

Evolution du rythme veille sommeil au cours de l'humanité. Influence de la lumière artificielle.

Introduction

L'homme est une espèce diurne, programmée pour être éveillé le jour et dormir la nuit, une conséquence du contrôle exercé par l'horloge biologique centrale. La durée optimum de sommeil est difficile à établir, d'autant qu'il existe des courts dormeurs et des longs dormeurs. On admet qu'un sujet court dormeur présente moins de 6h30 de sommeil par nuit environ et un long dormeur plus de 9h30.

L'enquête téléphonique réalisée en 2012 par l'Institut National du Sommeil et de la Vigilance (INSV) rapporte **une durée moyenne du sommeil de 7h en semaine et 8h le week-end**, sans prendre en compte la dette de sommeil éventuelle.

Il existe des chronotypes du matin (sujets couche-tôt, type alouette,) et des chronotypes du soir (sujets couche-tard, type hibou) que le questionnaire de Horne et Ostberg permet d'individualiser. Les caractéristiques du rythme veille-sommeil (durée de sommeil, organisation des cycles et chronotype), sont en partie sous contrôle de l'hérédité, mais se modifient avec l'âge et avec les conditions de vie. Ainsi, avec l'introduction progressive de la lumière artificielle dans son environnement domestique ou extérieur, l'espèce humaine a pu modifier au fil du temps son rythme veille-sommeil et l'organisation nocturne des cycles de son sommeil.

La mélatonine, hormone de la nuit

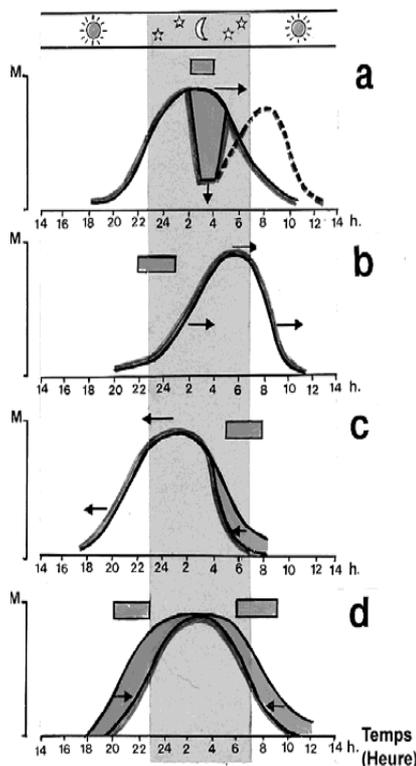
La mélatonine est une hormone sécrétée préférentiellement par la glande pinéale chez les mammifères dont l'homme, hormone dont la sécrétion est contrôlée de façon prédominante par la lumière et qui joue un rôle dans la régulation du rythme veille-sommeil. Elle est produite dans d'autres structures (rétine, intestin, peau, cellules du système immunitaire...) où elle exerce un rôle autocrine sur la cellule qui l'a produite) ou paracrine (sur les cellules voisines). Elle est présente dans l'ensemble des règnes animal et végétal et dans certains organismes unicellulaires où elle participe au phénomène de transduction lumineuse, et elle exerce des propriétés antioxydantes.

Chez l'homme, elle est sécrétée pendant la nuit avec un pic situé en moyenne vers 3-5 h du matin, variable selon le

chronotype. Le rythme de mélatonine, comme l'ensemble des rythmes circadiens – *c'est à dire d'environ 24 h* - (rythmes veille-sommeil, de cortisol, de température, de pression sanguine et de fréquence cardiaque...), est généré par une horloge biologique centrale située dans l'hypothalamus (*noyaux suprachiasmatiques plus précisément*).

Les expériences menées au cours des 30 dernières années nous ont appris que la **lumière constituait le synchroniseur le plus puissant pour les rythmes circadiens**, y compris chez l'homme, alors que jusque dans les années 80 les synchroniseurs socio-professionnels étaient considérés comme prédominants. **La sécrétion de mélatonine est entraînée par l'alternance lumière obscurité. Elle est bloquée par la lumière naturelle et perturbée par l'exposition à la lumière artificielle, chez les travailleurs nocturnes par exemple, ou même lors d'une exposition aux écrans d'ordinateur.**

C'est la lumière bleue (480 nm) qui est la plus efficace pour bloquer sur la sécrétion de mélatonine, comme pour entraîner l'horloge circadienne. L'administration de lumière le soir décale la sécrétion de mélatonine sur le matin, alors que la sécrétion est avancée lorsque la lumière est administrée tôt le matin. L'administration répétée en milieu de nuit conduit à décaler la sécrétion sur le matin. Ceci est évidemment à la base de la luminothérapie dans le traitement des troubles du sommeil et de la dépression saisonnière. Une forte lumière le matin (appareils spécifiques) permet donc de s'endormir plus tôt, en recalant la sécrétion de mélatonine plus tôt dans la nuit.



Effets de la lumière artificielle sur le profil plasmatique de mélatonine.

Lorsque la lumière est administrée une seule fois pendant la nuit, la sécrétion est inhibée (a).

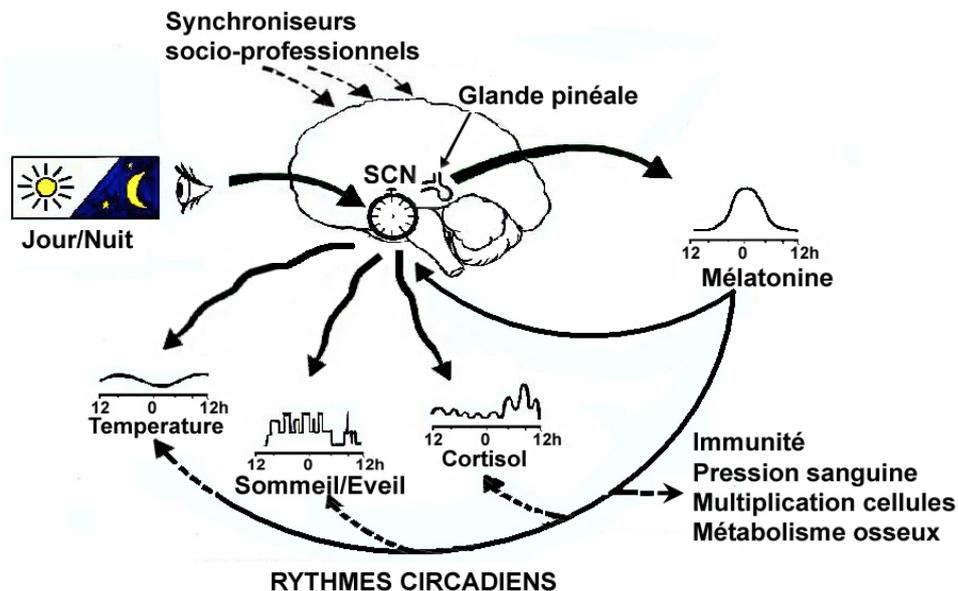
Après administration répétée dans les mêmes conditions, la sécrétion se décale progressivement sur le matin (retard de phase, a).

Le profil plasmatique est retardé (b), avancé (c) ou rétréci (d) selon l'heure d'administration de la plage lumineuse (soir, b, matin, c, soir + matin, d).

La mélatonine apporte donc l'information de nuit aux organismes, à l'échelle des 24h et à l'échelle de l'année.

Chez les animaux photopériodiques, la durée de la sécrétion de mélatonine varie au cours des saisons. Elle s'allonge en hiver, avec pour conséquence la régulation de fonctions saisonnières, telle la reproduction. Chez l'homme, une variation annuelle de la sécrétion peut s'observer à des latitudes élevées, avec une variation concomitante de la sécrétion des stéroïdes ovariens. Sous nos latitudes, il n'est pas possible de saisir un tel phénomène, en raison de la plus faible amplitude de variation de la photopériode naturelle et surtout de l'effet de masque exercé par la lumière artificielle.

A l'échelle du temps journalier, la mélatonine joue le rôle d'un synchroniseur endogène vis-à-vis d'autres rythmes circadiens, en particulier de la température et du rythme veille-sommeil :



Ainsi, la **baisse nocturne de la température est renforcée par la mélatonine**, conséquence de l'action vasodilatatrice périphérique de cette hormone. Cet effet sur la température s'accompagne d'une **augmentation de la somnolence, favorable à l'installation et au maintien du sommeil**. Voilà pourquoi on a de la difficulté à s'endormir en été (ou plutôt lorsqu'il fait chaud – vu les étés pourris que nous rencontrons !) : prendre une bonne douche froide est salutaire...

Considérant le couplage précis entre l'augmentation de la sécrétion endogène et l'ouverture de la « porte du sommeil », la mélatonine participerait à la régulation du cycle veille-sommeil par inhibition des systèmes d'éveil. Les différents rythmes circadiens présentent des relations étroites (relation de phase). Cette organisation temporelle

contribue à la synchronisation interne des phénomènes physiologiques, y compris au niveau cellulaire. La mélatonine stabilise l'ensemble des composantes du système circadien (des récepteurs à la mélatonine sont présents au niveau des noyaux suprachiasmatiques), renforçant son inertie aux synchroniseurs. Plusieurs jours sont nécessaires pour l'adaptation des rythmes à un nouvel environnement, par exemple après un vol transmérien ou chez le travailleur posté.

Le sommeil biphasique

De tout temps, une des préoccupations de l'homme a été de disposer d'un éclairage domestique. Les sources de lumière se sont améliorées au fil du temps. Le brûloir de Lascaux (-15 000 ans) qui utilisait la graisse animale constitue l'un des plus anciens vestiges.



Les lampes ont été perfectionnées au cours de l'Antiquité, grecque ou romaine en particulier, avec l'utilisation des huiles végétales.

Des traits généraux concernant le rythme veille/sommeil et les habitudes de sommeil peuvent être tirés des écrits des auteurs anciens. A ces époques le sommeil biphasique était prédominant. Ce comportement de sommeil, attesté par quelques 500 références depuis Homère jusqu'à Charles Dickens, impliquait un premier sommeil ou sommeil profond qui s'installait dès la nuit tombante, suivi d'un réveil d'une à deux heures, avant l'apparition d'un deuxième épisode de sommeil ou sommeil du matin. La période de réveil appelée la « dorveille » au moyen âge était propice à des activités s'accommodant de la pénombre (initialement pratiques chamaniques, récits de veillée, activité sexuelle, discussion/méditation, prières).

De nombreux livres de prières de la fin du 15^{ème} siècle proposaient des prières spéciales pour les heures entre les deux sommeils. Deux études nous ont remis en mémoire l'existence de ce sommeil biphasique. Ainsi on a observé chez des volontaires sains **qu'une nuit allongée (photopériode courte, nuit de 14h, jour de 8h) augmente le temps de sommeil mais son efficacité diminue** avec des éveils prédominant en milieu de nuit et dans certains cas un sommeil fractionné en deux. Par

ailleurs la durée de sécrétion de mélatonine s'ajuste sur 14h et le rythme nyctéméral somnolence/vigilance est moins marqué.

Récemment une équipe s'est intéressée au rythme de vie de moines contemplatifs chez lesquels le sommeil est interrompu au milieu de la nuit par la célébration des Matines. Cette organisation qui apparaît de nos jours contraignante a pu être établie dans les temps anciens par ajustement sur le sommeil biphasique, la règle monastique étant la même depuis 1423. Chez certains moines, le profil de température central suit le rythme veille-sommeil : il est biphasique, avec une remontée durant le premier sommeil vers 22h30 qui contribue à préparer l'activité du milieu de nuit. Devant ces résultats, on peut se demander si l'insomnie de maintien du sommeil ne constitue pas un rapprochement vers le phénomène physiologique originel dont nos ancêtres bénéficiaient encore il y a 5 ou 6 siècles et dans certaines tribus des danses rituelles notion de sommeil polyphasique) suscite sur les réseaux de la part de réduire leur sommeil, la vie passé au lit temps (voir les nombreux documents et sites surInternet). Il n'existe pas d'études scientifiques validant les pratiques conseillées, pratiques qui par ailleurs peuvent se révéler néfastes chez les personnes au mental ou au sommeil fragile.



qui persiste encore africaines pratiquant autour du feu. Cette biphasique (ou même actuellement un intérêt sociaux, en particulier personnes qui veulent considérant le tiers de comme une perte de

Par contre, le sommeil polyphasique est maîtrisé à bon escient par les navigateurs de courses en solitaire pour améliorer leurs performances. Ce sommeil polyphasique est organisé en repérant les périodes favorables au sommeil et les périodes réfractaires que les navigateurs ont appris à reconnaître à la suite des enregistrements polysomnographiques réalisés à terre avant les courses.

Le développement de la lumière artificielle et le déclin du sommeil biphasique

L'invention de la bougie au XIV siècle, à Bugaya en Kabylie, fabriquée à partir de cire, n'a pas contribué à affaiblir la pratique du sommeil biphasique. Seuls la noblesse et le clergé s'éclairaient avec des cierges en cire. Le peuple trop pauvre utilisait le suif dans des chandelles. Cependant, l'introduction de la lumière artificielle dans les villes, qui s'est accélérée entre 1600 et 1800, a coïncidé avec le déclin du sommeil biphasique.

Les citadins ont donc progressivement retardé leur heure de coucher. S'aliter tôt pour se relever quelques heures plus tard perdait de son intérêt quand l'éclairage nocturne s'est installé en ville. Le but initial de l'éclairage public était de contribuer à la sécurité.

Dès 1258, un projet d'éclairage public est mis en place par une ordonnance de Saint-Louis : chaque propriétaire devait éclairer sa façade à l'aide d'un pot-à-feu sous peine d'amende et de peine de prison ! Cette ordonnance sera ignorée par la population, par soucis d'économies et par peur des éventuels incendies, également fréquents à cette époque.

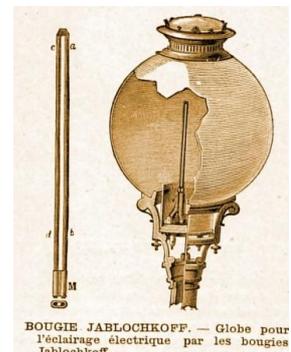
En 1524, François 1^{er} émet une ordonnance qui impose aux habitants de Paris de mettre une chandelle allumée à sa porte à partir de 9 heures du soir. Bien que la mesure soit mieux respectée que les précédentes, elle s'avère peu efficace contre les crimes nocturnes, les chandelles ne permettant pas d'éclairer plus que quelques heures, les malfrats profitent du reste de la nuit pour agir. La Reynie, à la fin du règne de Louis XIV développe l'éclairage public à Paris avec des lanternes à bougie: 2736 lanternes sont ainsi disposées, éclairant 912 rues. Puis un certain Mr. Bourgeois promeut la lanterne à réverbère (mèche de coton + huile de tripe) en 1744, puis en 1766 la lanterne à huile disposée dans 1200 réverbères.



Un progrès décisif survient ensuite avec l'invention de l'éclairage au gaz (1791) par Lebon qui signe de ce fait l'arrêt progressif de l'utilisation de la lanterne à huile (à Paris, 12941 lanternes à huile et 69 lanternes à bec de gaz étaient installées en 1831 contre 971 lanternes à huile et 20766 lanternes à bec de gaz en 1870).

L'éclairage à l'électricité des villes a connu un développement majeur à la fin du 19^{ème} siècle avec la découverte de la lampe à arc (bougie de Jablochhoff) et surtout de la lampe à incandescence (Edison), et les progrès réalisés dans la production de l'électricité (houille blanche, *c'est à dire les chutes d'eau*).

En 1883, Marcel Deprez réalise une expérience de transport d'électricité entre Vizille et Grenoble sur une distance de 14 km. La halle du centre-ville de Grenoble est ainsi éclairée par la lumière électrique. En 1886, la ville de Bourgneuf dans la Creuse est la première en France, voire en Europe, à inaugurer un éclairage électrique de l'ensemble des rues de la localité avec un site de production éloigné des lieux de consommation. La généralisation de l'éclairage artificiel public et domestique nocturne n'est devenue réalité en France qu'après la seconde guerre mondiale. Si l'ensemble des foyers parisiens, à compter de 1907, a pu disposer de l'éclairage électrique, tel n'était pas encore le lot du plus grand nombre.



Encore plus récemment, l'expansion de l'éclairage nocturne à la surface du Globe au cours des 30 dernières années a modifié les conditions de vie et de travail. Les fonctions mêmes de l'éclairage ont évolué au cours du temps. Du moyen-âge au 18^{ème} siècle, il correspondait à un besoin basique pour les déplacements et la sécurité nocturnes. A partir des thirties, l'électrification des espaces s'est généralisée, augmentant le confort. Depuis les années 80, l'éclairage a dépassé ces fonctions de service urbain pour satisfaire des formes d'expression variées, artistique en particulier. **Cette extension temporelle de la lumière s'est faite sans véritable réflexion sur les besoins réels en éclairage.**

Enfin, les systèmes d'éclairage se perfectionnent, contribuant à limiter la consommation d'énergie. Pour cette raison, l'utilisation des LED (Light Emitting Diode) se généralise. **Le spectre de certaines de ces diodes a la particularité d'être riche en lumière bleue dont on a déjà signalé l'influence sur le système circadien humain.** La lumière bleue diffuse davantage dans l'atmosphère et dans l'eau. De plus elle exerce un pouvoir d'attraction important chez certaines espèces nocturnes dont le système visuel est très sensible au bleu. Les LED pourraient donc avoir un impact spécifique sur le vivant.

L'éclairage domestique vespéral et la présence tardive devant un écran contribuent à décaler le rythme veille sommeil sur le matin

Les enquêtes concernant les habitudes de sommeil montrent que le temps de sommeil s'est raccourci dans les 50 dernières années. Il est significativement de meilleure qualité et allongé le week-end par rapport aux jours travaillés de la semaine, témoin d'une dette de sommeil. Cette situation contribue à au « jet-lag social » : les contraintes sociétales impliquent un lever plus tôt que ne le permettrait la commande circadienne du rythme veille-sommeil. Ce désaccord est particulièrement observé chez les chronotypes du soir qui en outre vont supporter plus difficilement le passage à l'horaire d'été, la nouvelle heure légale étant en avance de 2 heures par rapport au temps universel.

Le jet lag social est aussi plus marqué chez les sujets jeunes dont l'évolution vers une typologie du soir dominante semble inéluctable. La dernière enquête de l'INSV réalisée dans une population adulte âgée de 18 à 65 ans montre que 39% des personnes interrogées se déclarent du soir (19% nettement du soir, 20% plutôt du soir), alors que dans une étude réalisée dans un groupe âgé de 15 à 23 ans, 61% des sujets se déclarent du soir (25% nettement du soir, 36% plutôt du soir). Nos

enfants tendent à devenir des êtres de la nuit ensoleillée par les écrans. (On n'a pas encore inventé la crème lunaire, mais ça va venir). La dette de sommeil est la conséquence d'un coucher plus tardif, précédé d'une période où la sécrétion de mélatonine est sensible à la lumière domestique. Si le niveau d'éclairage domestique est rarement supérieur à 150 lux (cas des lampes à halogènes) et si la source lumineuse n'éclaire pas frontalement, l'exposition prolongée à la lumière peut cependant provoquer un retard de phase. Il est d'ailleurs recommandé dans les études impliquant la mélatonine d'évaluer sa sécrétion sous lumière faible, inférieure à 50 lux.

Nous avons vu que la longueur d'onde la plus efficace pour influencer l'horloge circadienne et la sécrétion de mélatonine se situe à 480nm. Or la lumière délivrée par les nouveaux écrans de TV et d'ordinateur implique des LED présentant un pic d'émission important autour de 460 nm. Récemment, on a montré que, comparé à des écrans non-LED, **l'exposition à la lumière des écrans-LED entraîne une diminution de la mélatonine salivaire et de la somnolence objective** ainsi qu'une augmentation des performances aux tests d'attention et de mémoire déclarative. **La toxicité des LED qui génèrent des courtes longueurs d'onde et renforcent le stress oxydatif potentiellement délétère pour la rétine est donc suspectée** et il faut rester prudent avant de préconiser de tels systèmes en vue d'améliorer les performances lors des postes de nuit.

De façon générale, le système circadien est décalé sur le matin par l'exposition vespérale à la lumière, en particulier celle des écrans pour pratiquer des activités qui mobilisent l'attention et génèrent un état d'hyperéveil. La conséquence est une dette chronique de sommeil et un délai d'endormissement très allongé, en particulier lorsque les sujets tentent de s'endormir plus tôt afin de récupérer un temps de sommeil suffisant. Enfin, outre les effets sur le sommeil, le jet lag social a des conséquences directes sur la santé physique et mentale, favorisant l'apparition du syndrome métabolique et la dépendance au tabac et à l'alcool.

Le travail posté, situation extrême d'exposition inappropriée à la lumière

Les troubles du sommeil liés au travail posté se traduisent par une diminution du temps de sommeil, une insomnie et une somnolence diurne. Ces troubles constituent une entité répertoriée dans la Classification Internationale des Troubles du Sommeil. Les travailleurs postés sont soumis à une alternance lumière obscurité qui présente une variation rapide et continue du fait de la rotation et une diminution d'amplitude liée à l'éclairage nocturne et l'absence d'exposition à la lumière naturelle

lors du sommeil de récupération diurne lors du poste de nuit. De nombreux travaux ont montré chez les travailleurs postés une diminution de l'excrétion urinaire nocturne de la 6-sulfatoxymélatonine, métabolite majeur de la mélatonine. Cette diminution persiste lors des jours de repos, malgré le positionnement nocturne du sommeil de récupération. Les troubles du sommeil et de la sécrétion de mélatonine sont les témoins d'une désynchronisation de l'ensemble du système circadien, touchant en particulier le système immunitaire et plus généralement le métabolisme cellulaire. Ces données ont conduit à avancer l'hypothèse d'un déficit en mélatonine pour expliquer l'augmentation de l'incidence des cancers chez les travailleurs postés, par exemple du cancer du sein chez les infirmières.

Conclusion

L'éclairage artificiel apparu tardivement dans l'histoire de l'humanité a modifié qualitativement et quantitativement le sommeil. Le sommeil biphasique favorisé par une alternance lumière obscurité naturelle a disparu. Sous l'influence de la lumière artificielle, l'amplitude du synchroniseur endogène que constitue la mélatonine a diminué et l'horloge circadienne commandant le rythme veille sommeil s'est décalée sur le matin. Le temps de sommeil s'est raccourci, conséquence des contraintes imposées par le temps sociétal.

D'autres composés biologiques dont la synthèse est sous contrôle de la lumière pourraient être concernés (exemple de la vitamine D pour son rôle dans les processus immunitaires) en raison de la diminution du contraste jour nuit perçu par l'organisme. A l'heure actuelle, il est reconnu que l'éclairage urbain induit des nuisances sur le monde du vivant et une véritable pollution lumineuse. En raison de l'apparition d'un bruit de fond lumineux défavorable à l'observation du ciel, les astronomes amateurs ont été les premiers à dénoncer cette pollution et se sont regroupés il y a une quinzaine d'années en une association l'ANPCEN ou Association Nationale pour la Protection du Ciel et de l'Environnement Nocturnes. Cette association est à l'origine de la reconnaissance de la pollution et des nuisances occasionnées par la lumière. La prévention, la limitation et la suppression des nuisances lumineuses sont ainsi devenues un objectif public figurant dans la loi de 2009 (Loi dite Grenelle I art.41), qui les définit comme « les émissions de lumière artificielle de nature à présenter des dangers ou à causer un trouble excessif aux personnes, à la flore ou aux écosystèmes, entraînant un gaspillage énergétique ou empêchant l'observation du ciel nocturne ».

Alors que le développement de l'éclairage public, gage à la fois de progrès, de confort et facteur de sécurité, a été continu jusqu'à une date récente, un retour en arrière est actuellement observé. Ainsi, certaines communes ont supprimé depuis deux ans l'éclairage public à partir de minuit. « Un jour de la nuit » est organisé depuis 2009, avec pour objectif

une sensibilisation des citoyens à la protection de la biodiversité nocturne et du ciel étoilé ainsi qu'une prise de conscience du problème de pollution lumineuse. Un arrêté de janvier 2013, précisé par une circulaire ministérielle du 12 juin interdit (de 1 h à 7 h du matin, dès le 1er juillet 2013) l'éclairage nocturne des bâtiments non résidentiels par exemple « accueillant des activités telles que le commerce, l'administration, les transports, les activités financières et immobilières, les services aux entreprises et services aux particuliers, l'éducation, la santé, l'action sociale les activités agricoles ou industrielles... ». Cette seule mesure réduira selon le ministère « les conséquences sur les écosystèmes (perturbation des espèces) et sur la santé humaine (sommeil des riverains) ». Ce dernier point suggère de mettre en place dès à présent des études contrôlées visant à évaluer le bénéfice réel de la nuit noire sur le sommeil ou même sur la qualité de vie au quotidien. Finalement, si l'impact négatif de l'éclairage externe est pris en compte à la fois par les associations et les pouvoirs publics, il serait souhaitable que la pollution domestique soit appréhendée avec la même considération. Certains auteurs considèrent qu'elle a une responsabilité dans l'augmentation de l'incidence du cancer du sein. Peut-on imaginer l'organisation annuelle de « la soirée sans écrans » au même titre que « la journée de la nuit » ?!

Source :

D'après Bruno Claustrat

*Service d'Hormonologie, Groupement Hospitalier Est, 59 Bd Pinel 69677 Bron cedex
Hospices Civils de Lyon et INSERM U846, cellules souches et cerveau, 18 avenue du*

Doyen Lépine

696500 Bron Cedex

bruno.claustrat@chu-lyon.fr

*Article paru dans Médecine du sommeil 2014 11 (68-73) publié dans Rythme avec la
permission d'Elsevier*

Et pour faire bonne mesure, il suffit juste encore une fois de lire l'angliche :

Références

Claustrat B. The basic physiology and pathophysiology of melatonin. Sleep Med Reviews. 2005; 9: 11-24

Lewy AJ, Wehr TA, Goodwin FK, Newsome DA, Markey SP. Light suppresses melatonin secretion in humans Science. 1980; 210: 1267-9.

Brainard GC, Hanifin JP, Greeson JM et al. Action spectrum for melatonin regulation in humans: evidence for a novel circadian photoreceptor. The Journal of Neuroscience 2001; 21: 6405-6412

Malpoux B, Migaud M, Tricoire H, Chemineau P. Biology of mammalian photoperiodism and the critical role of the pineal gland and melatonin. J Biol Rhythms. 2001; 16: 336-47.

Kaupilla A, Kivela A, Pakarinen A, Vakkuri O. Inverse seasonal relationship between melatonin and ovarian activity in humans in a region with a strong seasonal contrast in luminosity. J Clin Endocrinol Metab 1987; 65: 823-828.

Strassmann RJ, Qualls CR, Lisansky EJ, Peake GT. Elevated rectal temperature produced by all-

night bright light is reversed by melatonin infusion in men. *J Appl Physiol* 1991; 71: 2178-2182.

Ekmekcioglu C. Melatonin receptors in humans: biological role and clinical relevance. *Biomedicine and Pharmacotherapy* 2006; 60: 97-108

Lavie P, Melatonin: role in gating nocturnal rise in sleep propensity. *J Biol Rhythms*.1997; 12: 657-65.

Weaver DR, Reppert SM. The Mel1a melatonin receptor gene is expressed in human suprachiasmatic nuclei. *Neuroreport* 1996;8:109

Claustrat B. Mélatonine et troubles du rythme veillesommeil *Médecine du sommeil* 2009 ; 6 :12-24.

Ekrich A. *At day's close: Nights in times past*. 2006. New-York, London: Norton, WW

Wehr TA. The durations of human melatonin secretion and sleep respond to changes in daylength (photoperiod). *J Clin Endocrinol Metab* 1991; 73: 1276-1280.

Wehr TA. In short photoperiods, human sleep is biphasic. *J Sleep Res* 1992; 1: 103-7.

Arnulf I, Brion A, Pottier M, Golmard JL. Ring the bell for Matins: circadian adaptation to split sleep by cloistered monks and nuns. *Chronobiol Int*. 2011; 28: 930-41.

De La Giclais B, Léger D, Tiberge M: le sommeil et la mer. *SMS Médecine du Sport*. 2001 ; 35 :13-15

Foster RG, Peirson SN, Wulff K, Winnebeck E, Vetter C, Roenneberg T. Sleep and circadian rhythm disruption in social jetlag and mental illness. *Prog Mol Biol Transl Sci*. 2013;119:325-46

Gronfier communication personnelle. Enquête auprès des lycéens/étudiants du Lycée Carrel, Lyon

Lewy AJ, Sack RL. The dim light melatonin onset as a marker for circadian phase position. *Chronobiology International* 1989; 6: 93-102.

Cajochen C, Frey S, Anders D, Späti J, Bues M, Pross A, et al. Evening exposure to a light-emitting diodes (LED)- backlit computer screen affects circadian physiology and cognitive performance. *J Appl Physiol*. 2011; 110:1432-8.

Wittmann M, Paulus M, Roenneberg T. Decreased psychological well-being in late 'chronotypes' is mediated by smoking and alcohol consumption. *Subst Use Misuse*. 2010; 45:15-30.

Roenneberg T, Allebrandt KV, Merrow M, Vetter C. Social jetlag and obesity. *Curr Biol*. 2012; 22:939-43.

Mirick DK, Bhatti P, Chen C, Nordt F, Stanczyk FZ, Davis S. Night shift work and levels of 6-sulfatoxymelatonin and cortisol in men. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev*. 2013; 22:1079-87.

Schernhammer ES, Berrino F, Krogh V, Secreto G, Micheli A, Venturelli E, et al. Urinary 6-Sulphatoxymelatonin levels and risk of breast cancer in premenopausal women: the ORDET cohort. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev*. 2010; 19: 729-37

Fritschi L, Glass DC, Heyworth JS, Aronson K, Girschik J, Boyle T, et al. Hypotheses for mechanisms linking shiftwork and cancer. *Med Hypotheses*. 2011;77:430-6

Kloog I, Portnov BA, Rennert HS, Haim A. Does the modern urbanized sleeping habitat pose a breast cancer risk? *Chronobiol Int*. 2011; 28: 76-80.