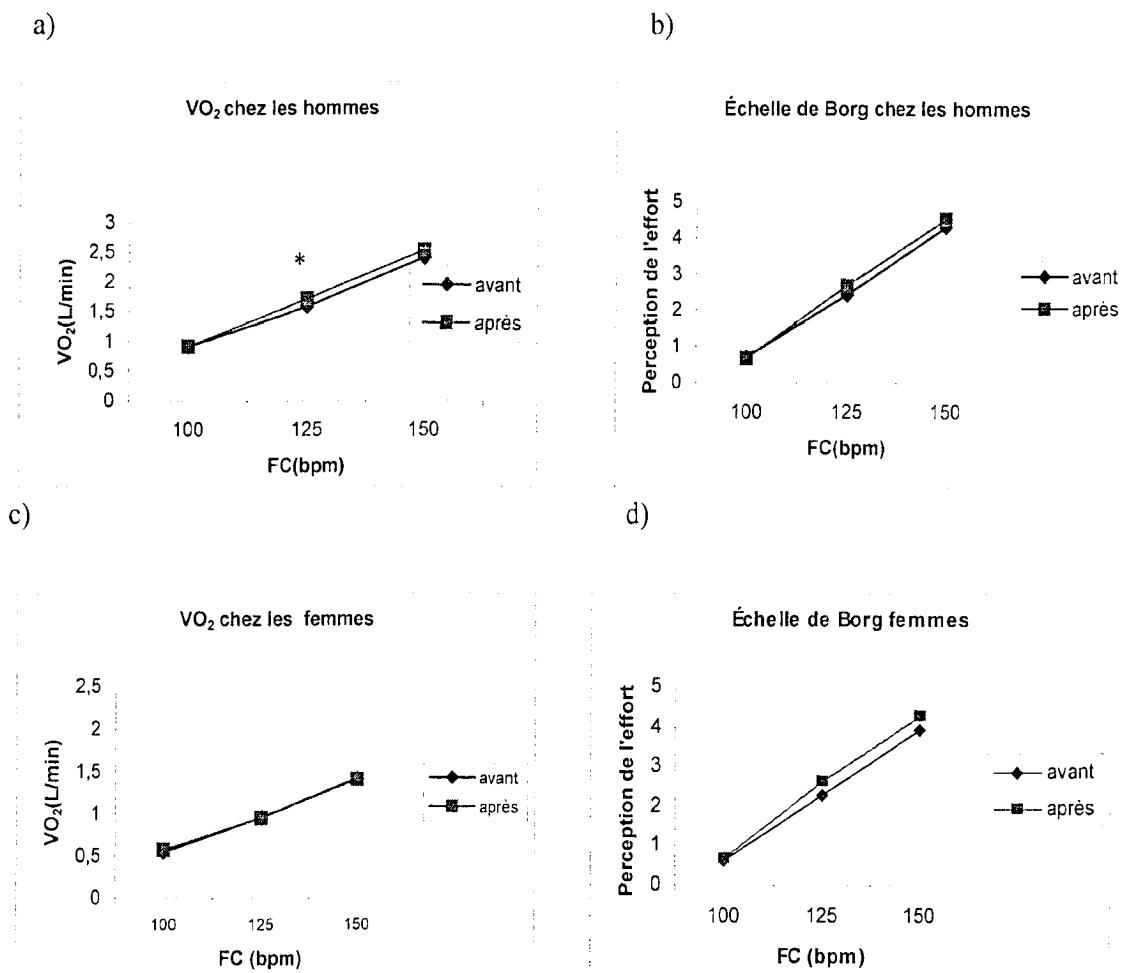


Figure 6. Relation $\dot{V}O_2/Fc$ chez les hommes (a) et les femmes (c) ainsi que la perception de l'effort correspondante (b-d) à 100-125-150 bpm avant vs après le quart de travail.

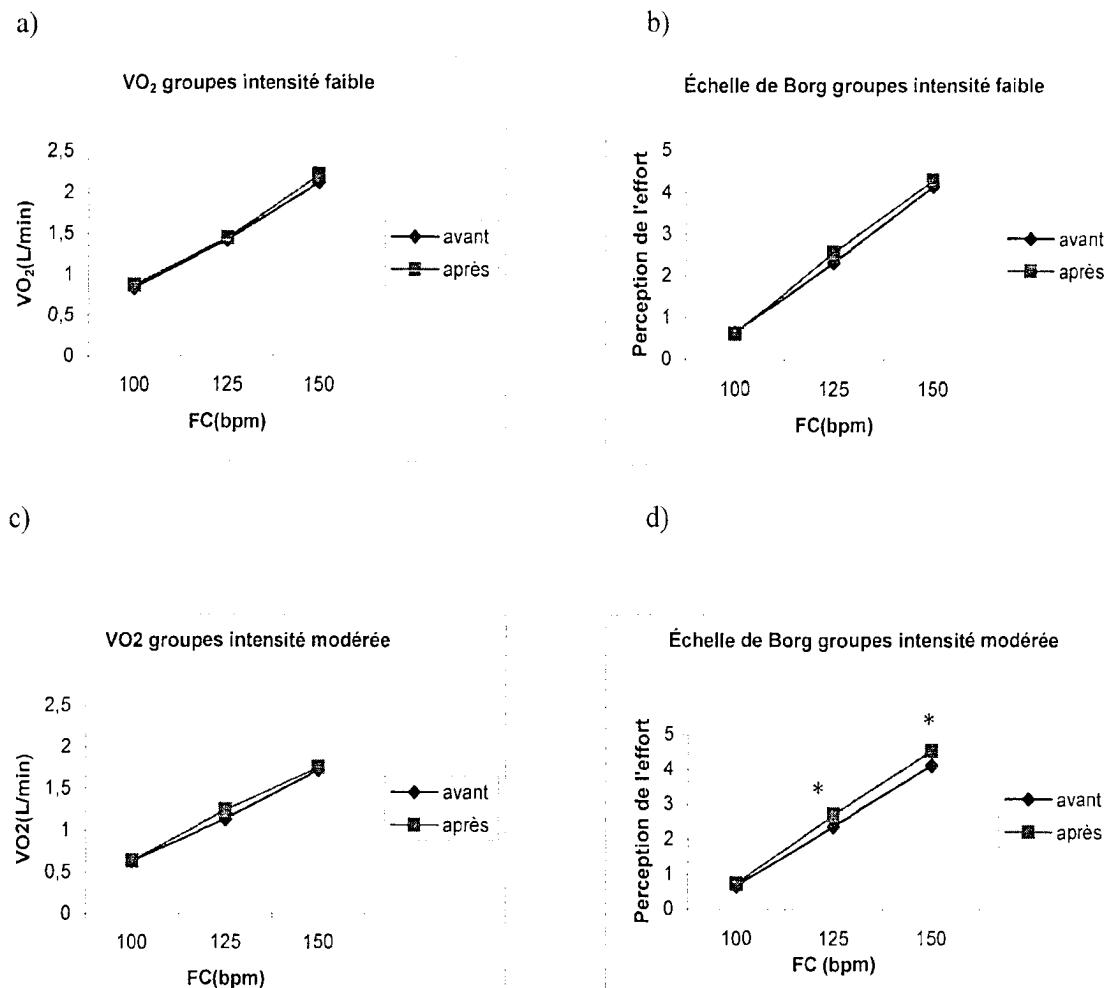


Figure 7. Relation $\dot{V}O_2 / Fc$ chez les groupes travaillant à une intensité faible (a) et à une intensité modérée (c) ainsi que la perception de l'effort correspondante (b-d) à 100-125-150 bpm avant vs après le quart de travail.

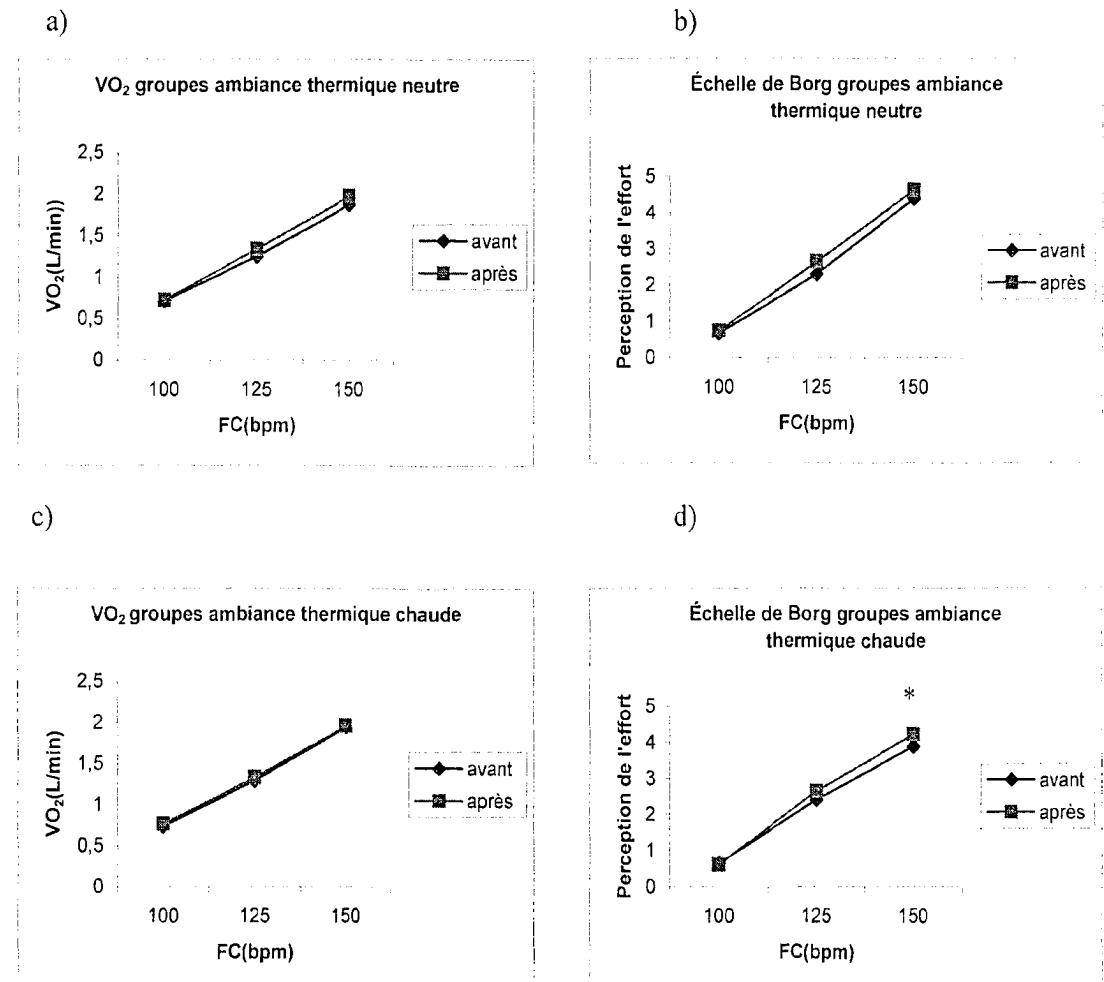


Figure 8. Relation $\dot{V}O_2 / Fc$ chez les sujets travaillant en ambiance neutre (a) et en ambiance chaude (c) et la perception de l'effort correspondante (b-d) à 100-125-150 bpm, avant vs après le quart de travail.

Finalement, le changement potentiel de la relation $\dot{V}O_2 / Fc$ a été analysé dans chacun des huit sous-groupes. Comme expliqué plus haut, il est possible de voir un changement de la relation $\dot{V}O_2 / Fc$ entre le début et la fin de la journée mais

habituellement non significative. Cependant on remarque souvent une perception de l'effort différente selon le groupe (Tableau 2).

Autres influences sur la fiabilité de la courbe $\dot{V}O_2 / Fc$

Parmi les mesures effectuées avant et après la période de travail, deux d'entre elles ont varié significativement: 1) la température tympanique, 2) le pourcentage d'hématocrite (hct). La température tympanique (T°) augmente à la suite d'une journée de travail et ce peu importe l'analyse effectuée (sous-groupes ou tous les sujets). Le tableau 3 montre les différences entre la mesure de la température tympanique et du pourcentage d'hématocrite avant et après la journée de travail, selon la catégorie. Lorsqu'on regarde le tableau 3, il est possible de voir que les différences entre avant et après le quart de travail ne sont pas énormes mais constantes. Les différences les plus significatives au niveau de la température tympanique se retrouvent chez les groupes en ambiance chaude et chez les groupes travaillant à faible intensité. Du coté du % d'hématocrite le changement le plus marqué se retrouve dans le groupe travaillant à intensité modérée.

Tableau 2

Variations du $\dot{V}O_2$ et de l'échelle de Borg entre avant et après le quart de travail pour chacun des groupes à 100-125-150 bpm (Voir Annexe D sous forme de figures).

| GROUPE | $\dot{V}O_2$ (après vs avant) | | | BORG (après vs avant) | | |
|---------------------------------|---------------------------------------------------------|------------|------------|------------------------------------|------------|------------|
| | 100 | 125 | 150 | 100 | 125 | 150 |
| Faible-Neutre Hommes | -0.01 | 0.24* | 0.29* | -0.23 | 0.65 | -0.18 |
| Faible Neutre Femmes | 0.03 | 0.02 | -0.11 | -0.14 | 0.25 | -0.12 |
| Modéré-Neutre Hommes | -0.05 | 0.07 | 0.24 | 0.31 | 0.07 | 0.47 |
| Modéré-Neutre Femmes | 0.06 | 0.01 | 0.01 | 0.32 | 0.36 | 0.76* |
| Faible-Chaud Hommes | 0.11 | -0.13 | 0.10 | 0.02 | 0.05 | 0.21 |
| Faible-Chaud Femmes | 0.00 | -0.05 | 0.08 | 0.24 | 0.00 | 0.65* |
| Modéré-Chaud Hommes | -0.03 | 0.34* | -0.13 | -0.23 | 0.23 | 0.38 |
| Modéré- Chaud-Femmes | 0.04 | -0.01 | 0.01 | -0.14 | 0.68* | 0.04 |

*P< 0.05

Un test de Student (t) a été effectué pour déterminer la différence entre avant et après le quart de travail pour chacun des sous-groupes (8). Par exemple, si un sujet avait en moyenne 2,5 L/min de consommation d' O_2 à 125 bpm et 3 L/min après le quart de travail : $3 - 2,5 = 0,5$ L/min de différence. La significativité était par la suite mesurée à l'aide des tables statistiques de Laurencelle et Dupuis, 2000.

Tableau 3

Différence entre la température tympanique et le pourcentage d'hématocrite entre la mesure avant et après le quart de travail selon trois catégories de sujets

| | T° avant | T° après | Student(t) | % hct avant | % hct après | Student (t) |
|------------------|--------------|--------------|------------|--------------|--------------|-------------|
| SEXÉ | | | | | | |
| Femmes | 36.45 ± 0.53 | 36.67 ± 0.52 | 2.24 | 39.41 ± 2.61 | 38.67 ± 3.01 | 1.18 |
| Hommes | 36.08 ± 0.63 | 36.32 ± 0.96 | 1.99 | 43.17 ± 3.12 | 42.08 ± 3.73 | 1.59 |
| AMBIANCE | | | | | | |
| Neutre | 36.08 ± 0.54 | 36.29 ± 0.75 | 1.72 | 41.50 ± 3.17 | 41.01 ± 3.27 | 0.72 |
| Chaud | 36.45 ± 0.62 | 36.70 ± 0.78 | 2.48* | 41.07 ± 3.69 | 39.74 ± 4.18 | 2.12 |
| INTENSITÉ | | | | | | |
| Faible | 36.45 ± 0.63 | 36.59 ± 0.87 | 3.57** | 41.28 ± 3.14 | 40.75 ± 4.22 | 0.76 |
| Modérée | 36.33 ± 0.59 | 36.40 ± 0.69 | 0.63 | 41.31 ± 3.74 | 40.01 ± 3.29 | 2.19* |

* P< 0.05

** P< 0.01

Pendant la journée de travail, les sujets devaient porter un cardio-fréquencemètre ainsi qu'un accéléromètre pour vérifier : 1) l'intensité de travail et 2) s'il existe une relation entre les comptes d'accélérations par minute et la fréquence cardiaque. Lors de l'évaluation de la corrélation entre les comptes d'accélérations par minute et la Fc sujet par sujet, la relation était positive pour la plupart des sujets, voir modérément forte ($r > 0,50$) pour 22 % d'entre eux (voir Annexe E). Lorsque cette corrélation (comptes d'accélérations par minute et Fc par minute) est évaluée par sous-groupes, elle atteint le seuil de signification dans tous les cas (Tableau 4). Par contre, si on évalue les résultats grâce à la moyenne par heure, la corrélation entre la Fc et le nombre de comptes d'accélérations par minute (comptes / min) devient non significative ($r = -0.03$).

Tableau 4

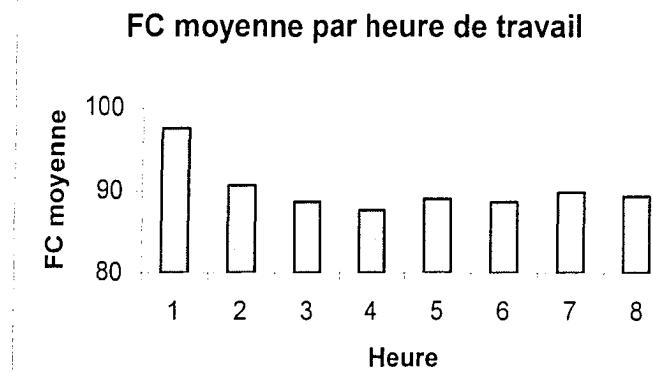
Corrélations (r) moyennes par sujet entre les comptes d'accélérations par minute et la fréquence cardiaque pour différents regroupements de sujets

| | Corrélations moyennes(r) | N > 0 |
|------------------|------------------------------|-------|
| SEXÉ | | |
| Femmes | 0,40 | 20* |
| Hommes | 0,93 | 25* |
| AMBIANCE | | |
| Neutre | 0,68 | 22* |
| Chaud | 0,26 | 24* |
| INTENSITÉ | | |
| Faible | 0,47 | 22* |
| Modérée | 0,37 | 25* |

*P< 0,01

L'analyse de corrélation a été effectuée par sujet et ensuite transférée par sous-groupes. Pour déterminer la significativité, un test de distribution binomial a été fait. Les valeurs de corrélations par individu sont présentées à l'annexe E. L'analyse de la fréquence cardiaque moyenne par heure avec tout les groupes (57 sujets) montre que la Fc est plus élevée durant la première heure de travail et ce peu importe la catégorie analysée (sexé, intensité et ambiance thermique). Ainsi, 6 des 8 groupes présentent une Fc plus élevée à la première heure (Figure 9 a). Lorsque déterminée par test combinatoire, cette probabilité s'avère très significative ($P< 0.01$).

a)



b)

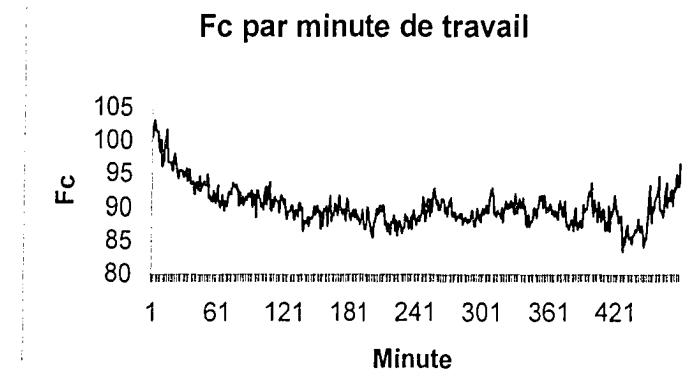


Figure 9. Fréquence cardiaque échantillonnée par heure (a) et par minute (b) de travail pour l'échantillon au complet ($n = 57$).

Par contre, un test de dominance relative révèle que la dominance de la première heure n'est pas significative dans tous les sous-groupes. En plus d'avoir normalement une Fc plus élevée lors de la première heure, les premières minutes de cette heure de travail semblent plus intenses tel que révélé par une fréquence cardiaque plus élevée

(Figure 9 b). La septième heure de travail semble celle où les travailleurs bougent davantage (comptes d'accélérations / min), ce qui rejoint la conclusion antérieure à l'effet que la relation entre la Fc et les comptes d'accélérations par minute évaluée par heure est faible car la Fc la plus élevée est la première heure de travail.

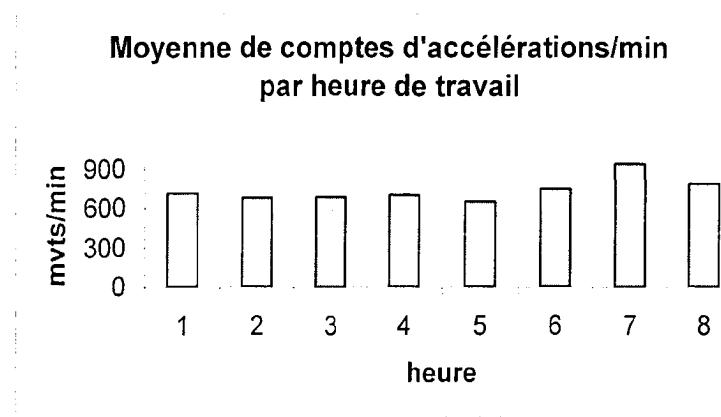


Figure 10. Comptes d'accélérations par minute compilés par heure de travail pour l'échantillon au complet ($n = 57$).

De façon générale, il existe une corrélation significative entre la Fc et les comptes d'accélérations/min lorsqu'on calcule la corrélation minute par minute, mais non significative lors d'un calcul de la même corrélation heure par heure.

CHAPITRE IV

DISCUSSION

L'objectif principal du projet était de vérifier la fidélité de la droite de régression $\dot{V}O_2 / Fc$ en fonction du moment de la journée de travail. Une telle fidélité s'avère importante parce qu'elle permet de mieux estimer la charge de travail à tout moment de la journée en utilisant l'enregistrement de la Fc sur le terrain pour interpoler sur une droite $\dot{V}O_2 / Fc$ préalablement établie en laboratoire. Cette relation pourrait subir une distorsion à mesure que la journée de travail avance. La dérive cardiovaseulaire de la consommation d'oxygène et de la fréquence cardiaque, chacune avec un pourcentage d'augmentation différent pour réaliser la même charge de travail est le mécanisme physiologique qui soutenait l'hypothèse de départ. Dans les études sur la dérive cardiovaseulaire, la fréquence cardiaque augmente encore plus en pourcentage que la consommation d'oxygène, ce qui pourrait potentiellement faire varier la pente de la droite de régression (Ekelund et Holmgren, 1967; Lajoie et al. 2000).

Les résultats de notre étude montrent que lorsque la droite de relation $\dot{V}O_2/Fc$ est mesurée une fois avant et remesurée après une journée de travail, la consommation d'oxygène reste la même la plupart du temps. Dans quelques groupes (groupe faible-neutre-hommes à 125 et 150 bpm et le groupe modéré-chaud-femmes à 150 bpm) la $\dot{V}O_2$ augmente pour la même fréquence cardiaque. Même si la consommation d'oxygène n'augmente pas beaucoup, la perception de ce même effort répété après une journée de travail augmente significativement chez certains groupes de sujets. À la fin de la

journée de travail, les sujets travaillant en milieu chaud et avec une intensité modérée ainsi que les femmes en milieu neutre mais avec travail modéré ressentent l'effort comme étant plus lourd après une journée de travail selon l'échelle de Borg à 150 bpm, lors du test sur tapis roulant (Tableau 2). Contrairement à ce que l'on s'attendait, les distorsions de la relation $\dot{V}O_2/Fc$ n'ont pas varié significativement entre les groupes.

Différences selon le sexe

La seule véritable différence entre avant et après le quart de travail, si on compare les femmes et les hommes, est au niveau de la perception à l'effort qui a été plus élevée chez les femmes. Dans notre échantillon, 21 femmes sur 28 travaillaient la plupart du temps en position debout comme coiffeuses, serveuses, horticultrices etc. En Amérique du Nord, une grande proportion d'emplois occupés par des femmes dans les usines ou le secteur des services, s'accompagnent de longues périodes en position debout qui occasionnent des problèmes musculo-squelettiques et une fatigue accrue (Vézina et al., 1994). Un travail en position debout semble moins bien toléré par les femmes (Phan Chan The et al. 2003). Selon Robertson (2000), les femmes sont aussi plus à l'écoute de leur corps et moins gênées d'avouer leurs faiblesses que les hommes. Ceci pourrait en partie expliquer pourquoi les femmes perçoivent l'effort comme plus intense à une même fréquence cardiaque. Lorsqu'il y a un travail statique en position debout, les muscles posturaux sont contractés pendant de longues périodes et viennent à se fatiguer. Éventuellement, ce sont les muscles phasiques qui prennent la relève, mais ils ont la caractéristique d'être plus fatigables et consomment plus d'oxygène (Reggiani et al.

2000). Ce recrutement accru des fibres à contraction rapide (phasiques) est aussi impliqué dans l'étiologie de la dérive cardiovasculaire.

Les hommes étudiés dans cette étude dépassent leur Fc de repos un peu plus que les femmes durant leur quart de travail. En effet, les hommes ont une moyenne de Fc de 27.12 bpm de plus que leur Fc de repos et les femmes une moyenne de 24.25 bpm de plus qu'au repos ($P < 0.05$). Nos résultats se rapprochent de ceux de Pokorski, Oginski et Kuleta (1991) qui indiquent que les hommes ont en moyenne une intensité de travail plus élevée que les femmes comparativement à leur Fc de repos lors d'un quart de travail. D'après ces résultats, il serait normal de prédire une plus grande fatigabilité chez les hommes que chez les femmes après un quart de travail. Cependant, suite à une journée de travail, nos résultats démontrent une fatigue perçue comme plus élevée chez les femmes (Figure 6).

Malgré une intensité de travail plus élevée chez les hommes, certaines études ont démontré, que les femmes étaient plus actives en soirée et seraient peut-être plus fatiguées avant de débuter une journée de travail suivante. (Pokorski et al., 1991). Oginska, Pokorski et al. (1991) affirment que les femmes tolèrent moins la fatigue liée au travail à cause : 1) d'une durée de sommeil moins longue et de moins bonne qualité que les hommes et 2) d'une plus grande somnolence lors de la journée de travail. Ceci pourrait nous aider à comprendre pourquoi les femmes montrent une augmentation de 0.73 pour seulement 0.44 chez les hommes de la perception de l'effort selon l'échelle de Borg entre le début et la fin de la journée de travail (Figure 6).

Différences selon l'intensité de travail

L'intensité de travail ne provoque pas de variation significative de la pente $\dot{V}O_2$ / Fc entre avant et après le quart de travail. Par contre, une variation significative a été mesurée dans la perception de l'effort suite à une journée de travail d'intensité modérée à une fréquence cardiaque de 125 et 150 bpm pendant le test sur tapis roulant. Lors de la comparaison des effets de l'intensité et de l'ambiance thermique du travail, on remarque que l'intensité de travail pourrait influencer davantage la perception de l'effort suite à la journée de travail. Au fait, la variation de la perception de l'effort est significative à 125 bpm lorsqu'on analyse les données selon l'intensité de travail (augmentation de 0,81 chez les sujets avec travail d'intensité modérée et de 0,64 chez les sujets avec travail d'intensité faible selon l'échelle de Borg entre avant et après le quart de travail) mais seulement significative à 150 bpm lorsqu'on évalue les données de l'échelle de Borg selon l'ambiance thermique du milieu de travail.

Différences selon l'ambiance thermique du travail

Il avait aussi été avancé que l'ambiance thermique (neutre ou chaude) pouvait influencer l'évolution de la relation $\dot{V}O_2$ / Fc. D'après nos résultats, il n'existe pas de différence significative de la consommation d'oxygène avant et après le quart de travail, comparativement avec les sujets qui travaillent en ambiance chaude ou neutre. Chez les sujets travaillant en milieu chaud, on remarque une augmentation significative de la perception de l'effort à 150 bpm pour les hommes et à 125 bpm pour les femmes après une journée de travail. Ce résultat présume que la chaleur du milieu influence seulement

la consommation d'oxygène lorsqu'une tâche devient plus intense. Nos résultats se rapprochent de ceux de Chen et al. (2003) en ce qui concerne la perception de l'effort, qui suggèrent que les travailleurs en ambiance chaude augmentent leur chance de fatigabilité suite à une journée de travail comparé aux travailleurs en ambiance thermique neutre.

Variables secondaires

Température tympanique

Le but de cette mesure n'était pas de suivre les variations de température corporelle tout au long de la journée de travail. Il s'agissait plutôt de vérifier si lors des tests progressifs visant à déterminer la relation $\dot{V}O_2/Fc$, la température était un facteur confondant. Pour avoir des données plus valides de cette variable en milieu de travail, il aurait fallu la mesurer, immédiatement au moment de l'entrée et de la sortie au travail. Contre toute attente, la température tympanique a augmenté de façon significative chez les gens ayant un travail d'intensité faible ($P < 0.05$) et non chez les travailleurs ayant un travail d'intensité modérée. Une variation significative de la température tympanique a été remarquée entre le début (36.45°C) et la fin (36.70°C) de la journée de travail chez les sujets travaillant en milieu chaud. Malgré une augmentation significative, il faut comprendre que la température n'a quand même pas beaucoup varié (augmentation de 0.14°C chez les sujets avec travail d'intensité modérée et de 0.07°C chez les sujets avec travail d'intensité faible) (Tableau 3). On peut donc exclure que les variations observées

de perception de l'effort ou de $\dot{V}O_2$ pour une même F_c soient attribuables à une variation de la température centrale.

Pourcentage d'hématocrite

Selon Coyle et Gonzalez-Alonso (2001), la déshydratation augmente la dérive cardiovasculaire. En général, nos sujets ont démontré un taux d'hématocrite stable ou plus bas après le quart de travail comparativement à la mesure prise avant le quart de travail (Tableau 3). Suite à ces résultats, on pourrait penser que les sujets avaient une bonne hydratation pendant leur journée de travail, ce qui expliquerait en partie la faible variation dans la consommation d'oxygène entre avant et après le quart de travail.

Les diminutions les plus marquantes au niveau du pourcentage d'hématocrite ont été remarquées dans les groupes travaillant à intensité modérée et chez les travailleurs en ambiance chaude. Ces résultats sont étonnantes car normalement on aurait cru observer une augmentation du pourcentage d'hématocrite suite à une journée de travail en ambiance chaude en raison d'une possibilité de déshydratation et d'une perte de plasma sanguin. Ces résultats peuvent signifier que les gens sont de plus en plus conscients de l'importance de bien s'hydrater lorsque que le travail est plus intense et/ou en ambiance chaude.

Pression artérielle

Dans nos résultats, aucun groupe ne présentait de différence significative entre avant et après le quart de travail en ce qui a trait aux pressions systoliques ou diastoliques. Pourtant, Coyle (1998) et Coyle et Gonzalez-Alonso (2001) démontrent clairement une diminution de la pression artérielle en ambiance chaude ce qui n'a pas

été observé dans notre étude. De plus, Ha et al. (2001) rapportent une augmentation de la pression artérielle avec la durée du quart de travail. Cependant, dans leurs études, la pression artérielle était prise de façon ambulatoire tandis que dans la présente étude la pression artérielle était mesurée avant le travail et lors du retour au laboratoire, ce qui explique peut-être la différence entre les résultats.

Âge

Un groupe sur huit avait une moyenne d'âge plus élevée ($moy = 34 \pm 10$) que les autres groupes ($moy = 27 \pm 3$) ; par contre, selon Ekelund et Holmgren (1967) l'âge des gens n'influence pas la dérive cardiovasculaire. Pour soutenir cette affirmation, un test de corrélation a été effectué entre la demande énergétique et l'âge pour s'assurer que l'âge n'influençait pas la consommation d'oxygène. La corrélation s'est avérée faible ($r = 0.18$), n'atteignant pas le seuil de significativité.

Cardio-fréquencemètre

L'analyse de la Fc en moyenne par heure ou par minute de travail indique clairement que la Fc lors de la première heure de travail est significativement plus élevée que les autres. Les autres recherches sur le sujet montrent rarement les résultats de l'analyse de la Fc par heure. Il est difficile d'évaluer une tâche spécifique au travail avec la Fc car la celle-ci varie selon plusieurs facteurs. Par contre, notre échantillon était constitué de plusieurs types d'emplois, ce qui donne du poids à ce qui est avancé. Lorsque l'échantillon de salariés vient de situations de travail variées, les régressions

entre les différents paramètres cardiorespiratoires sont assez précises (Horwat et Meyer, 1998). Ceci permet d'avancer que la première heure de travail n'est peut-être pas la meilleure période pour évaluer la dépense énergétique d'un poste de travail. Cette fréquence cardiaque plus élevée à la première heure de travail pourrait être due à plusieurs facteurs. Le premier facteur est le stress habituel de la circulation ou du transport vers le lieu de travail (Peters et al., 2004). Le deuxième facteur potentiel pourrait être le stress inhabituel d'être venu en laboratoire et d'avoir à porter une ceinture cardio-fréquencemètre et un accéléromètre. Il faut cependant noter que, lors de la séance 2, les sujets semblaient stressés à l'idée d'arriver en retard au travail ou de mal comprendre la procédure d'utilisation de l'équipement (ex : arrêter le cardiofréquencemètre par erreur). Ces petits stress supplémentaires ajouté à une journée de travail ont peut-être contribué à faire augmenter la Fc lors de la première heure de travail. Néanmoins, nous croyons que cette question mérite une attention particulière. La raison possible d'une fréquence cardiaque stable suivant la première heure serait que le travailleur diminue sa cadence de travail pour maintenir une astreinte constante (Messing, Doniol-Shaw et Haentjens, 1993).

Limites de l'étude

La température ambiante du milieu de travail a été mesurée par la perception du sujet lui-même. De plus, la température du milieu de travail n'était pas toujours constante (ex : sauveteur à la piscine entre 10h et 16h). Les sujets devaient se rendre au laboratoire suite à leur journée de travail et le temps écoulé entre la fin du quart de

travail et le laboratoire a varié entre les sujets. Certains sujets étaient au laboratoire dans les 15 minutes suivant la fin du quart de travail tandis que d'autres, pour diverses raisons telles que la distance ou le transport, pouvaient seulement se présenter au laboratoire dans l'heure qui suivait la fin du quart de travail. Une autre limite de l'étude est le moment de la journée des quarts de travail. Les horaires de nos sujets étaient pour la plupart entre 05 :30 et 24 :00 mais la durée du travail variait entre 7 et 12 heures, ce qui pourrait avoir influencé les résultats. De plus, les gens qui débutaient leur travail très tôt semblaient plus fatigués avant qu'après un quart de travail. Par exemple, un sujet travaillant à 05 :00 a évalué son effort à 6 sur l'échelle de Borg et seulement à 4 pour le même effort lors de son retour du travail et ce, même après un quart de travail de 8 heures. Il se peut que la fatigabilité mesurée sur l'échelle de Borg ait été encore plus positive si les quarts de travail des sujets avaient tous débuté à la même heure et pour une durée égale.

Impacts dans le milieu

Par principe de précaution, il serait bon d'évaluer les intensités de travail à la même heure de la journée pour tous les sujets étudiés, et non d'extrapoler une mesure prise le matin à l'ensemble de la journée pour évaluer l'intensité de la tâche comme on le fait normalement en ergonomie pour restreindre les dépenses. Ceci est d'autant plus important si on évalue un poste individuel de travail car il y a beaucoup de variabilité inter-individuelle dans le changement de relation $\dot{V}O_2 / Fc$. De plus, la première heure d'un poste de travail ne reflète pas bien l'ensemble de la journée pour l'évaluation de la

fréquence cardiaque (Figure 9). La quantité de mouvements par minute varie de façon aléatoire d'une heure à l'autre. Pour évaluer la quantité de mouvements par jour, il serait important d'évaluer la journée complète et non seulement une heure pour en faire la moyenne par la suite. Comme l'avance Rodahl (1989), la description globale d'une tâche ne suffit pas pour en évaluer convenablement la dépense énergétique. Dans des occupations diverses, il existe plusieurs facteurs qui influencent la charge de travail, comme le type de travail, le niveau de travail, l'horaire de travail et même le support social (Evans et Steptoe, 2001). La dépense énergétique totale ne suffit donc pas à bien décrire la charge de travail durant une pleine journée puisqu'elle néglige les pointes d'intensité. C'est pour toutes ces raisons qu'il est préférable d'évaluer les tâches journalières sur une journée de travail entière et non en partie. Le cardiofréquencemètre seul ou l'accéléromètre seul ne donnent pas une bonne estimation de l'effort déployé par le travailleur. Aussi, la dépense énergétique ne peut être le seul indice d'évaluation d'une charge de travail, car pour une même fréquence cardiaque on arrive parfois à une perception de l'effort (échelle de Borg) plus élevée pour une tâche de même intensité. Les indices psychophysiologiques doivent être aussi considérés dans l'estimation de l'astreinte vécue dans un poste de travail.

Recommandations de recherche

Il serait intéressant de vérifier si les travailleurs qui ont une augmentation de la consommation d'oxygène à une fréquence cardiaque donnée sont ceux qui maintiennent leur cadence de travail. Cela devrait probablement se faire par des études d'observation

directe combinée à des mesures physiologiques. Une étude semblable pourrait étudier la variation de consommation d'oxygène entre les sujets travaillant sur des quarts de travail de 8 heures comparativement à ceux qui travaillent des quarts de travail de 12 heures. Dans une prochaine étude, un évaluateur pourrait être présent sur le terrain pour noter les activités de l'employé pour optimiser le rapport de température et d'intensité du travail. Une telle évaluation pourrait du moins être effectuée pendant la première heure de travail pour vraiment analyser la cause de la fréquence cardiaque plus élevée durant cette dernière. Finalement, il serait aussi intéressant d'étudier la dérive cardiovasculaire entre des employés oeuvrant dans le même travail mais ayant une différence dans les années de séniorité afin de vérifier s'ils deviennent plus économes dans la dépense énergétique pour certaines tâches.

Recommandations pratiques

1. À l'estimation de la $\dot{V}O_2$ en se servant de la Fc mesurée au travail, il faut ajouter d'autres mesures pour s'assurer de mesurer plus globalement l'astreinte. La perception de l'effort est donc un élément important à ne pas oublier.
2. Pour obtenir une bonne évaluation de l'intensité de travail grâce à l'accéléromètre, il faut évaluer toute la journée de travail car il n'existe pas de constance des comptes d'accélérations par minute et la fréquence durant les heures de travail.
3. La moyenne de la fréquence cardiaque lors de la première heure de travail ne reflète pas la fréquence cardiaque moyenne d'un travailleur durant la journée.

4. L'heure à laquelle le quart de travail débute peut influencer la perception de l'effort.
5. Lors des pointes de fréquence cardiaque au-dessus de 125 bpm, il faut s'attendre à une augmentation des risques d'erreur dans le sens d'une sous-estimation, puisque c'est dans cette zone que nous avons obtenu des $\dot{V}O_2$ plus élevés pour une même fréquence cardiaque après un quart de travail. Donc, si on s'attend à avoir des fréquences cardiaques dans ces plages, il faut idéalement établir la relation $\dot{V}O_2 / Fc$ au même moment de la journée prévu pour la collecte de données sur le terrain.

CHAPITRE V

CONCLUSION

De façon générale, la variation $\dot{V}O_2 / Fc$ ne semble pas affectée par la journée de travail. Il n'y a donc pas de problème majeur de fidélité de la relation $\dot{V}O_2 / Fc$ mesurée en laboratoire pour la plupart des sous-catégories de tâches étudiées. Les situations où il faut être prudent avec l'interpolation concernent les tâches impliquant des Fc dépassant 125 bpm. Par contre, dans certaines situations (groupes faible-neutre-hommes et modéré-chaud-femmes), la reproductibilité de la relation $\dot{V}O_2 / Fc$ est significativement altérée suite à une journée de travail, (Tableau 2). À partir de cette zone, on augmente les probabilités que la relation $\dot{V}O_2 / Fc$ soit moins fidèle après un certains nombre d'heures au travail. Ce résultat inattendu semble important, car la fatigue physique est un phénomène multidimensionnel et ne découle pas seulement de la dépense énergétique.

La dérive cardiovasculaire ne semble pas affecter la relation $\dot{V}O_2 / Fc$ de façon significative probablement parce que 1) l'intensité observée au travail est trop faible pour induire le cycle de la dérive cardiovasculaire contrairement aux études effectuées à des intensités plus élevées, et 2) le fait que nous ne contrôlions pas la cadence de travail. En effet, il est probable que durant la journée de travail, l'intensité de travail serait auto-ajustée par le travailleur (consciemment ou non), ce qui diminue la probabilité d'avoir une dérive cardiovasculaire. L'augmentation de la perception de l'effort à une fréquence cardiaque donnée supporte cette dernière explication. L'étude de la demande

physiologique au travail est un sujet qui devra être encore approfondi. Avec tout l'équipement disponible pour évaluer les milieux de travail comme les accéléromètres, les appareils portatifs pour mesurer la consommation d'oxygène, etc., il sera de plus en plus facile de bien évaluer l'intensité de travail. Comme l'affirme Kaudewitz (1998), il est important de bien évaluer l'intensité d'une tâche pour se rapprocher le plus possible de l'intensité maximale tolérable afin d'optimiser la production tout en respectant les limites physiologiques des travailleurs.

RÉFÉRENCES

- Ainsworth, B.E., Haskell, W.L., Leon, A.S., Jacobs, D.R., Montoya, H.J., Sallis, J.F. et Paffenbarger, R.S.(1993). Compendium of physical activities: classification of energy costs of human physical activities. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 25: 71-80.
- Aminoff, T.,Smolander, J., Korhonen, O. et Louhevaara, V. (1999). Physiological strain during kitchen work in relation to maximal and task-specific peak values. *Ergonomics*, 42: 584-592.
- Bassett,D.R., Ainsworth B., Swartz A., et al. (2000)Validity of four motion sensors in measuring moderate intensity physical activity. *Medicine & Science & Sports & Exercise* 32 (suppl): S471–80.
- Chen, M.L., Mao, I.F., Chen, C.J., Yeh, W.Y., Huang, J.W. (2001). Heat stress evaluation and worker fatigue in a steel plant. *American Industrial Hygiene Association Journal*, 64(3): 352-359.
- Coyle, E.F. (1998). Cardiovascular drift during prolonged exercise and effects of dehydration. *International Journal Sports Medicine*, 19: s121-s124.
- Coyle, E.F. et Gonzalez-Alonso, J. (1981). Cardiovascular drift during prolonged exercise : new perspectives. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 29: 88-92.
- Ekelund,L.G. et Holmgren, A. (1967). Circulatory and respiratory adaptations during prolonged exercise. *Acta Physiologica Scandinavica*, 292(70): 5-38.
- Evans, O. et Steptoe, A. (2001). Social support at work heart rate, and cortisol: A self-monitoring study. *Journal of Occupational Health Psychology*, 6(4): 361-370.
- Frimat, P.,Chamoux, A.,De Gaudemaris, R.,Cantineau, A. et Amphoux, M. (1989). Fréquence cardiaque et travail. Quelle utilisation? Quels critères ? *Archives des Maladies Professionnelles*, 50(4) : 357-360.
- Horwat, E. et Meyer, J.P.(1998). Débit ventilatoire de travail. *Médecin du Travail*, 76(4): 343-357.
- Kaudewitz H. (1998). Work Standard Assesment Using Heart Rate Monitoring. *IIE Solutions* , 45 : 37-43.

- Lajoie C., Laurencelle, L. et Trudeau, F. (2000). Physiological responses to cycling during a 60 min maximal lactate steady state. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 25 : 250-261.
- Laurencelle, L. et Dupuis, F. (2000). *Tables statistiques expliquées et appliquées (2^{ieme} édition)*. Sainte-Foy : Le Griffon d'Argile.
- Messing, K., Doniol-Shaw, G. et Haentjens, C. (1993). Sugar and spice and everything nice: health effects of the sexual division of labor among train cleaners. *International Journal of Health Services*, 23:133-146.
- Messing, K. et Kilbom, A. (2001). Standing and very slow walking: foot pain-pressure threshold, subjective pain experience and work activity. *Applied Ergonomics*, 32: 81-90.
- Meyer, J.P. (1996). La fréquence cardiaque, un indice d'astreinte physique ancien servi par une métrologie moderne. *Médecin du Travail*, 68: 315-322.
- Oginska, H., Pokorski, J. et Oginski, A. (1993). Gender, ageing, and shiftwork intolerance. *Ergonomics*, 36: 161-168.
- Peters A., Von Klot S., Heier M., Trentinaglia I., Hörmann A., Wichmann H. E., et Löwel H. (2004). Exposure to traffic and the onset of myocardial infarction. *New England Journal of Medicine* 351, 1721-1730.
- Phan Chan The, E., Meyer, J.P. et Smolik, H.J. (2003). Évaluation de la charge de travail à l'aide des échelles de Borg. XXXVIIIème Congrès, Paris 24-26.
- Pivarnik, J.M., Stein, A.D. et Rivera, M. (2002). Effect of pregnancy on heart rate/oxygen consumption calibration curves. *Medicine and Science in Sport and Exercise*, 34: 750-755.
- Pokorski, J., Oginski, A. et Kuleta, J. (1991). Diurnal profiles of heart rate in male and female shiftworkers in an iron and steel plant. *Ergonomia (Poland)*, 14 : 41-56.
- Reggiani, C., Bottinelli, R. et Stienen, G.J. (2000). Sarcomeric myosin isoforms: Fine tuning of a molecular motor. *News in Physiological Sciences*, 15: 26-33.
- Robertson A.(2000). Just listen to your body...*Practitioner Midwife*,3 (9): 38-39.
- Rodahl, K. (1989). *The physiology of work*. New York : Taylor and Francis.
- Rowell, L.B. (1986). *Human Circulation Regulation during Physical Stress*. New York : Oxford University Press.

Société canadienne de physiologie de l'exercice. *Manuel de référence. Conseiller en condition physique et habitudes de vie II.* Société canadienne de physiologie de l'exercice, 1996.

Trudeau, F., Milot, M., Paré, M. et Plourde, K. (1997). Effet du critère d'ajustement de l'intensité d'exercice sur la lactatémie et la cathécholaminémie. *Science et Sport*, 12 :123-128.

Tryon W., Williams R. (1996). Fully proportional actigraphy: a new instrument. *Behavior Ressource Methods Instrumatation Computers*;28: 392–403

Vézina, N., Chatigny, C. et Messing, K. (1994). Un travail de manutention : symptômes et conditions de travail chez les caissières de supermarché. *Maladies chroniques au Canada* 15 (1-11).

Vokac,Z., Bell, H., Bautz-Holter, E. et Rodahl, K. (1995). Oxygen uptake/heart rate relationship in leg and arm exercise sitting and standing. *Journal of Applied Physiology*, 39: 54-59.

Waterhouse J., Edwards B., Bedford P., Hughes A., Robinson K., Nevill A., Weinert D. and Reilly T. (2004). Thermoregulation during mild exercise at different circadian times. *Chronobiological International*, 21 (2): 253-275.

Welk G., Blair S., Wood K., et al. (2000) A comparative evaluation of three accelerometry-based physical activity monitors. *Medicine & Science & Sports & Exercise* 32(suppl): S489–97.

ANNEXE A

Questionnaire sur l'aptitude à l'activité physique

ANNEXE B

Questionnaire de participation à des activités physiques santé

TABLEAU 4-5 QUESTIONNAIRE DE PARTICIPATION À DES ACTIVITÉS PHYSIQUES SANTÉ**#1 Fréquence**

Sur une période représentative d'une semaine (sept jours), combien de fois pratiquez-vous une activité physique vigoureuse et prolongée caractérisée par une sudation et un pouls rapide?

- Au moins trois fois
- Normalement une ou deux fois
- Rarement ou jamais

#2 Intensité

Quand vous pratiquez une activité physique, avez-vous l'impression que vous faites:

- un effort intense
- un effort modéré
- un effort léger

#3 Perception de la condition physique

De façon générale, diriez-vous que votre condition physique actuelle est:

- Très bonne
- Bonne
- Moyenne
- Faible
- Très Faible

ANNEXE C

Feuille de route des 3 séances au laboratoire

Séance 1

- Faire remplir le QAAP
- Faire remplir le questionnaire sur le niveau de participation à des activités physiques
- Description des évaluations et des séances suivantes
- Signature du consentement aux différents tests
- Pression artérielle et fréquence cardiaque au repos
- Mesure de la taille et poids corporel
- Mesure du tour de taille
- Mesure des plis cutanés (triceps, biceps, sous-scapulaire, supra-iliaque; Durnin & Womersley¹⁾) + impédancemètre
- Test (pratique) sur le tapis roulant pour aider le client à se familiariser avec l'appareil.
- Planifier la 2^{ième} séance

Séance 2

- Prise de la fréquence cardiaque et pression artérielle au repos
- Mesure de la variabilité R-R
- Température tympanique
- Hématocrite
- Dépense métabolique de repos 10 minutes avec sur l'analyseur en position assise
- Test progressif sur tapis roulant

Protocole :

Si sujet sédentaire

| Palier | Temps | Vitesse | Pente |
|--------|-----------|----------|-------|
| 1 | 0-5 min | 3.2 km/h | 0% |
| 2 | 5-10 min | 4.8 km/h | 3% |
| 3 | 10-15 min | 5.6 km/h | 6% |

Si sujet actif

| Palier | Temps | Vitesse | Pente |
|--------|-----------|----------|-------|
| 1 | 0-5 min | 3.2 km/h | 0% |
| 2 | 5-10 min | 6.4 km/h | 3% |
| 3 | 10-15 min | 9.6 km/h | 6% |

NB: On peut voir à la pratique si on doit déplacer un client à l'autre protocole
Pression artérielle et échelle de Borg à la fin de chaque palier.

- Douche si désirée
- Installation du cardio-fréquencemètre Polar et de l'accéléromètre

Séance 3

- Retour du cardio-fréquencemètre Polar et de l'accéléromètre
- Prise de la fréquence cardiaque et pression artérielle de repos
- Mesure de la variabilité R-R
- Température tympanique
- Hématocrite
- Dépense métabolique de repos 10 minutes avec sur l'analyseur en position assise
- Test progressif sur le tapis roulant

Protocole :

Si sujet sédentaire

| Palier | Temps | Vitesse | Pente |
|--------|-----------|----------|-------|
| 1 | 0-5 min | 3.2 km/h | 0% |
| 2 | 5-10 min | 4.8 km/h | 3% |
| 3 | 10-15 min | 5.6 km/h | 6% |

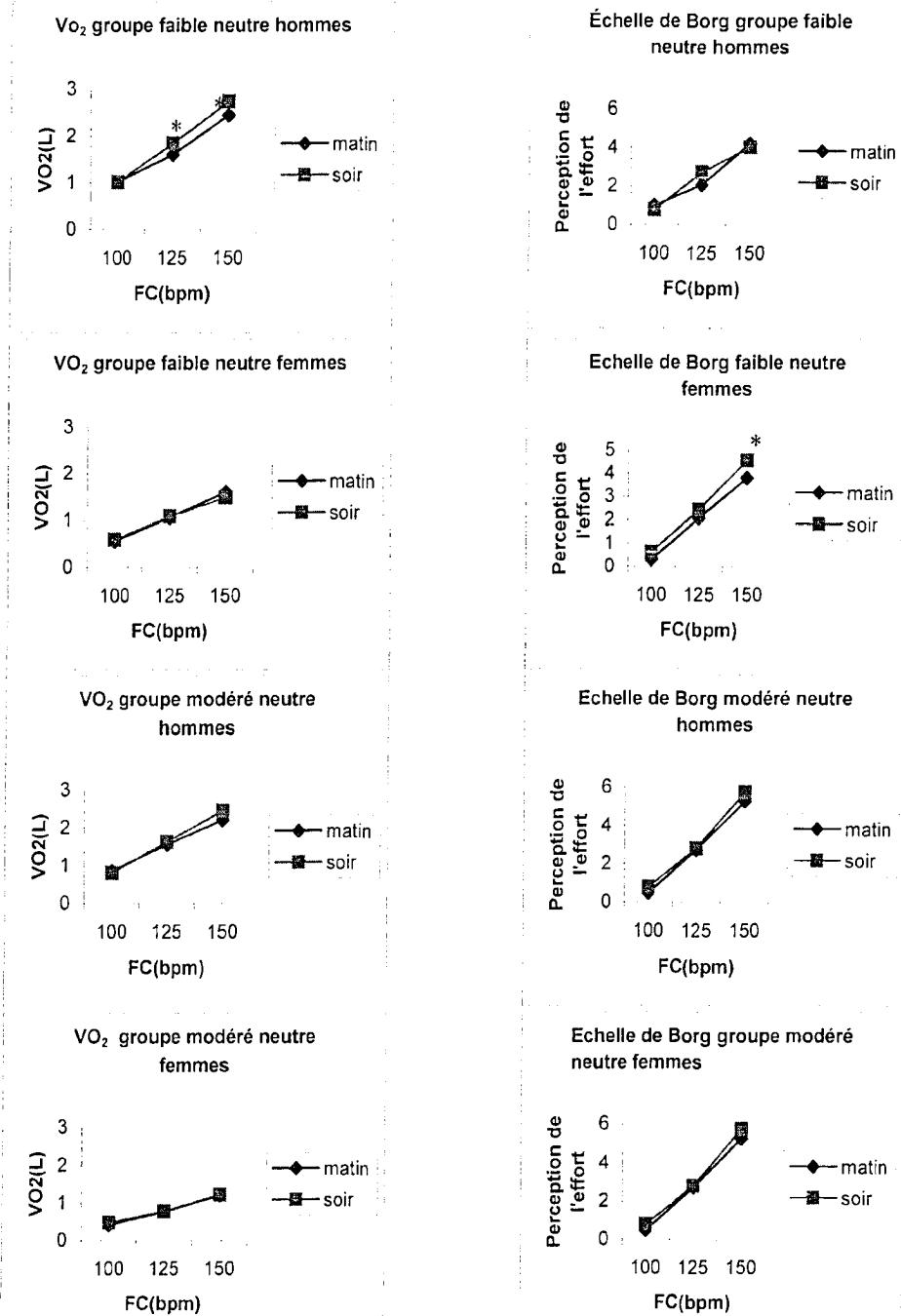
Si sujet actif

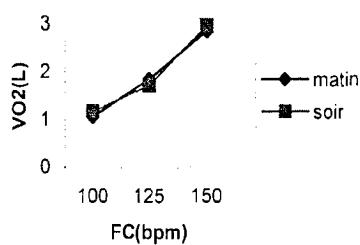
| Palier | Temps | Vitesse | Pente |
|--------|-----------|----------|-------|
| 1 | 0-5 min | 3.2 km/h | 0% |
| 2 | 5-10 min | 6.4 km/h | 3% |
| 3 | 10-15 min | 9.6 km/h | 6% |

- Douche si désirée
- Téléchargement des données du cardio-fréquencemètre Polar et de l'accéléromètre

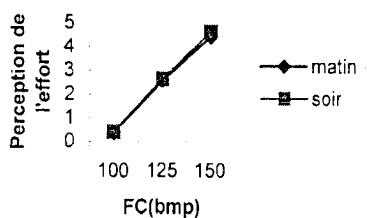
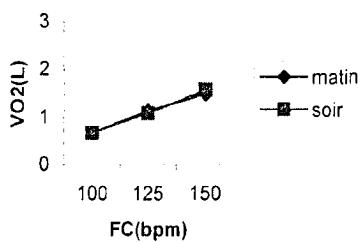
ANNEXE D

Différence de $\dot{V}O_2 / Fc$ et variation de l'échelle de Borg pour chacun des 8 groupes

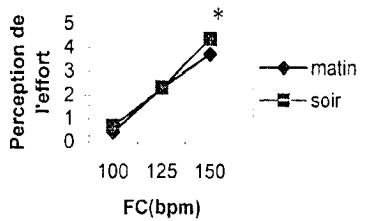
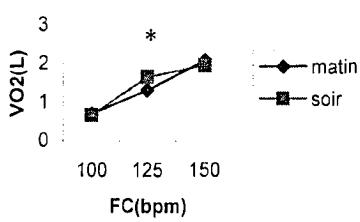


VO₂ groupe chaud faible hommes

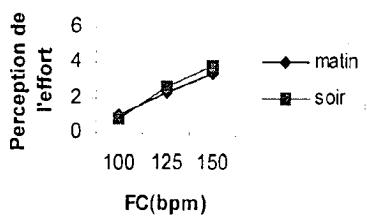
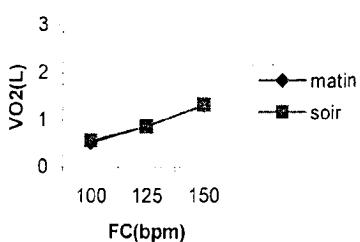
Échelle de Borg groupe chaud faible hommes

VO₂ groupe chaud faible femmes

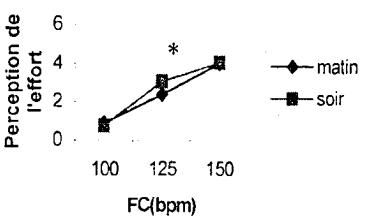
Échelle de Borg groupe chaud faible femmes

VO₂ groupe chaud modéré hommes

Échelle de Borg groupe chaud modéré hommes

VO₂ chaud modéré femmes

Échelle de Borg chaud modéré femmes



ANNEXE E

Corrélations (r) entre accélérations et fréquence cardiaque par minute pour chacun des sujets ($n = 57$)

| sujet | r | # de minutes | Sujet | r | # de minutes |
|-------|-------|--------------|-------|-------|--------------|
| 1 | | | 29 | | |
| 2 | 0.14 | 507 | 30 | -0.13 | 523 |
| 3 | 0.26 | 502 | 31 | 0.66 | 539 |
| 4 | 0.08 | 492 | 32 | 0.00 | 538 |
| 5 | 0.11 | 439 | 33 | 0.35 | 503 |
| 6 | 0.29 | 408 | 34 | 0.74 | 592 |
| 7 | 0.36 | 433 | 35 | 0.55 | 545 |
| 8 | 0.36 | 467 | 36 | -0.06 | 379 |
| 9 | 0.35 | 309 | 37 | 0.33 | 481 |
| 10 | | | 38 | 0.54 | 431 |
| 11 | 0.55 | 506 | 39 | 0.44 | 323 |
| 12 | 0.37 | 482 | 40 | -0.16 | 414 |
| 13 | 0.38 | 511 | 41 | 0.11 | 473 |
| 14 | 0.43 | 163 | 42 | 0.49 | 600 |
| 15 | 0.33 | 507 | 43 | 0.65 | 539 |
| 16 | 0.64 | 348 | 44 | 0.13 | 399 |
| 17 | 0.49 | 455 | 45 | 0.44 | 426 |
| 18 | 0.57 | 539 | 46 | 0.39 | 402 |
| 19 | 0.64 | 530 | 47 | 0.06 | 374 |
| 20 | 0.34 | 702 | 48 | 0.32 | 479 |
| 21 | 0.48 | 593 | 49 | | |
| 22 | 0.4 | 424 | 50 | 0.48 | 497 |
| 23 | 0.52 | 479 | 51 | 0.11 | 513 |
| 24 | | | 52 | 0.21 | 475 |
| 25 | -0.02 | 444 | 53 | | |
| 26 | 0.56 | 412 | 54 | | |
| 27 | 0.31 | 409 | 55 | 0.57 | 471 |
| 28 | 0.20 | 562 | 56 | 0.22 | 550 |

Données manquantes : Les sujets ont perdu le signal de la Fc durant un court laps de temps lors de la journée de travail

ANNEXE F

Catégorisation des sujets selon le sexe, l'intensité de travail et l'ambiance thermique
(n = 57)

HOMMES

| Faible neutre Hommes | Modéré neutre Hommes | Faible chaud Hommes | Modéré chaud Hommes |
|-------------------------|----------------------|----------------------|---------------------|
| entraîneur | enseignant | journalier en usine | cuisinier |
| enseignant | cuviste en usine | journalier en usine | journalier |
| chercheur (bureau) | caissier | soudeur en usine | papetier |
| chiropraticien | journalier en usine | entretien industriel | sauveteur |
| chercheur (bureau) | entretient ménager | sauveteur | cuisinier |
| chercheur (bureau) | serveur | journalier en usine | cuisinier |
| directeur de production | journalier en usine | journalier en usine | serveur/terrasse |
| | | sauveteur | |

FEMMES

| Faible neutre Femmes | Modéré neutre Femmes | Faible chaud Femmes | Modéré chaud Femmes |
|----------------------|------------------------|---------------------|---------------------|
| vendeuse | entraîneure | cuisinière | cuisinière |
| entraîneure | enseignante | garderie/dehors | travail en buandrie |
| physiothérapeute | coiffeuse | machiniste en usine | serveuse |
| enseignante | enseignante | horticultrice | horticultrice |
| chercheure (bureau) | entraîneure | serveuse/terrasse | sauveteure |
| bouchère | monitrice d'aérobie | entretient en ville | cuisiniere |
| infirmière | éducatrice en garderie | sauveteure | sauveteure |