

**Reproductibilité  
de la relation fréquence  
cardiaque–consommation  
d’oxygène**

François Trudeau  
Danielle R. Boucard

**ÉTUDES ET  
RECHERCHES**

R-466

**RAPPORT**





**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** *travaillent pour vous !*

### **MISSION**

- ▶ Contribuer, par la recherche, à la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles ainsi qu'à la réadaptation des travailleurs qui en sont victimes.
- ▶ 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](http://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  
2006  
ISBN 13 : 978-2-89631-053-1 (version imprimée)  
ISBN 10 : 2-89631-053-3 (version imprimée)  
ISBN 13 : 978-2-89631-054-8 (PDF)  
ISBN 10 : 2-89631-054-1 (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](mailto:publications@irsst.qc.ca)  
**[www.irsst.qc.ca](http://www.irsst.qc.ca)**  
Institut de recherche Robert-Sauvé  
en santé et en sécurité du travail,  
août 2006

# Reproductibilité de la relation fréquence cardiaque–consommation d'oxygène

François Trudeau et Danielle R. Bouchard

Département des sciences de l'activité physique,  
Université du Québec à Trois-Rivières

# ÉTUDES ET RECHERCHES

## RAPPORT

### 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.

Cliquez recherche  
[www.irsst.qc.ca](http://www.irsst.qc.ca)



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

Cette étude a été financée par l'IRSST. Les conclusions et recommandations sont celles des auteurs.

**CONFORMÉMENT AUX POLITIQUES DE L'IRSST**

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

## SOMMAIRE

La relation entre la fréquence cardiaque ( $F_c$ ) et la consommation d’oxygène ( $\dot{V}O_2$ ) 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 relativement facile et peu coûteux de mesurer sur le terrain la fréquence cardiaque et de déduire, par interpolation, la valeur de la consommation d’oxygène. Cependant, la fréquence cardiaque est par la suite évaluée à des moments de la journée qui ne correspondent pas nécessairement au moment où la relation  $\dot{V}O_2 / F_c$  avait été mesurée en laboratoire. La pente de la relation consommation d’oxygène/fréquence cardiaque risque ainsi d’être modifiée à cause de l’effet potentiel de la dérive cardiovasculaire et de générer des erreurs dans l’interpolation de la dépense énergétique en milieu de travail. Le phénomène de la dérive cardiovasculaire est caractérisé par une augmentation de la fréquence cardiaque et de la consommation d’oxygène à mesure qu’un travail physique se poursuit pendant une période prolongée.

Ainsi 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 pour une tâche similaire à différents moments de la journée de travail.

L’objectif principal de ce projet est de vérifier la fidélité de la relation  $\dot{V}O_2 / F_c$  durant une journée de travail sachant que la dérive cardiovasculaire pourrait potentiellement changer la

fréquence cardiaque et la consommation d’oxygène même pour une tâche d’intensité similaire. 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.

Soixante et onze (n=71) sujets divisés en plusieurs groupes selon le sexe, l’intensité de travail (modérée, plutôt lourde) et l’ambiance thermique de travail (neutre, chaude) ont participé à l’étude. Un groupe de travailleurs/euses de nuit a aussi été étudié. 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. Lors des deux autres séances, 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 cardio-fréquencemètre à mémoire et un accéléromètre.

La comparaison des données entre le début et la fin de la journée chez l’ensemble de la cohorte montre que la relation  $\dot{V}O_2 / Fc$  ne varie pas de façon significative. Par contre, la perception de l’effort varie significativement et ce surtout chez les femmes ou les groupes avec une occupation d’intensité plutôt lourde.

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 battements par minute

(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. Ces résultats indiquent donc que la dérive se fait peu ressentir 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.

## **REMERCIEMENTS**

Les auteurs sont reconnaissants à Mme Carole Bellazzi, conseillère scientifique à l’IRSST pour son méticuleux travail de révision et ses conseils judicieux dans l’accomplissement de ce projet. Nous aimerions aussi remercier les participants et participantes pour leur contribution à ce projet.



**TABLE DES MATIÈRES**

SOMMAIRE.....	i
REMERCIEMENTS.....	iv
TABLE DES MATIÈRES .....	v
LISTE DES TABLEAUX .....	vii
LISTE DES FIGURES .....	viii
CHAPITRES	
1. INTRODUCTION .....	1
2. HYPOTHÈSES .....	6
3. OBJECTIFS DE RECHERCHE .....	7
4. MÉTHODOLOGIE .....	8
4.1 Sujets .....	8
4.2 Description des tests et des mesures .....	9
4.2.1 Mesure de la consommation d’oxygène .....	9
4.2.2 Mesure de la fréquence cardiaque .....	10
4.2.3 Pression artérielle de repos .....	10
4.2.4 Mesures anthropométriques.....	11
4.2.5 Température tympanique .....	12
4.2.6 Mesure de l’hématocrite .....	12
4.2.7 Accélérométrie .....	12
4.2.8 Perception subjective de l’effort .....	12
4.3 Analyse statistique .....	13
5. RÉSULTATS .....	14
5.1 Données descriptives .....	14
5.2 Relation $\dot{V}O_2$ / Fc .....	15
5.2.1 Sexe .....	16
5.2.2 Intensité de l’occupation .....	18
5.2.3 Ambiance thermique de travail.....	19
5.2.4 Horaire de jour vs. de nuit .....	21
5.2.5 Autres variables mesurées .....	21

6.	DISCUSSION .....	24
6.1	Variation de la relation $\dot{V}O_2/Fc$ entre le début et la fin d’une journée de travail .....	24
6.1.1	Différences selon le sexe .....	25
6.1.2	Différences selon l’intensité de travail .....	26
6.1.3	Différences selon l’ambiance thermique de travail .....	27
6.1.4	Variables secondaires .....	27
6.1.4.1	Température tympanique .....	27
6.1.4.2	Pourcentage d’hématocrite .....	28
6.1.4.3	Pression artérielle.....	28
6.1.5	Fréquence cardiaque mesurée en continu .....	29
6.2	Limites de l’étude .....	29
7.	CONCLUSION .....	30
8.	APPLICABILITÉ DES RÉSULTATS .....	31
8.1	Recommandations de recherche .....	32
8.2	Recommandations pratiques .....	32
9.	RÉFÉRENCES.....	34
	ANNEXE A : Constitution des groupes étudiés .....	37
	ANNEXE B : Questionnaire de participation à des activités physiques santé .....	40
	ANNEXE C : Feuille de route des 3 séances au laboratoire .....	41
	ANNEXE D : Relation $\dot{V}O_2/Fc$ et variation de perception de l’effort pour chacun des 8 groupes de jour .....	43
	ANNEXE E : Relation $\dot{V}O_2/Fc$ et variation de perception de l’effort pour les deux groupes de nuit .....	45
	ANNEXE F : Corrélations (r) entre accélérations et fréquence cardiaque par minute pour chacun des sujets .....	47

**LISTE DES TABLEAUX**

Tableau	Page
1. Données anthropométriques .....	15
2. Variations du VO <sub>2</sub> et de l’échelle de Borg entre le début et la fin de la journée pour chacun des groupes .....	20
3. Différence entre la température tympanique et le pourcentage d’hématocrite entre le début et la fin de la journée .....	21
4. Corrélations (r) entre les comptes d’accélérations et la fréquence cardiaque par minute pour les différents regroupements de sujets .....	22

## LISTE DES FIGURES

Figures	Page
Figure 1. Fréquence cardiaque/oxygène après 20 et 32 semaines de grossesse et 12 semaines post-partum .....	3
Figure 2. Dérive cardiovasculaire: % de variation de variables physiologiques en fonction du temps d’effort .....	4
Figure 3. Illustration des hypothèses de l’étude .....	7
Figure 4. Limite d’astreinte cardiaque utilisée pour déterminer l’intensité de travail .....	11
Figure 5. Échelle de Borg .....	13
Figure 6. $\dot{V}O_2$ (A) et perception de l’effort (B) à 100-125-150 battements/minute .....	16
Figure 7. Relation $\dot{V}O_2/Fc$ chez les hommes (A) et les femmes (C) et la perception de l’effort correspondante (B-D) pour les fréquences cardiaques 100-125-150 bpm au début vs fin de la journée .....	17
Figure 8. Relation $\dot{V}O_2/Fc$ chez les groupes travaillant à une intensité modérée (A) et plutôt lourde (C) ainsi que la perception de l’effort correspondante (B-D) pour les fréquences cardiaques de 100-125-150 bpm au début vs fin de la journée .....	18
Figure 9. 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) pour les fréquences cardiaques 100-125-150 bpm au début vs fin de la journée .....	19
Figure 10. Fréquence cardiaque par heure (A) et par minute (B) de travail pour l’échantillon au complet .....	23
Figure 11. Compte de mouvements par minute (CPM) compilés par heure de travail pour l’échantillon au complet .....	23

## 1. INTRODUCTION

En ergonomie, la mesure de la dépense énergétique constitue une des méthodes fréquemment utilisées pour déterminer les exigences physiques de la tâche. Toutefois, compte tenu que la mesure directe de la dépense énergétique suppose l'utilisation d'appareils coûteux et encombrants, les ergonomes recourent le plus souvent à des estimations basées sur des tables de coûts énergétiques. Bien que ces tables présentent l'avantage d'être facile d'utilisation, elles comportent aussi une limite importante. Elles reposent sur une relation entre la fréquence cardiaque ( $F_c$ ) et la consommation d'oxygène ( $\dot{V}O_2$ ) établie en laboratoire, dans des conditions qui peuvent varier sensiblement des conditions réelles d'exécution de la tâche. En déterminant cette relation en laboratoire, sous forme d'une équation de régression, il est ensuite relativement facile et peu coûteux de mesurer sur le terrain la fréquence cardiaque et de prédire, par interpolation, la valeur de la consommation d'oxygène. Par contre, cette interpolation pourrait être faussée par le phénomène de dérive cardiovasculaire qui s'installe graduellement au cours de la journée de travail et qui provoque normalement une augmentation de la fréquence cardiaque et de la demande en oxygène avec la durée de la tâche et ce, même si celle-ci est maintenue à une intensité constante (Ekelund et Holmgren, 1967; Lajoie, Laurencelle et Trudeau, 2000). Or, à l'heure actuelle, il existe très peu d'information documentant ce phénomène sur une grande plage de temps comme durant un quart de travail.

Par ailleurs, la mesure de la fréquence cardiaque au travail ne se fait pas nécessairement au même moment de la journée où la relation ( $\dot{V}O_2 / F_c$ ) a été mesurée en laboratoire (par exemple évaluée le matin et mesurée au travail de 12:00 à 20:00). La dérive cardiovasculaire pourrait avoir pour effet de modifier la pente de cette relation, puisque la dérive de chacune de ces variables ne se produit pas nécessairement au même moment et n'atteint peut-être pas le

même pourcentage. Une telle disproportion des variations pourrait ainsi générer des erreurs dans l’interpolation de la dépense énergétique en milieu de travail.

Afin de prendre en considération le phénomène de spécificité physiologique, la mesure de la relation  $\dot{V}O_2 / Fc$  en laboratoire devrait s’effectuer dans les conditions les plus semblables possibles à celles du milieu de travail. Un exemple d’erreur de spécificité est lorsqu’une courbe de régression  $\dot{V}O_2 / Fc$  est déterminée en laboratoire 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 test 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). La grossesse est un autre exemple de situation modifiant la pente de la relation  $\dot{V}O_2 / Fc$  à l’effort physique (Figure 1).

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 lors d’un exercice à intensité modérée (50-75% du  $\dot{V}O_2 \text{ max}$ ) dans un environnement chaud ou neutre. Cette dérive est caractérisée par une diminution progressive du volume d’éjection systolique et d’une augmentation de la fréquence cardiaque pour maintenir un débit cardiaque constant (Figure 2).

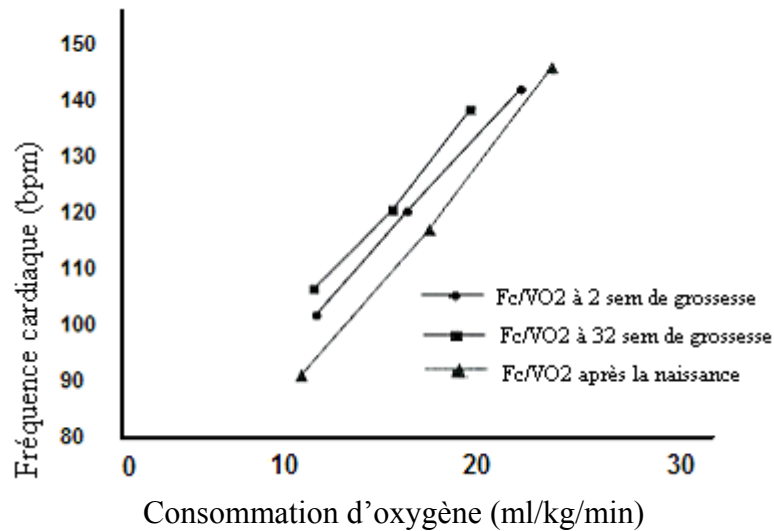


Figure 1. Fréquence cardiaque/oxygène après 20 et 32 semaines de grossesse et 12 semaines post-partum (Tiré et traduit de Pivarnik, Stein et Rivera, 2002).

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 corporelle augmente.

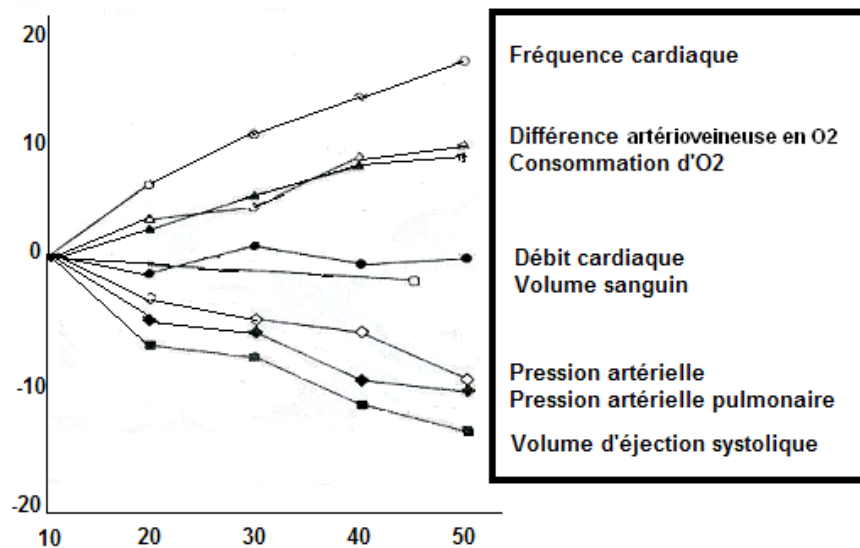


Figure 2. Dérive cardiovasculaire: % de variation de paramètres physiologiques en fonction du temps d'effort (Tiré de Ekelund et Holmgren, 1967).

La dérive cardiovasculaire peut varier selon plusieurs facteurs comme l'intensité de l'exercice, le stress, la déshydratation, la condition physique des sujets, la température de l'environnement 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 (position debout prolongée) favorise aussi la dérive par une faible implication de la pompe musculaire ce qui caractérise plusieurs types d'emplois comme les caissières, 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 la performance cardiaque (volume d'éjection systolique), un pooling veineux et un œdème des membres inférieurs. Ces phénomènes génèrent d'autres problèmes comme l'hypoxie, l'étirement des ligaments et le stress des disques intervertébraux surtout lorsque le travail est effectué en position debout (Messing et Kilbom, 2001).



La consommation d'oxygène augmente aussi graduellement durant un exercice à intensité constante mais de façon moins marquée que la Fc (9% pour la  $\dot{V}O_2$  vs 11,25% pour la Fc sur une heure selon Lajoie et al. (2000) et 7,5% pour la  $\dot{V}O_2$  et 15% pour la Fc selon Ekelund et Holmgren (1967)). La variation différente de la fréquence cardiaque et de 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 pourrait potentiellement nuire à la validité de l'estimation des charges de travail par le biais des tables de coûts énergétiques. La dérive cardiovasculaire pourrait expliquer que certaines tâches de travail seraient de moins en moins bien supportées à mesure que la journée progresse si l'intensité de travail est maintenue.

L'augmentation de la fréquence cardiaque suite à la dérive cardiovasculaire révèle une augmentation du 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 inconsciemment) 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).

L'augmentation de la consommation d'oxygène observée durant la dérive cardiovasculaire semble être attribuable à un déclin du recrutement des fibres musculaires lentes devenues fatiguées et une augmentation du recrutement des fibres rapides qui sont moins efficaces car elles nécessitent plus d'oxygène pour réaliser le même travail (Reggiani, Bottinelli et Stienen, 2000).

Il nous semble inapproprié d’utiliser une variable mesurée chez une personne le matin et de l’interpoler chez la même personne fatiguée suite à de telles modifications cardiovasculaires et neuromusculaires.

## 2. HYPOTHÈSES

Une première hypothèse du projet est 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 consommation d’oxygène pour réaliser une même tâche pourrait augmenter mais la fréquence cardiaque augmente encore plus. Comme conséquence, 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 courbe  $\dot{V}O_2 / Fc$  prise à un autre moment de la journée. Une seconde hypothèse est que la dérive cardiovasculaire pourrait causer une augmentation de la  $Fc$  et de la  $\dot{V}O_2$  mais dans des proportions similaires (Figure 3). Ainsi, des erreurs de surestimation ou de sous-estimation de la dépense énergétique risquent de se produire. Des hypothèses secondaires ont aussi été étudiées, notamment l’impact de la dérive cardiovasculaire sur la relation  $\dot{V}O_2 / Fc$ : A) chez les femmes et les hommes, B) selon que le travail se fait dans une ambiance chaude ou neutre et C) selon que le travail comporte une intensité de travail plus ou moins lourde.

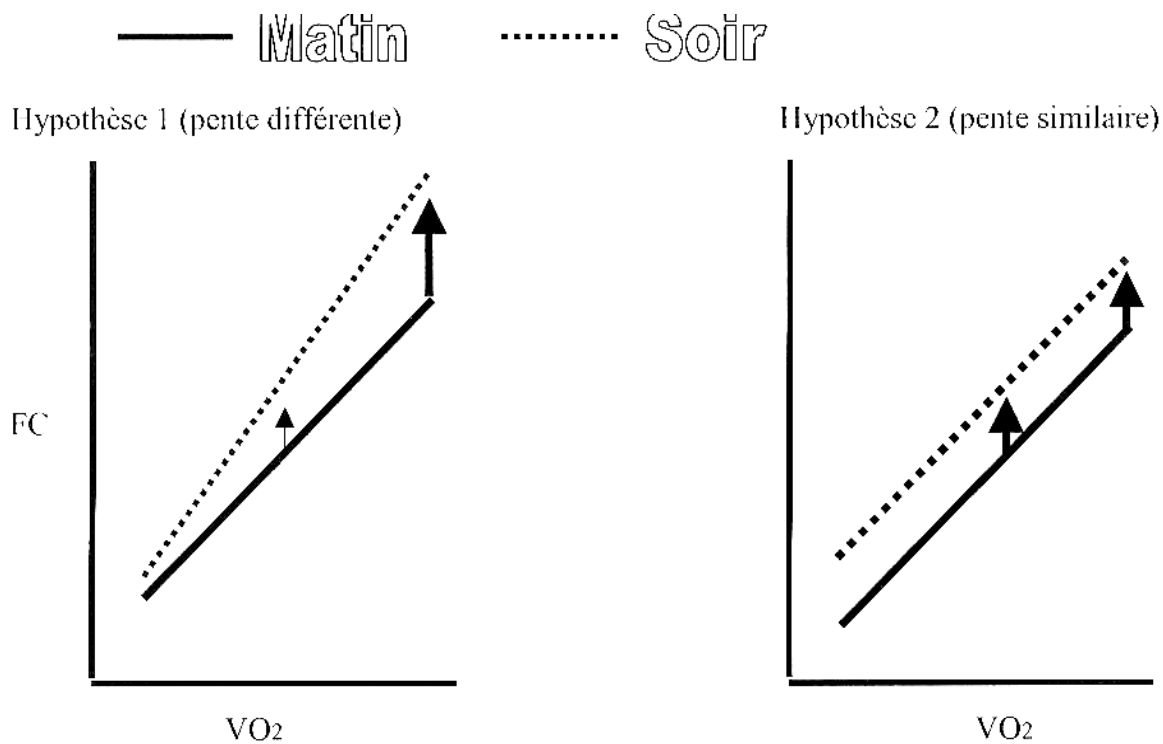


Figure 3. Illustration des hypothèses de l'étude

### 3. OBJECTIFS DE RECHERCHE

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 constante. 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 à un problème de nature méthodologique et a donc des répercussions potentielles sur la recherche en ergonomie.

## 4. MÉTHODOLOGIE

### 4.1 Sujets

Les sujets étaient des travailleurs et travailleuses recrutés (es) selon cinq types d’occupation dont quatre catégorisés à l’aide des tables d’Ainsworth et al. (1993):

- 1) dépense énergétique modérée avec ambiance thermique neutre (e.g. travail de bureau ambiance climatisée, enseignement...), 7 hommes et 7 femmes.
- 2) dépense énergétique plutôt lourde avec ambiance thermique neutre (e.g. manutentionnaire d’entrepôt climatisé, entretien ménager, caissier, serveur...), 7 hommes et 7 femmes.
- 3) dépense énergétique modérée avec ambiance thermique chaude (e.g. supervision de machine, travailleur en usine, sauveteur...), 8 hommes et 7 femmes.
- 4) dépense énergétique plutôt lourde avec ambiance thermique chaude (e.g. travail en buanderie ou plongeur dans cafétéria, cuisinier...), 7 hommes et 7 femmes.

Un cinquième groupe a également été constitué pour prendre en compte le travail de nuit :

- 5) travailleurs/euses avec horaire de nuit, 7 hommes et 7 femmes.

L’échantillon annoncé indiquait un minimum de 14 travailleurs dans chacun des catégories (50% femmes et 50% hommes). Nous avons finalement évalué 71 sujets (voir détails à l’annexe A). Il est à noter que les 2 groupes de nuit ont seulement été classés par sexe et non par l’intensité du travail et l’ambiance thermique. La catégorisation de l’intensité de l’occupation des sujets était confirmée après l’analyse de la moyenne de leur fréquence cardiaque durant la journée de travail par rapport à la fréquence cardiaque de repos. Pour être dans la catégorie plutôt lourde, la fréquence cardiaque moyenne de la journée de travail devait se situer entre 25 et 35 battements par minute (bpm) au-dessus 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 modérée (25 bpm et moins). L’âge des différents groupes a aussi été contrôlé pour

minimiser les trop grands écarts entre les fréquences cardiaques maximales théoriques des différents groupes étudiés. Pour ce qui est de l'ambiance thermique du milieu de travail, le sujet donnait une évaluation subjective de la température ambiante moyenne.

Chaque sujet a dû se présenter 3 fois au laboratoire. Les sujets devaient présenter une bonne santé en général. Lors de la séance 1, l'état de santé a été estimé à l'aide des procédures de la Société canadienne de physiologie de l'exercice: 1) une Fc de repos < 100 bpm, 2) une pression artérielle de repos < 144/94 et, 3) et un questionnaire sur l'aptitude à l'activité physique (QAAP) sans réponse positive. Les sujets ont aussi rempli le questionnaire de participation à des activités physiques de la Société canadienne de physiologie de l'exercice (1996) (voir annexe B) pour nous aider à déterminer le choix du protocole (actif ou sédentaire) sur tapis roulant (voir annexe C). Lors des séances 2 (avant la journée de travail) et 3 (à la fin de la journée de travail), les sujets passaient un test progressif sur tapis roulant pendant lequel, la fréquence cardiaque et la consommation d'oxygène étaient mesurées 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. Pour participer à notre projet les sujets devaient avoir des quarts de travail préférablement d'une durée de 6 à 10 heures. Le projet avait reçu au préalable l'approbation du Comité de déontologie de la recherche humaine de l'Université du Québec à Trois-Rivières qui a émis un certificat d'approbation.

## **4.2 Description des tests et des mesures**

**4.2.1 Mesure de la consommation d'oxygène.** Les gaz expirés ont été analysés avec un analyseur métabolique Vacumed Gas Analyser (Ventura, CA) afin de mesurer la consommation d'oxygène. L'appareil était étalonné avant chaque utilisation.

**4.2.2 Mesure de la fréquence cardiaque.** 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 pour continuer nos mesures (SCPE, 2003). 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 branché au système d’acquisition de données (Polar S810 i, Finlande). Une montre réceptrice à mémoire (Polar S810 i, Finlande) a été utilisée simultanément afin de valider les mesures de fréquence cardiaque. La même montre était portée par le travailleur tout au long de la journée suite à la séance 2 au laboratoire jusqu’à son retour pour la séance 3 après la journée de travail (1 lecture par minute). Pour évaluer l’intensité de travail des sujets nous avons utilisé la table d’intensité de travail illustrée à la Figure 4 (Frimat et al. 1989). Le pourcentage de la Fc maximale théorique aurait aussi pu être utilisé mais cette façon de faire est douteuse car le 220 – âge peut varier d’une personne à l’autre.

**4.2.3 Pression artérielle de repos.** Au début de chacune des séances la pression artérielle a été mesurée à l’aide d’un sphygmomanomètre (Tycos Healthometer, USA) pour s’assurer qu’elle était sous 145 et 95 mm Hg, sinon nous aurions arrêté notre évaluation et recommandé une rencontre avec un médecin.

**Limites d’astreinte cardiaque**

Valeur Réglementaire (Art. R.231 - 68)	Intensité du travail (1) (Frimat et coll., 1989)		Astreintes brèves (2) (selon Minnesota Code, 1967)	
	CCA (b.min <sup>-1</sup> )	CCR (%)	Age des salariés (année)	FC limite (b.min <sup>-1</sup> )
30 b.min <sup>-1</sup> coût cardiaque moyen sur 8 heures repos non défini	70	Intense	20 - 30	170
	60	Très lourd	30 - 40	160
	50	Lourd	40 - 50	150
	40	Plutôt lourd	50 - 60	140
	30	Modéré		
	20	Léger		
	10	Très léger		

Figure 4. Limite d’astreinte cardiaque utilisée pour déterminer l’intensité de travail. La colonne CCA indique le nombre de battements au-dessus de la fréquence cardiaque de repos (Tiré de Meyer, 1996).

**4.2.4 Mesures anthropométriques.** Les mesures anthropométriques ont été réalisées selon les directives de la SCPE (1996). Le poids des sujets a été mesuré avec une balance à fléau (Detecto-med, Detecto Scales Inc. Brooklyn, N.Y., USA). Les sujets devaient 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 chaussures, les pieds joints, avec le dos et les talons touchant au mur. Un ruban à mesurer d’une longueur de 150 cm a été utilisé pour faire la mesure du tour de taille des sujets. Finalement, les mesures de plis cutanés et de pression artérielle ont été prises sur le côté droit du corps suivant la méthode suggérée par la SCEP (1996). Les plis cutanés ont été mesurés avec une pince de type Harpenden (John Bull, England). Le pourcentage de graisse a été mesuré à l’aide d’un appareil Omron #HBF300 (Omron Healthcare, IL).

**4.2.5 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. La température tympanique a été prise avec l’aide de l’appareil électronique au début des séances 2 et 3 (Thermoscan, Braun) après 15 minutes en position assise afin de vérifier la température corporelle.

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

**4.2.7 Accélérométrie.** Les sujets ont porté un accéléromètre à la ceinture en même temps que la montre cardio-fréquence-mètre (Actigraph, MTI Health, Health Services) durant la journée de travail (entre les séances 2 et 3) pour estimer la quantité de mouvements effectués durant une période donnée (Washburn, Cook et Laporte, 1989). Les résultats sont exprimés en comptes de mouvement par minute (CPM).

**4.2.8 Perception subjective de l’effort.** Les sujets ont été interrogés sur la perception de l’effort à chacun des 3 paliers d’exercices réalisés avant et après la fin de la journée de travail. L’échelle utilisée a été le CR 10 (Figure 5) en conformité avec les procédures recommandées (ACSM, 2005; Borg, 1998).



<b>Extrêmement difficile</b>
10
9
8
<b>Très difficile</b>
7
6
<b>Difficile</b>
5
<b>Un peu difficile</b>
4
<b>Modéré</b>
3
<b>Léger</b>
2
<b>Très léger</b>
1
<b>Très très léger</b>
0,5
<b>Rien</b>
0

Figure 5. Échelle de Borg (Phan Chan The, Meyer et Smolik, 2003).

### 4.3 Analyse statistique

Les données sont exprimées sous forme de moyennes  $\pm$  écart-type ( $X \pm ET$ ). La  $\dot{V}O_2$ , les Fc ainsi que les résultats de l'échelle de Borg obtenus lors des tests sur tapis roulant ont été rapportés à des Fc fixes (100, 125 et 150 bpm) pour faciliter l'analyse des résultats mais aussi car la majorité du temps au travail elles se situent dans ces plages. En effet, chez aucun de nos 71 sujets, la fréquence cardiaque n'a dépassé 130 bpm. Nous avons donc calculé la relation  $\dot{V}O_2/Fc$  et par la suite interpolé les valeurs de  $\dot{V}O_2$  correspondant à certaines FC. Ceci est une façon efficace de déterminer si la relation entre les 2 variables a changé. 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<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> rencontres ont été comparées avec des tests-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 de la fréquence cardiaque et les comptes de mouvements par minute (CPM) entre les groupes nous avons utilisé des analyses de variances. Finalement, pour évaluer les différences de fréquences cardiaques ou les CPM entre les heures de travail, nous avons utilisé une analyse de variance et des tests de dominance relative. Les résultats ont été considérés comme statistiquement significatifs si  $P < 0,05$ . Les résultats ont été analysés avec les tables de statistiques de Laurencelle et Dupuis (2000).

## **5. RÉSULTATS**

### **5.1 Données descriptives**

Le tableau 1 révèle que les groupes de sujets étaient physiquement semblables tant chez les femmes que chez les hommes sauf le groupe d’hommes de la condition plutôt lourde-neutre, qui était plus âgé, avait un tour de taille plus grand et était aussi moins actif. 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 la fiabilité de la courbe  $\dot{V}O_2 / Fc$  entre le début et la fin du quart de travail. Un groupe sur les dix avait une moyenne d’âge plus élevée (moy =  $34,14 \pm 10,54$ ) que les autres (moy =  $27,13 \pm 3,09$ ). Pour vérifier si l’âge influence la consommation d’oxygène une corrélation a été effectuée entre la demande énergétique et l’âge. La corrélation s’est avérée faible ( $r = 0,18$ , NS) indiquant que l’âge n’influence pas l’impact de la dérive cardiovasculaire comme l’avait suggéré Ekelund et Holmgren (1967).

Tableau 1. Données anthropométriques en fonction des groupes et du sexe.

GROUPE	N	Age (ans)	IMC	Tour de taille (cm)	Fréquence AP/sem <sup>1</sup>	Graisse (%)	Augmentation de la Fc <sup>2</sup>
Modérée-Neutre Hommes	7	26,29±2,14	23,99±2,38	81,86±5,91	2,86±0,38	13±3	19,7±2,1
Modérée-Neutre Femmes	7	27,00±8,52	23,45±4,36	74,36±6,88	2,71±0,49	24±8	20,2±2,0
±lourde-Neutre Hommes	7	34,14±10,54*	28,26±5,89	98,29±18,47*	1,71±0,76*	21±9	30,5±7,6
±lourde-Neutre Femmes	7	25,43±1,40	26,03±6,00	79,71±13,88	2,86±0,38	27±8	26,7±2,9
Modérée-Chaud Hommes	8	24,50±8,11	26,18±2,23	89,00±10,50	2,75±0,71	16±5	24,6±2,1
Modérée-Chaud Femmes	7	27,43±5,35	27,75±7,50	81,57±15,36	2,14±0,90	29±9	22,6±2,2
±lourde-Chaud Hommes	7	24,57±6,92	25,62±3,97	86,43±8,75	2,29±0,76	15±6	33,9±4,9
±lourde-Chaud Femmes	7	27,71±6,24	24,69±8,68	78,43±18,16	2,14±0,90	23±12	27,4±3,1
Travail de nuit Hommes	7	26,29±2,87	26,84±1,13	96,14±6,13	2,43±0,53	20±3	30,0±4,4
Travail de nuit Femmes	7	25,57±3,78	23,31±3,27	74,14±7,31	2,14±0,90	25±5	29,3±8,5
Moyenne	71	26,85±6,46	25,62±5,00	84,06±13,79	2,41±0,75	21±7	26,5±3,8

<sup>1</sup> Pour évaluer la fréquence d’activité physique par semaine, un pointage de 3 était accordé pour ceux qui étaient actifs 3 fois ou plus par semaine, 2 à ceux qui répondaient 1-2 fois par semaine et 0 pour rarement ou jamais. Une moyenne par groupe était ensuite calculée.

<sup>2</sup> Augmentation absolue de la Fc moyenne par rapport à la Fc de repos : ≤ 25 bpm = intensité modérée; 25-35 bpm = intensité plutôt lourde.

\*Différent des autres groupes d’hommes; p<0,05

## 5.2 Relation $\dot{V}O_2$ / Fc

La  $\dot{V}O_2$  tend à être plus élevée après une journée de travail lors du test sur tapis roulant aux fréquences cardiaques de 125 et 150 battements par minute (bpm), mais de façon non significative lorsque analysée chez tous les sujets (Figure 6A). 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 125 et 150 bpm (p<0,05) (Figure 6B). Lorsqu’on regarde de façon plus spécifique les relations  $\dot{V}O_2$  / Fc et échelle de Borg / Fc selon le sexe, l’intensité, ou l’ambiance thermique de travail on remarque dans certains groupes des différences entre le début et la fin de la journée.

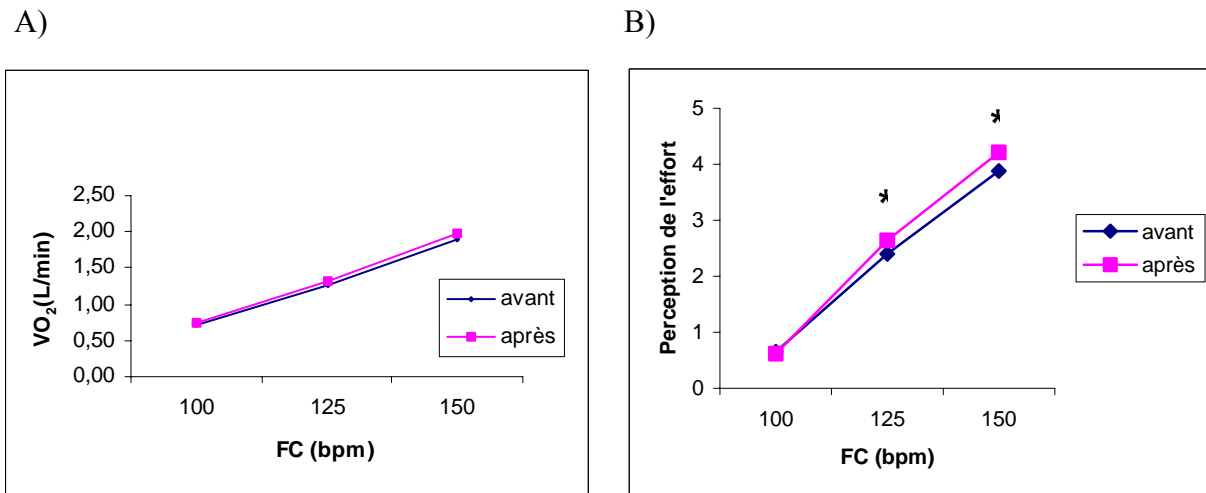


Figure 6.  $\dot{V}O_2$  (A) et perception de l'effort (B) à 100-125-150 bpm début vs fin de la journée pour tous les sujets ( $n = 71$ ). \* $P < 0,05$ .

**5.2.1 Sexe.** Lors de l'analyse comparative des deux sexes on remarque des différences significatives dans la perception de l'effort. La perception de l'effort chez les femmes (Figure 7D) 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 le début et la fin de la journée se retrouve chez les hommes à la fréquence cardiaque 125 et 150 bpm ( $P < 0,05$ ) (Figure 7A).

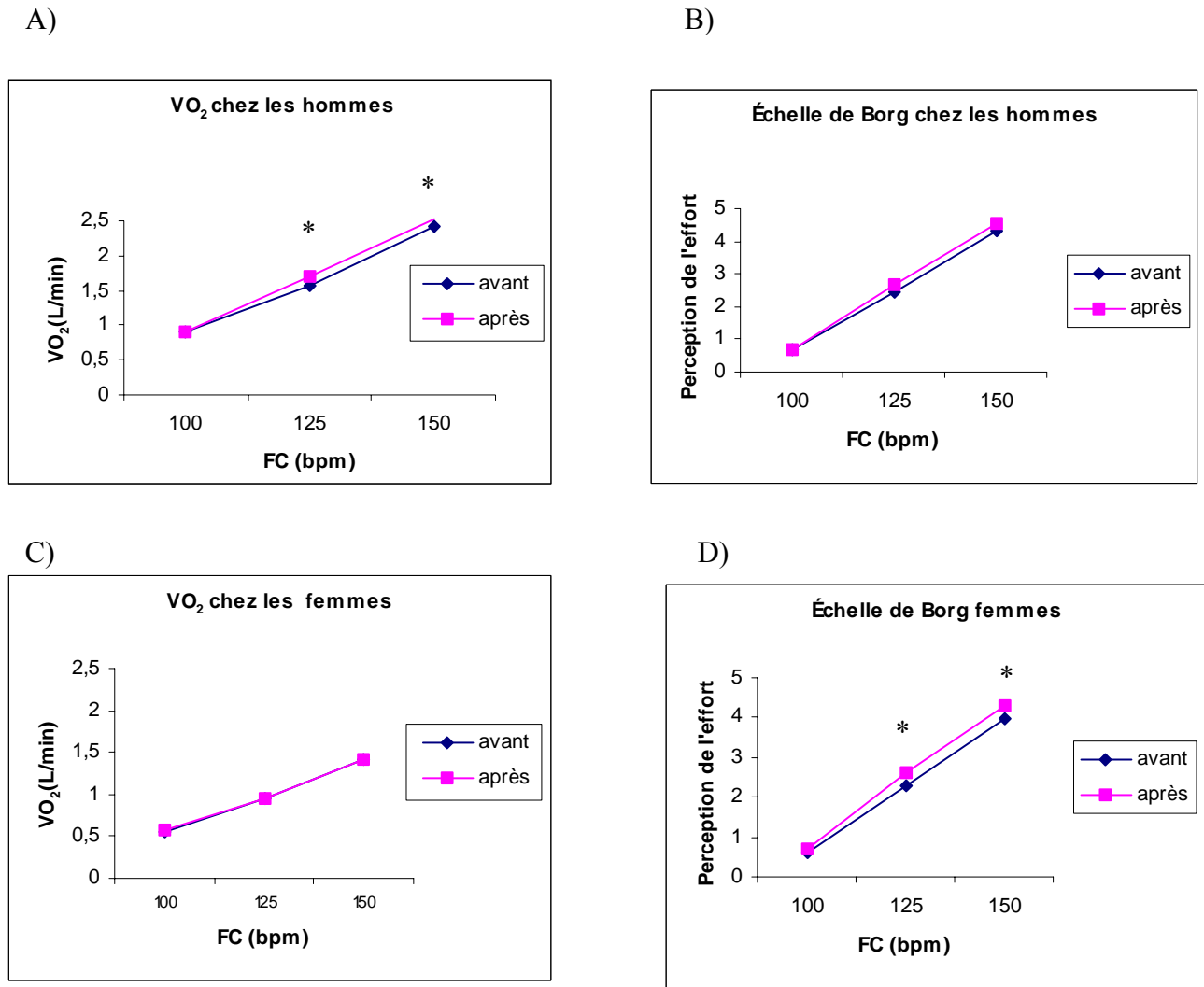


Figure 7. Relation  $\dot{V}O_2$  / Fc chez les hommes (A) et les femmes (C) et perception de l'effort correspondante (B pour hommes et D pour femmes) pour les fréquences cardiaques 100-125-150 bpm début vs fin de la journée. \*  $P < 0,05$ .

**5.2.2 Intensité de l’occupation.** Lorsqu’on divise les sujets selon l’intensité (modérée vs plutôt lourde) de leur occupation, on n’observe pas de différence de  $\dot{V}O_2$  entre le début et la fin de la journée. Par contre, il existe une différence significative dans la perception de l’effort 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 plutôt lourde (Figure 8).

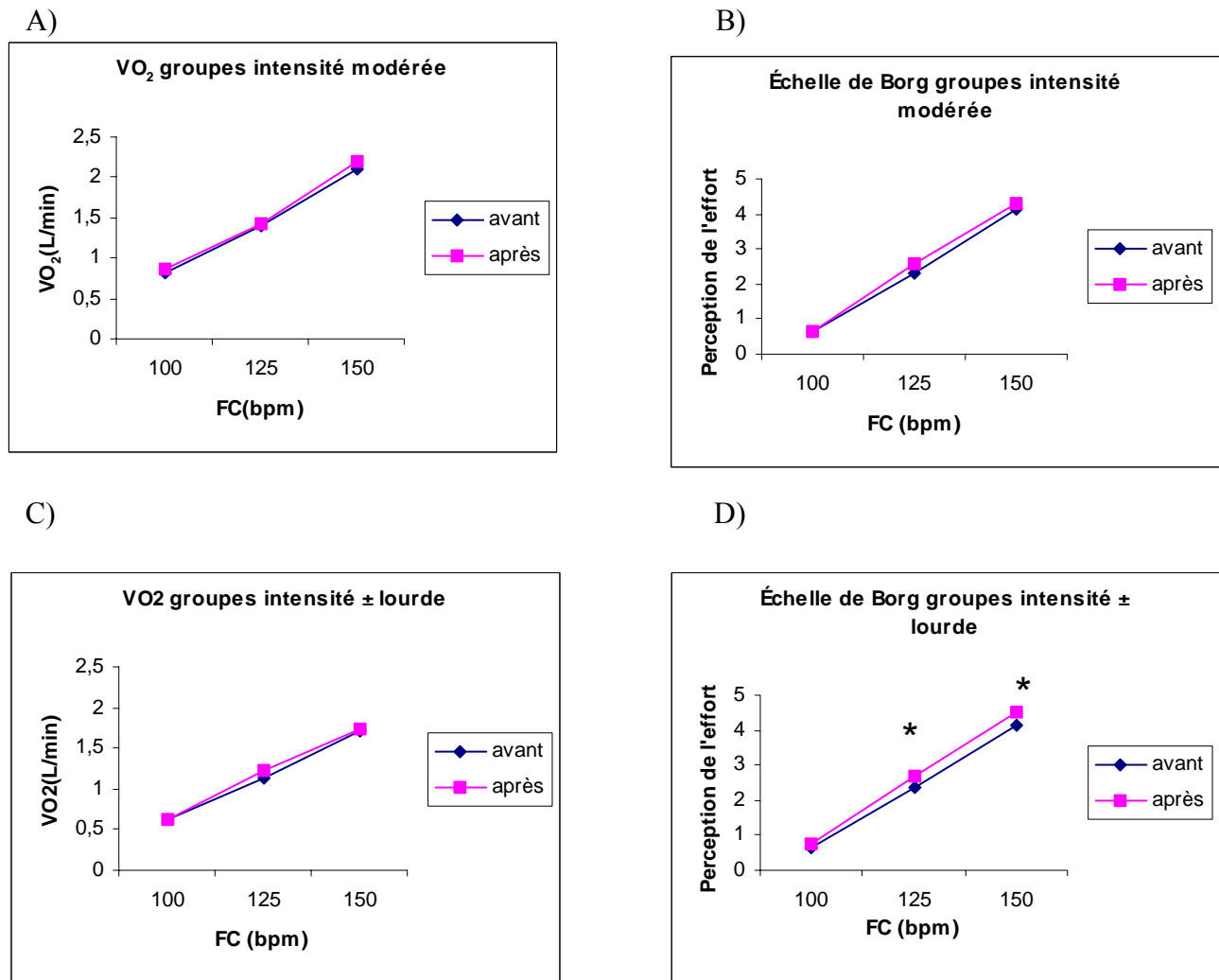
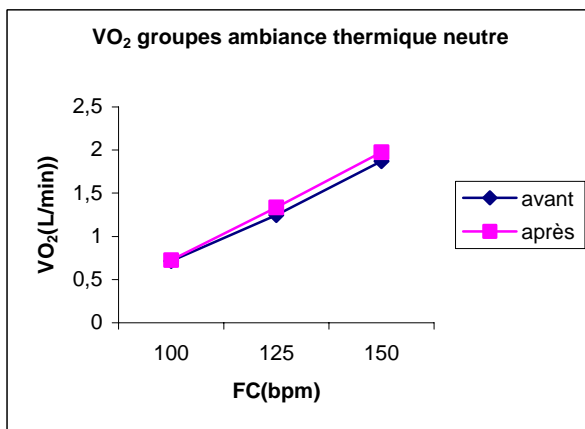


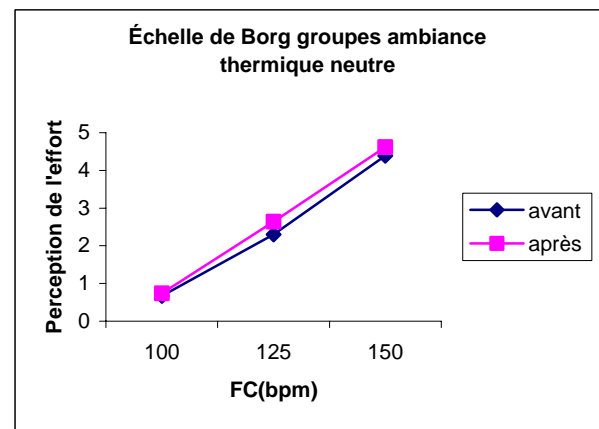
Figure 8. Relation  $\dot{V}O_2$  / Fc chez les groupes travaillant à une intensité modérée (A) et plutôt lourde (C) ainsi que la perception de l’effort correspondante (B-D) pour les fréquences cardiaques de 100-125-150 bpm début vs fin de la journée. \*  $P < 0.05$ .

**5.2.3 Ambiance thermique de travail.** 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 chaude) 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.

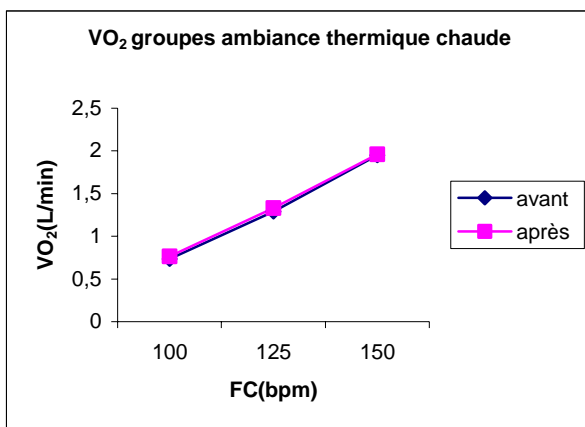
A)



B)



C)



D)

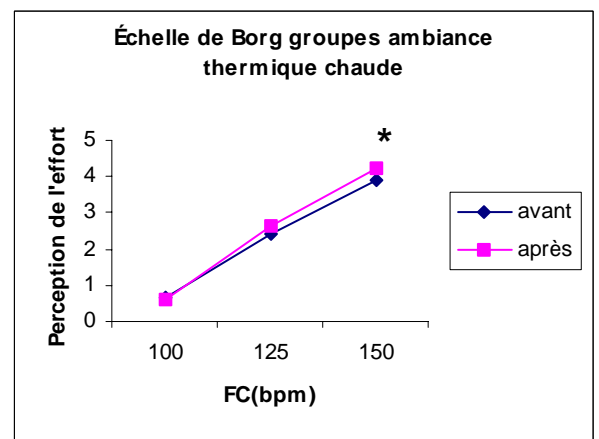


Figure 9. Relation  $\dot{V}O_2 / Fc$  chez les sujets travaillant en ambiance neutre (A) et en ambiance chaude (C) et la perception de l’effort correspondante (B-D) pour les fréquences cardiaques 100-125-150 bpm début vs fin de la journée. \* P<0.05.

Cependant, on remarque que la perception de l’effort varie de façon significative pour les sujets travaillant en ambiance chaude mais seulement à une Fc de 150 bpm (Figure 9).

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

(Tableau 2).

Tableau 2. Variations en pourcentage du  $\dot{V}O_2$  et de l’échelle de Borg entre le début et la fin de la journée de travail analysé à l’aide d’un test-t pour chacun des groupes aux fréquences cardiaques de 100, 125 et 150 bpm (Voir Annexe D pour présentation sous forme de figures), \*P< 0.05.

GROUPE	% $\dot{V}O_2$			% BORG		
	100 bpm	125 bpm	150 bpm	100 bpm	125 bpm	150 bpm
Neutre-Modérée Hommes	0,05	4,74*	2,56*	0,81	1,57	0,69
Neutre-Modérée Femmes	0,41	0,08	0,65	1,58	1,44	0,11
Neutre ±lourde Hommes	1,30	0,75	0,95	1,70	0,25	0,82
Neutre ±lourde Femmes	1,48	0,16	0,05	1,46	1,38	6,71*
Chaud-Modérée Hommes	1,24	0,12	1,08	0,11	0,18	1,63
Chaud-Modérée Femmes	0,24	0,44	0,93	1,31	0,01	1,08
Chaud ±lourde Hommes	0,25	2,64*	0,42	1,82	1,68	2,53*
Chaud ±lourde Femmes	1,29	0,13	0,15	0,64	2,70*	0,14
Travail de nuit Hommes	0,88	0,49	1,02	0,52	2,67*	1,58
Travail de nuit Femmes	0,29	0,82	1,73	1,81	1,63	1,76



**5.2.4 Horaires de jour vs. de nuit.** Chez les travailleurs de nuit, la perception de l’effort était plus élevée à 125 bpm lors du test à l’effort en fin de journée par rapport au début de journée (Annexe E).

**5.2.5 Autres variables mesurées.** La température tympanique ( $T^{\circ}$ ) augmente à la suite d’une journée de travail chez les sujets en ambiance chaude et ceux à intensité modérée alors que le % d’hématocrite (HCT) diminue significativement suite à une journée de travail à intensité plutôt lourde (Tableau 3).

Tableau 3. Différence entre la température tympanique et le pourcentage d’hématocrite entre la mesure au début vs fin de la journée chez 3 catégories de travailleurs de jour

	N	$T^{\circ}$ avant	$T^{\circ}$ après	Student (t)	Hct avant (%)	Hct après (%)	Student (t)
<b>SEXE</b>							
Femmes	28	36,45 ± 0,53	36,67 ± 0,52	2,24	39,41 ± 2,61	38,67 ± 3,01	1,18
Hommes	29	36,08 ± 0,63	36,32 ± 0,96	1,99	43,17 ± 3,12	42,08 ± 3,73	1,59
<b>AMBIANCE</b>							
Neutre	28	36,08 ± 0,54	36,29 ± 0,75	1,72	41,50 ± 3,17	41,01 ± 3,27	0,72
Chaude	29	36,45 ± 0,62	36,70 ± 0,78	2,48*	41,07 ± 3,69	39,74 ± 4,18	2,12
<b>INTENSITÉ</b>							
Modérée	29	36,45 ± 0,63	36,59 ± 0,87	3,57**	41,28 ± 3,14	40,75 ± 4,22	0,76
±lourde	28	36,33 ± 0,59	36,40 ± 0,69	0,63	41,31 ± 3,74	40,01 ± 3,29	2,19*
<b>TEMPS</b>							
Jour	57	36,27± 0,60	36,51± 0,55	2,96*	41,00± 3,63	40,00± 3,99	1,99
Nuit	14	36,38± 0,71	36,49± 0,57	0,49	43,16± 4,03	40,79± 3,23	3,26 *

\*  $P < 0,05$  et \*\*  $P < 0,01$

Pendant la journée de travail les sujets portaient une montre Polar et un accéléromètre pour vérifier: 1) l’intensité de travail et 2) la relation entre le nombre de comptes par minute (unité de mesure de l’accéléromètre) et la fréquence cardiaque par minute. Lorsqu’on évalue la corrélation entre les CPM et la Fc sujet par sujet, la relation est significative pour la plupart des sujets (Voir Annexe F). Lorsque les sujets sont évalués par sous-groupes, les corrélations sont

significatives (Tableau 4). Par contre, si on évalue les résultats grâce à la moyenne par heure des CPM et de la Fc la corrélation entre ces variables devient non significative ( $r = -0,03$ ). L’analyse de la fréquence cardiaque moyenne par heure avec tout le groupe nous démontre que la Fc est plus élevée durant la première heure de travail (Figure 10 A).

Tableau 4. Corrélations (r) entre les comptes d’accélération (CPM) et la fréquence cardiaque par minute pour différents regroupements de sujets

	N	Corrélations (r)
<b>SEXE</b>		
Femmes	28	0,31*
Hommes	29	0,33*
<b>AMBIANCE</b>		
Neutre	28	0,34*
Chaude	29	0,32*
<b>INTENSITÉ</b>		
Modérée	29	0,37*
±lourde	28	0,28*

\* $P < 0,01$

Lorsque déterminée par un test de combinatoire utilisant la méthode Monte Carlo (Laurencelle, 2001), la prédominance de la première heure s’avère très significative ( $P < 0,001$ ). Par contre, le test de dominance relative révèle que cette prédominance de la première heure n’apparaît 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 aussi plus intenses, tel que révélé par une fréquence cardiaque plus élevée (Figure 10 B). La figure 11 montre que la septième heure de travail semble être l’heure durant laquelle les travailleurs bougent davantage (CPM) montrant que la relation entre la Fc et les CPM évaluée par heure est faible car la Fc la plus élevée est la première heure de travail. De façon générale, il existe une corrélation significative entre la Fc et les CPM lorsqu’on calcule minute par minute la corrélation, mais non significative lors d’un calcul de la même corrélation heure par heure.

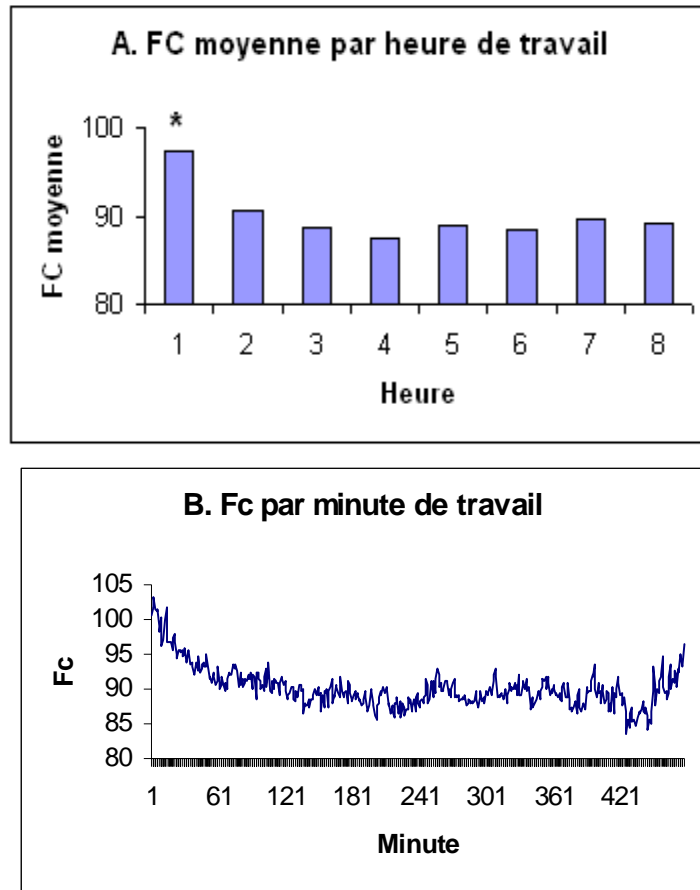


Figure 10. Fréquence cardiaque échantillonnée par heure (A) ou par minute (B) de travail pour l'échantillon au complet. \* différent des autres heures.

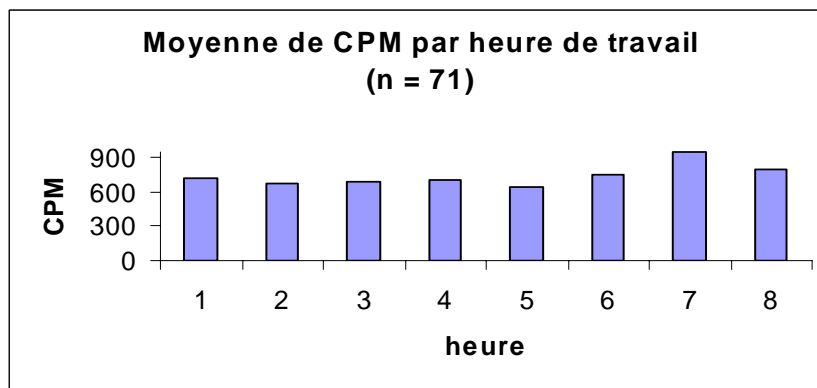


Figure 11. Comptes de mouvements par minute (CPM) par heure de travail pour l'échantillon au complet.

## 6. 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 afin d’estimer le plus précisément possible la charge de travail lorsqu’on utilise l’enregistrement de la Fc sur le terrain à tout moment de la journée pour interpoler la dépense énergétique à partir d’une droite  $\dot{V}O_2 / Fc$  préalablement établie en laboratoire.

### 6.1 Variation de la relation $\dot{V}O_2 / Fc$ entre le début et la fin d’une journée de travail

Notre hypothèse majeure était que la relation  $\dot{V}O_2 / Fc$  utile en ergonomie pour estimer le coût énergétique d’un poste ou d’une tâche de travail n’est pas fidèle à 100%. Cette relation pourrait en effet subir une distorsion à mesure que la journée de travail avance. La dérive cardiovasculaire de la consommation d’oxygène et de la fréquence cardiaque susceptible de se produire au cours de la journée de travail, chacune avec un pourcentage d’augmentation différent, est le mécanisme physiologique qui soutenait l’hypothèse de départ. Dans les études précédentes sur la dérive cardiovasculaire, la fréquence cardiaque augmentait plus en pourcentage que la consommation d’oxygène ce qui pouvait faire varier la pente de la droite de régression  $\dot{V}O_2 / Fc$  (Ekelund et Holmgren, 1967; Lajoie et al. 2000).

Cependant, les résultats de notre étude montrent que lorsque la droite de relation  $\dot{V}O_2 / Fc$  est mesurée avant et remesurée après une journée de travail, la consommation d’oxygène augmente rarement de façon significative. Cette augmentation est significative dans quelques groupes (hommes travaillant à intensité modérée en ambiance neutre à 125 et 150 bpm; hommes travaillant à intensité plutôt lourde en ambiance chaude à 125 bpm). Même si la consommation d’oxygène n’augmente pas beaucoup, la perception d’un même effort répété après une journée de

travail augmente significativement chez certains groupes de sujets. Ainsi, les sujets masculins travaillant à intensité plutôt lourde en ambiance chaude ainsi que les femmes travaillant à intensité plutôt lourde en ambiance neutre ressentent l'effort comme étant plus difficile après une journée de travail selon l'échelle de Borg à 150 bpm, lors du test sur tapis roulant (Tableau 2). Pour les femmes avec travail plutôt lourd et ambiance chaude, c'est à 125 bpm que la perception de l'effort est plus élevée suivant une journée de travail.

Nos hypothèses secondaires avançaient qu'il pourrait exister une différence de variation de la relation  $\dot{V}O_2 / Fc$ : entre les femmes et les hommes, entre le travail en ambiance chaude ou neutre, et entre le travail à intensité modérée ou plutôt lourde. Contrairement à ce que l'on s'attendait, les distorsions de la relation  $\dot{V}O_2 / Fc$  n'ont pas été observées entre ces différents groupes.

### **6.1.1 Différences selon le sexe**

La seule véritable différence homme-femme concerne la perception de l'effort qui a augmenté chez les femmes suite à une journée de travail. Dans notre échantillon, 21 femmes sur 28 travaillaient la plupart du temps en position debout comme coiffeuses, serveuses, hortultrices, etc. En Amérique du Nord, une grande proportion d'emplois occupés par des femmes dans les usines ou le secteur des services (vendeuses, coiffeuses, caissières) sont caractérisés par de longues périodes en position debout qui occasionnent des problèmes musculo-squelettiques et une fatigue accrue (Vézina et al. 1994). 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 deviennent fatigués. Éventuellement, ce sont les muscles

phasiques qui prennent la relève, mais ils ont la caractéristique d’être plus fatigables et de consommer plus d’oxygène (Reggiani et al. 2000).

Dans notre échantillon, les hommes 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 comparé 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 perception de l’effort plus élevée chez les femmes.

Oginska, Pokorski et Oginski (1993) 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, 2) d’une plus grande somnolence lors de la journée de travail et 3) d’une intensité de travail plus élevée que les hommes dans leurs temps libres. Ceci pourrait nous aider à comprendre pourquoi les femmes montrent une augmentation de 0,73 unités comparativement à 0,44 chez les hommes concernant la perception de l’effort selon l’échelle de Borg entre le début et la fin de la journée de travail (Figure 7).

### **6.1.2 Différences selon l’intensité de travail**

L’intensité de travail ne provoque pas de variation significative de la pente  $\dot{V}O_2 / Fc$  durant la journée de travail. Par contre, une variation significative a été mesurée dans la perception de l’effort suite à une journée de travail aux fréquences cardiaques de 125 et 150 bpm pendant le test sur tapis roulant.

Si on compare les effets de l'intensité de travail et de l'ambiance thermique de 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 et 150 bpm lorsqu'on analyse les données selon l'intensité de travail mais seulement significative à 150 bpm pour la perception de l'effort selon l'ambiance thermique du milieu de travail.

### **6.1.3 Différences selon l'ambiance thermique de travail**

Il avait aussi été avancé que l'ambiance thermique (chaude ou neutre) puisse influencer l'évolution de la relation  $\dot{V}O_2 / Fc$ . D'après nos résultats, il n'existe pas de variation significative de la consommation d'oxygène entre le début et la fin de la journée que ce soit chez les sujets qui travaillent en ambiance chaude ou en milieu neutre tous groupes combinés.

Cependant, on remarque une augmentation significative de la perception de l'effort après une journée de travail à 150 bpm. Ces résultats se rapprochent de ceux de Chen et al. (2003) qui suggèrent que les travailleurs en ambiance chaude augmentent leur chance de fatigabilité suite à une journée de travail comparé aux travailleurs en ambiance neutre.

### **6.1.4 Variables secondaires**

**6.1.4.1 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 la température du milieu de travail, il aurait fallu la mesurer sur le site. Contre toute attente, la température tympanique a augmenté

(+0.14°C) de façon significative chez les gens ayant un travail d’intensité modérée et non chez les travailleurs ayant un travail d’intensité plutôt lourde. Une variation significative (+0.25°C) de la température tympanique a aussi été remarquée chez les sujets travaillant en ambiance chaude. On peut donc exclure que les variations observées de perception de l’effort ou de  $\dot{V}O_2$  pour une même Fc soient attribuables à une variation de la température centrale.

**6.1.4.2 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 à la fin de la journée (Tableau 3). Suite à ces résultats, il nous est permis de croire en une bonne hydratation de nos sujets pendant leur journée de travail ce qui pourrait expliquer en partie la faible variation entre le début et la fin de la journée au niveau de la consommation d’oxygène. Les diminutions les plus marquées du pourcentage d’hématocrite ont été observées dans les groupes travaillant à intensité plutôt lourde et chez les travailleurs en ambiance chaude. Ces résultats sont étonnants 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 possible déshydratation et d’une perte de plasma sanguin.

**6.1.4.3 Pression artérielle.** Dans nos résultats aucun groupe ne présentait de différence significative de la pression systolique ou diastolique entre le début et la fin du quart de travail. 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 le cas dans notre étude. D’autre part, Ha et al. (2001) rapportent une augmentation de la pression artérielle en relation avec la durée du quart de travail. Cependant, dans cette dernière étude la pression artérielle était prise de façon ambulatoire tandis que nous avons mesuré la pression artérielle avant le travail et



lors du retour au laboratoire ce qui explique peut-être la différence entre les résultats.

### **6.1.5 Fréquence cardiaque mesurée en continu durant la journée de travail**

L'analyse de la Fc moyenne par heure ou par minute de travail nous a fait remarquer que lors de la première heure de travail, la Fc est significativement plus élevée que lors des autres plages horaires. 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 nous 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 à l'aide de la fréquence cardiaque. 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 de stress inhabituel serait d'être venu en laboratoire et d'avoir à porter une ceinture cardio-fréquence-mètre et un accéléromètre pendant la journée de travail. Il faut aussi noter que lors de la séance 2, les sujets semblaient stressés à l'idée d'arriver en retard au travail ou pour bien comprendre la procédure de l'utilisation de l'équipement (e.g. arrêter la montre par erreur). Ces petits stress supplémentaires ajoutés à ceux d'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 qu'on s'y intéresse.

## **6.2 Limites de l'étude**

La température ambiante du milieu de travail a été estimée par la perception subjective de la chaleur ressentie par le sujet lui-même. De plus, la température du milieu de travail n'était pas

toujours constante (e.g. pour le 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 l’heure d’arrivée au 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, à cause de 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 6 :00 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 le matin que le soir. Par exemple, un sujet travaillant à 5:00 a évalué son effort à 6 sur l’échelle de Borg le matin pour seulement 4 pour le même effort lors de son retour du travail. Les variations de la perception de l’effort, mesurée sur l’échelle de Borg, auraient potentiellement été encore plus marquées si les quarts de travail des sujets avaient tous débutés à la même heure et pour une durée égale.

## 7. CONCLUSION

Les résultats obtenus dans le cadre de la présente étude semblent indiquer qu’il n’existe pas de problème majeur de fidélité de la relation  $\dot{V}O_2 / Fc$  pour la plupart des sous-catégories de conditions de travail analysées ici. Les situations où il faut être prudent avec l’interpolation concernent les tâches impliquant des Fc dépassant 125 bpm. À partir de 125 bpm on augmente les probabilités que la relation  $\dot{V}O_2 / Fc$  soit moins fidèle après un certain nombre d’heures au travail. 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 processus 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 soit auto-ajustée par le travailleur (inconsciemment 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.

## 8. APPLICABILITÉ DES RÉSULTATS

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 les changements de relation  $\dot{V}O_2 / Fc$ . La première heure d'un quart de travail ne semble pas bien refléter l'ensemble de la journée pour l'évaluation de la fréquence cardiaque (Figure 10). Si on veut 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 car d'une période à l'autre, il existe une différence importante. Comme l'avance Rodahl (1989), la description globale d'une tâche ne suffit pas à évaluer convenablement la dépense énergétique.

Dans des occupations diverses, il existe plusieurs facteurs qui influencent la charge de travail comme le type de tâche, l'horaire de travail et même le support social au travail (Evans et Steptoe, 2001). La dépense énergétique ne suffit donc pas à bien décrire la charge de travail puisqu'elle néglige les pointes de dépense énergétique. C'est en partie pour ces raisons que nous croyons qu'il est toujours mieux d'évaluer les tâches journalières sur une journée de travail entière. Le cardio-fréquencemètre 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 psychophysologiques doivent être aussi considérés dans l’estimation de l’astreinte vécue dans un poste de travail.

### **8.1 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 durant la journée. 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 8 heures comparativement à ceux qui travaillent sur des quarts de travail de 12 heures. Finalement, il serait aussi intéressant d’étudier la dérive cardiovasculaire chez des employés oeuvrant dans une même tâche mais ayant une différence d’expérience pour voir si les travailleurs plus expérimentés deviennent énergétiquement plus économes pour certaines tâches.

### **8.2 Recommandations pratiques**

1. À l’estimation de la  $\dot{V}O_2$  par 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 considérer.
2. Pour avoir une bonne évaluation de l’intensité de travail avec l’accéléromètre il faut évaluer toute la journée de travail car il n’existe pas de constance entre les heures de travail et le nombre de mouvements par minute.

3. La moyenne de la fréquence cardiaque lors de la première heure de travail ne reflète pas la fréquence cardiaque moyenne durant la journée.
4. Lors des pointes de fréquence cardiaque au-dessus de 125 bpm, il y a une augmentation des risques d'erreur dans le sens d'une sous-estimation. C'est dans cette zone que nous avons obtenu des  $\dot{V}O_2$  plus élevés pour une même fréquence cardiaque. Donc, si on s'attend à avoir des Fc dans ces plages, il faut par précaution établir la relation  $\dot{V}O_2 / Fc$  au même moment de la journée prévue pour la collecte de données sur le terrain.

## 9. RÉFÉRENCES

- ACSM. (2005). ACSM’s guidelines for exercise testing and prescription. 7th edition. LWW, Philadelphia. pp 76-78
- 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
- Borg G. (1998). Borg’s perceived exertion and pain scales. Human Kinetics, Champaign, IL. pp 56-57
- 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
- Ha M., Kim J., Park J., Chung H.K. (2001). Blood pressure and heart rate variability in workers of 8-hour shifts. *Journal of Human Ergology (Tokyo)* 30(1-2): 229-233
- Horwat E. et Meyer J.P. (1998). Débit ventilatoire de travail. *Médecin du Travail*, 76(4), 343-357
- Kaudewitz H. (1998). Work standard assessment 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. (2001). *Hasard, nombres aléatoires et méthode Monte Carlo*. Sainte-Foy : Presses de l'Université du Québec.
- Laurencelle L. et Dupuis F. (2000). *Tables statistiques expliquées et appliquées (2<sup>ème</sup> 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 labour 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. XXXVIII<sup>ème</sup> Congrès, Paris. pp. 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
- 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

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

Washburn R.A., Cook T.C. et Laporte, R.E. (1989). The objective assessment of physical activity in an occupationally active group. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 29(3), 279-284



ANNEXE A  
Constitution des groupes étudiés

**HOMMES**

<b>Modérée neutre Hommes</b>	<b>±lourde neutre Hommes</b>	<b>Modérée chaude Hommes</b>	<b>±lourde chaude Hommes</b>	<b>Groupe de nuit</b>
entraîneur	enseignant	journalier en usine	cuisinier	journalier
enseignant	cuviste en usine	journalier en usine	journalier	papetier
chercheur (bureau)	caissier	soudeur en usine	papetier	agent de sécurité
chiropraticien	journalier en usine	entretien industriel	sauveteur	agent de sécurité
chercheur (bureau)	entretien ménager	sauveteur	cuisinier	portier
chercheur (bureau)	serveur	journalier en usine	cuisinier	soudeur
directeur de production	journalier en usine	journalier en usine	serveur/terrasse	soudeur
		sauveteur		

**FEMMES**

<b>Modérée neutre Femmes</b>	<b>±lourde neutre Femmes</b>	<b>Modérée chaude Femmes</b>	<b>±lourde chaude Femmes</b>	<b>Groupe de nuit</b>
vendeuse	entraîneuse	cuisinière	cuisinière	analyste en laboratoire
entraîneuse	enseignante	garderie/dehors	travail en buanderie	agente de sécurité
physiothérapeute	coiffeuse	machiniste en usine	serveuse	barmaid
enseignante	enseignante	horticultrice	horticultrice	analyste en laboratoire
chercheuse (bureau)	entraîneuse	serveuse/terrasse	sauveteuse	garde de sécurité
bouchère	monitrice d'aérobic	entretien en ville	cuisinière	agente de sécurité
infirmière	éducatrice en garderie	sauveteuse	sauveteuse	journalière







## 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, mollet; application de la formule de Durnin & Womersley <sup>1)</sup>) + impédancemètre
- Test (pratique) sur le tapis roulant pour aider le client à se familiariser avec l'appareil.
- Planifier la 2<sup>ième</sup> 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 branché sur l'analyseur en position assise
- Test progressif sur tapis roulant

Protocole :

## 1- 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%

## 2- 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 de la montre Polar et de l'accéléromètre

## Séance 3

- Retour de la montre 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 branché 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%

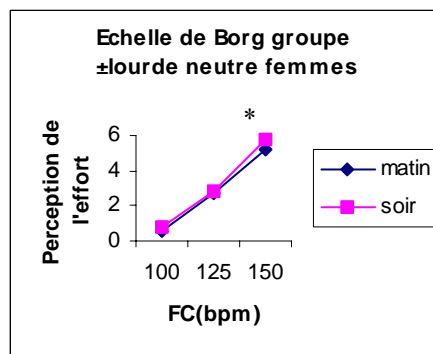
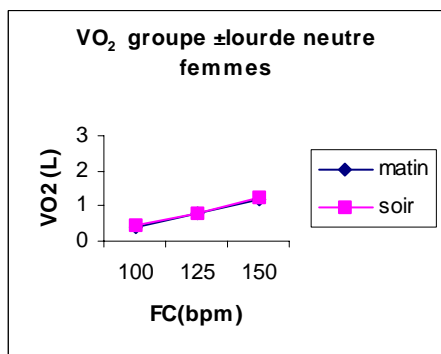
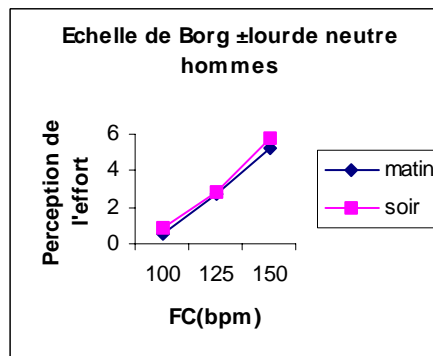
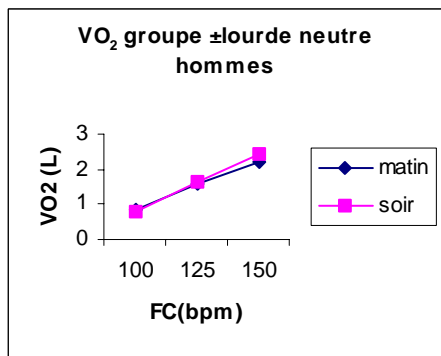
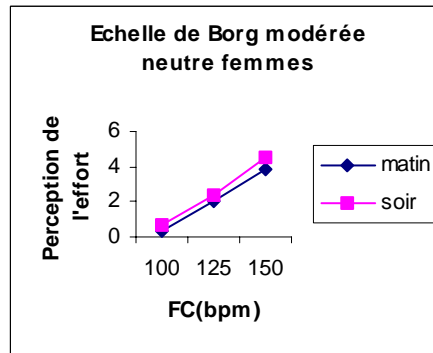
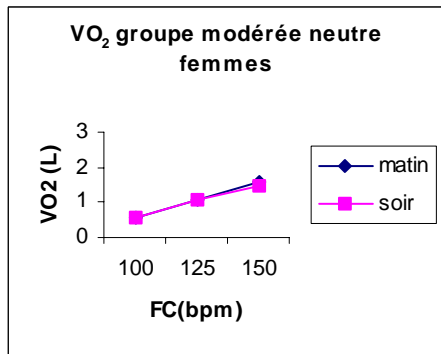
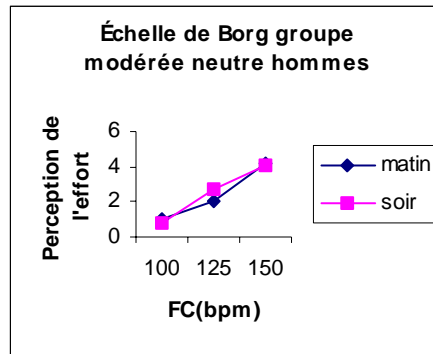
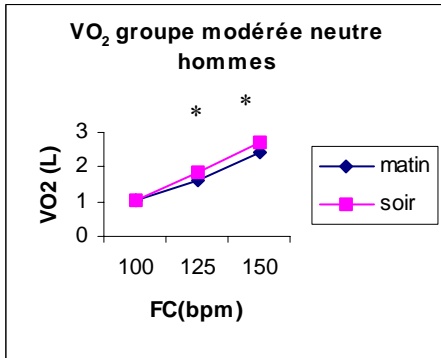
Si sujet actif

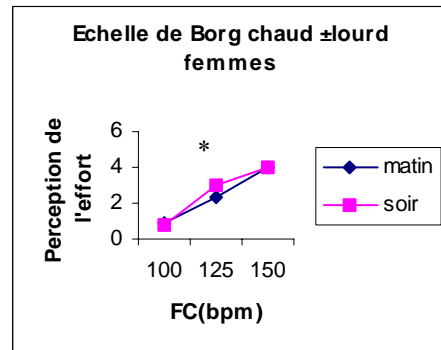
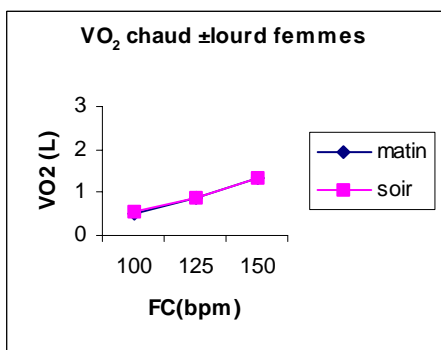
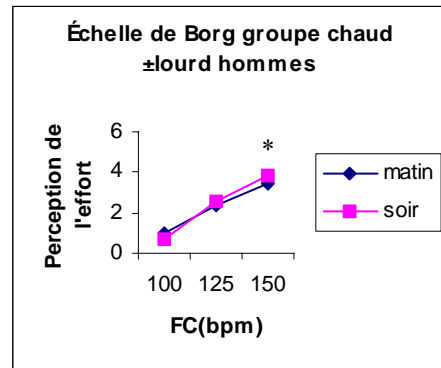
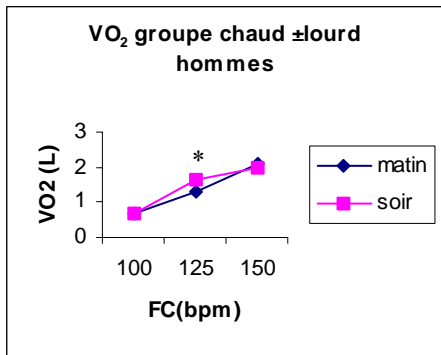
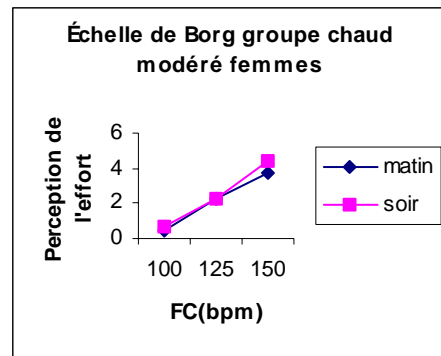
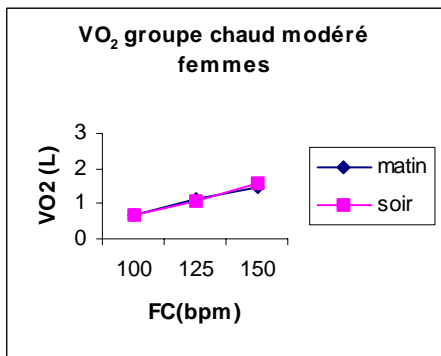
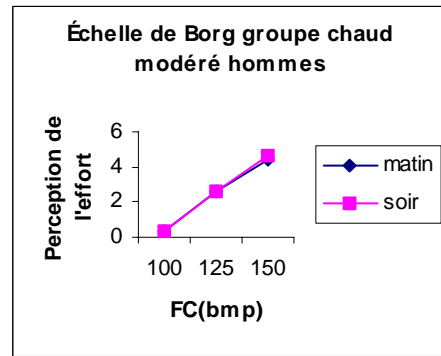
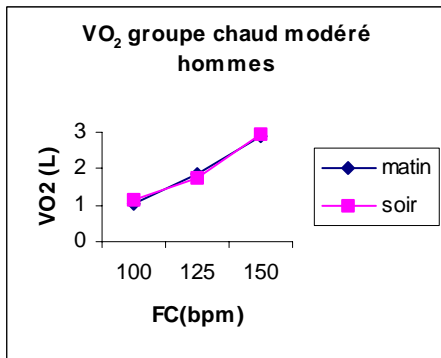
Palier	Temps	Vitesse	Pente
1	0-5 min	3.2 km/h	0%
2	5-10 min	6.4 km/h	3%
3	10-15 min	9.6 km/h	6%

- Douche si désirée
- Téléchargement des données de la montre Polar et de l’accéléromètre

ANNEXE D

Relation  $\dot{V}O_2$  / Fc et variation de perception de l'effort pour chacun des 8 groupes de jour. \* P<0,05.

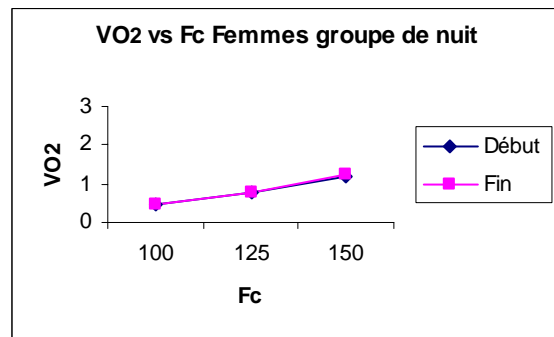
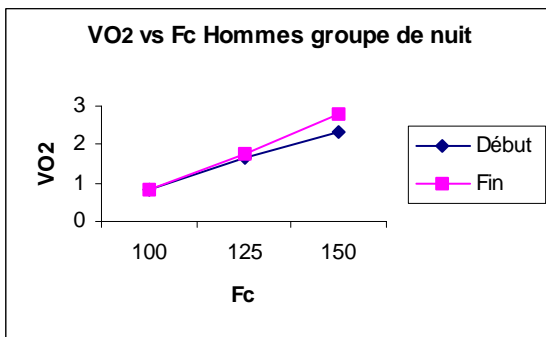
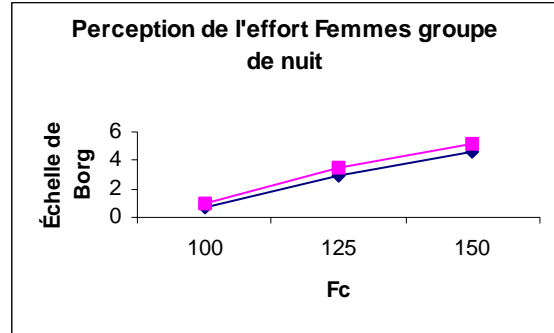
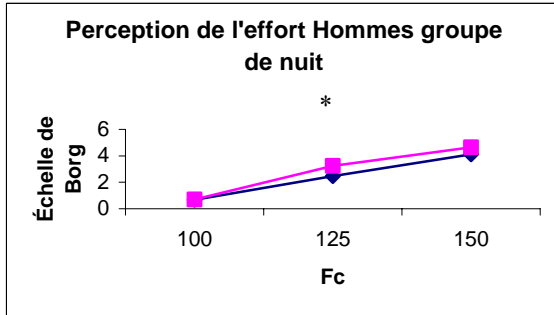






ANNEXE E

Relation  $\dot{V}O_2$  / Fc et variation de perception de l'effort pour les deux groupes de nuit





## ANNEXE F

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

sujet	r	# de minutes	Sujet	r	# de minutes
<b>1</b>			<b>29</b>		
<b>2</b>	0,14	507	<b>30</b>	-0,13	523
<b>3</b>	0,26	502	<b>31</b>	0,66	539
<b>4</b>	0,08	492	<b>32</b>	0,00	538
<b>5</b>	0,11	439	<b>33</b>	0,35	503
<b>6</b>	0,29	408	<b>34</b>	0,74	592
<b>7</b>	0,36	433	<b>35</b>	0,55	545
<b>8</b>	0,36	467	<b>36</b>	-0,06	379
<b>9</b>	0,35	309	<b>37</b>	0,33	481
<b>10</b>			<b>38</b>	0,54	431
<b>11</b>	0,55	506	<b>39</b>	0,44	323
<b>12</b>	0,37	482	<b>40</b>	-0,16	414
<b>13</b>	0,38	511	<b>41</b>	0,11	473
<b>14</b>	0,43	163	<b>42</b>	0,49	600
<b>15</b>	0,33	507	<b>43</b>	0,65	539
<b>16</b>	0,64	348	<b>44</b>	0,13	399
<b>17</b>	0,49	455	<b>45</b>	0,44	426
<b>18</b>	0,57	539	<b>46</b>	0,39	402
<b>19</b>	0,64	530	<b>47</b>	0,06	374
<b>20</b>	0,34	702	<b>48</b>	0,32	479
<b>21</b>	0,48	593	<b>49</b>		
<b>22</b>	0,40	424	<b>50</b>	0,48	497
<b>23</b>	0,52	479	<b>51</b>	0,11	513
<b>24</b>			<b>52</b>	0,21	475
<b>25</b>	-0,02	444	<b>53</b>		
<b>26</b>	0,56	412	<b>54</b>		
<b>27</b>	0,31	409	<b>55</b>	0,57	471
<b>28</b>	0,20	562	<b>56</b>	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**