

Université de Montréal

**Niveaux de vigilance pendant et après
une exposition à la lumière vive durant la nuit**

par

Suzie Lavoie

Département de Sciences Biomédicales

Faculté de Médecine

Mémoire présenté à la Faculté des études supérieures

en vue de l'obtention du grade de

Maître ès sciences (M.Sc.)

en Sciences Biomédicales

Décembre, 2002

©Suzie Lavoie, 2002

Université de Montréal

Direction des bibliothèques

AVIS

L'auteur a autorisé l'Université de Montréal à reproduire et diffuser, en totalité ou en partie, par quelque moyen que ce soit et sur quelque support que ce soit, et exclusivement à des fins non lucratives d'enseignement et de recherche, des copies de ce mémoire ou de cette thèse.

L'auteur et les coauteurs le cas échéant conservent la propriété du droit d'auteur et des droits moraux qui protègent ce document. Ni la thèse ou le mémoire, ni des extraits substantiels de ce document, ne doivent être imprimés ou autrement reproduits sans l'autorisation de l'auteur.

Afin de se conformer à la Loi canadienne sur la protection des renseignements personnels, quelques formulaires secondaires, coordonnées ou signatures intégrées au texte ont pu être enlevés de ce document. Bien que cela ait pu affecter la pagination, il n'y a aucun contenu manquant.

NOTICE

The author of this thesis or dissertation has granted a nonexclusive license allowing Université de Montréal to reproduce and publish the document, in part or in whole, and in any format, solely for noncommercial educational and research purposes.

The author and co-authors if applicable retain copyright ownership and moral rights in this document. Neither the whole thesis or dissertation, nor substantial extracts from it, may be printed or otherwise reproduced without the author's permission.

In compliance with the Canadian Privacy Act some supporting forms, contact information or signatures may have been removed from the document. While this may affect the document page count, it does not represent any loss of content from the document.

Faculté des études supérieures

Ce mémoire intitulé :
Niveaux de vigilance pendant et après une exposition
à la lumière vive durant la nuit

présenté par :
Suzie Lavoie

a été évalué par un jury composé des personnes suivantes :

Julie Carrier
président-rapporteur

Marie Dumont
directeur de recherche

Anne Décary
membre du jury



Résumé

Les effets stimulants d'une exposition à la lumière vive durant la nuit ont déjà été observés lors d'études précédentes. Cependant, les résultats semblent varier dépendamment du test utilisé pour évaluer les niveaux de vigilance. Lors de la présente étude, différents aspects de la vigilance ont été mesurés pendant, juste après, ainsi que 1,5 h après une exposition à la lumière vive. Quatorze sujets sains (8F: 6H; âge : 22-35) ont été recrutés. Chaque sujet était exposé, dans un ordre contrebalancé, à une lumière vive blanche (LVB; 3000 lux) et à une lumière tamisée rouge (LTR; < 15 lux), à une semaine d'intervalle. Les traitements de lumière étaient administrés de 00h30 à 04h30, pendant une privation de sommeil. Les concentrations de mélatonine salivaire et de cortisol urinaire, ainsi que la température corporelle centrale ont été mesurés. Les niveaux de vigilance ont été évalués à l'aide d'estimations subjectives, de tests de maintien de l'éveil (MWT), d'enregistrements de l'EEG à l'éveil et de trois tests de performance. La sécrétion de la mélatonine a été supprimée en LVB. Des effets significatifs du traitement de LVB ont été observés pour le MWT et pour les bandes de fréquence theta-alpha et beta-1 de l'EEG à l'éveil. Il n'y avait pas de différence significative entre les deux conditions pour les niveaux de cortisol, la vigilance subjective, la performance et les niveaux d'activité. Pour toute les mesures de vigilance, les résultats étaient similaires entre les deux conditions lors des tests administrés 1,5 heure après la fin de l'exposition à la lumière. Les résultats obtenus suggèrent qu'une exposition à la lumière vive en début de nuit diminue la propension au sommeil telle que mesurée avec l'EEG, mais n'a que peu d'effets sur les autres aspects de la vigilance.

Mots clés : mélatonine, cortisol, performance, EEG à l'éveil, température corporelle, activité, rythmes circadiens, test de maintien de l'éveil, éveil, placebo

Abstract

Stimulating effects of bright light exposure have been reported in previous studies. However, results seem to vary according to the specific tests used to evaluate vigilance levels. In this study, different aspects of vigilance were measured during, right after and 1.5 h after bright light exposure. Fourteen healthy subjects (8W: 6M; aged 22-35) were recruited. Each subject was exposed, in a counterbalanced order, to bright white light (BWL; 3000 lux) and to dim red light (DRL; <15 lux), at a one-week interval. Light treatments were administered from 0030 to 0430, during sleep deprivation. Salivary melatonin and urinary cortisol concentrations were measured as well as core body temperature. Vigilance levels were evaluated by subjective estimates, maintenance of wakefulness tests (MWT), waking EEG recordings and three performance tests. Melatonin secretion was suppressed under BWL. Significant effects of BWL treatment were found for the MWT and for the theta-alpha and beta-1 frequency bands of the waking EEG. There was no significant effect of BWL on subjective alertness or performance. For all vigilance measures, results on the two conditions were similar for the tests performed 1.5 h after the end of light treatments. The findings suggest that BL exposure in the first half of the night decreases EEG-defined sleep propensity but has only modest effects on other aspects of vigilance.

Keywords : melatonin, cortisol, performance, waking EEG, body temperature, activity, circadian rhythms, maintenance of wakefulness test, arousal, placebo

Table des matières

	page
Identification du jury.....	ii
Résumé en français.....	iii
Abstract (résumé en anglais).....	iv
Table des matières.....	v
Liste des tables.....	viii
Liste des figures.....	ix
Liste des abréviations.....	xii
Remerciements.....	xiii
Dédicace.....	xv
1. Introduction.....	1
2. Revue de littérature.....	2
2.1 Physiologie du système circadien.....	2
2.1.1 Composantes principales du système circadien.....	2
2.1.2 La mélatonine.....	3
2.1.3 Mesure de l'activité du système circadien.....	5
2.1.4 Les effets de la lumière sur la phase circadienne.....	7
2.2 Les effets stimulants de l'exposition à la lumière vive.....	7
2.2.1 Mécanisme proposé.....	7
2.2.2 Des résultats divergents.....	9
2.2.3 Conditions contrôles et effet placebo.....	10
2.2.4 Mesure des effets stimulants.....	12
2.2.4.1 Mesures subjectives.....	12
2.2.4.2 Mesures de performance.....	13
2.2.4.3 Mesures de propension au sommeil.....	15
2.2.4.4 Mesures d'éveil physiologique.....	16
2.2.5 Délai d'apparition et durée des effets stimulants.....	18
3. Problématique et objectifs.....	20

4. Méthodologie et résultats.....	23
4.1 Résumé de la méthodologie.....	23
4.1.1 Sujets.....	23
4.1.2 Protocole expérimental.....	24
4.2 Présentation de l'article : Vigilance levels during and after bright light exposure in the nighttime.....	27
Contribution de l'étudiante.....	28
Abstract.....	29
Keywords.....	29
Introduction.....	30
Materials and Methods.....	33
Subjects.....	33
Procedures.....	33
Data analysis.....	39
Results.....	40
Saliva melatonin concentrations.....	40
Urinary cortisol concentrations.....	41
Rectal temperature and wrist activity.....	41
Subjective alertness and mood.....	42
Waking EEG.....	43
Performance tests.....	43
Ability to maintain wakefulness.....	44
Correlations with Changes in Melatonin Secretion.....	45
Evaluation questionnaire.....	45
Discussion.....	45
Acknowledgements.....	50
References.....	51
5. Discussion.....	70
6. Conclusion.....	74
7. Références bibliographiques.....	75

8. Annexes.....	i
Annexe 1 - Entrevue téléphonique.....	i
Annexe 2 - Questionnaire général.....	iv
Annexe 3 - Questionnaire Beck – version courte.....	xix
Annexe 4 - IQSP – Indice de qualité du sommeil de Pittsburgh.....	xxii
Annexe 5 - Formule de consentement.....	xxvi
Annexe 6 - Questionnaire d'évaluation.....	xxxii
Annexe 7 - Accord des coauteurs.....	xxxiii
Annexe 8 – Accusé de réception de l'éditeur.....	xxxv

Liste des tables

Table 1

Cédule pour toutes les mesures prises durant les deux nuits expérimentales. L'admission était à 19h00 et le traitement de lumière était de 00h30 à 04h30. (*Time schedule for all measurements taken during both experimental nights. Admission was at 1900 and light treatment from 0030 to 0430.*).....page 63

Liste des figures

Figure 1

Concentrations de la mélatonine salivaire (haut) et du cortisol urinaire (bas) en conditions de lumière blanche vive (cercles ouverts) et de lumière rouge tamisée (cercles fermés). Les lignes pointillées verticales indiquent le moment du traitement de lumière. Les résultats sont exprimés en pourcentage de la valeur obtenue à 23h30. Les valeurs sont les moyennes et les ES pour 13 (mélatonine) ou 14 (cortisol) sujets. Les astérisques dénotent un $p < 0,05$ entre les deux conditions. *(Salivary melatonin (top) and urinary cortisol (bottom) concentrations in bright white light (open circles) and dim red light (closed circles) conditions. Vertical dashed lines indicate the timing of the light treatments. Results are expressed as percentages of the value obtained at 2330. Values are means and SE for 13 (melatonin) or 14 (cortisol) subjects. Asterisks denote $p < 0.05$ between the two conditions.)*.....page 64

Figure 2

Température corporelle centrale (haut) et activité au niveau de poignet (bas) en conditions de lumière blanche vive (cercles ouverts) et de lumière rouge tamisée (cercles fermés). Les lignes pointillées verticales indiquent le moment du traitement de lumière. Les résultats sont exprimés en pourcentage de la valeur moyenne obtenue entre 23h31 et 0h00. Les valeurs sont les moyennes et les ES pour 13 sujets. Les astérisques dénotent un $p < 0,05$ entre les deux conditions. *(Core body temperature (top) and wrist activity (bottom) in bright white light (open circles) and dim red light (closed circles) conditions. Vertical dashed lines indicate the timing of the light treatments. Results are expressed as percentages of the averaged value obtained between 2331 and 0000. Values are means and SE for 13 subjects. Asterisks denote $p < 0.05$ between the two conditions.)*.....page 65

Figure 3

Vigilance subjective mesurée à l'aide de l'EVA (haut) et fatigue subjective mesurée à l'aide du POMS (bas) en conditions de lumière blanche vive (cercles ouverts) et de lumière rouge tamisée (cercles fermés). Les lignes pointillées verticales indiquent le moment du traitement de lumière. Les résultats sont exprimés en pourcentage de la valeur à 23h30. Les valeurs sont les moyennes et les ES pour 14 sujets. *(Subjective alertness measured with the VAS (top) and subjective fatigue measured with the POMS (bottom) in bright white light (open circles) and dim red light (closed circles) conditions. Vertical dashed lines indicate the timing of the light treatments. Results are expressed as percentages of the value at 2330. Values are means and SE for 14 subjects.)*.....page 66

Figure 4

Puissance spectrale de l'EEG à l'éveil dans les bandes de fréquence theta-alpha (5-9 Hz, haut) et beta-1 (16-24 Hz, bas) en conditions de lumière blanche vive (cercles ouverts) et de lumière rouge tamisée (cercles fermés). Les lignes pointillées verticales indiquent le moment du traitement de lumière. Les résultats sont exprimés en pourcentage de la valeur à 23h15. Les valeurs sont les moyennes et les ES pour 11 sujets. L'astérisque dénotent un $p < 0,05$ entre les deux conditions. *(Spectral power of the waking EEG in the theta-alpha (5-9 Hz, top) and beta-1 (16-24 Hz, bottom) frequency bands in bright white light (open circles) and dim red light (closed circles) conditions. Vertical dashed lines indicate the timing of the light treatments. Results are expressed as percentages of the value at 2315. Values are means and SE for 11 subjects. The asterisk denote $p < 0.05$ between the two conditions.)*.....page 67

Figure 5

Nombre d'erreurs de commission faites durant le test d'inhibition comportemental (haut) et temps de réaction pour les bonnes réponses durant un test de raisonnement grammatical (milieu) et un test de recherche sérielle (bas) en conditions de lumière blanche vive (cercles ouverts) et de lumière rouge tamisée

(cercles fermés). Les lignes pointillées verticales indiquent le moment du traitement de lumière. Les résultats sont exprimés en pourcentage de la valeur à 23h30. Les valeurs plus grandes que 100 indiquent une détérioration de la performance. Les valeurs sont les moyennes et les ES pour 14 sujets. (*Number of errors of commission made during the behavioral inhibition test (top) and reaction time for the right answers measured during a grammatical reasoning test (middle) and a serial search test (bottom) in bright white light (open circles) and dim red light (closed circles) conditions. Vertical dashed lines indicate the timing of the light treatments. Results are expressed as percentages of the value at 2330. Values higher than 100 indicate worsening of performance. Values are means and SE for 14 subjects.*).....page 68

Figure 6

Latences au sommeil observées durant le MWT administré avant, juste après et deux heures après le traitement de lumière en conditions de lumière blanche vive (cercles ouverts) et de lumière rouge tamisée (cercles fermés). Les lignes pointillées verticales indiquent le moment du traitement de lumière. Les résultats sont exprimés en pourcentage de la valeur obtenue à 0h00. Les valeurs sont les moyennes et les ES pour 14 sujets. Les astérisques dénotent un $p < 0,05$ entre les deux conditions. (*Sleep latencies observed during the MWT administered before, right after and two hour after the light treatment in bright white light (open circles) and dim red light (closed circles) conditions. Vertical dashed lines indicate the timing of the light treatments. Results are expressed as percentages of the value obtained at 0000. Values are means and SE for 14 subjects. The asterisks denote $p < 0.05$ between the two conditions.*).....page 69

Liste des abréviations

LV : Lumière vive

NSC : Noyaux suprachiasmatiques

VRH : Voie rétino-hypothalamique

FIG : Feuillet intergéniculé

VGH : Voie géniculohypothalamique

LT : Lumière tamisée

DLMO : *Dim light melatonin onset* ou début de sécrétion de mélatonine en LT

MWT : *Maintenance of wakefulness test* ou test de maintien de l'éveil

EEG : Électroencéphalogramme

EVA : Échelle visuelle analogue

POMS : *Profile of mood states*

SSS : *Stanford sleepiness scale* ou échelle de somnolence de Stanford

KSS : *Karolinska sleepiness scale* ou échelle de somnolence de Karolinska

MSLT : *Multiple sleep latency test* ou test itératif de délai d'endormissement

IQSP : Indice de qualité du sommeil de Pittsburgh

BMI : *Body mass index* ou indice de masse corporelle

Remerciements

La première personne que je tiens à remercier est Marie Dumont, ma directrice de recherche. Marie est une pédagogue extraordinaire pour qui la réussite de ses étudiants est très importante. J'ai eu la chance d'apprendre énormément pendant ma maîtrise avec elle. Marie a su nourrir mon envie de poursuivre mes études plus loin, en plus de me transmettre sa passion pour la recherche. Elle m'a toujours soutenu et aidé, quelles que furent mes décisions et je lui en suis très reconnaissante. Merci pour tout Marie!

Je désire aussi remercier Jean Paquet sans qui j'aurais versé bien des larmes en faisant mes « stats » et mes graphiques ! Sa compétence et sa disponibilité font de lui une personne ressource indispensable. Merci Jean, je t'apprécie beaucoup!

Un merci tout spécial à mes voisines de bureau et amies : merci Marianne pour ta franchise et ton humour, merci Évelyne pour ta générosité et tes bons conseils, merci Valérie pour ta bonne humeur et ta détermination. Merci à Brahim pour ton aide. Merci à Julie Carrier et Anne Décary pour leurs commentaires et suggestions concernant le présent mémoire. À mes autres collègues du Centre d'étude du sommeil, merci de m'avoir démontré autant d'amitié.

Un gros merci aux stagiaires de recherche : Mylène Plante, Yolaine Dodier et Sébastien Lynch avec qui j'ai eu la chance de travailler pendant tout un été... ce fût très agréable.

Bien entendu, je tiens à remercier tous les sujets qui ont accepté de participer à ce projet de recherche.

Merci au Conseil de Recherche en Sciences Naturelles et Génie et aux Fonds pour la Recherche en Santé du Québec qui m'ont apporté un soutien financier pendant mes stages d'été et ma maîtrise.

Merci à mes parents, Céline et Loyola, qui m'ont toujours encouragé à poursuivre mes études. Merci au reste de ma famille, à mes beaux-parents, ainsi qu'à mes amis(es) simplement pour leur présence, malgré la distance qui me sépare de la plupart d'entre eux.

Merci de tout mon cœur à Steve, qui est toujours là pour me remonter le moral quand j'en ai besoin, pour m'encourager, pour me secouer. Merci de m'avoir transmis de belles valeurs. Je t'adore!

Enfin, merci à la vie d'être aussi généreuse avec moi...

*À Val, Véro, Vicky, Laurie, Fred et Émy
...que la vie soit généreuse avec vous*

1. Introduction

Les effets d'une exposition à la lumière vive (LV) durant la nuit sur la sécrétion de la mélatonine sont bien documentés. En effet, la lumière vive supprime la sécrétion nocturne de mélatonine chez l'humain (Lewy *et al*, 1980). Puisque cette hormone a des propriétés hypnotiques, il a été proposé que sa suppression pourrait entraîner une augmentation de la vigilance (Badia *et al*, 1991; Myers et Badia, 1993).

Si cette hypothèse s'avère juste, l'utilisation de lumière vive dans le cadre du travail de nuit pourrait être très appropriée. En effet, une augmentation de la vigilance durant la nuit serait très bénéfique chez les travailleurs qui doivent rester éveillés et alertes pour mener à bien leurs tâches. Comme nous le verrons dans la revue de littérature qui suit, certains effets stimulants de la LV au cours de la nuit ont déjà été observés lors d'études précédentes à l'aide de divers tests et mesures. Cependant, personne n'a mesuré, au cours de la même étude, les effets de la LV sur les différents aspects de la vigilance (subjective, objective, performance et propension au sommeil), ainsi que sur la mélatonine et la température corporelle.

Au cours de la présente étude les différents aspects de la vigilance ont été étudiés et différentes mesures physiologiques ont été prises afin de tracer un portrait global des effets d'une exposition nocturne à la LV. Nous voulions aussi vérifier si ces effets sont encore mesurables une heure et demie après la fin de l'exposition, moment où la mélatonine n'est plus supprimée.

Dans la revue de littérature qui suit, nous ferons un survol de la physiologie et du fonctionnement du système circadien, afin de mieux comprendre le rôle qu'y joue la lumière. Puis, une revue des différents effets stimulants de la lumière sera présentée avant de s'attarder aux interrogations qui nous ont poussées à mener l'expérimentation qui fait l'objet du présent mémoire.

2. Revue de la littérature

2.1 Physiologie du système circadien

L'organisation temporelle des fonctions physiologiques et comportementales selon le cycle jour-nuit est fondamentale pour l'adaptation des mammifères. Ce rôle est assuré par un système neuronal spécifique, le système circadien.

2.1.1 Composantes principales du système circadien

Le système circadien qui est composé de trois éléments : un générateur interne, ou horloge biologique, des voies afférentes, ainsi que des voies efférentes.

Le noyau suprachiasmatique (NSC) de l'hypothalamus est le site de l'horloge biologique interne, ou oscillateur circadien. Le NSC se situe dans la partie antérieure de l'hypothalamus, au-dessus du chiasma optique, et il est composé de deux divisions majeures : une division ventrolatérale et une autre dorsomédiane.

Les deux premières raisons qui nous ont amenés à croire que le NSC est le site de l'horloge biologique sont le fait que s'il subit une ablation ou une lésion, il y a perte des fonctions circadiennes, ainsi que la découverte d'une voie directe reliant la rétine au NSC. On sait maintenant aussi que le fonctionnement circadien est maintenu lorsque l'on mesure l'activité de cellules du NSC isolées, autant *in vivo* que *in vitro*. Enfin, si on transplante un hypothalamus antérieur fœtal comprenant le NSC dans le troisième ventricule d'un animal dont le NSC a subi une lésion, la rythmicité est rétablie (Moore, 1995).

Si on laisse des sujets sans aucun indice temporel se coucher et se lever à l'heure qu'ils le désirent, on se rend compte que la période du rythme circadien endogène est un peu plus longue que 24 heures. On a donc besoin d'un signal qui agira sur l'oscillateur interne afin de lui permettre de se synchroniser avec le

monde extérieur où les journées ont exactement 24 heures. Le cycle lumière-obscurité est un *zeitgeber* (de l'allemand, *zeit* = temps et *geber* = donneur) très puissant. La lumière agit directement sur le NSC en utilisant une voie distincte de la voie visuelle normale qui relie la rétine au cortex visuel. En effet, la lumière peut aussi emprunter la voie rétino-hypothalamique (VRH), via laquelle les cellules ganglionnaires de la rétine transmettent l'information au NSC (Moore, 1983; Moore, 1996) qui pourra alors se synchroniser au cycle lumière-obscurité qui est de 24 heures.

Les cellules ganglionnaires envoient aussi des projections au feuillet intergénéral (FIG) du thalamus. La voie géniculohypothalamique (VGH) est la projection du FIG vers le NSC. Le système FIG-VGH sert à intégrer l'information lumineuse et non-lumineuse, celle-ci étant transmise au FIG en provenance du NSC, du tronc cérébral et des noyaux du raphé (Moore, 1995). Les *zeitgebers* non-lumineux sont, par exemple, les moments d'activité déterminés par les obligations de travail et professionnelles, les heures de repas, le rythme éveil-sommeil (Klerman *et al*, 1998).

Il y a deux sites majeurs recevant les projections du NSC : le NSC lui-même, ainsi que différentes régions de l'hypothalamus. Il existe aussi, entre autres, des projections vers le FIG. L'information est ensuite relayée à d'autres régions du cerveau ou à certains organes de manière à transmettre le rythme endogène aux différentes fonctions physiologiques et psychologiques (Moore, 1995).

2.1.2 La mélatonine

La mélatonine est une hormone sécrétée par la glande pinéale et qui a des propriétés hypnogènes (Dollins *et al*, 1994; Cajochen *et al*, 1996; Wirz-Justice et Armstrong, 1996). Chez l'humain, les taux de mélatonine plasmatique commencent à augmenter significativement vers 21h00 et cette hormone continue à être sécrétée jusqu'à environ 09h00, produisant une courbe parabolique

(Wehr, 1991). La production de mélatonine se fait sous le contrôle de l'oscillateur circadien.

Le contrôle de la glande pinéale par le NSC se fait via une voie sympathique polysynaptique (Moore, 1996). Le NSC envoie une projection au noyau paraventriculaire de l'hypothalamus, puis vers les cellules pré-ganglionnaires de la moelle épinière thoracique via le procencéphale médian. Puis, l'information est transmise à la glande pinéale en passant par le ganglion cervical supérieur.

Lorsqu'une personne est exposée à la LV pendant la période de sécrétion de mélatonine, les taux plasmatiques de l'hormone commencent à diminuer après dix à vingt minutes et, en une heure, ils atteignent leur valeur observable en plein jour (Lewy *et al*, 1980). Si le sujet est ensuite exposé à la lumière tamisée (LT), les taux sanguins retournent aux taux normaux en environ quarante minutes (Lewy *et al*, 1980).

Lorsque la lumière arrive à la rétine, elle est transmise, via la VRH au NSC qui envoie un input au noyau paraventriculaire. Or, l'effet du NSC sur ce noyau est d'inhiber ses activités. Ainsi, la glande pinéale ne recevra pas d'input activateur. C'est ainsi que l'on peut dire que la lumière entraîne une inhibition de la sécrétion de la mélatonine (Moore, 1996). La glande pinéale est donc le site où l'information lumière/obscurité est traduite en un message chimique. La mélatonine est ainsi l'hormone de noirceur, puisqu'elle n'est sécrétée que lorsque l'inhibition qu'exerce le NSC est levée, soit en période de noirceur.

Différents facteurs peuvent influencer l'ampleur de la suppression de la sécrétion de mélatonine. Le pourcentage de suppression de mélatonine dépend en particulier de l'intensité de la lumière utilisée. En effet, des sujets exposés à différentes intensités lumineuses de 00h00 à 01h00 ont vu leur mélatonine supprimée de 71% avec une luminosité de 3000 lux, mais seulement de 16% avec une luminosité de 200 lux (McIntyre *et al*, 1989). Il a aussi été démontré que les lumières qui procurent le meilleur input circadien pour la régulation de la

sécrétion de mélatonine sont les lumières qui ont une courte longueur d'onde, comprise dans la portion 446-477 nm du spectre lumineux (Brainard *et al*, 2001; Thapan *et al*, 2001).

Lors d'une exposition à la LV durant la nuit, il y a réduction de la baisse nocturne de la température (Strassman *et al*, 1991; Cagnacci *et al*, 1993). Chez des sujets privés de sommeil, le minimum de température est plus élevé lorsqu'ils sont exposés à la LV que lorsqu'ils sont exposés à la LT. Cependant, lorsque de la mélatonine exogène est infusée chez des sujets exposée à la LV, le minimum de température redescend au même niveau que chez les sujets exposés à la LT (Strassman *et al*, 1991). Ainsi, on pense que la mélatonine a des effets hypothermiques chez l'humain. En effet l'administration de mélatonine exogène durant la journée entraîne une diminution de la température de l'ordre de 0,3 °C (Cagnacci *et al*, 1992). De façon similaire, l'inhibition de la mélatonine durant la nuit à l'aide de beta-bloqueurs réduit le déclin de température d'environ 0,3 °C (Cagnacci *et al*, 1992).

Il semble que le profil du rythme de température ainsi que la phase du minimum de température sont déterminés par l'oscillateur endogène et la présence de mélatonine au dessus d'un certain seuil ne vient qu'amplifier le déclin de température (Cagnacci, 1997). La LV, en supprimant la mélatonine, entraîne donc une augmentation de la température corporelle centrale.

2.1.3 Mesure de l'activité du système circadien

Chez l'humain, il n'est pas possible d'aller mesurer l'activité du système circadien directement au niveau du NSC, car cette mesure serait trop invasive. En laboratoire, on a donc recours à des marqueurs de l'activité circadienne, dont les plus couramment utilisés sont le rythme de la température corporelle et le rythme de la sécrétion de mélatonine. Ces rythmes étant contrôlés par le système circadien, leur mesure rend possible l'étude de l'état de l'horloge biologique. L'analyse des courbes obtenues nous permet de déterminer la phase circadienne des sujets, c'est-à-dire le moment où se situe leur rythme circadien endogène par

rapport à l'environnement. Nous pouvons aussi mesurer la période, ou longueur, de leur cycle circadien, ainsi que l'amplitude de ce cycle, cette dernière pouvant refléter la force du système circadien.

Les variations de température corporelle suivent un rythme circadien avec un maximum en début de soirée et un minimum environ deux heures avant l'heure habituelle du lever (Weitzman, 1982). Le minimum de température correspond au moment où la propension circadienne au sommeil est la plus élevée et le maximum de température correspond au moment où la propension circadienne à l'éveil est la plus élevée. La température centrale peut être mesurée oralement, ou au niveau du tympan ou de l'aisselle, mais il est plus précis de la mesurer à l'aide d'une thermistance rectale. Si l'on veut se servir de la température en tant que marqueur de phase, il est important de suivre un protocole nommé routine constante (Duffy et Dijk, 2002). Lors de ce protocole, les sujets sont maintenus éveillés en conditions constantes. En minimisant les effets masquants du cycle éveil-sommeil, de l'activité physique, de la prise de nourriture et des stimulations sensorielles, il nous est possible de voir les véritables effets qu'exerce le système circadien sur le rythme de la température. Afin de déterminer la phase circadienne du sujet, l'heure du maximum de la courbe (acrophase) peut être estimée, mais l'heure du minimum de la température est habituellement utilisée.

Pour ce qui est du rythme de sécrétion de la mélatonine, il est possible de mesurer la concentration de l'hormone dans la salive ou dans le plasma, ou de mesurer les taux de son principal métabolite, la 6-sulfatoxymélatonine, dans l'urine. Comme la sécrétion de mélatonine est supprimée par la lumière, il est évidemment nécessaire de faire les mesures en LT (< 15 lux). Afin de déterminer la phase circadienne à l'aide de la courbe de sécrétion de la mélatonine, on peut utiliser l'heure du maximum de la courbe ou l'heure du début de la sécrétion de mélatonine en lumière tamisée (le *Dim Light Melatonin Onset* ou DLMO; Lewy *et al*, 1999).

2.1.4 Les effets de la lumière sur la phase circadienne

Si une personne est exposée à la LV avant son minimum de température, elle subira un délai de sa phase circadienne, tandis que si elle est exposée après son minimum de température, elle subira une avance de phase. La courbe résultante décrivant la relation entre le moment où la lumière est administrée et le changement de phase que ce traitement provoque se nomme la courbe de réponse de phase (Minors *et al*, 1991). Plus la lumière est administrée près du minimum de température, plus le changement de phase sera grand. L'utilisation de la lumière en tant que synchroniseur est nécessaire pour synchroniser l'horloge interne au rythme lumière-obscurité de 24 heures. Elle peut aussi être utile comme traitement lors de décalages horaires ou pour le rétablissement de la phase circadienne par rapport à l'environnement chez des patients qui sont de type « matin » ou « soir » extrêmes.

En plus de l'importance que l'on doit accorder au moment où l'on administre la lumière dans le but d'effectuer un changement de phase, il est aussi important de noter que plus l'intensité de la lumière sera grande, plus le changement sera important (Boivin *et al*, 1996). De plus, la lumière perçue par l'oscillateur circadien dépendra de deux facteurs. Le premier est le degré d'exposition de l'individu à la lumière au cours des dernières 24 heures, tandis que le second facteur est la sensibilité, de la rétine ou du système circadien, à la lumière reçue. Il est possible que ces sensibilités relèvent d'une composante génétique, ou qu'elles varient selon le degré d'exposition chronique à la lumière.

2.2 Les effets stimulants de l'exposition à la lumière vive

2.2.1 Mécanisme proposé

Les premiers à étudier les effets d'une exposition à la LV sur la vigilance au cours de la nuit furent Campbell et Dawson (1990). Ils ont exposé leurs sujets à une LT (10-20 lux) lors de la première nuit expérimentale et soit à une LT ou à une LV (100 ou 1000 lux) lors de la deuxième nuit. L'exposition avait lieu de

23h00 à 07h00. Le but de leur étude était de vérifier leur « intuition » leur disant que la lumière de forte intensité devait probablement améliorer la vigilance et la performance durant la nuit. Ils ont observé que la latence au sommeil lors d'un test de maintien de l'éveil (*Maintenance of Wakefulness Test* ou MWT; Mitler *et al*, 1982) était plus longue chez les sujets qui étaient exposés à la LV de 1000 lux et ce, de façon plus marquée en fin de nuit. Aussi, les résultats lors de deux des trois tests de performance ont été meilleurs en condition de LV. Selon eux, leurs résultats montrent sans aucun doute que les niveaux d'intensité lumineuse peuvent avoir un impact sur les niveaux de vigilance et de performance durant la nuit, bien qu'il n'y avait que quatre sujets dans leur groupe de LV pour les tests de performance. Les auteurs ne suggéraient cependant pas de mécanisme pouvant expliquer les effets stimulants obtenus.

Les premiers à suggérer un mécanisme d'action de la LV sur les niveaux de vigilance furent Badia *et al* (1991). Selon eux, puisque la mélatonine a des effets hypnogènes, sa suppression pourrait entraîner une augmentation des niveaux de vigilance durant la nuit. Toutefois, ces auteurs n'ont pas pu vérifier leur hypothèse puisqu'ils n'avaient pas mesuré les taux de mélatonine dans leur propre étude. Cette interprétation a par la suite été appuyée par des résultats montrant que la LV n'a pas d'effets mesurables sur la vigilance lorsqu'elle est administrée durant la journée, moment où les niveaux de mélatonine sont très bas (Badia *et al*, 1991; Murphy *et al*, 1991; Daurat *et al*, 1993; Lafrance *et al*, 1998). De plus, lorsque de la mélatonine exogène est administrée en même temps que la LV durant la nuit, cela semble renverser les effets stimulants de l'exposition à la LV (Strassman *et al*, 1991; Cagnacci *et al*, 1993; Sack *et al*, 1992).

Depuis les 10 dernières années, plusieurs études sur le sujet ont confirmé la coïncidence des effets de la LV sur la mélatonine et sur la vigilance en incluant des mesures de l'hormone en plus de mesures des niveaux de vigilance. Toutefois, les effets de la LV sur la vigilance ne sont toujours pas clairs car les résultats sont très contradictoires.

2.2.2 Des résultats divergents

Il existe une grande inconsistance entre les résultats des diverses études. Par exemple, une exposition à la LV débutant en soirée et se poursuivant toute la nuit a entraîné une amélioration de la performance lors d'un test de raisonnement logique au cours de l'expérimentation de Campbell et Dawson (1990), tandis qu'aucun effet significatif n'a été observé lors du même test au cours d'une autre expérimentation utilisant un patron semblable d'exposition à la LV (Daurat *et al*, 2000).

Les résultats sont aussi parfois inconsistants au sein d'une même étude. Par exemple, Campbell et Dawson (1990) ont observé que la LV améliore le raisonnement logique, mais pas le temps de réaction. Aussi, Myers et Badia (1993) ont rapporté des plus hauts niveaux de vigilance subjective durant l'exposition à la LV comparativement à la LT, mais pas de différence dans les niveaux de vigilance objective mesurés à l'aide de l'électroencéphalogramme (EEG) à l'éveil.

Les résultats divergents obtenus au cours des différentes études peuvent s'expliquer par la grande variété de protocoles utilisés. Premièrement, comme nous l'avons déjà vu, l'intensité de la lumière aura un effet direct sur le taux de suppression de la mélatonine. Ainsi, si l'augmentation de la vigilance est due à la suppression de la mélatonine par la lumière, il est normal de croire qu'une lumière plus intense entraînera une plus forte amélioration des niveaux de vigilance. Or, la lumière utilisée dans les études antérieures varie de 500 à 10000 lux. Aussi, le moment d'administration de la lumière peut être important : la plupart des investigateurs ont administré la LV toute la nuit, mais d'autres se sont limités à la soirée ou à certaines parties de la nuit. Enfin, puisque les effets de la lumière semblent cumulatifs, différentes durées d'exposition pourront résulter en des résultats différents sur les niveaux de vigilance.

2.2.3 Conditions contrôles et effet placebo

L'utilisation d'un contrôle inadéquat dans la comparaison des effets d'un traitement à la LV versus un traitement en LT peut aussi être un facteur expliquant certaines divergences entre les divers études. Par exemple, Dollins *et al* (1993) affirment n'avoir observé aucune différence entre les niveaux de vigilance de leurs sujets exposés à une lumière de 300, 1500 ou 3000 lux, l'exposition à une lumière de 300 lux étant leur situation contrôle. Or, on sait maintenant qu'une lumière de cette intensité est assez forte pour entraîner une suppression importante de la sécrétion de mélatonine (Zeitzer *et al*, 2000), ce qui a pu augmenter la vigilance dans leur condition contrôle.

Un autre problème qu'il est possible de déceler dans les études antérieures est le manque de situation contrôle placebo. En effet, les études sur la dépression saisonnière ont montré que la LV semble avoir un effet placebo assez fort (Eastman *et al*, 1998; Eastman, 1990), en particulier dans les études en chassé croisé et sur les mesures subjectives. Le syndrome de dépression saisonnière se caractérise par une période dépressive à l'automne ou à l'hiver, suivie d'une rémission au printemps ou à l'été. Il a été démontré que l'administration d'un traitement de LV à des personnes atteintes de ce syndrome peut entraîner une rémission complète en quelques jours (Lewy *et al*, 1982). En effet, le rallongement de la photopériode à l'aide d'une LV artificielle est un antidépresseur robuste dans ce syndrome (Rosenthal *et al*, 1984). Cependant, il demeure difficile de démontrer que la LV a bel et bien un effet antidépresseur au-delà de son effet placebo. Une des raisons qui explique cette difficulté découle du fait qu'il n'est pas facile de trouver un contrôle placebo approprié au traitement de LV. Plusieurs chercheurs ont utilisé la LT comme contrôle. Cependant, la plupart des patients sont capables de prédire que c'est la LV qui sera la plus efficace. Ainsi, puisque les attentes qu'ont les sujets face à l'amélioration de leur état comptent pour une grande partie des effets placebo et que les effets placebo comptent pour une grande partie des effets antidépresseurs, les effets

thérapeutiques obtenus avec la LV pourraient être dus aux effets placebo (Eastman *et al*, 1998).

La même problématique s'applique à l'étude des effets stimulants de la LV au cours de la nuit. Seulement deux études ont tenté d'utiliser un contrôle placebo. Un groupe a utilisé une LT rouge-verte comme contrôle dans une étude où les effets d'une exposition à une LV verte (2000 lux) étaient mesurés. Les sujets n'étaient pas informés de la nature de la situation expérimentale. Des effets supresseurs ont été observés sur la mélatonine urinaire avec la LV, de même que des effets stimulants significatifs sur la vigilance subjective et la performance (Horne *et al*, 1991). Lors d'une autre étude, un « pseudoplacebo » a été utilisé (Dollins *et al*, 1993). Les écrans diffuseurs couvrant les lumières étaient marqués de lignes horizontales, verticales et diagonales qui donnaient l'impression d'être la variable indépendante. Aucune différence n'a été observée entre les conditions de LV et de LT. Cependant, il est important de mentionner que, dans cette étude, l'intensité de la lumière en condition de LT était de 300 lux, donc assez élevée pour masquer les effets d'intensités plus élevées.

Dans les autres études, lorsqu'il y avait une condition contrôle, celle-ci était habituellement une exposition à une lumière de plus faible intensité (environ 100-150 lux). Ainsi, comme c'était le cas pour la dépression saisonnière, les attentes des sujets pouvaient compter pour une grande partie des effets de la LV sur les niveaux de vigilance, surtout lors de protocoles à mesures répétées (Ross et Olson, 1981). De tels effets placebo ont déjà été rapportés lors d'études sur les effets d'hypnotiques ou de stimulants sur les niveaux de vigilance et d'éveil, et ont été observés autant sur des mesures physiologiques que subjectives (Sierra *et al*, 1995; Mikalsen *et al*, 2001). Aussi, puisque les effets placebo peuvent varier pour un même traitement dépendamment du protocole expérimental (Ross et Olson, 1981), un effet placebo peut expliquer certaines des contradictions entre les différentes recherches étudiant les effets d'une exposition à la LV durant la nuit. Il est donc important de trouver un contrôle placebo adéquat, c'est-à-dire un

traitement plausible mais inefficace, afin d'obtenir une meilleure compréhension des effets réels d'une exposition à la LV sur la vigilance.

2.2.4 Mesure des effets stimulants

Les mesures de vigilance utilisées diffèrent beaucoup d'une étude à l'autre, ce qui contribue certainement à la divergence des résultats rapportés. En effet, il existe beaucoup de tests de performance différents et pour un même test, les paramètres peuvent varier. Il existe aussi plusieurs échelles de vigilance ou de fatigue subjective. Les paramètres utilisés au cours des EEG à l'éveil peuvent aussi différer, ainsi que les variables qui en sont dérivées. D'autres exemples pourraient être ajoutés, mais le principe resterait le même : il est très difficile de comparer les études entre elles.

Quatre types de mesures peuvent être utilisées dans l'évaluation des niveaux de vigilance : les mesures subjectives, les mesures de performance, les mesures de propension au sommeil et les mesures d'éveil physiologique (Curcio *et al*, 2001).

2.2.4.1 Mesures subjectives

Lorsqu'une personne est maintenue éveillée au cours de la nuit, elle rapporte habituellement un niveau de fatigue croissant. En effet, la fatigue subjective augmente en même temps que la propension homéostatique au sommeil (liée à la durée de l'éveil), mais aussi en relation avec la propension circadienne au sommeil dont le maximum se situe en fin de nuit. Si la LV a des effets stimulants, il serait attendu que la diminution de la vigilance subjective soit réduite au cours d'une exposition durant la nuit.

Il existe plusieurs techniques pour quantifier les perceptions de fatigue subjective chez un individu normal. L'échelle visuelle analogique (EVA; McCormack *et al*, 1988), où le sujet situe son niveau de fatigue sur une échelle de 10 cm, est intéressante particulièrement lorsque les sujets sont comparés à eux

mêmes (Monk, 1989). Le questionnaire *Profile of Mood States* (POMS; McNair *et al*, 1971) quant à lui, est intéressant par sa capacité d'évaluer l'évolution dans le temps de différents traits de tempérament. Il est constitué de six échelles d'humeur : Tension-anxiété, Dépression-découragement, Colère-hostilité, Vigueur-activité, Fatigue-inertie et Confusion-déroute. L'échelle de somnolence de Stanford (SSS; Hoddes *et al*, 1973) est l'une des mesures de vigilance subjective les plus utilisées. Le sujet doit indiquer parmi les descriptions de sept niveaux de vigilance qui lui sont présentées, laquelle correspond le mieux à son état actuel. L'échelle de somnolence de Karolinska (KSS; Åkerstedt et Gillberg, 1990) est semblable à la précédente sauf qu'elle comprend neuf niveaux de vigilance. Ces deux dernières méthodes voient leur sensibilité augmentée en même temps que l'accumulation d'éveil. Enfin, la vigilance subjective peut aussi être mesurée à l'aide de l'indice d'activation et de désactivation de l'échelle de Thayer (Thayer, 1978). Cette liste d'adjectifs permet de mesurer les niveaux d'activation générale du sujet, ainsi que les niveaux de somnolence.

Parmi les études ayant administré de la LV durant la période de sécrétion de mélatonine, deux ont trouvé des effets sur la KSS ou le VAS en soirée (Cajochen *et al*, 1998; Myers et Badia, 1991) et six ont trouvé des effets durant la nuit sur l'échelle de Thayer (Daurat *et al*, 1993; Foret *et al*, 1996; Foret *et al*, 1998; Daurat *et al*, 2000) ou sur la KSS et la SSS (Cajochen *et al*, 2000; Horne *et al*, 1991). Par contre, quatre autres études n'ont trouvé aucun effet significatif sur la SSS ou sur les échelles du POMS (Wright Jr *et al*, 1997; Dollins *et al*, 1993; French *et al*, 1990; Leproult *et al*, 1997).

2.2.4.2 Mesures de performance

Tel qu'observé à l'aide de tests de performance, l'augmentation de la propension au sommeil est souvent accompagnée d'une augmentation des erreurs de commission, d'un ralentissement cognitif général, de déficits de la mémoire, d'une augmentation des temps de réaction, etc. (Curcio *et al*, 2001). Il existe une vaste gamme de tests de performance qui se regroupent dans deux grandes

catégories : les tests psychomoteurs et les tests cognitifs. Une privation de sommeil affecte ces deux catégories de tests (Pilcher et Huffcutt, 1996). Aussi, les tests cognitifs sont souvent classés dans trois groupes, soit les tâches impliquant la mémoire, l'attention ou les fonctions exécutives. Ces dernières présentent des résultats plus contradictoires au sein des études sur les effets d'une privation de sommeil, car les mécanismes sous-jacents sont plus complexes (Jones et Harrison, 2001).

Il a déjà été observé que la performance est améliorée lors de certains tests au cours d'une exposition à la LV durant la nuit, mais vu la grande diversité des tests disponibles, ainsi que la grande variabilité entre les protocoles expérimentaux, il est difficile de généraliser. Certains ont observé que la performance lors de tâches présentant une forte composante cognitive est considérablement améliorée (Campbell et Dawson, 1990; Foret *et al*, 1998). D'autre part, certains chercheurs ayant administré des tests psychomoteurs à leurs sujets ont aussi observé une augmentation des niveaux de performance en LV (Horne *et al*, 1991; Daurat *et al*, 1996). En 1996, Daurat *et al* ont observé une amélioration de la performance au cours du « *cancellation letter test* » à 21h30 et 24h30, suivie d'une détérioration à 06h30. Par la suite, le même groupe a observé, lors d'une autre expérimentation où sensiblement le même protocole d'administration de la LV était utilisé, que la performance lors du « *cancellation letter test* » était diminuée en condition de LV à 06h30 (Daurat *et al*, 2000). Lorsqu'une grande quantité de tests était administrée, les résultats sont habituellement très partagés, aucune étude ne démontrant clairement que la LV a des effets positifs sur la performance pour tous les tests administrés. En effet, Wright Jr *et al* (1997) ont observé que la performance tendait à être améliorée en condition de LV lors de quelques-uns des dix tests administrés. Aussi, French *et al* (1990) qui ont administré onze tests cognitifs à sept reprises au cours de l'exposition à la LV s'étalant de 18h00 à 06h00, ont observé que sept de leurs tests étaient sensibles à la LV. Cependant, la différence entre la condition de LV et la condition contrôle en LT ne s'est avérée significative qu'une seule fois parmi les sept sessions de tests, pour cinq de ces tests qualifiés de « sensibles ». Enfin,

Badia *et al* (1991) qui ont administré une LV d'une intensité aussi forte que 5000-10000 lux à leurs sujets de 24h00 à 09h00 n'ont observé qu'une tendance à l'amélioration non significative lors de leurs six tâches comportementales.

2.2.4.3 Mesures de propension au sommeil

Suivant le cours du processus homéostatique, il est normal qu'avec l'accumulation d'éveil, la propension au sommeil augmente. De plus, la propension circadienne au sommeil augmente en même temps que la diminution de température au cours de la nuit. Ainsi, le temps que met une personne à s'endormir, devrait être de plus en plus court au cours d'une nuit de privation de sommeil. Il est donc logique de penser que si la LV a des propriétés stimulantes, la latence au sommeil de sujets exposés à la LV durant la nuit sera plus longue.

Chez les patients atteints de somnolence diurne, on utilise le test itératif de délai d'endormissement (*Multiple Sleep Latency Test* ou MSLT; Carskadon et Dement, 1979). Le MSLT mesure l'habileté du sujet à s'endormir, car il est couché les yeux fermés et on lui demande de laisser venir le sommeil. Cependant, si ce test est effectué pendant une privation de sommeil, il est possible que la latence au sommeil approche zéro. Cet effet de plancher peut empêcher la discrimination entre différents niveaux d'endormissement (Sugerman et Walsh, 1989). Le test de maintien de l'éveil (*Maintenance of Wakefulness Test* ou MWT; Mitler *et al*, 1982) est une version modifiée du MSLT. Lors du MWT, nous demandons au sujet de s'asseoir confortablement dans un fauteuil inclinable en LT. Les instructions au sujet sont de demeurer éveillé le plus longtemps possible en gardant les yeux ouverts, mais sans faire de mouvements brusques ou répétitifs. La sensibilité du MWT a été évaluée par Härmä *et al* (1998) et ils en sont venus à la conclusion que le MWT est effectivement une méthode sensible pour estimer la capacité à rester éveillé et qu'il est plus sensible que le MSLT pour détecter l'effet de différents traitements en lien avec la vigilance et la somnolence (Sugerman et Walsh, 1989; Sangal *et al*, 1992). Il faut toutefois que la durée du test soit suffisamment longue (généralement entre 20 et 40 minutes),

sinon même les sujets somnolents réussissons à rester éveillés pour toute la durée du test.

Les trois études ayant administré le MWT à leurs sujets comme mesure de propension au sommeil lors d'expositions à la LV durant la nuit, ont toutes observé une plus longue latence au sommeil en condition de LV comparativement à la condition de LT (Campbell et Dawson, 1990; Badia *et al*, 1991; Dawson et Campbell, 1991).

2.2.4.4 Mesures d'éveil physiologique

L'activité EEG enregistrée à l'éveil a été proposée comme étant une mesure objective des niveaux de vigilance (Åkerstedt et Gillbert, 1990). Cette technique consiste à mesurer l'activité cérébrale d'un sujet à l'éveil, puis de la quantifier à l'aide de l'analyse spectrale (Pivik *et al*, 1993). Lors de l'analyse des tracés obtenus au cours des EEG à l'éveil, différents paramètres peuvent être utilisés afin de quantifier l'activité enregistrée dans les différentes bandes de fréquence. Il est possible d'observer la puissance spectrale hertz par hertz, ou de regrouper plusieurs mini-bandes successives qui présentent le même comportement. Les bandes ainsi formées sont habituellement les suivantes : delta (0-3 Hz), theta (3-8 Hz), alpha (8-12 Hz), sigma-1 (12-14 Hz), sigma-2 (14-16 Hz), beta-1 (16-24 Hz) et beta-2 (24-32 Hz). À l'intérieur de ces bandes traditionnelles, il est aussi possible d'observer les variations de la fréquence dominante pour chaque bande dans le temps. Enfin, le rapport entre la quantité d'ondes alpha les yeux ouverts et les yeux fermés peut aussi être utilisé afin d'évaluer la vigilance objective (Stampi *et al*, 1995).

Au cours d'une privation de sommeil, l'activité EEG mesurée à l'éveil semble augmenter, particulièrement dans la bande de fréquence près de 5-9 Hz, nommée theta-alpha (Åkerstedt et Gillbert, 1990; Cajochen *et al*, 1995; Dumont *et al*, 1999; Cajochen *et al*, 1999). La LV devrait donc entraîner une diminution de la puissance spectrale dans cette bande de fréquence si elle exerce un effet stimulant sur l'activité EEG. Ceci a déjà été observé, mais seulement pendant les

90 dernières minutes d'une exposition à la LV (3190 lux) de 6,5 heures au cours de la nuit (Cajochen *et al*, 2000). Cependant, au cours d'une exposition à la LV en fin de soirée, de 21h00 à 24h00, les mêmes auteurs n'ont observé aucun effet significatif sur la bande theta-alpha (Cajochen *et al*, 1998). Une autre bande de fréquence intéressante est la bande beta. Badia *et al* (1991) qui ont observé une augmentation de la fréquence dominante dans la bande beta (15-30 Hz) en présence de LV (5000-10000 lux), ont associé cette bande de fréquence rapide à l'éveil. Cependant, cette observation est plutôt controversée, puisque plusieurs auteurs ont déjà observé une augmentation de l'activité dans cette bande au cours d'une privation de sommeil (Corsi-Cabrera *et al*, 1996; Dumont *et al*, 1999; Aeschbach *et al*, 1999). Une plus grande puissance dans cette bande de fréquence a été interprétée comme étant le résultat de l'augmentation de l'effort pour demeurer éveillé lors d'une augmentation de la propension au sommeil (Corsi-Cabrera *et al*, 1996). Suivant ce principe, on devrait s'attendre à une diminution de l'activité dans la bande beta en présence de LV. Cependant, aucun effet significatif de la LV n'ont été observés lors d'une exposition de 6,5 heures au cours de la nuit (Cajochen *et al*, 2000), ainsi que lors d'une exposition de 17h00 à 23h00 (Myers et Badia, 1993).

À l'aide d'un actigraphe, il est possible de mesurer les niveaux d'activité de sujets de façon objective. L'actigraphe est un appareil qui ressemble à une montre et qui se porte au poignet de la main non dominante. Il mesure le nombre de mouvements du poignet effectués par le sujet à chaque minute. L'actigraphe a déjà été utilisé avec succès lors d'une expérimentation où de la caféine était administrée aux sujets. Il a été observé que l'activité motrice était plus élevée lorsque le sujet avait reçu de la caféine plutôt que le placebo (Beaumont *et al*, 2001). Cependant, l'utilisation de l'actigraphie dans l'étude des effets de la LV n'est pas encore très répandue. Les deux seules études l'ayant employée présentent des résultats contradictoires, l'une ayant obtenu une augmentation de l'activité lors de l'exposition à la LV (Clodoré *et al*, 1990), l'autre n'ayant mesuré aucun effet de la LV sur l'activité (Foret *et al*, 1996).

Enfin, le cortisol est une hormone associée au stress et à l'éveil physiologique qui suit un rythme circadien avec un minimum en début de nuit et un pic au moment du lever (Weitzman, 1982). La mesure des niveaux de cette hormone dans l'urine ou dans le plasma, nous permet de vérifier si la LV a des effets sur les systèmes d'éveil. Aucune influence de la LV sur les niveaux de cortisol n'a été observée lors d'exposition en début de nuit (McIntyre et al 1992; Scheer & Buijs, 1999). Toutefois, une augmentation des niveaux de cortisol a été mesurée lorsque les sujets étaient exposés à la LV pendant le pic de cortisol qui se situe en fin de nuit, près de l'heure du lever (Scheer et Buijs, 1999; Leproult *et al*, 2001).

2.2.5 Délai d'apparition et durée des effets stimulants

Afin de pouvoir appliquer de façon pratique les effets de la LV chez les travailleurs de nuit, il est important de connaître quel est le temps nécessaire avant que les effets de la LV se manifestent, ainsi que la durée de ces effets. Encore une fois, les résultats présentés dans la littérature à ce sujet sont très partagés.

Tout d'abord, si l'on veut offrir un stimulant efficace aux travailleurs de nuit afin qu'il supportent mieux les effets de la privation de sommeil durant leur quart de travail, les effets stimulants doivent pouvoir se faire ressentir rapidement. En effet, il serait difficilement possible pour des infirmières ou des chauffeurs de taxi, par exemple, de demeurer en présence d'une LV artificielle pour une trop longue période. Au cours de leur expérimentation où les sujets étaient exposés à 90 minutes de LV ou de LT en alternance, Badia *et al* (1991) ont observé que l'activité dans la bande beta (15-30 Hz) de l'EEG à l'éveil, augmentait en LV et diminuait en LT. Ce qui laisse présumer une action assez rapide de la LV. Par contre, lors d'expositions continues à la LV, une augmentation significative de la vigilance semble n'apparaître qu'après cinq heures d'exposition, sur le MWT (Campbell et Dawson, 1990) ainsi que sur la vigilance subjective et la bande theta-alpha (5-9 Hz) de l'EEG à l'éveil (Cajochen *et al*, 2000).

D'autre part, il est aussi intéressant de savoir si les effets de la LV sont maintenus longtemps après la fin de l'exposition. Lewy *et al* (1980) ont rapporté qu'après deux heures d'exposition à une lumière de 2 500 lux durant la nuit, les concentrations plasmatiques de mélatonine retournent aux niveaux d'avant le traitement en 40 minutes. Certains auteurs ont même observé une augmentation des niveaux de mélatonine au-delà des niveaux observés chez des sujets contrôles (Beck-Friss *et al*, 1985; Horne *et al*, 1991) et chez les rats (Laakso *et al*, 1994). Cette augmentation a été décrite comme étant un rebond de la sécrétion de mélatonine. Si l'augmentation de la vigilance au cours d'une exposition à la LV durant la nuit est due à la suppression de la mélatonine, alors un rebond de mélatonine serait accompagné d'une augmentation de la fatigue. Ce genre de situation pourrait être risqué, puisque le rebond de mélatonine coïnciderait avec le moment où les travailleurs retournent à la maison et conduisent leur véhicule. Cependant, si l'exposition à la LV pendant la nuit se fait en totalité, ou du moins en majeure partie, avant le minimum de température, l'augmentation des niveaux de mélatonine observée après la fin de l'exposition pourrait être due à un délai de phase provoqué par la LV.

Au cours de leurs études, très peu de chercheurs ont continué à faire des mesures après la fin du traitement de lumière. On a déjà discuté des résultats de Badia *et al* (1991) qui semblent montrer que les effets de la LV arrivent rapidement et sont de courte durée, c'est-à-dire qu'ils disparaissent rapidement une fois que la lumière est éteinte. Horne *et al* (1991) ont exposé leurs sujets à la LV de 19h00 à 06h00 et, contre toute attente, ils ont observé que l'amélioration de la performance mesurable au cours de l'exposition à la lumière était encore présente après la fin de l'exposition. Cependant, l'intensité lumineuse à laquelle étaient exposés les sujets après la fin de l'exposition à la LV était de 500 lux, une intensité assez forte pour supprimer la sécrétion de mélatonine, un fait que le groupe de Horne ignorait au moment où ils ont conduit leur expérimentation. Toutefois, ils ont bel et bien observé que le pic de sécrétion de la mélatonine semblait avoir été déplacé de la période comprise entre 00h00 et 06h00 à la période comprise entre 06h00 et 12h00, mais leur façon de mesurer les taux de

mélatonine était bien imprécise. En effet, ceux-ci ont été mesurés à partir de la quantité de son métabolite dans l'urine recueillie sur une période de six heures et, bien que la demi-vie de la mélatonine soit relativement courte (environ 45 minutes), il est possible qu'une partie de la mélatonine sécrétée au cours de la période 00h00-06h00 ait été mesurée dans l'urine dans la période 06h00-12h00.

Enfin, Cajochen *et al* (2000) ont fait des mesures 2 heures après la fin d'une exposition à la LV de 6,5 heures et ils n'ont pas observé de rebond significatif de mélatonine, pas plus qu'un maintien de l'augmentation de la vigilance après la fin de l'exposition à la LV. Ils n'ont pas remarqué de diminution de la vigilance à ce moment-là non plus.

3. Problématique et objectifs

L'humain, en tant qu'animal diurne, est actif le jour et dort durant la nuit. Ainsi, le travailleur de nuit, dû à ses obligations, doit être actif à un moment où sa propension endogène au sommeil est très élevée et tente de dormir à un moment où son organisme est dans sa phase active. Une diminution de la performance et une grande fatigue durant la nuit, ainsi que des difficultés à dormir durant le jour sont les plus grandes plaintes du travailleur de nuit (Åkerstedt, 1984; Åkerstedt, 1988). En effet, celui-ci se retrouve avec un conflit entre son rythme circadien endogène et son horaire veille-sommeil. Une des méthodes proposées pour réduire les troubles liés au travail de nuit est l'ajustement de l'horloge interne à l'aide d'expositions appropriées à la lumière durant la nuit associées à une noirceur contrôlée durant le jour (Czeisler *et al*, 1990; Boivin et James, 2002) un contrôle des heures de lever et de coucher (Horowitz *et al*, 2001) ou le port de lunettes fumées durant le retour à la maison (Eastman *et al*, 1994). Le problème principal relié au réajustement circadien est que les travailleurs ont à réajuster encore une fois leur phase circadienne lorsqu'ils retournent à leur vie de jour. Aussi, ces techniques ne seraient pas appropriées pour ceux qui travaillent sur des quarts de travail à rotation rapide.

Il est donc devenu intéressant d'utiliser la lumière pour ses propriétés stimulantes immédiates. Ainsi, Costa *et al* (1993) ont conçu un protocole où la LV est utilisée dans le but d'améliorer la tolérance au travail de nuit sans changer la phase circadienne. En effet, ils ont exposé neuf infirmières à quatre sessions de 20 minutes de LV (2 350 lux) au cours de la nuit. Les résultats n'étaient cependant pas très concluants puisqu'ils n'ont observé aucun changement dans la sécrétion hormonale, ni dans la température corporelle. De plus, la vigilance subjective tendait à être augmentée en LV, mais ceci était observé plus au cours de la seconde nuit que de la première, suggérant qu'un léger changement de phase a pu survenir. Un autre groupe ayant utilisé une version modifiée du protocole de Costa, a observé que la vigilance semblait augmentée seulement pendant la session de lumière, suivit par une diminution après l'exposition (Iskra-Golek *et al*, 2000). Pour cette raison, ils ont suggéré d'utiliser l'exposition continue à la LV, plutôt que les courtes sessions, comme moyen d'améliorer la performance et la vigilance au cours des quarts de travail de nuit.

Le but de la présente étude était d'améliorer l'état de nos connaissances face à l'utilisation de la LV pour ses propriétés stimulantes. Bien que quelques études aient été conduites dans ce domaine, plusieurs questions demeuraient sans réponse. Afin de dresser un tableau complet des différents effets d'une exposition à la LV durant la nuit, il nous est apparu important de combiner dans la même étude des mesures de vigilance subjective et objective, de performance et de propension au sommeil, en plus des mesures de mélatonine et d'indicateurs de l'éveil physiologique. Aucune étude antérieure n'avait combiné toutes ces mesures dans une même étude.

Nous nous sommes attardés à trois questions principales :

- 1) Quels sont les aspects de la vigilance sur lesquels la LV a un effet?
- 2) Quel est le délai d'apparition des effets stimulants de la LV et quelle est leur durée?

3) Ces effets sont-ils différents de ceux obtenus avec un stimulus lumineux plausible mais sans effet sur la sécrétion de mélatonine (pseudoplacebo)? Il a été démontré que le type de lumière fournissant le meilleur signal au système circadien pour la régulation de la sécrétion de mélatonine est la lumière à courte longueur d'onde comprise dans la portion du spectre lumineux allant de 446 à 477 nm (Brainard *et al*, 2001; Thapan *et al*, 2001). Ainsi, comme contrôle lors de notre expérimentation, une lumière rouge tamisée (< 15 lux) a été utilisée, celle-ci se situant à l'autre bout du spectre de lumières visibles à l'œil nu, avec une longueur d'onde d'environ 560 nm. Ce traitement était assez spectaculaire car toute la chambre était colorée en rouge. Les sujets étaient amenés à croire que nous testions les effets de deux traitements de lumière différents. Ils ne pouvaient donc pas faire de distinction entre la situation expérimentale et la situation contrôle.

Suivant l'hypothèse voulant que la LV exerce ses effets stimulants via la suppression de la sécrétion nocturne de la mélatonine, nous nous attendons donc à observer une augmentation de la vigilance au cours de l'exposition à la LV si la mélatonine est supprimée. Ainsi, avec l'aide de notre « pseudoplacebo », nous devrions observer en LV, une augmentation de la vigilance subjective, une amélioration des performances, une diminution de la latence au sommeil, des modifications au niveau des bandes de fréquence theta-alpha et beta de l'EEG à l'éveil, ainsi qu'une augmentation de l'activité motrice. De plus, s'il y a un retour aux niveaux normaux, voire un rebond, de la sécrétion de la mélatonine après la fin de l'exposition à la LV, l'augmentation de la vigilance devrait être suivie par une diminution jusqu'aux niveaux observés au cours de la situation contrôle, voire au-delà. Puisque la température corporelle (Wright Jr *et al*, 2002) et la sécrétion de cortisol (Chapotot *et al*, 1998; Leproult *et al*, 2001) ont déjà été associés aux niveaux d'éveil physiologique, de vigilance et de performance, ils ont aussi été inclus dans l'évaluation des effets d'une exposition à la LV durant la nuit.

4. Méthodologie et résultats

4.1 Résumé de la méthodologie

4.1.1 Sujets :

Quatorze volontaires, six hommes et huit femmes âgés de 22 à 35 ans ont participé à l'étude. Les sujets étaient recrutés au moyen d'annonces faites à l'Université de Montréal. La première étape du recrutement consistait en une entrevue téléphonique lors de laquelle l'expérience était expliquée et les principaux critères d'inclusion vérifiés (Annexe 1). Les personnes intéressées qui semblaient répondre aux critères étaient invitées à venir visiter le Laboratoire de Chronobiologie, à l'Hôpital du Sacré-Cœur de Montréal. Lors de cette visite, différents questionnaires leur étaient administrés, afin de vérifier les critères d'inclusion et d'exclusion.

Tout d'abord, nous voulions nous assurer que les sujets n'avaient pas de troubles du sommeil et que leur horaire de sommeil était régulier. Nous leur avons donc demandé de remplir un questionnaire général (Annexe 2), à l'aide duquel nous avons aussi pu vérifier qu'ils ne consommaient pas de cigarettes, de médicaments ou de drogues, et qu'ils n'avaient pas fait de vol transméridien ou travaillé de nuit au cours du mois précédent. La seule exception était trois femmes qui utilisaient des contraceptifs hormonaux. Les autres femmes ont participé à l'étude durant la phase folliculaire de leur cycle menstruel.

Lorsque le score au questionnaire Beck - version courte (Annexe 3) était plus élevé que 6, le sujet était rejeté. Cette version du Beck (Beck et Beck, 1972) est une méthode rapide de détecter les signes de dépression chez une personne. L'indice de qualité du sommeil de Pittsburgh (IQSP; Buysse *et al*, 1989; Annexe 4) nous permettait de déterminer si la personne présentait une qualité de sommeil suffisante ou non. Tous les sujets sélectionnés avaient un score inférieur à 7.

Enfin, les sujets présentant un indice de masse corporelle (BMI) plus petit que 20 ou plus grand que 27 ne pouvaient participer à l'étude.

Tous les sujets ont lu et signé une formule de consentement approuvée par le comité d'éthique de la recherche de l'Hôpital du Sacré-Cœur de Montréal (Annexe 5).

4.1.2 Protocole expérimental

Le but de la présente étude était de mesurer les changements dans la sécrétion de la mélatonine et dans les niveaux de vigilance, au cours d'une exposition à la LV durant la nuit. Un protocole à mesures répétées et contre-balançées a été utilisé afin de comparer les résultats obtenus au cours d'une exposition à une LV de 3 000 lux à ceux obtenus lors d'une exposition à une lumière rouge tamisée de moins de 15 lux, utilisée comme traitement « pseudoplacebo ». Les mesures de niveaux de vigilance incluaient des évaluations subjectives de la vigilance et de la fatigue, des tests de performance évaluant le contrôle cognitif, le raisonnement logique et la recherche sérielle, l'évaluation de la propension au sommeil, ainsi que l'analyse quantitative de l'EEG à l'éveil. Des mesures du cortisol urinaire, ainsi que de l'activité au niveau de poignet ont aussi été incluses dans l'étude afin de pouvoir faire l'estimation de l'éveil physiologique. Le protocole expérimental consistait en une nuit d'adaptation, ainsi que deux nuits expérimentales, toutes séparées d'environ une semaine.

Lors de la nuit d'adaptation, le sujet était admis au laboratoire à 19h00 et des électrodes étaient posées sur son cuir chevelu selon le système 10-20 (Jasper, 1958). Ce système vise à positionner les électrodes à des endroits particuliers au-dessus d'aires corticales précises et ce, peu importe la grosseur du crâne, dans le but de procéder à des enregistrements électroencéphalographiques (EEG). Par la suite, le sujet était amené à se familiariser avec les différents tests et mesures qui lui seraient administrés lors de la partie expérimentale, incluant deux séries de

pratiques des tests de performance. Le sujet dormait ensuite au laboratoire de 00h00 à 08h00 afin de s'adapter à l'environnement de recherche.

Lors des nuits expérimentales, les soirées étaient semblables aux soirées d'adaptation, puis le participant devait rester éveillé jusqu'à 08h00 du matin. Au cours d'une des deux nuits de privation de sommeil, le sujet était exposé pendant quatre heures, de 00h30 à 04h30, à une lumière blanche de forte intensité (3000 lux), générée par un plafond lumineux. Pendant l'autre nuit expérimentale, qui tenait lieu de contrôle, la lumière était rouge, de faible intensité (<15 lux) et provenait de derrière le sujet. L'ordre des conditions était inversé pour la moitié des participants.

Des échantillons de salive, qui ont permis de doser la mélatonine par la suite, étaient recueillis chaque 30 minutes de 21h30 à 08h00. Des échantillons d'urine, utilisés ultérieurement pour le dosage du cortisol, furent recueillis à 23h30, 02h30, 04h30, 06h30 et 08h00. La température et l'activité étaient mesurées de façon continue de 22h45 à 15h00 à l'aide d'une thermistance rectale et d'un actigraphe tous deux connectés à un moniteur portatif (Mini-Logger, Mini-Mitter Co, Bend, OR). Enfin, une batterie de tests comprenant des mesures de vigilance subjective, des tests de performance, l'EEG à l'éveil ainsi que le test de maintien de l'éveil (MWT), était administrée aux volontaires avant (23h15), pendant (02h15), à la fin (04h00) ainsi que environ 1,5 h après la fin (05h45) du traitement de lumière. Le MWT n'était pas administré lors de la batterie de test de 02h15 afin de ne pas perturber le traitement de lumière. Le sujet pouvait ensuite dormir au laboratoire à partir de 08h00.

À la fin de l'expérimentation, les sujets étaient amenés à remplir un bref questionnaire d'évaluation (Annexe 6). Celui-ci nous a permis de connaître les attentes qu'avaient les sujets, face aux traitements de lumière, avant l'expérimentation, ainsi que d'évaluer les valeurs « hédoniques » de ces deux traitements.

L'article qui suit présente les résultats obtenus à partir des différents tests de vigilance et des mesures physiologiques. Il s'intitule *Vigilance levels during and after bright light exposure in the first half of the night* et a été soumis à la revue scientifique *Chronobiology International*.

4.2 Présentation de l'article

VIGILANCE LEVELS DURING AND AFTER BRIGHT LIGHT EXPOSURE IN THE FIRST HALF OF THE NIGHT

Suzie LAVOIE, Jean PAQUET, Brahim SELMAOUI,
Marianne RUFIANGE and Marie DUMONT

Chronobiology Laboratory, Hôpital du Sacré-Cœur de Montréal,
Québec, Canada, H4J 1C5 and Department of Psychiatry,
Université de Montréal, Québec, Canada, H3C 3J7

Submitted for publication in: *Chronobiology International*

Running Head: BRIGHT LIGHT EXPOSURE AND VIGILANCE

Corresponding author:

Marie Dumont, Ph.D.
Chronobiology Laboratory
Sacré-Coeur Hospital
5400 blvd Gouin W.
Montréal (Québec)
Canada H4J 1C5

Tel : (514) 338-2222 ext. 2246

Fax : (514) 338-2531

Email : [REDACTED]

Contribution de l'étudiante

L'article proposé présente les résultats de l'étude que j'ai conduite au cours de ma maîtrise. J'ai exécuté la plus grande partie du travail expérimental, ainsi que les analyses du projet de recherche. J'ai effectué toute la revue de littérature et, conjointement avec ma directrice de recherche, Dr Marie Dumont, j'ai rédigé le présent article, qui a été soumis au *Chronobiology International*. Les co-auteurs ont participé aux analyses statistiques (Jean Paquet) et aux analyses biochimiques (Brahim Selmaoui et Marianne Rufiange).

ABSTRACT

Fourteen healthy subjects (8 women, 6 men, aged 22-35 yr) were recruited. Each subject was exposed, in a counterbalanced order, to bright white light (BWL; 3000 lux) and to dim red light (DRL; <15 lux), at a one-week interval. Light treatments were administered from 00:30 to 04:30h, during sleep deprivation. Salivary melatonin and urinary cortisol concentrations were measured as well as core body temperature. Vigilance levels were evaluated by subjective estimates, maintenance of wakefulness tests (MWT), waking EEG recordings and three performance tests. Melatonin secretion was suppressed under BWL. Significant effects of BWL treatment were found for the MWT and for the theta-alpha and beta-1 frequency bands of the waking EEG. There was no significant effect of BWL on subjective alertness and performance. For all vigilance measures, results on the two conditions were similar for the tests performed 1.5 h after the end of light treatments. The findings suggest that bright light exposure in the first half of the night decreases EEG-defined sleep propensity but has only modest effects on other aspects of vigilance.

KEYWORDS

Light Exposure; Bright Light; Melatonin; Melatonin Suppression; Vigilance; Alertness; Cortisol; Temperature; Waking EEG; Sleep Propensity; Sleep Deprivation; Circadian; Placebo.

INTRODUCTION

Results from previous studies suggest that bright light (BL) exposure can improve vigilance levels during nighttime sleep deprivation. It was reported that the capacity to maintain wakefulness is increased (1,2,3), as well as performance levels in some tasks (1,2,4,5,6,7,8,9). On the other hand, it is known that BL exposure in the nighttime suppresses melatonin secretion (10) and attenuates nighttime decline of core body temperature (11,12). Since melatonin has some soporific effects in humans (13,14,15), it has been suggested that the stimulating effects of BL exposure in the nighttime could be due to the suppression of melatonin secretion (1,16). This hypothesis is supported by results showing that BL has no measurable effects on alertness when it is administered in the daytime, when endogenous melatonin secretion is very low (1,4,17). Furthermore, when exogenous melatonin is administered along with BL during the night, it seems to reverse the alerting and physiological effects of BL exposure (11,12).

However, many questions still need to be answered to understand the nature of the relationship between BL and vigilance levels and to design practical applications of BL exposure. First, it is not clear which aspects of vigilance are improved by BL exposure. Not only are there contrasting results from different studies but also, within a given study, BL effects are rarely significant on all of the vigilance measures reported. Subjective evaluations, performance tests, sleep propensity measures and arousal estimates assess different aspects of vigilance that are differently sensitive to various sources of sleepiness/alertness and to contextual

and psychological factors (18). Therefore, to obtain a better picture of the effects of BL exposure on vigilance levels, it appears necessary to combine in the same experiment the four kinds of sleepiness measures with reliable measures of melatonin suppression.

Other questions lacking a clear answer concern how fast do the alerting effects appear and how long they last. In a study using alternating 90 min of bright and dim light exposure, significant effects were detected in the beta band of the waking EEG during each 90-min block of BL exposure (1). On the other hand, under continuous BL exposure, significant alerting effects were reported only after about 4 to 5 hours of BL exposure (2,3,19). Duration of the effects is also of importance. Using BL exposure of 2,500 lux for 2 hours, Lewy et al. (10) found that plasmatic melatonin concentrations return to pre-treatment levels within 40 minutes. However, some authors observed an increase of melatonin levels after the end of BL exposure, that was beyond the levels observed in dim light (8,20). If the increase of vigilance levels during BL exposure in the nighttime is due to melatonin suppression, a melatonin rebound could be accompanied by an increase of sleepiness. If confirmed, such an after-effect appearing before the end of the night or in the early morning would be clearly contraindicated in some applications, such as nightwork.

Finally, as underlined in numerous studies on applications of BL therapy in seasonal affective disorder, BL exposure has a strong placebo effect (21,22).

When BL exposure is being compared with exposure to a dimmer light (usually about 100-150 lux), subjects' expectations can account for a large proportion of the effects on vigilance levels, especially in repeated-measure designs (23). Such placebo responses have already been reported in studies on the effects of hypnotics or stimulants and were observed on both subjective and physiological measures (24,25). A comparison with the exposure to a plausible but inefficacious treatment seems therefore required to gain a better understanding of the true effects of BL exposure on vigilance levels.

The present study aims to measure the changes in melatonin secretion and in various measures of vigilance levels during and after nighttime BL exposure. A repeated-measure, counterbalanced design, was used to compare these results with those obtained with the exposure to a dim red light, acting as a pseudoplacebo treatment. Treatment was applied in the first half of the night to allow for measures of vigilance levels when melatonin secretion resumes. Measures of vigilance levels included subjective evaluations, performance tests, sleep propensity, and quantitative analysis of the waking EEG. Since core body temperature (26), cortisol secretion (27,28) and wrist actigraphy (29,30) have been associated with physiological arousal, alertness or performance levels, they were also included in the evaluation of the effects of bright light exposure.

MATERIALS AND METHODS

Subjects

Fourteen healthy subjects (8 women, 6 men) aged 22 to 35 yr (mean \pm SD = 26.1 \pm 4.2 yr) were recruited through advertisements placed at a local university. All subjects were in good physical and psychological health, as assessed by questionnaires and an interview. They had no sleep or vigilance complaints, and no history of psychiatric or neurological disorders. Volunteers with transmeridian travel or night work experience in the past month were excluded. All subjects were non-smokers, not using drugs or medications, except three women who were taking oral contraceptives. Caffeine use was forbidden in the laboratory and during the day prior to the admission. Women not using hormonal contraception had regular menstrual cycles and completed the experimental part of the study during the follicular phase of their cycle. Each subject signed an informed consent form approved by the hospital's ethics committee and received a financial compensation.

Procedures

For each subject, the entire study included three nights at the chronobiology laboratory, each separated by 7—10 days. The first night served as an adaptation to laboratory procedures. In the evening, subjects had one practice session including all tests subsequently used during the experimental nights. Sleep was recorded by polysomnography (PSG) from midnight to 08:00h, which was close to their habitual sleep schedule. The second and third nights were the

experimental nights. During the 5 days preceding each of these nights, subjects were requested to fill out a sleep diary and to keep a regular sleep schedule, with bedtimes between 23:00 and 01:00h , and waketimes between 07:00 and 09:00.

On both experimental nights, the timing of the procedures was exactly the same (see Table 1). The subjects were admitted to the laboratory at 19:00h. They had to stay awake until 08:00h, then slept in the laboratory for a minimum of 5 h. Saliva and urine collection started at 21:30h. Rectal temperature and wrist activity were continuously recorded from 22:45h to departure. Between 19:00 and 23:00h, electrodes were installed for EEG recordings and two practice sessions were scheduled for the performance tests. Light treatments were administered in a counterbalanced order, from 00:30 to 04:30h. Vigilance levels were evaluated by a string of tests before, during and after the light treatment. Except during light treatments, subjects were kept in dim white light (< 15 lux).

Light exposure

In the bright light condition, the subjects were exposed to bright white light (BWL) of about 3,000 lux at gaze level, generated by ceiling fluorescent lights that covered the entire room. In the dim light condition, the subjects were exposed to dim red light (DRL) of less than 15 lux. To generate red light, red filters were installed inside a light panel of 62 by 61 cm (Medic-Light, Inc., Lake Hopatcong, NJ) positioned behind the subject. During light treatments, subjects were allowed to read or to talk with the research assistant, but they had to remain seated quietly

until the end of the light exposure. Subjects were continuously monitored by research assistants to ascertain that they were staying awake. A research photometer (IL1400A Radiometer/Photometer with a SEL033/Y/W sensor; International Light, Newburyport, MA) was used to measure light intensity during the treatments. When measured in the angle of gaze, light intensity varied between 2,300 and 4,700 lux during BWL (mean \pm SD= 3,415.3 \pm 735.1 lux) and between 4 and 24 lux during DRL (mean \pm SD= 9.5 \pm 5.0 lux).

Salivary melatonin

Every half-hour, from 21:30 to 08:00h, saliva samples were collected with Salivettes (Sarstedt Inc., St-Leonard, Canada), according to a strict protocol: 5 min before sampling, subjects were asked to rinse their mouth thoroughly with water and were not allowed to drink or to eat before giving the sample. Sampling time had a maximum duration of 4 min and the samples were immediately frozen. Melatonin concentration in the saliva was determined in duplicate using direct radioimmunoassay with a 125-iodine tracer (Bühlmann Laboratories AG, Switzerland). The reported minimum detectable concentration of melatonin is 0.65 pg/ml. All samples from a given subject were assayed in the same run. Since there were a few missing data due to insufficient amount of saliva, results were averaged every hour for the analyses (e.g., the 23:30h value was the mean of the concentrations obtained at 23:00 and 23:30h).

Urinary cortisol

Subjects emptied their bladder at 21:30h and urine samples were collected before (23:30h), during (02:30h), just after (04:30h) and two hours after (06:30h) light treatments, as well as just before bedtime (08:00h). Free cortisol in urine was extracted using methylene chloride, then concentration was determined in duplicate by radioimmunoassay (Diagnostic Products Corporation, Los Angeles, CA). Creatinine was analyzed in a fully automated analyzer (Hitachi 747) by a colorimetric assay (Roche Diagnostics). Results were expressed in μg of cortisol by mg of creatinine.

Body temperature and activity recordings

A disposable rectal probe (YellowSpring Instruments Co.) was used to collect temperature data every minute via a Mini-Logger ambulatory monitor (Mini-Mitter Inc., Bend, OR). For the analyses, results were smoothed by averaging the data every half-hour (e.g., the value at midnight is the mean of the values collected from 23:31 to 00:00h). Activity was recorded every minute from the non-dominant wrist by an actigraph connected to the same monitor.

Vigilance evaluation

Vigilance levels were evaluated before, during and after light treatments with a string of tests administered in the following order: subjective evaluation of alertness and mood, waking EEG recording, performance tests, and a maintenance of wakefulness test (see Table 1).

Subjective alertness was measured with a 10-cm visual analogue scale (VAS) (31). Each VAS was a 10-cm line, with the inscription "very sleepy" on the left end and "very alert" on the right end. Results were expressed in centimeters measured between the left end of the line and the mark drawn by the subject, 10 cm being very alert. Subjective fatigue was evaluated with the "fatigue" scale of the French version of the *Profile of Mood States* (POMS) questionnaire (32).

Waking EEG recordings lasted for a minimum of 2 min and a maximum of 4 min during which the subjects, sitting in a reclining chair, had to keep their eyes open and fixating a target. The EEG from C3 and C4 was recorded in reference to linked ears and digitized on-line at a rate of 256 Hz (gain: 10,000; bandpass: 0.3-100 Hz). All 2-sec epochs were visually inspected and those including artifacts such as eye movements, muscle activity, sweating, cardiac signals, and stage-1 sleep were excluded from the analyses. From each session, a minimum of 30 artifact-free epochs (60 sec) were subjected to power spectral analysis (Fast Fourier Transform, FFT, with a Hanning window smoothing and a resolution of 0.25 Hz), performed by a commercial software (Harmonie, Stellate Systems, Montreal, Canada). Finally, spectral activity was added within the following frequency bands: theta-alpha (5-9 Hz) and beta-1 (16-24 Hz), since these two bands have been previously associated with variations in subjective sleepiness (33,34,35).

A series of three performance tests was administered 10 min after the end of the waking EEG recording. The first test was a "Stopping Task" (36). This paradigm measures processes of cognitive control. In this test, subjects are engaged in a primary task but are occasionally presented with a signal that tells them to stop their response. The task is divided into 5 blocks. During the first block, subjects are instructed to press as fast as possible the right or the left button of a computer mouse if a letter or a number appears on the screen, respectively. This block contains 45 stimuli and the last 30 stimuli are used to assess the mean reaction time (MRT) of the subject. For the next 4 blocks, the task is the same except that subjects had to refrain answering if a specific sound is emitted just after the apparition of the character. This stop signal is automatically adjusted to occur 350 ms, 250 ms or 150 ms before the MRT of the subject. Again, there are 45 stimuli in each block, 20% being followed by the stop signal. The main parameter is the number of errors, when the subjects fail to withhold their response to the primary task when the stop signal occurs. The entire task lasts about 15 min.

The second performance test was a modified form of the Baddeley "MC" reasoning task (37). For 32 trials, the subject had to determine as fast as possible whether sentences of the form "M is not followed by C – CM" were true or false. The third performance test, also containing 32 trials, was a "serial search task" where the subject had to determine as fast as possible the presence or absence of the letter "E" among a series of letters. These last two tasks had a total duration of

about 5 min. For both of them, the main parameter was the speed of the response (reaction time).

The maintenance of wakefulness test (MWT) (38) was used to evaluate the ability of the subjects to stay awake. The MWT was not administered within the 02:15h tests series because it would have interrupted the light treatment. For the MWT, light intensity was reduced to less than 5 lux. Subjects were sitting in a reclining chair and were instructed to try to stay awake with their eyes open, avoiding abrupt or repetitive movements. EEG, EOG and EMG were recorded continuously. The test was interrupted after sleep onset or after 25 min of recording if no sleep had occurred. Sleep latency was defined as the time from the beginning of the test to the beginning of the first min of stage-1 sleep, the first epoch of another sleep stage, or as 25 min if the subject did not fall asleep.

Evaluation questionnaire

At the end of the experiment, subjects completed a brief questionnaire of evaluation. They were asked if they felt that their performance on the computer tests was better during one of the two treatments, and if, before the experiment, they were expecting a difference between the two treatments (open question).

Data Analysis

To reduce variability between subjects and conditions, each subject's raw scores for each condition were transformed into percentages of the pre-light treatment

value. Melatonin, cortisol, activity, fatigue, stopping task and MWT results were also log-transformed before statistical analyses to normalize their distribution. For each variable, a two-way ANOVA was applied on the results to determine the presence of an order effect for the two conditions. Main statistical analyses used two-way ANOVAs for repeated measures, with a factor "Condition" (BWL vs DRL) and a factor "Time". Huynt-Feldt correction was applied to determine *P* values, but original degrees of freedom are reported. Finally, correlations were calculated between changes in melatonin secretion and changes in all measures of vigilance levels. Both differences in raw scores and in percentages of pre-light treatment value were analyzed, and correlations were calculated separately for measurements taken during the second (around 02:00h) and the third (around 04:00h) string of tests. Since more than 30% of the differences were not normally distributed, the non-parametric Spearman test was used in all correlations.

RESULTS

Because of technical difficulties, melatonin concentration for one subject, temperature and activity data from one subject, and EEG data from 3 subjects were lost. None of the variables showed a significant order effect for the two conditions and this factor was not used in further analyses.

Salivary Melatonin Concentrations

Before the light treatments (23:30h), melatonin concentrations were similar in the two conditions (mean \pm SD = 12.40 \pm 8.16 pg/ml and 13.34 \pm 8.51 pg/ml in the

BWL and DRL conditions, respectively). BWL exposure rapidly induced an inhibition of melatonin secretion (Fig. 1, top). There was a significant condition-by-time interaction [$F(7,84) = 53.57, p < 0.001$]. Simple-effect analyses revealed that melatonin levels were lower for the entire duration of BWL treatment ($p < 0.001$ from 01:30 to 04:30h) as well as one hour after the end of light exposure ($p < 0.001$ at 05:30h). Two hours after the end of light treatment, melatonin concentrations were similar in the two conditions. At 07:30h, 3 hours after the end of light treatment, melatonin concentrations tended to be higher in the BWL condition compared to the DRL ($p < 0.06$).

Urinary Cortisol Concentrations

Before the light treatment, mean concentrations of urinary cortisol (\pm SD) were 13.95 ± 17.74 $\mu\text{g}/\text{mg}$ of creatinine in the BWL condition, and 20.02 ± 22.30 $\mu\text{g}/\text{mg}$ of creatinine in the DRL condition. This difference was not statistically significant. Percents of the 23:30h value did not show any between-condition difference (Fig. 1, bottom). There was a large effect of time [$F(3,39) = 43.90, p < 0.001$], but no effect of condition [$F(1,13) = 0.51, p = 0.49$] or condition-by-time interaction [$F(3,39) = 1.18, p = 0.33$].

Rectal Temperature and Wrist Activity

The averaged core body temperature before the light treatments (between 23:30 and 00:00h) was similar in the two conditions (mean \pm SD = 36.80 ± 0.24 $^{\circ}\text{C}$ and 36.86 ± 0.36 $^{\circ}\text{C}$, in the BWL and DRL conditions, respectively). The ANOVA

revealed a condition-by-time interaction [$F(15,180) = 3.53, p < 0.01$]. Rectal temperature was significantly higher (by 0.09 to 0.17 °C) in the BWL condition, from 02:30 to 05:30h, inclusively (Fig. 2, top).

Activity levels were analyzed using various parameters: mean activity counts per half-hour, or number of minutes per half-hour with an activity count higher than zero or higher than 10. None of these parameters showed a condition or an interaction effect. The number of minutes per half-hour with an activity count higher than 10, transformed in percentage of the value between 23:31 and 00:00h, is illustrated in Fig. 2 (bottom). There was a significant effect of time [$F(15,180) = 6.56, p < 0.001$], but no effect of condition [$F(1,12) = 0.63, p = 0.44$] or condition-by-time interaction [$F(15,180) = 0.74, p = 0.74$].

Subjective Alertness and Fatigue

Subjective alertness measured with the VAS is illustrated in Fig. 3 (top). Subjects had higher scores of alertness at 23:00h, before the light treatment, in the BWL condition (7.82 ± 1.23 cm) compared to the DRL condition (7.17 ± 1.60 cm; $p < 0.05$). The ANOVA on percents of 23:00h values showed an effect of time [$F(2,26) = 8.19, p < 0.01$] but no effect of condition [$F(1,13) = 1.26, p = 0.28$] or condition-by-time interaction [$F(2,26) = 1.13, p = 0.34$]. The same was true for the fatigue scale of the POMS (Fig. 3, bottom) [time: $F(2,26) = 11.76, p < 0.001$; condition: $F(1,13) = 0.56, p = 0.47$; condition-by-time interaction: $F(2,26) = 0.38, p = 0.69$], but there was no difference in the pre-light treatment scores. None

of the other mood scales of the POMS (including depression) showed a significant effect of condition or a condition-by-time interaction.

Waking EEG

Both frequency bands of the waking EEG showed a significant condition-by-time interaction: theta-alpha [$F(2,20) = 4.33, p < 0.05$] and beta-1 [$F(2,20) = 4.04, p < 0.05$]. Simple-effect analyses showed that a time effect was significant only in the BWL condition ($p < 0.01$ for both frequency bands) and that spectral power in both frequency bands was significantly lower during the BWL exposure compared to the measure collected 1.5 h after the end of the light treatment (Fig. 4). In addition, for the beta-1 band, spectral power was significantly lower in the BWL compared to the DRL condition for the 02:15h test ($p < 0.01$) and approached significance for the 04:00h test ($p = 0.07$).

Performance Tests

Results of the three performance tests are illustrated in Fig. 5. The number of errors on the Stopping Task before the light treatments tended to be higher in the DRL condition compared to the BWL condition (mean \pm SD = 7.86 ± 3.79 and 6.21 ± 3.79 in the DRL and BWL conditions, respectively) but the difference was not statistically significant ($p = 0.07$). There was no effect of condition [$F(1,13) = 2.25, p = 0.16$] and no condition-by-time interaction [$F(2,26) = 0.31, p = 0.74$]. For both the "MC" and "Serial Search" tests, reaction times were similar before the light treatments in the two conditions ($p > 0.35$ in both cases). There was no

effect of light treatments on any of the tests ($p > 0.28$ for all condition and condition-by-time factors). On these two tests, the number of errors was very small (less than 4%) and was not statistically analyzed. Furthermore, no time effect was detected on any of the performance tests ($p > 0.15$ on all three tests).

Ability to Maintain Wakefulness

At the beginning of the night, subjects had no difficulty in maintaining wakefulness. On the 14 subjects, only 5 (35.7%) fell asleep on the test administered prior to the BWL treatment and 6 (42.9%) before the DRL treatment. Mean sleep latencies were long in both pre-treatment conditions (mean \pm SD= 19.93 ± 7.32 min and 19.24 ± 7.07 min, in the BWL and DRL conditions, respectively). There was a significant condition-by-time interaction for sleep latencies on the MWT [$F(1,13) = 8.04, p = 0.01$]. Simple-effect analyses showed that subjects were able to stay awake longer at 04:30h in the BWL compared to the DRL condition (BWL: 17.52 ± 9.16 min, DRL: 10.12 ± 8.58 min; $p < 0.01$). At that time of night, just after the light treatments, 8 subjects (57.1%) fell asleep in the BWL condition compared to 11 subjects (78.6%) in the DRL condition. Two hours after the end of light treatments, mean sleep latencies were similar in the two conditions (BLW: 9.24 ± 7.71 min, DRL: 8.19 ± 6.88 min; $p = 0.75$). Only 2 subjects in the BWL condition and 1 subject in the DRL condition were able to stay awake for the entire duration of the test at that time. Results expressed in percentages of the 00:00h value are illustrated in Fig. 6.

Correlations with Changes in Melatonin Secretion

When analyzed in raw scores, none of the vigilance variables showed a significant correlation with salivary melatonin concentration, either at 02:30h or at 04:30h.

Using percentages of pre-light treatment value, only activity (number of minutes per half-hour with an activity count higher than 10) showed a significant correlation with melatonin concentration at 02:00h ($R = -0.65$, $p < 0.05$). The correlation was not significant at 04:00h ($R = -0.42$, n.s.).

Evaluation Questionnaire

One subject did not complete the questionnaire. Eight subjects estimated that their performance was the same in the two light conditions, 4 thought that they performed better in BWL, and one in DRL. On the open question about their expectations, 7 subjects said that they did not expect to feel a difference between the two treatments, 5 expected to feel more awake with the BWL, and one expected to feel the DRL more depressing.

DISCUSSION

Consistent with results from previous studies, BWL exposure in the nighttime had an effect on some but not all measures of vigilance levels. Since melatonin secretion was significantly suppressed during BWL exposure, these results suggest that not all indicators of vigilance levels are sensitive to melatonin suppression in the first part of the night. A decrease in sleep propensity was observed at 04:30h on the MWT. This test was not administered earlier because

we did not want to interrupt the light treatments. Therefore, it is not possible to know if an effect of BWL on MWT would have been identified earlier in the night. However, in previous studies using MWT during all-night BL exposure, the first significant effects were observed only after 03:00h (1,2,3). The effects observed on the theta-alpha frequency band of the waking EEG were relatively modest: BWL treatment decreased spectral power at 02:00 and 04:00h compared to the results on the 06:00h test, whereas there was no time effect in the DRL condition. However, the between-condition differences were not statistically significant on any of the tests. A similar effect had been reported in another study, with a tendency to a decreased power in the theta-alpha band during BL, but the effect becoming statistically significant only during the last 90 minutes of a 6.5-h exposure (19). When BL was administered only in the late evening, no significant effect was found on the theta-alpha frequency band (39).

The decrease in the spectral power of the beta-1 frequency band (16-24 Hz) was more robust and showed a similar time course as the effect on theta-alpha. This decrease contrasts with the absence of effect in 1-Hz frequency bands within the 15-20 Hz range in one study (19), and with the increased dominant frequency in the 15-30 Hz band reported in another (1). However, this last result was not replicated by the same authors when BL was administered in the late evening (16). High EEG frequencies have been associated with increased physiological activation or arousal, but generally for higher frequencies within the beta band (26-49 Hz (40); 22.5-44.5 Hz (41)). On the other hand, many studies have

observed an increase in the spectral power of the lower part of the beta band in association with sleep deprivation and increasing sleepiness (13.25-20 Hz (42); 13-20 Hz (43); 18-25 Hz (35)). Higher power in that frequency band has been interpreted as the result of an increasing effort to maintain wakefulness in presence of an increasing sleep propensity (43). If this interpretation is correct, then the decrease in beta-1 spectral power in the present study could reflect decreased sleep propensity with BWL exposure in the first part of the night.

The absence of alerting effects on performance could be due to a lack of sensitivity of the chosen tasks, since none of the measures showed a significant effect of sleep deprivation. Cognitive tasks were chosen because they are more sensitive than motor tasks to sleep deprivation (44). However, the tasks were possibly too short in duration to reveal significant performance decrements, especially in the first part of the night when sleep deprivation is moderate.

On the other hand, it is unlikely that the absence of effect on the two subjective measures was due to a lack of sensitivity since both showed a clear decrease of alertness with increasing duration of sleep deprivation. A placebo effect in the control condition may have masked an effect of BWL exposure. DRL did not suppress melatonin secretion but it was a spectacular treatment, coloring the entire room in a reddish atmosphere. This is why most subjects did not report differential expectations between the two conditions. Since subjective measures are especially sensitive to placebo effects (45), it cannot be excluded that DRL

exposure had enough placebo influence on self-estimates of alertness to obscure the effect of BWL. In our design, there was no "non-treatment" condition.

Therefore, we cannot conclude with certainty that BWL did not have an effect on subjective alertness, but only that it did not have an "incremental effectiveness" (46) compared to DRL exposure.

An important factor that may explain the absence of effect on subjective measures is the timing of BWL exposure. To our knowledge, only one study measured the effect of BL on subjective sleepiness during the first half of the night and no effect was found before 05:00h (47). Two studies found an effect when BL was administered in the evening, around the time of the onset of melatonin secretion (16,39). In the 6 studies for which an alerting effect of nighttime BL exposure was found on subjective measures, BL was administered for most of the night (4,6,8,19,48) or after 04:00h (49). None of these studies reported a significant effect before 03:30h in the morning. Similarly, studies which measured the effects of BL on wrist activity also reported increased activity only when BL was administered in the early morning (48,50). It is possible that BL effects observed in the evening reflect a greater sensitivity to alerting effects around the time of the onset of melatonin secretion, which is also the time when subjective alertness begins to decline (51). BL effects limited to the second part of the night suggest that other mechanisms than melatonin suppression could be involved in the alerting effects of BL exposure.

There was no difference between BWL and DRL conditions on cortisol secretion. This is consistent with the results reported in studies where BL was administered in the first part of the night (52,53). However, in studies where BL was administered at the end of the night or in the early morning, a transient but important increase in cortisol secretion was observed (28,53). Leproult et al. (28) found that performance improvements tended to be correlated with BL-induced increase in cortisol secretion, but not with melatonin suppression. In the nocturnal rat, BL exposure decreases corticosterone secretion, but only in the early night, at the beginning of the activity period (54). It is immediately followed by the adoption of a sleeping posture by the animal. This effect disappears in animals with lesions of the suprachiasmatic nuclei (54). In the rat, BL is interpreted as the beginning of the sleep period and triggers the appropriate physiological and behavioral responses. In humans, BL exposure in the late night or early morning may trigger the SCN to activate a day-oriented arousal response of the organism.

Therefore, we suggest that the effects of BL exposure on vigilance levels involve different mechanisms when BL is administered at the beginning or at the end of the night. In the late evening and in the first part of the night, the main effect of BL is to suppress melatonin secretion and to increase core body temperature, followed by a decrease of sleep propensity. On the other hand, in the second part of the night, BL exposure has a direct effect on the arousal system. The main effect would be to enhance the increase of cortisol secretion, which has truly activating and alerting effects. Direct activating effects on other functions

controlled by the autonomous nervous system, such as heart rate, can also be expected (55,56). In the second part of the night, effects of BL on vigilance levels are expected to be more robust and to manifest themselves in a variety of measures sensitive to physiological and psychological arousal.

Our results suggest that BL exposure in the first part of the night could be of limited help to alleviate sleepiness in night workers. Other studies showed that BL exposure can have powerful immediate physiological and psychological arousing effects when administered in the second part of the night. However, there are indications that these effects can last for a long time in the following day (50). In addition, it is expected that these immediate effects will be followed by a phase advance of the circadian pacemaker (57). Both of these after-effects would be counterindicated for a night worker, decreasing daytime sleep quality and increasing sleepiness during the following night shift. A better understanding of the mechanisms underlying the immediate effects of BL exposure on vigilance levels is mandatory before light exposure could be designed as a safe treatment for sleep-wake disorders or as a countermeasure for night work-related sleepiness.

ACKNOWLEDGMENTS

The study was supported by a research grant from the Canadian Institutes of Health Research (MD), by a trainee fellowship from the Natural Sciences and Engineering Research Council of Canada (SL), and by a graduate fellowship from the Fonds de la Recherche en Santé du Québec (SL).

REFERENCES

1. Badia, P.; Myers, B.; Boecker, M.; Culpepper, J.; Harsh, J.R. Bright light effects on body temperature, alertness, EEG and behavior. *Physiol. Behav.* **1991**, *50*, 583-588.
2. Campbell, S.S.; Dawson, D. Enhancement of nighttime alertness and performance with bright ambient light. *Physiol. Behav.* **1990**, *48*, 317-320.
3. Dawson, D.; Campbell, S.S. Timed exposure to bright light improves sleep and alertness during simulated night shifts. *Sleep* **1991**, *14*, 511-516.
4. Daurat, A.; Aguirre, A.; Foret, J.; Gonnet, P.; Keromes, A.; Benoit, O. Bright light affects alertness and performance rhythms during a 24-h constant routine. *Physiol. Behav.* **1993**, *53*, 929-936.
5. Daurat, A.; Foret, J.; Touitou, Y.; Benoit, O. Detrimental influence of bright light exposure on alertness, performance, and mood in the early morning. *Neurophysiol. Clin.* **1996**, *26*, 8-14.
6. Daurat, A.; Foret, J.; Benoit, O.; Mauco, G. Bright light during nighttime: Effects on the circadian regulation of alertness and performance. *Biol. Signals Recept.* **2000**, *9*, 309-318.

7. French, J.; Hannon, P.; Brainard, G.C. Effects of bright illuminance on body temperature and human performance. *Ann. Rev. Chronopharmacol.* **1990**, *7*, 37-40.
8. Horne, J.A.; Donlon, J.; Arendt, J. Green light attenuates melatonin output and sleepiness during sleep deprivation. *Sleep* **1991**, *14*, 233-240.
9. Wright Jr, K.P.; Badia, P.; Myers, B.L.; Plenzler, S.C. Combination of bright light and caffeine as a countermeasure for impaired alertness and performance during extended sleep deprivation. *J. Sleep Res.* **1997**, *6*, 26-35.
10. Lewy, A.J.; Wehr, T.A.; Goodwin, F.K.; Newsome, D.A.; Markey, S.P. Light suppresses melatonin secretion in humans. *Science* **1980**, *210*, 1267-1269.
11. Cagnacci, A.; Soldani, R.; Yen, S.S.C. The effect of light on core body temperature is mediated by melatonin in women. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* **1993**, *76*, 1036-1038.
12. Strassman, R.J.; Qualls, C.R.; Lisansky, E.J.; Peake, G.T. Elevated rectal temperature produced by all-night bright light is reversed by melatonin infusion in men. *J. Appl. Physiol.* **1991**, *71*, 2178-2182.

13. Dawson, D.; Encel, N. Melatonin and sleep in humans. *J. Pineal Res.* **1993**, *15*, 1-12.
14. Cajochen, C.; Krauchi, K.; Wirz-Justice, A. The acute soporific action of daytime melatonin administration: effects on the EEG during wakefulness and subjective alertness. *J. Biol. Rhythms* **1997**, *12*, 636-643.
15. Sack, R.L.; Hughes, R.J.; Edgar, D.M.; Lewy, A.J. Sleep-promoting effects of melatonin: at what dose, in whom, under what conditions, and by what mechanisms. *Sleep* **1997**, *20*, 908-915.
16. Myers, B.L.; Badia, P. Immediate effects of different light intensities on body temperature and alertness. *Physiol. Behav.* **1993**, *54*, 199-202.
17. Lafrance, C.; Dumont, M.; Lespérance, P.; Lambert, C. Daytime vigilance after morning bright light exposure in volunteers subjected to sleep restriction. *Physiol. Behav.* **1998**, *63*, 803-810.
18. Curcio, G.; Casagrande, M.; Bertini, M. Sleepiness: evaluating and quantifying methods. *Int. J. Psychophysiol.* **2001**, *41*, 251-263.

19. Cajochen, C.; Zeitzer, J.M.; Czeisler, C.A.; Dijk, D.J. Dose-response relationship for light intensity and ocular and electroencephalographic correlates of human alertness. *Behav. Brain. Res.* **2000**, *115*, 75-83.
20. Beck-Friis, J.; Borg, G.; Wetterberg, L. Rebound increase of nocturnal serum melatonin levels following evening suppression by bright light exposure in healthy men: relation to cortisol levels and morning exposure. *Ann. NY Acad. Sci.* **1985**, *453*, 371-375.
21. Eastman, C.I. What the placebo literature can tell us about light therapy for SAD. *Psychopharmacol. Bull.* **1990**, *26*, 495-504.
22. Eastman, C.I.; Young, M.A.; Fogg, L.F.; Liu, L.; Meaden, P.M. Bright light treatment of winter depression - A placebo-controlled trial. *Arch. Gen. Psychiatry* **1998**, *55*, 883-889.
23. Ross, M.; Olson, J.M. An expectancy-attribution model of the effects of placebos. *Psychol. Rev.* **1981**, *88*, 408-437.
24. Mikalsen, A.; Bertelsen, B.; Flaten, M.A. Effects of caffeine, caffeine-associated stimuli, and caffeine-related information on physiological and psychological arousal. *Psychopharmacology* **2001**, *157*, 373-380.

25. Sierra, J.C.; Carrasco, T.J.; Buela-Casal, G. Daytime sequelae of placebo use as a hypnotic in healthy volunteers. *Med. Sci. Res.* **1995**, *23*, 683-684.
26. Wright Jr, K.P.; Hull, J.T.; Czeisler, C.A. Relationship between alertness, performance, and body temperature in humans. *Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol.* **2002**, *283*, R1370-R1377.
27. Chapotot, F.; Gronfier, C.; Jouny, C.; Muzet, A.; Brandenberger, G. Cortisol secretion is related to electroencephalographic alertness in human subjects during daytime wakefulness. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* **1998**, *83*, 4263-4268.
28. Leproult, R.; Colecchia, E.F.; L'Hermite-Balériaux, M.; Van Cauter, E. Transition from dim to bright light in the morning induces an immediate elevation of cortisol levels. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* **2001**, *86*, 151-157.
29. Roehrs, T.; Turner, L.; Roth, T. Effects of sleep loss on waking actigraphy. *Sleep* **2000**, *23*, 793-797.
30. Beaumont, M.; Batejat, D.; Pierard, C.; Coste, O.; Doireau, P.; Van Beers, P.; Chauffard, F.; Chassard, D.; Enslin, M.; Denis, J.B.; Lagarde, D. Slow release caffeine and prolonged (64-h) continuous wakefulness: effects on vigilance and cognitive performance. *J. Sleep Res.* **2001**, *10*, 265-276.

31. McCormack, H.M.; Horne, D.J.; Sheather, S. Clinical applications of visual analogue scales: a critical review. *Psychol. Med.* **1988**, *18*, 1007-1019.
32. McNair, D.M.; Lorr, M.; Droppleman, L.F. *Profile of mood states*, Educational and Industrial Testing Service: San Diego, CA, 1971.
33. Torsvall, L.; Akerstedt, T. Extreme sleepiness: quantification of EOG and spectral EEG parameters. *Int. J. Neurosci.* **1988**, *38*, 435-441.
34. Cajochen, C.; Brunner, D.P.; Krauchi, K.; Graw, P.; Wirz-Justice, A. Power density in theta/alpha frequencies of the waking EEG progressively increases during sustained wakefulness. *Sleep* **1995**, *18*, 890-894.
35. Dumont, M.; Macchi, M.M.; Carrier, J.; Lafrance, C.; Hébert, M. Time course of narrow frequency bands in the waking EEG during sleep deprivation. *Neuroreport* **1999**, *10*, 403-407.
36. Logan, G.D. On the ability to inhibit thought and action. A users' guide to the stop signal paradigm. In *Inhibitory processes in attention, memory and language*; Dagenbach, D.; Carr, T.H., Eds.; Academic Press: San Diego, 1994; 189-239.

37. Monk, T.H.; Buysse, D.J.; Reynolds III, C.F.; Berga, S.L.; Jarrett, D.B.; Begley, A.E.; Kupfer, D.J. Circadian rhythms in human performance and mood under constant conditions. *J. Sleep Res.* **1997**, *6*, 9-18.
38. Mitler, M.M.; Gujavarty, S.; Browman, C.P. Maintenance of wakefulness test: A polysomnographic technique for evaluating treatment efficacy in patients with excessive somnolence. *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.* **1982**, *53*, 658-661.
39. Cajochen, C.; Krauchi, K.; Danilenko, K.V.; Wirz-Justice, A. Evening administration of melatonin and bright light: interactions on the EEG during sleep and wakefulness. *J. Sleep Res.* **1998**, *7*, 145-157.
40. Bonnet, M.H.; Arand, D.A. Impact of activity and arousal upon spectral EEG parameters. *Physiol. Behav.* **2001**, *74*, 291-298.
41. Chapotot, F.; Jouny, C.; Muzet, A.; Buguet, A.; Brandenberger, G. High frequency waking EEG: reflection of a slow ultradian rhythm in daytime arousal. *Neuroreport* **2000**, *11*, 2223-2227.
42. Aeschbach, D.; Matthews, J.R.; Postolache, T.T.; Jackson, M.A.; Giesen, H.A.; Wehr, T.A. Two circadian rhythms in the human electroencephalogram during wakefulness. *Am. J. Physiol.* **1999**, *277*, R1771-R1779.

43. Corsi-Cabrera, M.; Arce, C.; Ramos, J.; Lorenzo, I.; Guevara, M.A. Time course of reaction time and EEG while performing a vigilance task during total sleep deprivation. *Sleep* **1996**, *19*, 563-569.
44. Pilcher, J.J.; Huffcutt, A.I. Effects of sleep deprivation on performance: a meta-analysis. *Sleep* **1996**, *19*, 318-326.
45. Hrobjartsson, A.; Gotzsche, P.C. Is the placebo powerless. An analysis of clinical trials comparing placebo with no treatment. *N. Engl. J. Med.* **2001**, *344*, 1594-1602.
46. Critelli, J.W.; Neumann, K.F. The placebo. Conceptual analysis of a construct in transition. *Am. Psychol.* **1984**, *39*, 32-39.
47. Leproult, R.; Van Reeth, O.; Byrne, M.M.; Sturis, J.; Van Cauter, E. Sleepiness, performance, and neuroendocrine function during sleep deprivation: effects of exposure to bright light or exercise. *J. Biol. Rhythms* **1997**, *12*, 245-258.
48. Foret, J.; Daurat, A.; Touitou, Y.; Aguirre, A.; Benoit, O. The effect on body temperature and melatonin of a 39-h constant routine with two different light levels at nighttime. *Chronobiol. Int.* **1996**, *13*, 35-45.

49. Foret, J.; Daurat, A.; Tirilly, G. Effect of bright light at night on core temperature, subjective alertness and performance as a function of exposure time. *Scand. J. Work Environ. Health* **1998**, *24* (Suppl. 3), 115-120.
50. Clodoré, M.; Foret, J.; Benoit, O.; Touitou, Y.; Aguirre, A.; Bouard, G.; Touitou, C. Psychophysiological effects of early morning bright light exposure in young adults. *Psychoneuroendocrinology* **1990**, *15*, 193-205.
51. Cajochen, C.; Krauchi, K.; Von Arx, M.A.; Mori, D.; Graw, P.; Wirz-Justice, A. Daytime melatonin administration enhances sleepiness and theta/alpha activity in the waking EEG. *Neurosci. Lett.* **1996**, *207*, 1-5.
52. McIntyre, I.M.; Norman, T.R.; Burrows, G.D.; Armstrong, S.M. Melatonin, cortisol and prolactin response to acute nocturnal light exposure in healthy volunteers. *Psychoneuroendocrinology* **1992**, *17*(2/3), 243-248.
53. Scheer, F.A.J.L.; Buijs, R.M. Light affects morning salivary cortisol in humans. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* **1999**, *84*, 3395-3398.
54. Buijs, R.M.; Wortel, J.; Van Heerikhuize, J.J.; Feenstra, M.G.P.; Ter Horst, G.J.; Romijn, H.J.; Kalsbeek, A. Anatomical and functional demonstration of a

multisynaptic suprachiasmatic nucleus adrenal (cortex) pathway. *Eur. J. Neurosci.* **1999**, *11*, 1535-1544.

55. Scheer, F.A.J.L.; Van Doornen, L.J.P.; Buijs, R.M. Light and diurnal cycle affect human heart rate: possible role for the circadian pacemaker. *J. Biol. Rhythms* **1999**, *14*, 202-212.

56. Scheer, F.A.J.L.; Ter Horst, G.J.; van der Vliet, J.; Buijs, R.M. Physiological and anatomic evidence for regulation of the heart by suprachiasmatic nucleus in rats. *Am. J. Physiol. Heart Circ. Physiol.* **2001**, *280*, H1391-H1399.

57. Eastman, C.I.; Martin, S.K. How to use light and dark to produce circadian adaptation to night shift work. *Ann. Med.* **1999**, *31*, 87-98.

FIGURE LEGENDS

Fig. 1. Salivary melatonin (top) and urinary cortisol (bottom) concentrations in bright white light (open circles) and dim red light (closed circles) conditions. Vertical dashed lines indicate the timing of the light treatments. Results are expressed as percentages of the value obtained at 2330. Values are means and SE for 13 (melatonin) or 14 (cortisol) subjects. Asterisks denote $p < 0.05$ between the two conditions.

Fig. 2. Core body temperature (top) and wrist activity (bottom) in bright white light (open circles) and dim red light (closed circles) conditions. Vertical dashed lines indicate the timing of the light treatments. Results are expressed as percentages of the averaged value obtained between 2331 and 0000. Values are means and SE for 13 subjects. Asterisks denote $p < 0.05$ between the two conditions.

Fig. 3. Subjective alertness measured with the VAS (top) and subjective fatigue measured with the POMS (bottom) in bright white light (open circles) and dim red light (closed circles) conditions. Vertical dashed lines indicate the timing of the light treatments. Results are expressed as percentages of the value at 2330. Values are means and SE for 14 subjects.

Fig. 4. Spectral power of the waking EEG in the theta-alpha (5-9 Hz, top) and beta-1 (16-24 Hz, bottom) frequency bands in bright white light (open circles) and

dim red light (closed circles) conditions. Vertical dashed lines indicate the timing of the light treatments. Results are expressed as percentages of the value at 2315. Values are means and SE for 11 subjects. The asterisk denotes $p < 0.05$ between the two conditions.

Fig. 5. Number of errors of commission made during the behavioral inhibition test (top), and reaction time for the right answers measured during the grammatical reasoning (middle) and the serial search tests (bottom), in bright white light (open circles) and dim red light (closed circles) conditions. Vertical dashed lines indicate the timing of the light treatments. Results are expressed as percentages of the value at 2330. Values higher than 100 indicate worsening of performance. Values are means and SE for 14 subjects.

Fig. 6. Sleep latencies observed during the MWT administered before, right after and two hours after the light treatment in bright white light (open circles) and dim red light (closed circles) conditions. Vertical dashed lines indicate the timing of the light treatments. Results are expressed as percentages of the value obtained at 0000. Values are means and SE for 14 subjects. The asterisk denotes $p < 0.05$ between the two conditions.

Table 1. Time schedule for all measurements taken during both experimental nights. Admission was at 1900h and light treatment from 0030 to 0430h.

Measure	Schedule
Salivary melatonin	Every 30 min from 2130 h to 0800 h
Rectal temperature	Every min from 2245 h to departure
Wrist activity	Every min from 2245 h to departure
Subjective alertness (VAS)	2305 h, 0205 h, 0350 h, 0535 h
Mood (POMS)	2310 h, 0210 h, 0355 h, 0540 h
Waking EEG	2315 h, 0215 h, 0400 h, 0545 h
Performance tests	2330 h, 0230 h, 0410 h, 0610 h
Maintenance of wakefulness test (MWT)	0000 h, ---- , 0435 h, 0635 h
Urinary cortisol	2325 h, 0225 h, 0430 h, 0630 h, 0800 h

Figure 1

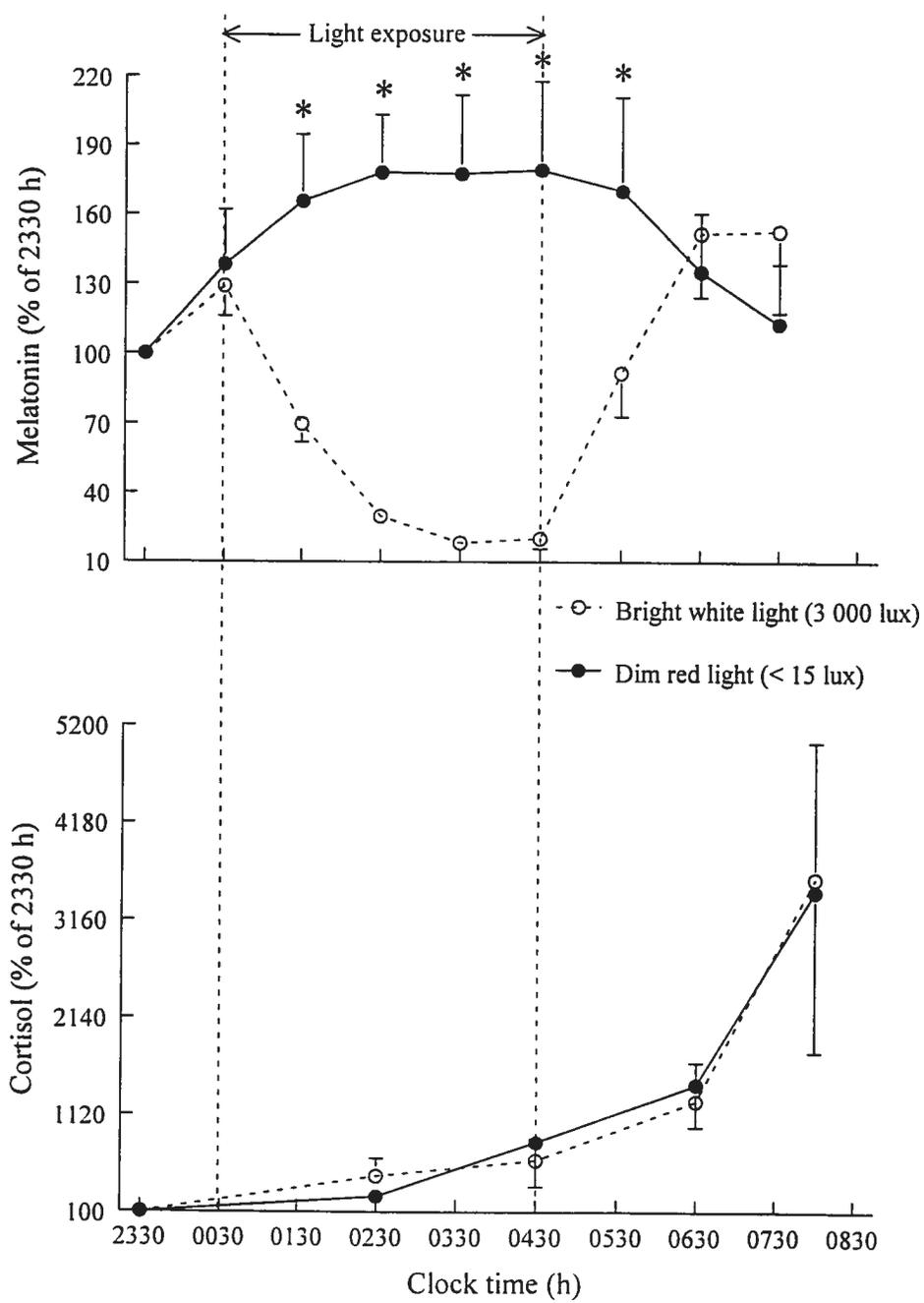


Figure 2

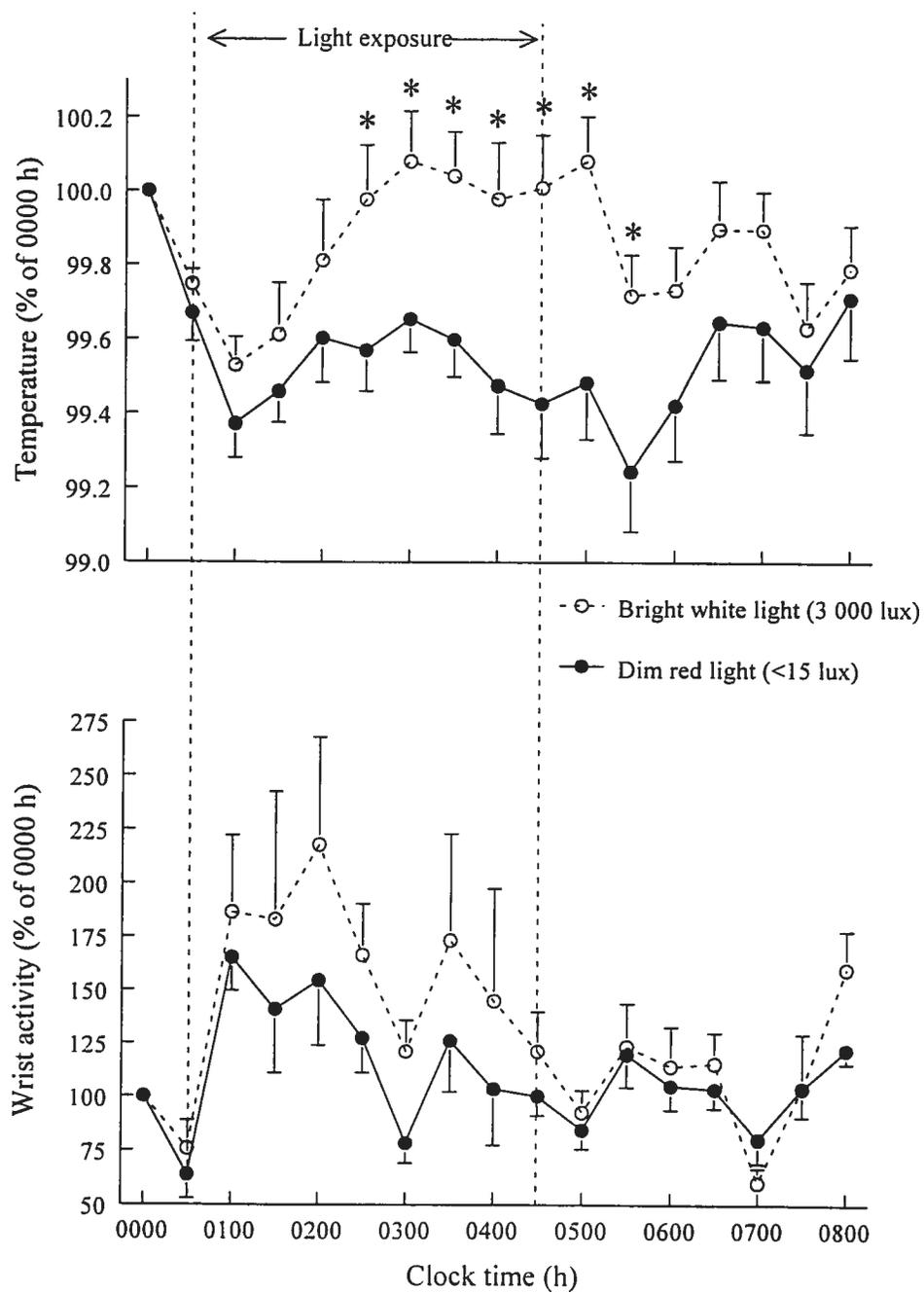


Figure 3

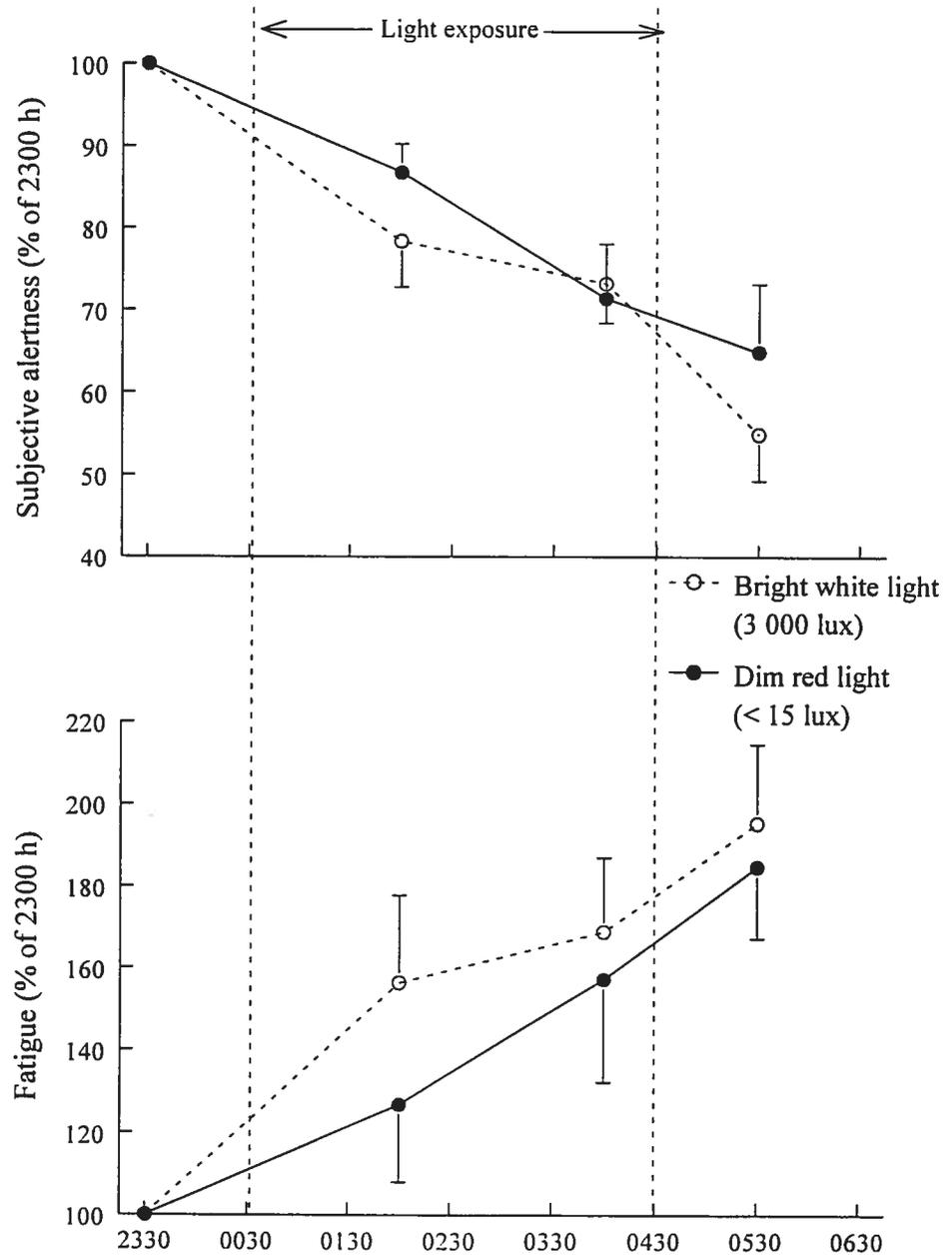


Figure 4

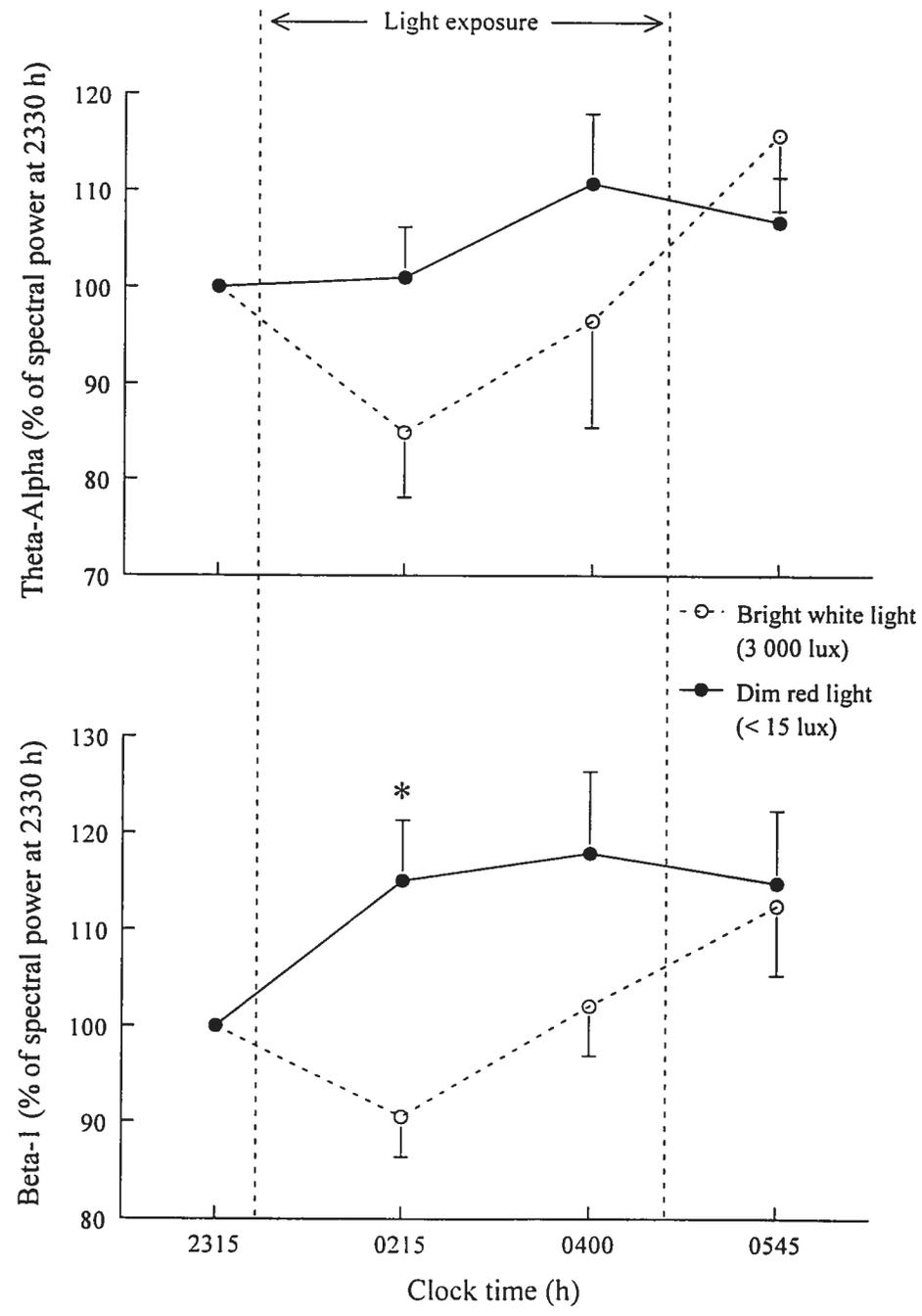


Figure 5

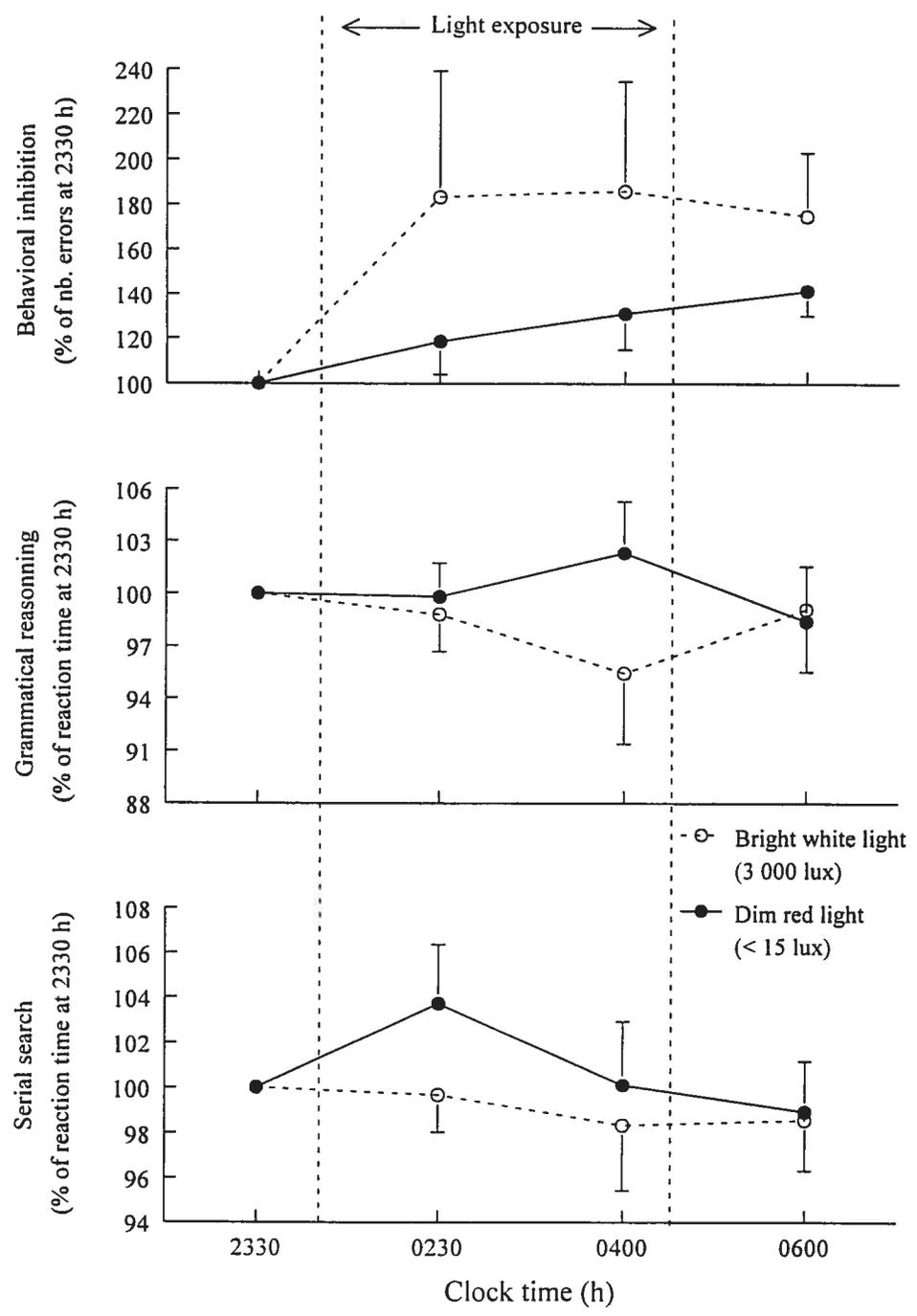
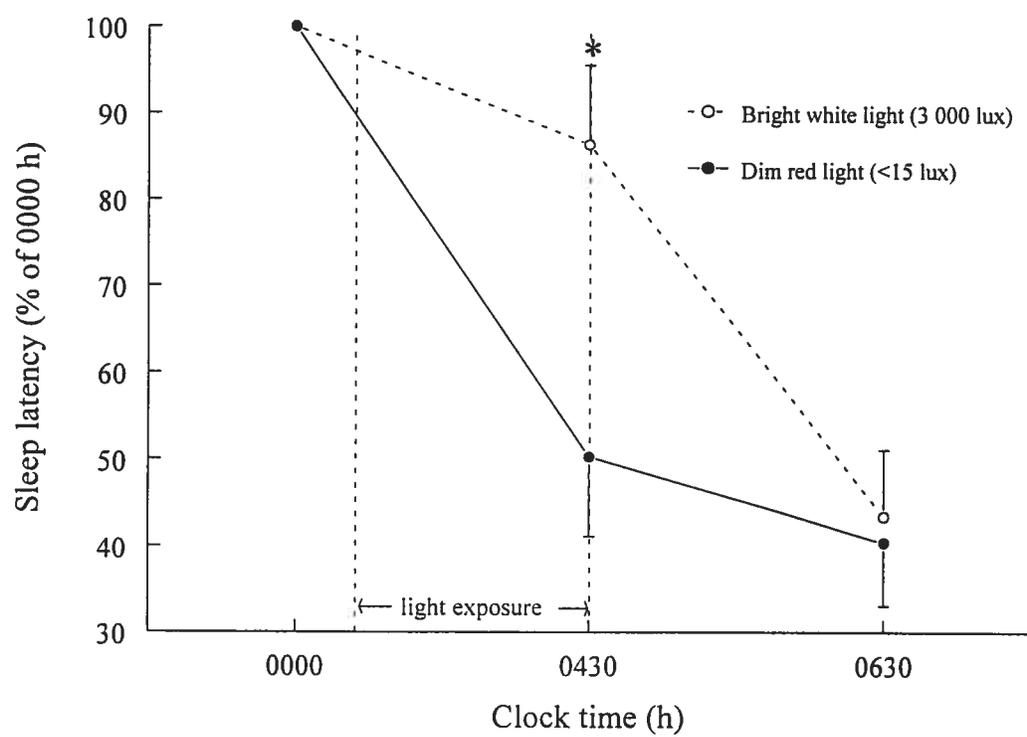


Figure 6



5. Discussion

La présente expérimentation avait pour but de mesurer les effets d'une exposition à la lumière vive pendant la nuit sur différents aspects des niveaux de vigilance, ainsi que sur certaines variables physiologiques.

Comme c'était le cas lors d'expériences précédentes, une augmentation des niveaux de vigilance au cours de l'exposition à la lumière vive (LV) a pu être observée lors de certains tests, mais pas tous. La LV a entraîné une augmentation de la capacité à maintenir l'éveil telle que mesurée à l'aide du MWT, ainsi qu'une diminution de la puissance spectrale des bandes de fréquence theta-alpha et beta-1 lors de l'EEG à l'éveil. Cependant, aucun effet n'a été observé sur la vigilance ou la fatigue subjective, ainsi que lors des tests de performance. Ces résultats indiquent donc que lors d'une exposition à une LV de 00h30 à 04h30, les effets sur la vigilance sont réels mais plutôt modestes.

Nous suggérons que les effets stimulants d'une exposition à la LV impliquent différents mécanismes dépendamment du moment où le traitement est administré. En début de nuit, la lumière entraîne la suppression de la mélatonine. Les effets hypnogènes de la mélatonine sont donc moindres, et il y a aussi augmentation de la température corporelle. La propension au sommeil est ainsi diminuée. Donc, plus la lumière utilisée est de forte intensité ou plus la durée de l'exposition est longue, plus on aura de chances de percevoir des effets stimulants. Durant la seconde partie de la nuit, les effets de la LV se feraient plutôt du côté du système d'éveil physiologique. La LV entraîne une augmentation de la sécrétion du cortisol, hormone qui présente des caractéristiques d'activation et de stimulation. Bien entendu cette suggestion est basée sur des observations faites en se basant sur la littérature. Il serait donc intéressant de mettre au point un protocole visant à vérifier l'hypothèse proposée. En effet, une nouvelle expérimentation devrait regrouper des mesures des niveaux de vigilance chez des sujets exposés à la LV en début de nuit et d'autres en fin de nuit. Les mêmes paramètres de lumière et les mêmes tests étant administrés dans les deux

situations, il serait possible de voir si le traitement de lumière est bel et bien plus efficace en fin de nuit ou non. Il serait aussi intéressant de vérifier si les niveaux de cortisol seraient augmentés lors de l'exposition à la LV en fin de nuit, comme cela a déjà été observé (Scheer & Buijs, 1999; Leproult *et al*, 2001), et si c'est le cas, vérifier si cette augmentation est corrélée avec l'augmentation des niveaux de vigilance.

Si notre hypothèse s'avère juste, une exposition à la LV en début de nuit aurait des effets modérés sur les niveaux de vigilance en diminuant la propension au sommeil, tandis qu'une exposition en fin de nuit serait plus efficace pour l'amélioration des niveaux de vigilance en agissant directement sur les systèmes activateurs. Ainsi, il serait plus efficace d'exposer les travailleurs de nuit à la LV en fin de nuit, moment où leur propension au sommeil est la plus élevée. Cependant, il a été observé que les effets stimulants de la LV lorsque administrée à ce moment de la nuit peuvent durer beaucoup plus longtemps, voire toute la journée (Clodoré *et al*, 1990). Ce dernier phénomène serait très contre-indiqué pour les travailleurs de nuit qui doivent dormir durant le jour.

Il sera donc important, lors de prochaines études sur les effets stimulants de la LV pendant la nuit d'observer ce qui advient des niveaux de vigilance au cours de la journée suivant la nuit expérimentale. Il sera aussi intéressant de poursuivre la cueillette d'échantillons de mélatonine plus longtemps afin de vérifier s'il y a un rebond ou non. En effet, lors de notre expérimentation, nous avons pu voir que après la fin de l'exposition à la lumière, les niveaux de mélatonine en condition de LV retournaient rapidement aux niveaux observés en LT et tendaient même à dépasser ces niveaux ($p = 0.06$). Cependant, il est important de noter que ces niveaux plus élevés de mélatonine ne sont pas nécessairement dus à un rebond, mais peuvent être dus à un délai de phase dans le rythme de la sécrétion de mélatonine, causé par l'exposition à la LV avant le minimum de température. L'augmentation des taux de mélatonine n'est peut-être pas une augmentation de la sécrétion, mais plutôt un déplacement du pic de sécrétion. Ainsi, si un changement de phase s'est produit, il faudra modifier le

protocole d'exposition à la lumière, puisque le but est d'utiliser les propriétés stimulantes immédiates de la lumière sans produire de changements de phase chez les travailleurs de nuit. L'utilisation de la LV pour sa capacité de resynchroniser l'horloge biologique avec le nouveau rythme veille-sommeil peut améliorer la vigilance au cours de la nuit et de diminuer les troubles liés au sommeil de jour. Par contre, cet ajustement ne serait pas indiqué pour des travailleurs qui ont un horaire à rotation rapide, car ils devraient sans cesse réajuster leur horloge interne.

Aucune différence significative n'ayant été observée entre les deux conditions environ 1,5 heure après la fin de l'exposition, les effets stimulants de la LV semblent être de courte durée. En pratique, il semblerait donc nécessaire d'exposer les travailleurs de nuit pendant tout leur quart de travail afin qu'ils puissent bénéficier des effets stimulants de la LV toute la nuit. La deuxième option serait d'exposer les travailleurs à plusieurs courtes sessions de LV pendant la nuit. Toutefois, les études qui ont tenté cette stratégie n'ont pas trouvé que le traitement était efficace (Costa *et al*, 1993; Iskra-Golek *et al*, 2000).

D'autre part, l'utilisation d'un « pseudoplacebo » comme condition contrôle apportait quelque chose de nouveau dans l'étude des effets de la LV. En effet, les sujets étaient informés que nous voulions vérifier les effets de deux traitements de lumière différents, mais ils ignoraient quels étaient les effets recherchés et ils ne pouvaient donc pas discerner lequel des deux traitements était la situation expérimentale et lequel était le contrôle. Ainsi, puisque aucune attente face au traitement n'était créée chez le sujet, il est possible qu'on n'ait observé aucune différence entre les deux situations pour les mesures subjectives parce qu'un effet placebo de la condition contrôle a pu masquer l'effet de l'exposition à la LV. Afin de vérifier ceci, il faudrait prévoir une expérimentation où, en plus des conditions de LV et de lumière rouge, il y aurait une condition de lumière tamisée blanche comme contrôle. Ce genre de protocole nous permettrait de valider ou non l'utilisation de la lumière rouge tamisée comme « pseudoplacebo » dans les études des effets stimulants de la LV.

Enfin, l'absence d'effet de la privation de sommeil sur la performance nous obligerait à revoir la nature des tests à utiliser lors d'une nouvelle expérimentation. En effet, afin de vérifier si la LV exerce des effets positifs sur la performance, il faut d'abord que les tests utilisés soient assez sensibles pour déceler la privation de sommeil. Or, la plupart des outils utilisés en neuropsychologie ont été développés dans le but de mesurer l'impact de lésions cérébrales, et il est possible qu'une privation de sommeil ne soit pas suffisante pour avoir un impact sur la performance. Le manque de sensibilité n'est cependant peut-être pas dû au test lui-même. En effet, il est possible que les tests de pratiques aient été insuffisants pour atteindre un seuil d'apprentissage, ce qui a pu masquer autant les effets de la privation de sommeil que les effets de la LV. Il est aussi possible que la situation de test stimule le sujet, ce qu'on ne retrouverait pas nécessairement en milieu de travail sur une tâche continue. Le choix des tests de performance, mais aussi des paramètres d'utilisation et d'analyse, est donc très important dans l'élaboration d'un protocole expérimental.

6. Conclusion

Nos résultats suggèrent qu'une exposition à la lumière vive en début de nuit n'est pas d'une très grande efficacité dans l'amélioration de niveaux de vigilance. Toutefois, l'augmentation de la capacité à résister au sommeil pourrait être utile pour les tâches monotones de surveillance qui se font la nuit. Selon la littérature, la LV semble avoir un plus grand effet en fin de nuit. Ceci reste à vérifier, en plus de bien d'autres points, avant que nous puissions utiliser la LV de façon pratique en milieux de travail. En effet, plus d'études regroupant les différents types de mesures de vigilance devront être conduites afin de déterminer le moment opportun ainsi que la durée idéale d'une exposition à la LV durant la nuit. Il sera aussi important de poursuivre les mesures pendant la journée suivant la nuit expérimentale afin d'être certains que le sommeil de jour des travailleurs de nuit n'est pas perturbé par le traitement de lumière.

7. Références bibliographiques

- Aeschbach, D., Matthews, J.R., Postolache, T.T., Jackson, M.A., Giesen, H.A. and Wehr, T.A. (1999) Two circadian rhythms in the human electroencephalogram during wakefulness. *Am J Physiol* 277, R1771-R1779
- Akerstedt, T. (1984) Work schedules and sleep. *Experientia* 40, 417-422.
- Akerstedt, T. (1988) Sleepiness as a consequence of shift work. *Sleep* 11, 17-34.
- Akerstedt, T. and Gillberg, M. (1990) Subjective and objective sleepiness in the active individual. *Int J Neurosci* 52, 29-37.
- Badia, P., Myers, B., Boecker, M., Culpepper, J. and Harsh, J.R. (1991) Bright light effects on body temperature, alertness, EEG and behavior. *Physiol Behav* 50, 583-588.
- Beaumont, M., Batejat, D., Pierard, C., Coste, O., Doireau, P., Van Beers, P., Chauffard, F., Chassard, D., Enslin, M., Denis, J.B. and Lagarde, D. (2001) Slow release caffeine and prolonged (64-h) continuous wakefulness: effects on vigilance and cognitive performance. *J Sleep Res* 10, 265-276.
- Beck-Friis, J., Borg, G. and Wetterberg, L. (1985) Rebound increase of nocturnal serum melatonin levels following evening suppression by bright light exposure in healthy men: relation to cortisol levels and morning exposure. *Ann NY Acad Sci* 453, 371-375.
- Beck, A.T. and Beck, R.W. (1972) Screening depressed patients in family practice. A rapid technic. *Postgrad Med* 52, 81-85.
- Boivin, D.B., Duffy, J.F., Kronauer, R.E. and Czeisler, C.A. (1996) Dose-response relationships for resetting of human circadian clock by light. *Nature* 379, 540-542.
- Boivin, D.B. and James, F.O. (2002) Circadian adaptation to night-shift work by judicious light and darkness exposure. *J Biol Rhythms* 17, 556-567.
- Brainard, G.C., Hanifin, J.P., Greeson, J.M., Byrne, B., Glickman, G., Gerner, E. and Rollag, M.D. (2001) Action spectrum for melatonin regulation in humans: evidence for a novel circadian photoreceptor. *J Neurosci* 21, 6405-6412.
- Buysse, D.J., Reynolds III, C.F., Monk, T.H., Berman, S.R. and Kupfer, D.J. (1989) The Pittsburgh sleep quality index: A new instrument for psychiatric practice and research. *Psychiatry Res* 28, 193-213.

- Cagnacci, A. (1997) Influences of melatonin on human circadian rhythms. *Chronobiol Int* 14, 205-220.
- Cagnacci, A., Elliot, J.A. and Yen, S.S.C. (1992) Melatonin: a major regulator of the circadian rhythm of core temperature in humans. *J Clin Endocrinol Metab* 75, 447-452.
- Cagnacci, A., Soldani, R. and Yen, S.S.C. (1993) The effect of light on core body temperature is mediated by melatonin in women. *J Clin Endocrinol Metab* 76, 1036-1038.
- Cajochen, C., Brunner, D.P., Krauchi, K., Graw, P. and Wirz-Justice, A. (1995) Power density in theta/alpha frequencies of the waking EEG progressively increases during sustained wakefulness. *Sleep* 18, 890-894.
- Cajochen, C., Khalsa, S.B.S., Wyatt, J.K., Czeisler, C.A. and Dijk, D.J. (1999) EEG and ocular correlates of circadian melatonin phase and human performance decrements during sleep loss. *Am J Physiol* 277, R640-R649
- Cajochen, C., Krauchi, K., Danilenko, K.V. and Wirz-Justice, A. (1998) Evening administration of melatonin and bright light: interactions on the EEG during sleep and wakefulness. *J Sleep Res* 7, 145-157.
- Cajochen, C., Krauchi, K., Von Arx, M.A., Mori, D., Graw, P. and Wirz-Justice, A. (1996) Daytime melatonin administration enhances sleepiness and theta/alpha activity in the waking EEG. *Neurosci Lett* 207, 1-5.
- Cajochen, C., Zeitzer, J.M., Czeisler, C.A. and Dijk, D.J. (2000) Dose-response relationship for light intensity and ocular and electroencephalographic correlates of human alertness. *Behav Brain Res* 115, 75-83.
- Campbell, S.S. and Dawson, D. (1990) Enhancement of nighttime alertness and performance with bright ambient light. *Physiol Behav* 48, 317-320.
- Carskadon, M.A. and Dement, W.C. (1979) Effects of total sleep loss on sleep tendency. *Percept Mot Skills* 48, 495-506.
- Chapotot, F., Gronfier, C., Jouny, C., Muzet, A., Brandenberger, G. (1998) Cortisol secretion is related to electroencephalographic alertness in human subjects during daytime wakefulness. *J Clin Endocrinol Metab* 83, 4263-4268.
- Clodoré, M., Foret, J., Benoit, O., Touitou, Y., Aguirre, A., Bouard, G. and Touitou, C. (1990) Psychophysiological effects of early morning bright light exposure in young adults. *Psychoneuroendocrinology* 15, 193-205.

- Corsi-Cabrera, M., Arce, C., Ramos, J., Lorenzo, I. and Guevara, M.A. (1996) Time course of reaction time and EEG while performing a vigilance task during total sleep deprivation. *Sleep* 19, 563-569.
- Costa, G., Ghirlanda, G., Minors, D.S. and Waterhouse, J.M. (1993) Effect of bright light on tolerance to night work. *Scand J Work Environ Health* 19, 414-420.
- Curcio, G., Casagrande, M. and Bertini, M. (2001) Sleepiness: evaluating and quantifying methods. *Int J Psychophysiol* 41, 251-263.
- Czeisler, C.A., Johnson, M.P., Duffy, J.F., Brown, E.N., Ronda, J.M. and Kronauer, R.E. (1990) Exposure to bright light and darkness to treat physiologic maladaptation to night work. *N Engl J Med* 322, 1253-1259.
- Daurat, A., Aguirre, A., Foret, J., Gonnet, P., Keromes, A. and Benoit, O. (1993) Bright light affects alertness and performance rhythms during a 24-h constant routine. *Physiol Behav* 53, 929-936.
- Daurat, A., Foret, J., Benoit, O. and Mauco, G. (2000) Bright light during nighttime: Effects on the circadian regulation of alertness and performance. *Biol Signals Recept* 9, 309-318.
- Daurat, A., Foret, J., Touitou, Y. and Benoit, O. (1996) Detrimental influence of bright light exposure on alertness, performance, and mood in the early morning. *Neurophysiol Clin* 26, 8-14.
- Dawson, D. and Campbell, S.S. (1991) Timed exposure to bright light improves sleep and alertness during simulated night shifts. *Sleep* 14, 511-516.
- Dijk, D.J., Cajochen, C. and Borbély, A.A. (1991) Effect of a single 3-hour exposure to bright light on core body temperature and sleep in humans. *Neurosci Lett* 121, 59-62.
- Dollins, A.B., Lynch, H.J., Wurtman, R.J., Deng, M.H. and Lieberman, H.R. (1993) Effects of illumination on human nocturnal serum melatonin levels and performance. *Physiol Behav* 53, 153-160.
- Dollins, A.B., Zhdanova, I.V., Wurtman, R.J., Lynch, H.J. and Deng, M.H. (1994) Effects of inducing nocturnal serum melatonin concentrations in daytime on sleep, mood, body temperature, and performance. *Proc Natl Acad Sci USA* 91, 1824-1828.
- Duffy, J.F. and Dijk, D.J. (2002) Getting through to circadian oscillators: why use constant routines. *J Biol Rhythms* 17, 4-13.

- Dumont, M., Macchi, M.M., Carrier, J., Lafrance, C. and Hébert, M. (1999) Time course of narrow frequency bands in the waking EEG during sleep deprivation. *NeuroReport* 10, 403-407.
- Eastman, C.I. (1990) What the placebo literature can tell us about light therapy for SAD. *Psychopharmacol.Bull.* 26, 495-504.
- Eastman, C.I., Stewart, K.T., Mahoney, M.P., Liu, L. and Fogg, L.F. (1994) Dark goggles and bright light improve circadian rhythm adaptation to night-shift work. *Sleep* 17, 535-543.
- Eastman, C.I., Young, M.A., Fogg, L.F., Liu, L. and Meaden, P.M. (1998) Bright light treatment of winter depression - A placebo-controlled trial. *Arch Gen Psychiatry* 55, 883-889.
- Foret, J., Daurat, A. and Tirilly, G. (1998) Effect of bright light at night on core temperature, subjective alertness and performance as a function of exposure time. *Scand J Work Environ Health* 24 (suppl 3), 115-120.
- Foret, J., Daurat, A., Touitou, Y., Aguirre, A. and Benoit, O. (1996) The effect on body temperature and melatonin of a 39-h constant routine with two different light levels at nighttime. *Chronobiol Int* 13, 35-45.
- French, J., Hannon, P. and Brainard, G.C. (1990) Effects of bright illuminance on body temperature and human performance. *Ann Rev Chronopharmacol* 7, 37-40.
- Harma, M., Suvanto, S., Popkin, S., Pulli, K., Mulder, M. and Hirvonen, K. (1998) A dose-response study of total sleep time and the ability to maintain wakefulness. *J Sleep Res* 7, 167-174.
- Hoddes, E., Zarcone, V., Smythe, H.P.R. and Dement, W.C. (1973) Quantification of sleepiness: A new approach. *Psychophysiology* 10, 431-436.
- Horne, J.A., Donlon, J. and Arendt, J. (1991) Green light attenuates melatonin output and sleepiness during sleep deprivation. *Sleep* 14, 233-240.
- Horowitz, T.S., Cade, B.E., Wolfe, J.M. and Czeisler, C.A. (2001) Efficacy of bright light and sleep/darkness scheduling in alleviating circadian maladaptation to night work. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 281, E384-E391
- Iskra-Golec, I., Marek, T., Fafrowicz, M., Zieba, A. and Honory, B. (2000) Effects of bright light on performance and mood in morning and evening people. In: Hornberger, S., Knauth, P., Costa, G. and Folkard, S., (Eds.) *Shiftwork in the 21st Century*

Challenges for Research and Practice, pp. 131-135. New York: Peter Lang]

- Jasper, H.H. (1958) The ten-twenty system of the International Federation. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 10, 371-375.
- Jones, K. and Harrison, Y. (2001) Frontal lobe function, sleep loss and fragmented sleep. *Sleep Med Rev* 5, 463-475.
- Klerman, E.B., Rimmer, D.W., Dijk, D.J., Kronauer, R.E., Rizzo III, J.F. and Czeisler, C.A. (1998) Nonphotic entrainment of the human circadian pacemaker. *Am J Physiol* 274, R991-R996
- Laakso, M.L., Hatonen, T. and Alila, A. (1994) Uncoupling of the pineal melatonin synthesis of rats from the circadian regulation. *Neurosci Lett* 179, 5-8.
- Lafrance, C., Dumont, M., Lespérance, P. and Lambert, C. (1998) Daytime vigilance after morning bright light exposure in volunteers subjected to sleep restriction. *Physiol Behav* 63, 803-810.
- Leproult, R., Colecchia, E.F., L'Hermite-Balériaux, M. and Van Cauter, E. (2001) Transition from dim to bright light in the morning induces an immediate elevation of cortisol levels. *J Clin Endocrinol Metab* 86, 151-157.
- Leproult, R., Van Reeth, O., Byrne, M.M., Sturis, J. and Van Cauter, E. (1997) Sleepiness, performance, and neuroendocrine function during sleep deprivation: effects of exposure to bright light or exercise. *J Biol Rhythms* 12, 245-258.
- Lewy, A.J., Cutler, N.L. and Sack, R.L. (1999) The endogenous melatonin profile as a marker for circadian phase position. *J Biol Rhythms* 14, 227-236.
- Lewy, A.J., Kern, H.A., Rosenthal, N.E. and Wehr, T.A. (1982) Bright artificial light treatment of a manic-depressive patient with a seasonal mood cycle. *Am J Psychiatry* 139, 1496-1498.
- Lewy, A.J., Wehr, T.A., Goodwin, F.K., Newsome, D.A. and Markey, S.P. (1980) Light suppresses melatonin secretion in humans. *Science* 210, 1267-1269.
- McCormack, H.M., Horne, D.J. and Sheather, S. (1988) Clinical applications of visual analogue scales: a critical review. *Psychol Med* 18, 1007-1019.
- McIntyre, I.M., Norman, T.R., Burrows, G.D. and Armstrong, S.M. (1989) Human melatonin suppression by light is intensity dependent. *J Pineal Res* 6, 149-156.

- McIntyre, I.M., Norman, T.R., Burrows, G.D. and Armstrong, S.M. (1992) Melatonin, cortisol and prolactin response to acute nocturnal light exposure in healthy volunteers. *Psychoneuroendocrinology* 17(2/3), 243-248.
- McNair, D.M., Lorr, M. and Droppleman, L.F. (1971) *Profile of mood states*, San Diego, California: Educational and Industrial Testing Service.
- Mikalsen, A., Bertelsen, B. and Flaten, M.A. (2001) Effects of caffeine, caffeine-associated stimuli, and caffeine-related information on physiological and psychological arousal. *Psychopharmacology* 157, 373-380.
- Minors, D.S., Waterhouse, J.M. and Wirz-Justice, A. (1991) A human phase-response curve to light. *Neurosci Lett* 133, 36-40.
- Mitler, M.M., Gujavarty, S. and Browman, C.P. (1982) Maintenance of wakefulness test: A polysomnographic technique for evaluating treatment efficacy in patients with excessive somnolence. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 53, 658-661.
- Monk, T.H. (1989) A visual analogue scale technique to measure global vigor and affect. *Psychiatry Res* 27, 89-99.
- Moore, R.Y. (1983) Organization and function of a central nervous system circadian oscillator: the suprachiasmatic hypothalamic nucleus. *Fed Proc* 42, 2783-2789.
- Moore, R.Y. (1995) Organization of the mammalian circadian system. In: Chadwick, D.J. and Ackrill, K., (Eds.) *Circadian clocks and their adjustment*, pp. 88-106.
- Moore, R.Y. (1996) Neural control of the pineal gland. *Behav Brain Res* 73, 125-130.
- Murphy, P., Myers, B., Badia, P. and Harsh, J. (1991) The effects of bright light on daytime sleep latencies. *Sleep Res* 20, 465
- Myers, B.L. and Badia, P. (1993) Immediate effects of different light intensities on body temperature and alertness. *Physiol Behav* 54, 199-202.
- Pilcher, J.J. and Huffcutt, A.I. (1996) Effects of sleep deprivation on performance: A meta-analysis. *Sleep* 19, 318-326.
- Pivik, R.T., Broughton, R.J., Coppola, R., Davidson, R.J., Fox, N. and Nuwer, M.R. (1993) Guidelines for the recording and quantitative analysis of electroencephalographic activity in research contexts. *Psychophysiology* 30, 547-558.

- Rosenthal, N.E., Sack, D.A., Gillin, J.C., Lewy, A.J., Goodwin, F.K., Davenport, Y., Mueller, P.S., Newsome, D.A. and Wehr, T.A. (1984) Seasonal affective disorder - A description of the syndrome and preliminary findings with light therapy. *Arch Gen Psychiatry* 41, 72-80.
- Ross, M. and Olson, J.M. (1981) An expectancy-attribution model of the effects of placebos. *Psychological Review* 88, 408-437.
- Sack, R.L., Blood, M.L., Ormerod, G.M., Rich, G.B. and Lewy, A.J. (1992) Oral melatonin reverses the alerting effects of nocturnal bright light exposure in humans. *Sleep Res* 21, 49
- Sangal, R.B., Thomas, L. and Mitler, M.M. (1992) Maintenance of wakefulness test and multiple sleep latency test. Measurement of different abilities in patients with sleep disorders. *Chest* 101, 898-902.
- Scheer, F.A.J.L. and Buijs, R.M. (1999) Light affects morning salivary cortisol in humans. *J Clin Endocrinol Metab* 84, 3395-3398.
- Sierra, J.C., Carrasco, T.J. and Buéla-Casal, G. (1995) Daytime sequelae of placebo use as a hypnotic in healthy volunteers. *Med Sci Res* 23, 683-684.
- Stampi, C., Stone, P. and Michimori, A. (1995) A new quantitative method for assessing sleepiness: the alpha attenuation test. *Work and Stress* 9, 368-376.
- Strassman, R.J., Qualls, C.R., Lisansky, E.J. and Peake, G.T. (1991) Elevated rectal temperature produced by all-night bright light is reversed by melatonin infusion in men. *J Appl Physiol* 71, 2178-2182.
- Sugerman, J.L. and Walsh, J.K. (1989) Physiological sleep tendency and ability to maintain alertness at night. *Sleep* 12, 106-112.
- Thapan, K., Arendt, J. and Skene, D.J. (2001) An action spectrum for melatonin suppression: evidence for a novel non-rod, non-cone photoreceptor system in humans. *J Physiol* 535, 261-267.
- Thayer, R.E. (1978) Factor analytic and reliability studies on the activation-deactivation adjective check list. *Psychol Rep* 42, 747-756.
- Wehr, T.A. (1991) The durations of human melatonin secretion and sleep respond to changes in daylength (photoperiod). *J Clin Endocrinol Metab* 73, 1276-1280.
- Weitzman, E.D. (1982) Chronobiology of man: sleep, temperature and neuroendocrine rhythms. *Human Neurobiol* 1, 173-183.

- Wirz-Justice, A. and Armstrong, S.M. (1996) Melatonin: nature's soporific? (letter). *J Sleep Res* 5, 137-141.
- Wright Jr, K.P., Badia, P., Myers, B.L. and Plenzler, S.C. (1997) Combination of bright light and caffeine as a countermeasure for impaired alertness and performance during extended sleep deprivation. *J Sleep Res* 6, 26-35.
- Wright Jr, K.P., Hull, J.T., Czeisler, C.A. (2002) Relationship between alertness, performance, and body temperature in humans. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 283, R1370-R1377.
- Zeitzer, J.M., Dijk, D.J., Kronauer, R.E., Brown, E.N. and Czeisler, C.A. (2000) Sensitivity of the human circadian pacemaker to nocturnal light: melatonin phase resetting and suppression. *J Physiol* 526, 695-702.

Annexe 1

Entrevue téléphonique

NOM: _____

DATE: _____

ENTREVUE TELEPHONIQUE

Vu l'annonce où? _____

Adresse présente: _____

Téléphone (maison): _____ Téléphone (bureau ou autre): _____

1. Age et date de naissance: _____ 2. Sexe: [] M [] F

3. Grandeur: _____ 4. Poids: _____

5. Avez-vous présentement des problèmes médicaux (mineurs ou majeurs)?

6. Fumez-vous? [] Oui [] Non Si oui: Combien par jour? _____

7. Prenez-vous présentement des médicaments? [] Oui [] Non

Si oui: Lesquels? _____

Fréquence? _____

8. Si femme:

Avez-vous des cycles menstruels réguliers? [] Oui [] Non

Nombre de jours: _____ Dates prises en note? _____

Date du début des dernières menstruations: _____

Prenez-vous des anovulants (pilules contraceptives ou "patches")? [] Oui [] Non

9. A quelle fréquence consommez-vous les substances suivantes:

Café, thé ou boissons gazeuses caféinées: _____

10. Quand avez-vous consommé pour la dernière fois:

Cocaïne: _____

Amphétamines (uppers): _____

Calmants (downers): _____

Hallucinogènes (LSD, PCP, champignons): _____

Narcotiques (héroïne, opium, morphine): _____

Marijuana (pot, hasch): _____

11. Souffrez-vous ou avez-vous déjà souffert de problèmes de sommeil
(difficulté à s'endormir, réveils prématurés)? Si oui, fréquent? récent? Détailler si possible.

_____12. Quel est votre horaire habituel de sommeil? (lever et coucher entre quelle heure et quelle heure)?

13. Vous arrive-t-il de faire des siestes durant la journée? [] Oui [] Non

Si oui: Combien de fois par semaine? _____ Combien de temps? _____

14. Avez-vous déjà travaillé de nuit? [] Oui [] Non

Si oui: Pendant combien de temps? _____ Combien de nuits par semaine? _____

Quand avez-vous fait votre dernier quart de travail de nuit? _____

15. Avez-vous déjà, lors d'un voyage, traversé un ou plusieurs fuseaux horaires? [] Oui [] Non

Si oui: Quand (la dernière fois)? _____

Où êtes-vous allé(e)? _____

S'IL N'Y A PAS DE RAISON MAJEURE D'EXCLURE LE SUJET, EXPLIQUER LE PROJET

(voir résumé)

SI LE SUJET EST INTÉRESSÉ: et remplit très bien tous les critères:

Prendre rendez-vous pour entrevue et visite du labo:

SI LE SUJET EST INTRESSÉ: et remplit les critères de façon + ou - optimale:

Dire qu'on le rappellera car on cherche à apparier les sujets sur certaines caractéristiques.

SI LE SUJET N'EST PAS INTÉRESSÉ: Demander pourquoi: _____

COMMENTAIRES et IMPRESSIONS: _____

DISPONIBILITÉS (ou non-disponibilités) POUR L'EXPÉRIENCE: _____

Annexe 2
Questionnaire général

Laboratoire de chronobiologie
Hôpital du Sacré-Coeur
5400 boul. Gouin Ouest
Montréal, Qc
H4J 1C5

DATE: _____

NI: _____

QUESTIONNAIRE GENERAL

LES INFORMATIONS FOURNIES DANS CE QUESTIONNAIRE
SONT CONFIDENTIELLES ET NE SERONT JAMAIS COMMUNIQUÉES
À L'EXTÉRIEUR DU CENTRE SANS VOTRE CONSENTEMENT ÉCRIT

A - Informations générales

Nom: _____

Adresse actuelle: _____

Numéro de téléphone (à la maison): _____ Numéro de téléphone (au travail): _____

Adresse permanente: _____

Sexe: _____ Age: _____ Date de naissance: _____ Numéro d'assurance sociale: _____

Grandeur: _____ Poids: _____ Couleur des yeux: _____ Myopie: OD: _____ OG: _____

Occupation: _____

Personne à contacter en cas d'urgence:

Nom: _____ Numéro de téléphone: _____

Adresse: _____

1. Comment avez-vous entendu parler de cette étude? _____
2. Avez-vous déjà participé à une étude médicale ou psychologique? _____

B- Horaires et habitudes

3. Avez-vous déjà travaillé de nuit? [] Oui [] Non

- Si oui:
- Pendant combien de temps? _____
 - Combien de nuits par semaine? _____
 - Quand avez-vous fait votre dernier quart de travail de nuit? _____

4. Avez-vous déjà, lors d'un voyage, traversé plusieurs fuseaux horaires? [] Oui [] Non

- Si oui:
- Quand (la dernière fois)? _____
 - Quelle était la différence d'heure avec ici? _____
 - Combien de temps êtes-vous resté(e) dans cette zone horaire? _____

5. Quand avez-vous passé une nuit blanche pour la dernière fois? _____

Pourquoi? _____

6. Vers quelle heure vous couchez-vous habituellement (entre quelle heure et quelle heure)? _____

7. Vers quelle heure vous levez-vous habituellement (entre quelle heure et quelle heure)? _____

8. De combien d'heures de sommeil avez-vous besoin pour vous sentir en forme le lendemain?

Moins de 7 heures.

de 7 à 9 heures.

plus de 9 heures.

9. Vos heures de coucher sont-elles:

très régulières: même en vacances, vous vous couchez à peu près toujours à la même heure.

plutôt régulières: vous vous couchez parfois une heure plus tôt ou plus tard que d'habitude, surtout en vacances.

irrégulières: vos heures de coucher varient beaucoup d'une journée à l'autre, surtout entre les jours de travail et les jours de congé.

10. Vos heures de lever sont-elles:

- très régulières: même en vacances, vous vous levez à peu près toujours à la même heure.
- plutôt régulières: vous vous levez parfois une heure plus tôt ou plus tard que d'habitude, surtout en vacances.
- irrégulières: vos heures de lever varient beaucoup d'une journée à l'autre, surtout entre les jours de travail et les jours de congé.

11. Horaire des repas:

- Vous préférez nettement manger toujours aux mêmes heures.
- Vous préférez manger à peu près toujours aux mêmes heures, mais une heure plus tôt ou plus tard ne vous dérange pas.
- Cela ne vous dérange pas de manger à n'importe quelle heure.

12. Si vous vous couchez beaucoup plus tard que d'habitude mais que vous n'avez aucune obligation le lendemain, qu'est-ce qui vous semble le plus probable:

- Vous vous réveillerez à l'heure habituelle et ne vous rendormirez pas.
- Vous vous réveillerez à l'heure habituelle et vous somnèillerez légèrement ensuite.
- Vous vous réveillerez à l'heure habituelle mais vous vous rendormirez ensuite.
- Vous vous réveillerez plus tard que d'habitude.

13. Que se passe-t-il si vous devez passer une nuit blanche?

Vous n'avez pas de difficulté à passer une nuit blanche.

Vous trouvez ça difficile, mais vous y arrivez assez bien.

Vous trouvez ça très pénible et vous y arrivez difficilement.

Vous êtes incapable de passer une nuit blanche.

14. Si vous devez passer une nuit blanche, de combien de temps aurez-vous besoin pour récupérer?

Environ 24 heures.

Environ 4 à 6 jours.

Environ 2 à 3 jours.

Une semaine ou plus.

15. Si vous êtes absolument libre d'organiser vos journées, à quelle heure préférez-vous vous lever? _____

16. Si vous êtes absolument libre d'organiser vos journées, à quelle heure préférez-vous vous coucher? _____

C- Description du sommeil actuel

Pour chaque question, faites une croix dans la case qui correspond le mieux à ce que vous vivez présentement:

	Jamais ou presque	Parfois	Souvent	Toujours ou presque
17. Quand je me couche, je m'endors rapidement (en moins de 30 minutes).				
18. Je me réveille au moins une fois la nuit et j'ai de la difficulté à me rendormir.				
19. Je me réveille très tôt le matin et je ne peux pas me rendormir même si je suis fatigué(e).				
20. Je dors au moins 7 heures par nuit.				
21. Pour m'endormir, je prends des médicaments ou de l'alcool.				
22. Mon sommeil est très récupérateur.				
23. Je bouge beaucoup pendant mon sommeil.				
24. Le moment où je me couche, prêt(e) à m'endormir, est un moment agréable pour moi.				

Pour chaque question, faites une croix dans la case qui correspond le mieux à ce que vous vivez présentement:

	Jamais ou presque	Parfois	Souvent	Toujours ou presque
25. Lorsque je me lève le matin, je me sens très éveillé(e) et réceptif(ve).				
26. Je demeure facilement éveillé(e) après les repas.				
27. Il m'arrive d'avoir brusquement envie de dormir pendant mon travail.				
28. Quand il y a une occasion spéciale (soirée avec des amis, sortie, etc.), je suis capable de me coucher très tard sans problème.				
29. Je me sens en pleine forme durant la journée.				
30. <u>Pour me tenir réveillé(e)</u> , je prends du café ou un autre stimulant.				
31. Je fais une ou des siestes pendant la journée.				
32. Il m'arrive de m'endormir devant la télévision ou au cinéma, même si l'émission ou le film m'intéressent.				

Pour chaque question, faites une croix dans la case qui correspond le mieux à votre cas:

	Jamais ou presque	Parfois	Souvent	Toujours ou presque
33. Lorsque vous vous réveillez la nuit, est-ce que vous ressentez des douleurs ou des malaises (mal de dos, mal de tête, arthrite, crampes, etc.)?				
34. Est-ce que vous ronflez pendant votre sommeil?				
35. Vous arrive-t-il d'étouffer ou d'arrêter de respirer en dormant?				
36. Vous levez-vous la nuit pour uriner?				
37. Vous arrive-t-il de vous sentir incapable de bouger au moment de vous endormir ou de vous réveiller?				
38. Vous arrive-t-il de sentir une brusque faiblesse musculaire (bras qui tombent, genoux qui plient) lorsque vous ressentez une forte émotion comme le rire, la colère, la surprise, etc.?				

D- Informations médicales

39. Comment évalueriez-vous votre état de santé actuel?

Excellent Bon Moyen Pauvre

40. Avez-vous un médecin personnel? Oui Non

Si oui: nom et adresse du médecin _____

41. Êtes-vous présentement sous les soins d'un médecin? Oui Non

42. Êtes-vous présentement sous les soins d'un psychiatre, psychologue ou conseiller? Oui Non

43. Êtes-vous allergique à certains médicaments ou à de la nourriture? Oui Non

Si oui, expliquez: _____

44. Énumérez toutes vos hospitalisations depuis votre naissance (utilisez le verso si nécessaire):

année	raison
_____	_____
_____	_____
_____	_____

Souffrez-vous ou avez-vous déjà souffert de:

	<u>OUI</u>	<u>NON</u>
45. Trouble cardiaque, palpitations, douleurs à la poitrine, haute pression	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
46. Migraines ou maux de tête fréquents	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
47. Diabète, problèmes de thyroïde ou autre trouble hormonal	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
48. Maladie pulmonaire, emphysème ou asthme	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
49. Crises, convulsions ou épilepsie	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
50. Désordre neurologique ou nerveux	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
51. Dépression	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
52. Problèmes d'audition	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
53. Problèmes de vision (vision embrouillée, flashes lumineux, etc.)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
54. Hépatite ou malaria	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
55. Problèmes sanguins ou de coagulation	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
56. Problème rectal ou hémorroïdes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
57. Ulcère ou indigestion	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
58. Cancer ou tumeur non-maligne	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
59. Chirurgie (majeure ou mineure)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
60. Blessure à la tête ou perte de conscience	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
61. Maux de dos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

62. Avez-vous déjà eu d'autres problèmes médicaux (mineurs ou majeurs) durant votre vie?

63. Veuillez décrire toute maladie chronique ou sérieuse dans votre famille (parents, frères, soeurs):

64. Veuillez décrire les principales activités physiques (exercices) auxquelles vous vous adonnez régulièrement:

65. Portez-vous une ou plusieurs prothèses dentaires? Si oui, veuillez en indiquer la nature (dentier, pont fixe, etc):

Veuillez indiquer la quantité, la fréquence et le moment de la dernière utilisation des substances suivantes:

	Quantité et fréquence actuelles de la consommation	Date approximative de la dernière consommation
66. Café	<hr/>	<hr/>
67. Thé	<hr/>	<hr/>
68. Boissons gazeuses cafféinées (Coke, Pepsi)	<hr/>	<hr/>
69. Chocolat	<hr/>	<hr/>
70. Alcool (bière, vin, fort)	<hr/>	<hr/>

Veillez indiquer la quantité, la fréquence et le moment de la dernière utilisation des substances suivantes:

	Quantité et fréquence actuelles de la consommation	Date approximative de la dernière consommation
71. Tabac (cigarettes, pipe)	_____	_____
72. Marijuana (pot, haschisch)	_____	_____
73. Cocaïne	_____	_____
74. Amphétamines (uppers)	_____	_____
75. Calmants (downers)	_____	_____
76. Hallucinogènes (LSD, PCP, champignons)	_____	_____
77. Narcotiques (héroïne, opium, morphine)	_____	_____
78. Autres (précisez)	_____	_____

E- Consommation de médicaments

Avez-vous pris les médicaments suivants au cours des 3 derniers mois?

	Jamais	1 fois par semaine ou -	2 à 5 fois par semaine	Chaque jour ou presque
79. Aspirine ou autre médicament contre la douleur.				
80. Tranquillisants (ex.: valium, sérax, ativan, etc.).				
81. Antidépresseurs (ex.: élavil, surmontil, sinéquan, tofranil, etc.).				
82. Somnifères ou hypnotiques (ex.: dalmane, halcion, etc.).				
83. Médicaments contre les troubles digestifs (ex.: antiacides, betylol, tagamet, etc.).				
84. Médicaments contre les allergies.				
85. Autres médicaments: _____				

MERCI DE VOTRE COLLABORATION !

F- Histoire gynécologique

86. Avez-vous des cycles menstruels réguliers? Oui Non
87. Quelle est la longueur moyenne de votre cycle menstruel (nombre de jours entre le début d'une période et le début de l'autre)? _____ jours.
88. Quand ont débuté vos dernières menstruations? _____
89. Prenez-vous actuellement des contraceptifs oraux? Oui Non
- Si oui: Depuis combien de temps? _____
- Si non: Avez-vous déjà pris des contraceptifs oraux dans le passé? Oui Non
- Si oui: Pendant combien de temps? _____
Quand avez-vous cessé de les utiliser? _____
90. Prenez-vous régulièrement des médicaments pour des problèmes menstruels? Oui Non
- Si oui, spécifiez _____
91. Avez-vous été enceinte dans les derniers six mois? Oui Non
92. Avez-vous allaité dans les derniers six mois? Oui Non

MERCI DE VOTRE COLLABORATION !

Annexe 3

Questionnaire Beck – version courte

QUESTIONNAIRE BECK

NOM : _____

DATE : _____

INSTRUCTIONS :

Ce questionnaire comprend plusieurs groupes de phrases. Lisez chaque groupe de phrases attentivement puis choisissez l'énoncé à l'intérieur de chacun des groupes qui décrit le mieux la façon dont vous vous êtes senti(e) cette semaine, INCLUANT AUJOURD'HUI. Placez un «X» sur la ligne à côté de la phrase que vous avez choisie. Si plusieurs énoncés d'un même groupe s'appliquent également bien, faites un «X» pour chacune des phrases.

Assurez-vous de lire tous les énoncés d'un groupe avant de faire votre choix.

1. ___ Je ne me sens pas triste.
 ___ Je me sens morose ou triste
 ___ Je me sens morose ou triste tout le temps et je n'arrive pas à changer d'humeur.
 ___ Je suis tellement triste ou malheureux(se) que je ne peux plus le supporter.

2. ___ Je ne suis pas particulièrement pessimiste ou découragé(e) à propos du futur.
 ___ Je me sens découragé(e) à propos du futur.
 ___ Je sens que je n'ai rien à espérer.
 ___ Je sens que le futur est sans espoir et que les choses ne peuvent pas s'améliorer.

3. ___ Je ne trouve pas que je suis un échec.
 ___ Je trouve que j'ai échoué plus que la moyenne des gens.
 ___ Quand je pense à ma vie passée, je ne vois rien d'autre qu'un grand nombre d'échec.
 ___ Je trouve que je suis un échec complet en tant que personnes (parent, mari, femme).

4. ___ Je ne suis pas particulièrement mécontent(e).
 ___ Je ne prends pas plaisir aux choses autant qu'avant.
 ___ Je n'obtiens plus de satisfaction de quoi que ce soit.
 ___ Je suis mécontent(e) de tout.

5. ___ Je ne me sens pas particulièrement coupable.
 ___ Je me sens souvent mauvais(e) ou indigne.
 ___ Je me sens plutôt coupable.
 ___ Je sens que je suis vraiment une très mauvaise personne.

6. ___ Je ne me sens pas déçu(e) de moi-même.
 ___ Je suis déçu(e) de moi-même.
 ___ Je suis dégoûté(e) de moi-même.
 ___ Je me hais.

7. ___ Je n'ai aucune idée de me faire du mal.
 ___ J'ai l'impression que je serais mieux mort(e).
 ___ J'ai des plans bien définis pour me suicider.
 ___ Je me tuerais si je le pouvais.
8. ___ Je n'ai pas perdu intérêt aux autres personnes.
 ___ Je suis moins intéressé(e) aux autres maintenant qu'auparavant.
 ___ J'ai perdu la plupart de mon intérêt pour les autres et je ne ressens pas grand chose
 ___ pour eux.
 ___ J'ai perdu tout intérêt pour les autres et je ne me soucie absolument pas d'eux.
9. ___ Je prends des décisions aussi bien que je l'ai toujours fait.
 ___ J'essaie de remettre à plus tard mes décisions.
 ___ J'ai beaucoup de difficultés à prendre des décisions.
 ___ Je ne suis plus capable de prendre aucune décision.
10. ___ Je n'ai pas l'impression que mon apparence est moins bonne qu'avant.
 ___ Je m'inquiète de paraître vieux (vieille) ou sans attrait.
 ___ Je sens qu'il y a eu des changements permanents dans mon apparence et que ces
 ___ changements me font paraître sans attrait.
 ___ Je me sens laid(e) et repoussant(e).
11. ___ Je peux travailler aussi bien qu'auparavant.
 ___ J'ai besoin de faire des efforts supplémentaires pour commencer à faire quelque
 ___ chose.
 ___ J'ai besoin de me pousser très fort pour faire quoi que ce soit.
 ___ Je n'arrive plus à faire aucun travail.
12. ___ Je ne suis pas plus fatigué(e) que d'habitude.
 ___ Je me fatigue plus facilement qu'avant.
 ___ Tout me fatigue.
 ___ Je suis trop fatigué(e) pour faire quoi que ce soit.
13. ___ Mon appétit est aussi bon que d'habitude.
 ___ Mon appétit n'est pas aussi bon que d'habitude.
 ___ J'ai beaucoup moins d'appétit qu'auparavant.
 ___ Je n'ai plus d'appétit du tout.

Annexe 4

IQSP – Indice de qualité du sommeil de Pittsburgh

Index de Qualité du Sommeil de Pittsburgh (IQSP 1.0)

NOM : _____

ID : _____

DATE : ____ a ____ m ____ j

Instructions :

Les questions suivantes font référence à vos habitudes de sommeil au cours du dernier mois seulement. Vos réponses devraient correspondre aux meilleures estimations possibles pour la majorité des jours et des nuits au cours du dernier mois. S'il vous plaît, répondez à toutes les questions.

1. Durant le dernier mois, à quelle heure vous êtes-vous couché(e)?
Heure habituelle de coucher : _____
2. Durant le dernier mois, combien de temps (en min.) avez-vous pris pour vous endormir à chaque soir?
Nombre de minutes : _____
3. Durant le dernier mois, à quelle heure vous êtes-vous levé(e) le matin?
Heure habituelle de lever : _____
4. Durant le dernier mois, combien d'heures de sommeil avez-vous eu par nuit? (Ceci peut-être différent du nombre d'heure passé au lit)?
Nombre d'heures de sommeil par nuit : _____

Pour chacune des questions suivantes, cocher la meilleure réponse. S.V.P., répondez à toutes les questions.

5. Durant le dernier mois, combien de fois avez-vous eu de la difficulté à dormir parce que vous...

a) ne pouviez pas vous endormir à l'intérieur de 30 minutes.

Pas durant le dernier mois : _____	Moins d'une fois par semaine : _____	Une ou deux fois par semaine : _____	3 fois ou plus par semaine : _____
------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	------------------------------------

b) vous réveilliez au milieu de la nuit ou tôt le matin.

Pas durant le dernier mois : _____	Moins d'une fois par semaine : _____	Une ou deux fois par semaine : _____	3 fois ou plus par semaine : _____
------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	------------------------------------

c) deviez vous lever pour aller à la salle de bain.

Pas durant le dernier mois : _____	Moins d'une fois par semaine : _____	Une ou deux fois par semaine : _____	3 fois ou plus par semaine : _____
------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	------------------------------------

d) ne pouviez pas respirer facilement.

Pas durant le dernier mois : _____	Moins d'une fois par semaine : _____	Une ou deux fois par semaine : _____	3 fois ou plus par semaine : _____
------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	------------------------------------

e) toussiez ou ronfliez bruyamment.
 Pas durant le dernier mois : _____ Moins d'une fois par semaine : _____ Une ou deux fois par semaine : _____ 3 fois ou plus par semaine : _____

f) aviez froid.
 Pas durant le dernier mois : _____ Moins d'une fois par semaine : _____ Une ou deux fois par semaine : _____ 3 fois ou plus par semaine : _____

g) aviez trop chaud.
 Pas durant le dernier mois : _____ Moins d'une fois par semaine : _____ Une ou deux fois par semaine : _____ 3 fois ou plus par semaine : _____

h) aviez fait de mauvais rêves.
 Pas durant le dernier mois : _____ Moins d'une fois par semaine : _____ Une ou deux fois par semaine : _____ 3 fois ou plus par semaine : _____

i) ressentiez de la douleur.
 Pas durant le dernier mois : _____ Moins d'une fois par semaine : _____ Une ou deux fois par semaine : _____ 3 fois ou plus par semaine : _____

j) autre(s) raison(s), s.v.p. décrivez :

À quelle fréquence durant le dernier mois avez-vous eu de la difficulté à dormir pour cette raison?

Pas durant le dernier mois : _____ Moins d'une fois par semaine : _____ Une ou deux fois par semaine : _____ 3 fois ou plus par semaine : _____

6. Durant le dernier mois, comment évalueriez-vous la qualité globale de votre sommeil?

Très bien _____ Plutôt bien _____ Plutôt mal _____ Très mal _____

7. Durant le dernier mois, combien de fois avez-vous pris une médication (avec ou sans ordonnance) pour vous aider à dormir?

Pas durant le dernier mois : _____ Moins d'une fois par semaine : _____ Une ou deux fois par semaine : _____ 3 fois ou plus par semaine : _____

8. Durant le dernier mois, combien de fois avez-vous eu de la difficulté à rester éveillé pendant que vous conduisiez, mangiez ou vous engagiez dans une activité sociale?

Pas durant le dernier mois : _____ Moins d'une fois par semaine : _____ Une ou deux fois par semaine : _____ 3 fois ou plus par semaine : _____

9. Durant le dernier mois, jusqu'à quel point avez-vous eu de la difficulté à maintenir suffisamment d'enthousiasme pour compléter vos activités?

Aucun : _____ Léger : _____ Quelque peu : _____ Beaucoup : _____

10. Avez-vous un partenaire de lit ou de chambre?

a) Pas de partenaire de lit ou de chambre. _____

b) Partenaire ou colocataire dans une autre chambre. _____

- c) Partenaire dans la même chambre, mais pas le même lit. _____
 d) Partenaire dans le même lit. _____

Si vous avez un partenaire de lit ou de chambre, demandez-lui ou elle combien de fois dans le dernier mois vous avez...

- a) ronflé bruyamment.

Pas durant le dernier mois : _____
 Moins d'une fois par semaine : _____
 Une ou deux fois par semaine : _____
 3 fois ou plus par semaine : _____

- b) eu de longues pauses entre les respirations pendant votre sommeil.

Pas durant le dernier mois : _____
 Moins qu'une fois par semaine : _____
 une ou deux fois par semaine : _____
 3 fois ou plus par semaine : _____

- c) eu des contractions ou des secousses dans les jambes pendant votre sommeil.

Pas durant le dernier mois : _____
 Moins qu'une fois par semaine : _____
 Une ou deux fois par semaine : _____
 3 fois ou plus par semaine : _____

- d) eu des épisodes de désorientation ou de confusion durant le sommeil.

Pas durant le dernier mois : _____
 Moins qu'une fois par semaine : _____
 Une ou deux fois par semaine : _____
 3 fois ou plus par semaine : _____

- e) eu d'autres agitations pendant que vous dormiez. S.v.p., décrire :

Pas durant le dernier mois : _____
 Moins qu'une fois par semaine : _____
 Une ou deux fois par semaine : _____
 3 fois ou plus par semaine : _____

Annexe 5

Formule de consentement

**HÔPITAL DU SACRÉ-COEUR DE MONTRÉAL
FORMULE D'INFORMATION ET DE CONSENTEMENT
POUR LA PARTICIPATION À UN PROJET DE RECHERCHE**

Titre du projet: Effets directs de l'exposition nocturne à la lumière artificielle chez des sujets normaux.

Chercheur principal: Marie Dumont, Ph.D. Téléphone: 338-2246
Directrice du Laboratoire de chronobiologie

But de la recherche:

Le but de cette recherche est d'étudier les mécanismes à la base des effets physiologiques de l'exposition à la lumière artificielle afin de mieux comprendre les applications de la photothérapie comme traitement dans certains types de dépression et certains troubles de la vigilance et du sommeil.

Description de la recherche:

L'étude comprendra une nuit d'adaptation ainsi que deux expériences d'environ 20 heures chacune au laboratoire séparées par un intervalle de 7 à 10 jours.

Pour la nuit d'adaptation, vous devrez vous présenter au laboratoire vers 19h00 et on vous appliquera une vingtaine d'électrodes avec une colle spéciale, sur le cuir chevelu et sur la figure, afin d'enregistrer vos ondes cérébrales. Ensuite, vous aurez des tests de pratique pour vous familiariser avec les tests de vigilance, de performance et les électro-encéphalogrammes (EEG) à l'éveil qui vous seront administrés lors des deux périodes d'expérimentation. Vous dormirez ensuite au laboratoire jusqu'au lendemain matin. Nous recueillerons deux échantillons d'urine (au coucher et au lever) afin de mesurer l'hormone mélatonine. Durant tout votre séjour au laboratoire votre niveau d'activité sera mesuré par un moniteur semblable à une montre porté au poignet, et votre température

corporelle sera mesurée de façon continue à l'aide d'une thermistance rectale reliée à un moniteur portatif.

Les deux expériences suivantes se dérouleront de façon similaire à la nuit d'adaptation, sauf que vous devrez rester éveillé(e) toute la nuit et ne pourrez vous coucher qu'à 08h00 le lendemain matin. Les mêmes tests que vous aurez pratiqués lors de la nuit d'adaptation vous seront administrés à plusieurs reprises durant la nuit. De 00h30 à 05h30, vous serez exposé(e) à de la lumière artificielle qui pourra varier selon l'intensité (de 100 à 10000 lux: l'intensité maximale correspond à la luminosité du ciel bleu à l'aube) ou le spectre (lumière blanche ou rouge). Pendant la période d'exposition, vous devrez rester assis(e) devant des panneaux lumineux. Vous dormirez ensuite au laboratoire de 08h00 à 15h00 pendant que votre sommeil sera enregistré à l'aide des électrodes. Comme pour la nuit d'adaptation, votre niveau d'activité et votre température rectale seront enregistrés en continu. En plus des échantillons d'urine, vous vous demanderons aussi quelques échantillons de salive afin d'avoir une mesure encore plus précise de l'hormone mélatonine. À noter que vous ne pourrez consommer aucun aliment ni aucune boisson contenant de la caféine durant votre séjour au laboratoire.

Risques et inconforts:

Les techniques utilisées ne présentent aucun risque de douleur ou de blessure.

Vous vous sentirez probablement fatigué(e) durant les nuits où vous devrez rester éveillé(e).

La thermistance mince et flexible qui est utilisée pour mesurer la température rectale en laboratoire ne devrait causer qu'un inconfort temporaire: après une ou deux heures d'adaptation, vous ne serez probablement plus conscient(e) de sa présence.

Bénéfices:

Il est peu probable que vous retiriez des bénéfices physiques de votre participation à cette étude. La compensation financière pour la participation à cette recherche se détaille comme suit: \$30.00 pour la nuit d'adaptation et \$75.00 pour chaque expérience, pour un total de \$180.00 pour l'étude complète. Si vous ne terminez pas l'étude, vous recevrez la

compensation financière correspondant à la partie que vous aurez complétée. Pendant l'étude, nous pourrions vérifier la présence de médicaments ou de drogues dans votre urine. Aucune compensation financière ne sera versée si la présence de médicaments ou de drogues est détectée durant l'étude. Si vous utilisez des produits d'alimentation naturelle, vous devez avoir l'autorisation de la personne responsable car certains produits, comme la mélatonine, peuvent nuire à notre étude.

Retrait de l'étude:

Vous pouvez retirer votre consentement et vous retirer de l'étude à n'importe quel moment. De même, les chercheurs se réservent le droit de cesser votre participation à n'importe quel moment, s'ils le jugent nécessaire.

Confidentialité:

L'information obtenue lors de votre étude est confidentielle et vous ne serez pas identifié(e) lors de la divulgation des résultats.

CONSENTEMENT

Déclaration du sujet:

J'ai été informé(e) des méthodes selon lesquelles la recherche sera conduite et on a répondu à mes questions. J'ai lu les informations présentées plus haut et j'en ai discuté avec la personne responsable. J'accepte de participer à cette recherche et je comprends que je peux retirer mon consentement et me retirer de l'étude à n'importe quel moment. J'accepte de ne prendre aucune drogue et aucun médicament pendant toute la durée de l'étude. Je comprends que mon urine pourra être testée à différents moments durant l'étude et que la présence de médicaments ou de drogues dans mon organisme entraînera mon exclusion immédiate de l'étude et l'annulation de toute compensation financière, y compris celle que j'aurais reçue pour ma participation aux sections de l'étude précédant ma consommation de drogues et/ou de médicaments. On me remettra une copie de cette formule signée.

DATE

NOM ET SIGNATURE DU SUJET

Déclaration de la personne responsable:

J'ai expliqué les méthodes selon lesquelles la recherche sera conduite et j'ai répondu aux questions du sujet.

DATE

NOM ET SIGNATURE DE LA PERSONNE RESPONSABLE

DATE

NOM ET SIGNATURE DU TÉMOIN

Annexe 6

Questionnaire d'évaluation

NOM: _____

Questionnaire d'évaluation

Comment avez-vous trouvé votre expérience au laboratoire?

- Extrêmement pénible
- Plutôt difficile
- Plutôt agréable
- Très agréable

2. Qu'est-ce que vous avez trouvé le plus difficile/pénible dans l'expérience?

3. Comment avez-vous trouvé les nuits de privation de sommeil?

- Aucun problème
- Plus facile que je pensais
- À peu près aussi difficile que je pensais
- Plus difficile que je pensais
- Si j'avais sû, je serais pas venu...

4. Y a-t-il un traitement de lumière que vous avez trouvé plus agréable?

- La lumière vive était beaucoup plus agréable que la lumière rouge
- La lumière vive était un peu plus agréable que la lumière rouge
- La lumière rouge était beaucoup plus agréable que la lumière vive
- La lumière rouge était un peu plus agréable que la lumière vive
- Je n'ai pas trouvé de différence entre les deux.

5. Avez-vous trouvé que votre performance aux tests à l'ordinateur était différente entre les 2 traitements?

- Oui, ma performance était meilleure avec la lumière vive.
- Oui, ma performance était meilleure avec la lumière rouge.
- Non, je n'ai pas senti de différence

6. Avant de commencer l'expérience, vous attendiez-vous à ressentir une différence entre les 2 traitements?

- Non.
- Oui: laquelle?

7. Avez-vous des suggestions à nous faire pour améliorer l'expérience et la rendre moins difficile (ou même plus agréable!) pour les prochains volontaires?

MERCI BEAUCOUP POUR VOTRE PARTICIPATION!

Annexe 7

Accord des coauteurs

DÉCLARATION DES COAUTEURS

1. Identification de l'étudiant

Suzie LAVOIE, [REDACTED]
2-484-1-0, Maîtrise en Sciences Biomédicales

2. Description de l'article

Auteurs : Suzie Lavoie, Jean Paquet, Brahim Selmaoui, Marianne Rufiange et Marie Dumont

Titre : Vigilance levels during and after bright light exposure in the first part of the night

Revue : *Journal of Applied Physiology*

Article soumis

3. Déclaration de tous les coauteurs autres que l'étudiant

À titre de coauteur de l'article identifié ci-dessous, je suis d'accord pour que Suzie Lavoie inclue cet article dans son mémoire de maîtrise qui a pour titre « Niveaux de vigilance pendant et après une exposition à la lumière vive durant la nuit ».

Jean Paquet

Coauteur

[REDACTED]
Signature

04/12/02
Date

Brahim Selmaoui

Coauteur

[REDACTED]
Signature

04/12/02
Date

Marianne Rufiange

Coauteur

[REDACTED]
Signature

04/12/02
Date

Marie Dumont

Coauteur

[REDACTED]
Signature

4 dec. 02
Date

Annexe 8

Accusé de réception de l'éditeur

Suzie Lavoie

De : <Support@ScholarOne.com>
À : [REDACTED]
Envoyé : 4 décembre, 2002 11:37
Objet : Journal of Applied Physiology - Manuscript JAP-01119-
Dear Suzie Lavoie:

This is to inform your that the following manuscript has been submitted to the Journal of Applied Physiology:

Manuscript Title: Vigilance levels during and after bright light exposure in the first part of the night
Manuscript Number: JAP-01119-2002

Please note that if this is a submission for ARTICLES IN PRESS, the sequential ".R" designation is simply the way for the system to create a new record of the manuscript; it will not be processed as a revision.

If you have received this message in error, or if one of your co-authors did not receive this message, please contact
[REDACTED]

Regards,
Gil Ebner
Peer Review Manager
APS Journals