

# ENVIRONNEMENT INTÉRIEUR; MIEUX CONNAÎTRE POUR MIEUX PRÉVENIR!

## Partie I L'éclairage et la santé.

Roger G. Marchand et Jennifer A. Veitch

Institut de recherche en construction du Conseil national de recherches du Canada  
roger.marchand@nrc-cnrc.gc.ca, jennifer.veitch@nrc-cnrc.gc.ca

---

### Résumé

Une nouvelle compréhension de la manière dont la lumière influe sur les personnes suscite un grand intérêt chez les concepteurs de systèmes d'éclairage et les chercheurs. L'exposition quotidienne à la lumière et à l'obscurité joue un rôle dans les rythmes circadiens de sécrétion hormonale, les fonctions de l'organisme et l'activité. Au nombre des applications découlant de ces nouvelles connaissances fondamentales en matière d'éclairage figurent, entre autres, des traitements des troubles du sommeil et des troubles affectifs saisonniers par la lumière ainsi que des méthodes visant à atténuer les problèmes liés au travail par quarts et au décalage horaire. Certains sont d'avis que de nouvelles formes d'éclairage intérieur pourraient améliorer la santé et le bien-être des personnes dans leur environnement quotidien et que les nouvelles recommandations en matière d'éclairage devraient viser l'atteinte de cet objectif. Le présent exposé s'inspire des présentations des 22 conférenciers invités au 2<sup>e</sup> Symposium de la CIE sur l'éclairage et la santé, qui a eu lieu à Ottawa les 7 et 8 septembre 2006.

---

### Rudiments – Photoréception

La découverte de nouveaux photorécepteurs a créé tout un émoi dans le milieu de la photobiologie en 2001. On croyait tout savoir au sujet de la rétine, soit qu'il existe deux types de cellules sensibles à la lumière dans la rétine humaine : les bâtonnets (surtout actifs à de faibles intensités lumineuses) et les cônes (pour la vision des couleurs). Ces deux types de cellules détectent la lumière et envoient des signaux au cerveau, qui les decode pour produire la perception visuelle. La découverte révolutionnaire est l'identification d'un troisième type de cellule photosensible (photoréceptrice), sous-ensemble spécial de cellules ganglionnaires, qui détecte la lumière et envoie des signaux au cerveau, mais à un ensemble de structures cérébrales différentes de celles utilisées pour la vision. Par conséquent, on sait maintenant que la lumière captée par l'œil est convertie en signaux nerveux qui passent par le nerf optique, puis par deux voies : une voie visuelle et une voie non visuelle.

La voie qui suscite le plus d'intérêt est celle qui va de l'œil au noyau suprachiasmatique de l'hypothalamus et qui, par différentes étapes intermédiaires, régule l'activité de la glande pinéale. Cette dernière secrète plusieurs hormones, dont la mélatonine. Cette hormo-

ne est celle sur laquelle on a effectué le plus de recherches. Elle constitue une molécule clé dans la régulation des systèmes physiologiques, semblant activer certaines fonctions et en freiner d'autres, et est produite à l'obscurité. Il est facile d'étudier cette hormone parce que l'exposition soudaine à une lumière vive au cours de la nuit en arrête très rapidement la production.

L'une des principales manières d'établir une distinction entre ces nouvelles cellules photoréceptrices et les bâtonnets et les cônes est de déterminer leur spectre d'action, c'est-à-dire leur réponse à différentes longueurs d'ondes lumineuses. La réponse qu'on a choisi d'étudier est la suppression de la mélatonine par l'exposition à la lumière durant la nuit. Deux laboratoires indépendants, qui utilisent des techniques légèrement différentes, ont publié les premières courbes à la même période en 2001. Il est maintenant clair que la réponse maximale se situe autour de 460 nm (dans la partie bleue du spectre) et que cette réponse n'est pas la même que celle du système visuel, qui atteint un sommet autour de 555 nm (partie vert-jaune) pour l'adaptation à la lumière vive et autour de 505 nm (vert-bleu) pour l'adaptation à l'obscurité.

### **Rudiments – Rythmes circadiens**

Même si la lumière est le principal stimulus des rythmes quotidiens de notre organisme, d'autres stimuli externes, comme le son, la température et l'environnement social, ont aussi une influence sur l'horloge interne de notre organisme. La présence de lumière le matin provoque le réveil, qui s'accompagne de l'augmentation d'une hormone, le cortisol, d'une élévation de la température corporelle centrale et d'une baisse de la sécrétion de mélatonine. À mesure que la journée avance, la sécrétion de mélatonine devient presque nulle, et ce jusqu'à une heure tardive de la soirée, où elle augmente avec le temps passé dans un environnement faiblement éclairé et dans l'obscurité. Au milieu de la nuit, dans l'obscurité, la sécrétion de mélatonine culmine et, peu après, la température centrale atteint son niveau le plus bas. Le point le plus important dont il faut se rappeler est que l'exposition à la lumière et à l'obscurité est le mécanisme qui maintient les fonctions de l'organisme. Certaines hormones sont sécrétées à la lumière (p. ex. le cortisol) et d'autres, à l'obscurité (p. ex. la mélatonine); par conséquent, tant la lumière que l'obscurité sont nécessaires au maintien d'un bon équilibre.

La plupart des résultats qui figurent dans le présent document concernent la mélatonine, parce que c'est l'hormone sur laquelle on a effectué le plus de recherches. Il existe beaucoup d'autres connexions entre les nouveaux photorécepteurs et d'autres structures cérébrales, mais on n'y a accordé que peu d'attention jusqu'à maintenant.

La suppression subite de la sécrétion de mélatonine par l'exposition à la lumière la nuit est proportionnelle à l'intensité lumineuse : plus la lumière est intense, plus la suppression est importante. L'organisme est sensible au spectre lumineux, et la réponse la plus importante se produit à une longueur d'onde d'environ 460 nm. Les taux de mélatonine sont à peu près nuls durant la journée et, par conséquent, l'exposition à une lumière vive ne supprime pas davantage cette hormone. Toutefois, une exposition à la lumière durant la journée a une influence sur la régulation de la sécrétion de mélatonine en pleine obscurité. Une exposition à la lumière après que le corps a atteint sa température la plus basse (c'est-à-dire le matin) devance le cycle de température corporelle et de sécrétion de mélatonine (de manière que les nouveaux cycles atteignent un sommet plus tôt); une exposition à la lumière pendant la soirée retarde les cycles liés à la température corporelle et à la mélatonine (de manière que ces cycles at-

teignent un sommet plus tard par rapport à la normale). Une exposition à la lumière à un moment proche de la période où la température corporelle centrale est à son minimum peut aussi supprimer directement les variations du rythme circadien.

### **Rudiments – Exposition à la lumière pendant la nuit**

Les taux de cancer du sein sont plus élevés dans les pays industrialisés que partout ailleurs, et dans 50 % des cas, il n'y a pas de facteur de risque connu. Trois secteurs de recherche semblent indiquer que l'exposition à la lumière pendant la nuit pourrait constituer un facteur de risque :

- Études in vitro : la mélatonine stoppe la progression du cancer du sein et la multiplication des cellules du mélanome. Il semble que cette action soit le résultat de son activité antioxydante, qui freine les cycles métaboliques dans certains types de cellules cibles.
- Études in vivo : une faible lumière durant la nuit a interrompu la sécrétion de mélatonine et favorisé la croissance de tumeurs du foie chez des rats.
- Épidémiologie : quatre études distinctes ont démontré que l'exposition à la lumière durant la nuit augmentait le risque de cancer du sein.

Les participants au Symposium avaient entendu parler des résultats de la première expérience, selon lesquels la suppression de la mélatonine par l'exposition à la lumière pendant la nuit pouvait contribuer au développement du cancer du sein. On a effectué sur des rats glabres (sans poils) des xénogreffes de tumeurs mammaires humaines. On a prélevé du sang chez des femmes à midi (pauvre en mélatonine), durant la nuit (riche en mélatonine) et durant la nuit après une exposition à la lumière (pauvre en mélatonine). Le sang a été injecté par perfusion dans les tumeurs des rats. Les tumeurs dans lesquelles on avait injecté du sang riche en mélatonine croissaient plus lentement que celles dans lesquelles on avait injecté du sang pauvre en mélatonine. Ces données semblent fortement indiquer que la perturbation du cycle de sécrétion de la mélatonine est le mécanisme à la base des données épidémiologiques; toutefois, il existe aussi d'autres facteurs de risque chez les personnes, notamment la consommation de matières grasses (p. ex. les travailleurs par quarts ont plus de difficulté à s'alimenter sainement), la perturbation du cycle de sécrétion du cortisol en raison de l'exposition à la lumière durant la nuit et la situation socioéconomique.

### **Rudiments – Bienfaits et risques associés aux rayons UV**

Un éclairage sain comporte une exposition aux rayons UV, de manière à stimuler la production de vitamine D. La plage des longueurs d'ondes nécessaires à la synthèse de la vitamine D se situe principalement dans la bande des rayons UVB (290-330 nm); les rayons qui causent les coups de soleil et le mélanome ont une longueur d'onde entre 290 et 400 nm. Par conséquent, il faut éviter l'exposition aux rayons UVA (330-400 nm), mais s'exposer à des rayons de 290 à 330 nm. Pourquoi l'apport en vitamine D est-il si important qu'il faille risquer d'avoir le cancer de la peau? Son importance dépasse le simple fait d'avoir des dents et des os en santé : les dernières recherches montrent que la vitamine D est aussi déterminante pour prévenir les cancers internes, la sclérose en plaques, le diabète et l'hypertension artérielle.

Les gens qui vivent à des latitudes comme celle du Canada courent le risque de manquer de vitamine D parce qu'ils vivent la plupart du temps à l'intérieur, qu'ils utilisent des crèmes solaires, qu'ils se couvrent et qu'ils ne peuvent pas s'exposer suffisamment aux rayons UV pour fabriquer de la vitamine D d'octobre à mars, période durant laquelle le soleil est à son plus bas. La recommandation des participants au Symposium est celle-ci : il faut éviter les coups de soleil et se renseigner sur son type de peau et sur l'environnement (utiliser l'indice UV). Durant l'été, il faut exposer la peau sans protection durant les heures du milieu de la journée. De plus, il faut exposer le plus de peau possible tout en réduisant au minimum la période d'exposition. Les expositions devraient être brèves et régulières. Les fortes doses intermittentes de rayons UV sont les plus dommageables.

Durant l'hiver, il faut éviter de s'exposer aux rayons UV au moyen d'un lit de bronzage, car ce dernier émet seulement des rayons UVA, qui sont dommageables, et non des rayons UVB, qui sont utiles. Les spécialistes ne s'entendent pas sur la valeur des suppléments de vitamine D, sur la dose maximale à prendre par voie orale (sans qu'elle soit toxique) et sur la source qui est la meilleure; néanmoins, une dose modérée de supplément en hiver est probablement souhaitable. En ce qui a trait aux personnes confinées à la maison (p. ex. les personnes âgées, les personnes malades), il est probablement préférable de prendre des suppléments toute l'année. Comme il faut éviter de s'exposer les yeux aux rayons UVB, il n'est pas souhaitable de concevoir

des lampes qui diffusent ces rayons pour l'éclairage normal.

### **Personnes en santé – Travail par quarts**

Bien des personnes éprouvent des symptômes gênants, comme de la somnolence pendant la journée, de l'insomnie durant la nuit, des troubles gastro-intestinaux, de l'irritabilité, une légère dépression et de la confusion, lorsque leurs rythmes circadiens sont perturbés en raison d'un voyage, d'un travail par quarts ou de troubles du sommeil. Chez les travailleurs par quarts dont l'horaire change fréquemment, ces problèmes peuvent devenir chroniques. Parmi les autres conséquences de cette situation figurent un plus grand nombre d'erreurs, des problèmes de mémoire et de la confusion cognitive. Le taux d'accident chez les travailleurs de nuit qui retournent à la maison est plus élevé que chez les autres conducteurs. Toutefois, on peut utiliser les connaissances acquises à propos de l'exposition à la lumière durant la nuit pour ajuster les rythmes circadiens des travailleurs de nuit et, ce faisant, atténuer ces problèmes. De même, on peut utiliser l'exposition à la lumière pour s'ajuster au changement d'heure lorsqu'on voyage dans d'autres fuseaux horaires ou qu'on passe de l'heure avancée à l'heure normale (et vice versa).

Les conférenciers du Symposium ont élaboré un horaire adapté pour les travailleurs permanents de nuit. Au travail, l'exposition à la lumière vive commence relativement tôt dans le quart de travail au début de la semaine, puis, graduellement, elle a lieu de plus en plus tard. Une autre technique que le groupe a utilisée consiste en quatre ou cinq expositions de 20 minutes à la lumière vive durant un quart de travail de 12 heures. Dans l'un ou l'autre des cas, le respect des consignes par le travailleur fait partie du plan : le travailleur doit éviter de s'exposer à la lumière durant son retour chez lui et à la maison lorsqu'il dort pendant la journée. S'il s'expose à la lumière durant les heures où il ne travaille pas, ses rythmes circadiens ne changeront pas. Dans une perspective de changement de rythme, le travail de nuit permanent est la meilleure solution (et c'est encore mieux si cet horaire est suivi durant les jours de congé et les vacances, bien que peu de personnes le fassent). Les experts sont particulièrement critiques à l'endroit des quarts de travail qui changent souvent, car le travailleur ne s'adapte jamais au changement. Cette situation est particulièrement dangereuse dans le cas de personnes qui occupent des postes d'une importance cruciale, comme celles qui travaillent dans des

salles de contrôle de centrales nucléaires ou des services de soins intensifs, où les erreurs peuvent être fatales.

Lorsque les personnes sont bien adaptées à leur quart de travail, leurs rythmes circadiens qui devraient être au maximum la nuit, dans l'obscurité, sont au maximum le jour, lorsque la personne est dans l'obscurité. De cette manière, les travailleurs par quarts peuvent éviter les risques associés à la perturbation de leurs rythmes hormonaux.

### **Personnes en santé – Bien-être**

Dans les sociétés occidentales, les gens vivent beaucoup à l'intérieur. Des études (dont une à Montréal) effectuées auprès de personnes portant des dosimètres en hiver ou en été ont démontré que les gens passent plus de 50 % de leur temps d'éveil sous un éclairage de moins de 100 lx (même en été). L'importance de la question se révèle dans les données corrélationnelles : les personnes en santé qui manifestent le plus de symptômes de dépression (sans être cliniquement dépressives) sont exposées à la lumière du jour moins longtemps. Est-ce la cause de leurs symptômes? Nous ne le savons pas. Toutefois, il y a lieu de croire qu'une exposition accrue à la lumière du jour peut améliorer l'humeur. Au cours de quatre études réalisées à Helsinki, en Finlande, on a exposé des personnes en santé à une lumière très brillante pendant de courtes périodes (p. ex. trois heures par semaine, dans certaines études). Pendant qu'elles étaient exposées à la lumière, ces personnes disaient avoir une plus grande vitalité et se sentir de meilleure humeur (par comparaison avec les personnes n'ayant pas été exposées à cette source lumineuse additionnelle).

### **Éclairage thérapeutique – Troubles affectifs saisonniers**

On entend souvent parler des troubles affectifs saisonniers et de leur traitement par l'exposition à la lumière. Ces troubles ne sont pas très fréquents : seulement 2 %, environ, de la population en souffre, et ils constituent environ 10 % de tous les cas de dépression. Parmi les symptômes, on peut citer une grande somnolence, un gain de poids et un besoin insatiable de sucre en plus des symptômes habituels de la dépression. Les symptômes se manifestent chaque année à la même saison et diminuent aussi sur une base saisonnière : ils sont habituellement présents en hiver et absents en été. L'exposition à une lumière brillante (10 000 lx pen-

dant 30 minutes chaque jour) est un traitement reconnu pour ces troubles. Ce traitement est efficace chez environ 66 % des patients; pour les autres, les antidépresseurs et les thérapies cognitives ont aussi des effets bénéfiques. Le traitement comporte peu d'effets secondaires, mais certains médicaments ne devraient pas être combinés à un traitement par l'exposition à la lumière parce qu'ils rendent l'organisme photosensible. Le millepertuis commun, plante utilisée couramment pour traiter la dépression, ne devrait jamais être combinée à un traitement par l'exposition à la lumière parce qu'il risque de causer des lésions oculaires.

On ignore la cause des troubles affectifs saisonniers. Il ne s'agit pas nécessairement d'un manque de lumière. Après tout, on utilise la pénicilline pour traiter la pneumonie, mais cette maladie n'est pas causée par une carence en pénicilline!

### **Éclairage thérapeutique – Patients atteints de la maladie d'Alzheimer**

Les patients atteints de la maladie d'Alzheimer sont souvent incommodés par un sommeil perturbé et par une agitation nocturne. Il s'agit d'un problème important pour les soignants. Il est probable que les patients hospitalisés souffrant de la maladie d'Alzheimer sont très très peu exposés à la lumière; par conséquent, le problème n'est peut-être pas totalement lié à la maladie. Un résumé de deux études a été présenté à l'occasion du Symposium : des lumières bleues à diodes électroluminescentes (DEL) ont été ajoutées, à titre d'essai, à l'éclairage ambiant à la fin de l'après-midi ou en soirée pour aider les patients atteints de la maladie d'Alzheimer aux prises avec des troubles du sommeil. Le groupe placebo était exposé à une lumière rouge à DEL de faible intensité. Dans les deux cas, le réveil nocturne chez les patients exposés à la lumière bleue était moins important que chez les patients exposés à la lumière rouge. La taille de l'échantillon était petite, mais cet aspect rend la démonstration encore plus convaincante, car il est difficile d'obtenir une signification statistique à partir d'un petit échantillon.

### **Conséquences – Éclairage durant la journée**

Dans la pratique, quelles sont les répercussions de toutes ces observations en matière d'éclairage? Elles restent très nébuleuses en ce qui a trait à l'éclairage diurne, étant donné que nous ne connaissons pas la dose de lumière nécessaire à la santé. Il faut se rappeler toutes ces structures cérébrales vers lesquelles les signaux lumineux sont transmis : on sait très peu de choses sur

la plupart d'entre elles. Toutefois, une légère augmentation de l'exposition à la lumière chaque jour, en particulier à la lumière à ondes courtes, semble raisonnable. Ce qui ne signifie pas qu'il faille augmenter l'intensité de la lumière à l'intérieur; il est plutôt probable que les éducateurs à la maternelle ont raison d'envoyer les enfants jouer dehors à la récréation.

### Conséquences – Éclairage durant la nuit

On dispose par contre d'orientations claires en ce qui a trait aux travailleurs de nuit. Heureusement, on sait qu'il n'est pas nécessaire d'augmenter leur exposition à la lumière de manière importante et en tout temps. Une exposition périodique, et adaptée au quart de travail, à une lumière brillante (riche en ondes courtes) durant le travail, jumelée au fait d'éviter l'exposition à la lumière durant la journée, peut aider ces personnes à mieux tolérer les effets du travail par quarts. Chacun d'entre nous devrait éviter de s'exposer à la lumière pendant au moins une partie de la nuit. Les rythmes circadiens ont besoin d'un cycle d'exposition combinant lumière et obscurité.

### Conséquences – Architecture

Comment pourrait-on augmenter l'exposition à la lumière à ondes courtes pendant la journée? On pourrait augmenter l'intensité de la lumière électrique partout, ce qui serait très coûteux et accentuerait les problèmes environnementaux. On pourrait aussi confiner dans un lieu donné les sources lumineuses intenses afin de réduire les coûts (p. ex. boîtes à lumière), mais est-il raisonnable de croire que des personnes (asymptomatiques) regarderont une boîte à lumière chaque jour? L'éclairage des aires de travail (et peut-être l'utilisation d'écrans d'ordinateur munis de lumières bleues à DEL) est un moyen plus pratique et passif de fournir une luminosité locale élevée, mais il nécessite plus d'énergie et offre peu de garanties que les personnes regarderont continuellement en direction de la source lumineuse. Il est évident que le meilleur choix est d'opter pour une conception favorisant l'exposition à la lumière du jour. Cette lumière est accessible gratuitement (durant le jour) et répond aux trois critères d'un éclairage favorable à la santé (intensité élevée, bleu-vert [selon la transmission spectrale du vitrage] et forte composante verticale) – un peu comme si notre organisme avait évolué pour bien s'adapter à cette lumière.

En ce qui concerne l'adaptation des travailleurs de nuit, comme on sait que de courtes périodes de lumière

brillante sont suffisantes, il est clairement inutile d'augmenter l'intensité de l'éclairage général intérieur. Les concepteurs de systèmes d'éclairage en milieu de travail devront faire preuve de créativité pour permettre à ces travailleurs d'être exposés à la lumière de manière fiable, et ce sans interruption de travail.

### Conclusions

Les découvertes scientifiques démontrent que la lumière joue, sur la santé mentale et physique des individus, des rôles qui étaient inconnus auparavant. Et il reste encore beaucoup à apprendre en cette matière. Toutefois, dans leurs habitudes générales quotidiennes, les habitants des pays industrialisés ne tiennent habituellement pas compte de leurs besoins en matière de lumière et d'obscurité. À mesure que les connaissances s'accumuleront, les recommandations en matière d'éclairage évolueront probablement pour inclure des points plus précis concernant la manière de se maintenir en bonne santé par une exposition périodique à une lumière ayant un spectre équilibré et dont l'intensité et la durée sont appropriées.

### Bibliographie

Commission Internationale de l'Eclairage. (2007). Proceedings of the 2<sup>nd</sup> CIE Symposium on Lighting and Health. Vienna, Austria:CIE. Information disponible à l'adresse : [http://irc.nrc-cnrc.gc.ca/ie/lighting/health/cie\\_f.html](http://irc.nrc-cnrc.gc.ca/ie/lighting/health/cie_f.html).

Commission Internationale de l'Eclairage. (2004). *Ocular lighting effects on human physiology and behaviour* (CIE 158:2004). Vienna, Austria CIE. Information disponible à l'adresse : <http://irc.nrc-cnrc.gc.ca/pubs/fulltext/nrcc46975/index.php?lang=f>.

**Site web du groupe de l'éclairage du CNRC**  
[http://irc.nrc-cnrc.gc.ca/ie/lighting/index\\_f.html](http://irc.nrc-cnrc.gc.ca/ie/lighting/index_f.html)