

Introduction

Dans le cadre du cours *Intégration en chimie*, plus précisément du volet vulgarisation du projet sur la pollution lumineuse, nous devons tenter de rendre accessible les concepts scientifiques reliés à cette thématique. Nous devons plus spécifiquement définir ce qu'est la pollution lumineuse d'un point de vue biologique, vulgariser le concept du cycle circadien et expliquer les effets de la mélatonine sur le cancer. Quant à nos coéquipiers, ils devaient tenter de simplifier pour un vaste public ce qu'est la lumière à l'aide de définition et de spectres, d'expliquer les différences entre les multiples ampoules présentes sur le marché et de vulgariser le fonctionnement de l'œil lorsqu'il perçoit la lumière.

Pour atteindre ces objectifs, nous avons monté un kiosque qui nous a permis et permettra aux étudiants qui prendront la relève de ce projet de partager les connaissances que nous avons acquises et de sensibiliser le public à la thématique peu connue de la pollution lumineuse. À l'aide de ce kiosque et des démonstrateurs portatifs que l'équipe a construits dans le but de vulgariser la thématique, nous avons pu présenter notre projet dans différents congrès et lors de différents événements, tels que l'AQME et la conférence de presse qui s'est déroulée au musée des sciences et de la nature de Sherbrooke.

Dans ce rapport, nous parlerons d'abord des connaissances que nous avons acquises en lien avec la thématique, soit la définition de la pollution lumineuse, du cycle circadien, de la mélatonine et des effets anti-tumoraux de cette hormone. Ensuite, nous aborderons le sujet du kiosque en expliquant chacun des éléments qui le composent dans la méthodologie. Puis, nous présenterons ensuite des photos du kiosque et parlerons brièvement des endroits où il a été présenté. Finalement, dans la discussion, nous tenterons de proposer des améliorations dont les étudiants qui prendront la relève pourront s'inspirer.

Les effets de la mélatonine sur le cancer

Au cours des dernières décennies, la pollution lumineuse a augmenté considérablement. Avec l'avènement de l'électricité, les journées durent 4 à 7 heures de plus dans les sociétés modernes. L'augmentation de l'exposition à la lumière artificielle la nuit serait responsable de l'augmentation de la présence de cancers hormono-dépendants dans les pays industrialisés, que l'on retrouve davantage en Amérique du Nord, en Europe de l'Ouest et en Australie. En effet, l'exposition à la lumière artificielle la nuit supprimerait la mélatonine, l'hormone du sommeil produite par la glande pinéale, et causerait une perturbation du cycle circadien. La perturbation de l'horloge biologique, causée par l'allongement des journées ou encore par la suppression du signal de mélatonine due à l'exposition à la lumière la nuit, stimule le développement et/ou la croissance des tumeurs.

La mélatonine

Avant d'aborder les effets anti-tumoraux de la mélatonine, il serait pertinent de d'abord définir cette hormone et ses effets sur le corps.

La mélatonine est l'hormone centrale de régulation des rythmes chronobiologiques. Elle régule beaucoup de sécrétions hormonales chez les mammifères et les humains. Elle est également appelée l'hormone du sommeil, puisqu'elle est synthétisée la nuit en l'absence de lumière par la glande pinéale, qui est située dans le cerveau, et qu'elle joue un rôle essentiel dans le cycle du sommeil. Cette hormone est inhibée par la lumière bleue présente dans la lumière du Soleil de matin, ce qui nous indique qu'il est temps de se réveiller, et elle est libérée le soir, alors que la lumière du Soleil tend vers le rouge, nous signalant ainsi qu'il est temps de dormir. L'exposition à la lumière la nuit, que ce soit dû à l'exposition à la lumière bleue provenant des écrans d'ordinateurs et de télévisions, à la lumière intrusive provenant de la rue ou encore à un quart de travail la nuit, provoque la suppression de la mélatonine. Le sommeil s'en retrouve retardé, ce qui entraîne le dérèglement du cycle circadien. Cette perturbation de l'horloge biologique peut avoir de nombreuses répercussions sur le corps humain, puisque la mélatonine joue un rôle important entre autres dans la protection de l'ADN nucléaire et de l'ADN mitochondrial, dans le fonctionnement du système immunitaire et dans la régulation des sécrétions hormonales. Il semblerait également que la mélatonine est des effets antioxydants et anti-tumoraux.

Les effets anti-tumoraux de la mélatonine

La mélatonine agit sur le cancer de deux manières distinctes. Premièrement, une diminution de la mélatonine augmente le signal des hormones œstrogène et progestérone, deux promoteurs du cancer du sein. Les risques de développer cette maladie sont donc plus élevés. Deuxièmement, la mélatonine a un impact direct sur les cellules cancéreuses. Selon les études de Blask *et al.* (2005), la mélatonine permet d'arrêter la croissance d'une tumeur. Le sang déficient en mélatonine en raison d'une trop grande exposition à la lumière la nuit ne peut pas ralentir la croissance de la tumeur, ce qui explique la corrélation entre la pollution lumineuse et le développement du cancer du sein.

Les expériences de Blask et al.

Blask *et al.* ont réalisé en 2005 deux expériences dont les résultats tendent à confirmer cette théorie. Ils ont transplanté dans deux groupes de rats de laboratoire des cellules humaines cancéreuses. Le premier groupe de rats ont été exposés à un cycle de lumière et de noirceur normal, c'est-à-dire douze heures de clarté et douze heures de noirceur. Le second groupe a été exposé à vingt-quatre heures de lumière d'intensités variables. Les chercheurs ont observé que chez les rats du premier groupe, il n'y avait aucune augmentation des hormones influençant les risques de cancer du sein pendant les heures de noirceur. En observant le groupe de rats exposés constamment à différentes intensités lumineuses, les chercheurs ont remarqué que lorsque l'intensité lumineuse augmente, le taux de mélatonine dans le sang diminue, alors que les cellules cancéreuses se multiplient et que les tumeurs croissent.

Afin de vérifier la diminution du taux de mélatonine dans le sang et la croissance des tumeurs cancéreuses, l'équipe de Blask a réalisé en 2005 une deuxième expérience. Ils ont cette fois-ci

pris trois groupes de souris auxquelles ils ont encore une fois transplanté des cellules cancéreuses humaines. Ils ont ensuite injecté du sang prélevé à différents moments de la journée de femmes en pré ménopause, afin de s'assurer que leur taux d'œstrogène et de progestérone soit relativement similaire. Le premier groupe de souris s'est vu injecté sur sang humain prélevé la nuit dans la noirceur, donc du sang riche en mélatonine. Les chercheurs ont constaté chez ces souris de laboratoire un arrêt de la croissance des tumeurs. Le deuxième groupe a quant à lui reçu du sang prélevé la nuit après une exposition à la lumière blanche, alors que l'équipe de Blask a injecté du sang prélevé le jour au troisième groupe de souris. Les résultats obtenus pour ces deux groupes ayant reçu du sang pauvre en mélatonine sont similaires. Les chercheurs ont observé que le sang déficient en mélatonine n'a aucun effet inhibiteur sur les tumeurs cancéreuses. Les résultats obtenus lors de ces deux expériences témoignent de la corrélation entre le développement des cancers hormono-dépendants et l'exposition à la lumière la nuit.

Le cancer du sein

Le cancer du sein est une des principales causes de mortalité chez les femmes. Il est significativement plus présent dans les pays industrialisés. En Amérique du Nord, il touche 92,7 femmes sur 100 000, alors qu'en Afrique, seulement 21,5 femmes sur 100 000 en sont atteintes. Plusieurs études tenant compte entre autres facteurs importants de la quantité de pollution lumineuse, de la consommation d'électricité, du pourcentage de population urbaine et du PIB par habitant, ont été réalisées dans le but d'expliquer cette différence considérable. Parmi tous les cancers à l'étude (poumons, rein,...), seul le cancer du sein, qui était le seul cancer hormono-dépendant de l'étude, démontre une association avec l'exposition à la lumière artificielle et la consommation d'électricité par habitant. Il a également été démontré que les femmes qui travaillent de nuit et qui sont donc exposées à de la lumière artificielle toute la nuit, sont plus à risques de développer le cancer du sein. En effet, le risque relatif de développer le cancer du sein pour les travailleuses de nuit est de 1,3. Cela signifie que leur risque de développer cette maladie est environ 30% plus élevée que chez les femmes travaillant le jour. Ces données vont encore une fois dans le sens de la théorie selon laquelle la mélatonine aurait des effets anti-tumoraux, puisque les travailleuses de nuit, dont la mélatonine est supprimée pendant leurs heures de travail, ont plus de chances de développer le cancer du sein.

La théorie de la vitamine D

La suppression de la mélatonine par l'exposition à la lumière la nuit ne semble cependant pas être le seul facteur pouvant justifier la corrélation entre l'exposition à la lumière la nuit et l'augmentation du risque de développer un cancer hormono-dépendant. D'autres théories, dont la théorie de la vitamine D, peuvent tenter d'expliquer la corrélation qui a été établie. Selon la théorie de la vitamine D, une diminution de l'exposition à la lumière du Soleil en faveur de la lumière artificielle entraîne une diminution de vitamine D dans l'organisme. Or, cette vitamine pourrait jouer un rôle primordial dans la prévention des cancers hormono-dépendants, comme le cancer du sein et de la prostate. Les pays présentant les plus hauts taux de cancers du sein et

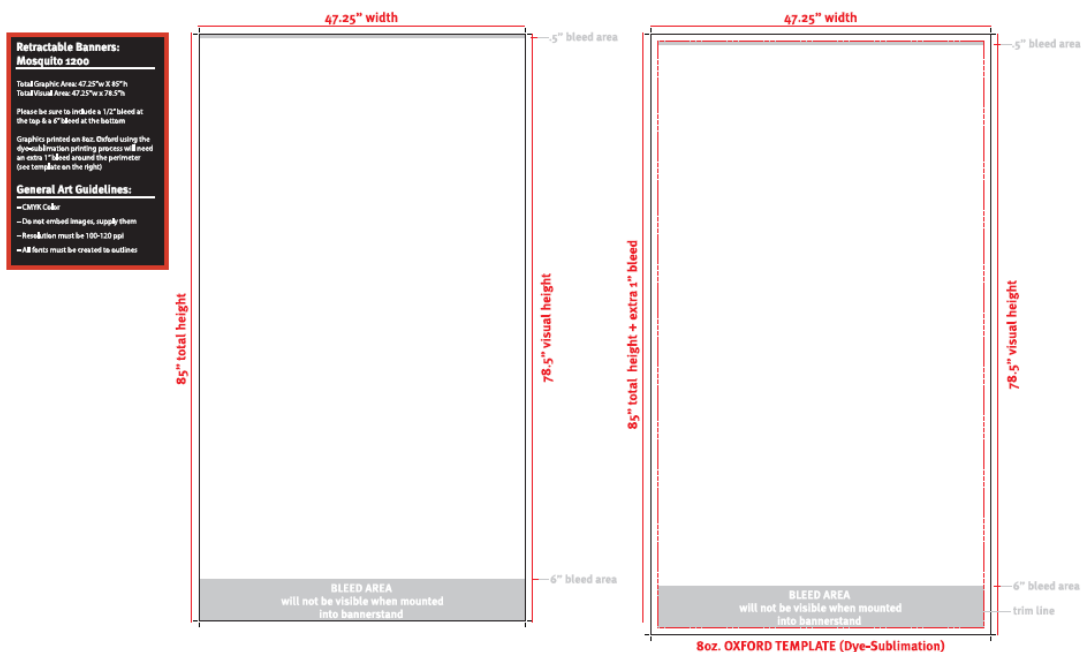
de la prostate sont situés aux pôles du globe, là où la lumière solaire est la moins présente et où les pays sont plus industrialisés.

Méthodologie

Les bannières

Pour la réalisation des bannières qui servent de toile de fond au kiosque, il a d'abord fallu choisir une image. Après avoir tenté de juxtaposer des images de pollution lumineuse en vain, nous avons tout simplement décidé d'utiliser l'image thématique du projet qui provient de la boîte de communication *Cake* et de la diviser en deux, chacune des deux moitiés se trouvant sur une des bannières.

Après avoir sélectionné une image, nous avons dû déterminer les dimensions de ces bannières. Elles devaient être plus grandes qu'un homme pour être bien visibles et assez larges pour soutenir cette hauteur sans toutefois prendre trop de place, puisque lors des congrès, nous sommes limités dans l'espace. Nous avons donc fait affaire avec Impression Imacom, qui avait alors un rabais intéressant sur les bannières rétractables. La facilité à transporter les bannières étaient également un critère essentiel, ce qui nous a convaincu de choisir cette option.



Ces bannières ont l'avantage d'être facilement transportables puisqu'elles sont rétractables et qu'elles entrent aisément dans un petit étui, d'attirer l'attention sur la thématique et de bien la

représenter en plus de pouvoir être utilisées au cours des prochaines années par les étudiants lors des événements et congrès à venir.



Le cube

L'idée de construire un cube démontable afin de pouvoir présenter différentes images représentant la thématique est arrivée plus tard dans la session. L'objectif était de présenter des images, des posters et des photos percutantes sur un support original et pratique.

Le choix des matériaux était particulièrement pertinent, puisqu'il nous fallait un matériau léger pour être facilement transporter, résistant et qui laisse passer la lumière afin que la lumière fluorescente placée à l'intérieur du cube puisse être vue. Notre choix s'est donc arrêté sur le plexiglas blanc transparent, qui a été acheté chez Home Dépôt.

À l'intérieur du cube, nous avons choisi de placer un tube fluorescent, également acheté chez Home Dépôt, afin de donner l'impression que le cube rayonne. Les images sont ainsi bien mises en valeur et le kiosque attire l'attention.

Pour la construction de ce module, nous avons demandé les services d'Yvon Vaillancourt, qui a fait un travail remarquable dans un court délai. Il est parvenu à construire le cube de façon à ce qu'il soit aisément transportable. Le cube est en fait divisé en deux à l'horizontale comme s'il

s'agissait de deux petits cubes placés l'un sur l'autre et est entièrement démontable, ce qui facilite grandement son transport et nous permet d'insérer le tube fluorescent à l'intérieur. Monsieur Vaillancourt a également réussi à monter ce cube sur un système rotatif. Le public peut ainsi avoir accès aux quatre côtés du cube en le faisant tout simplement pivoter.

Nous avons choisi les dimensions du cube de manière à ce qu'il s'agence à la hauteur des bannières et qu'il ne soit pas trop large, puisqu'il pivote sur lui-même. Il devait cependant être suffisamment grand pour bien mettre en valeur les images et photos représentant la pollution lumineuse.

Ce cube a, tout comme les bannières, l'avantage d'être facile à transporter et pourra servir aux cours des prochaines années. Il sera également possible de changer les images qui y seront posées selon les besoins, ce qui le rend très versatile. Le seul inconvénient est son coût élevé, mais puisque le cube sera réutilisé, cet investissement deviendra éventuellement rentable.

Les démonstrateurs

Au cours de la session, les étudiants ont réussi à réaliser trois démonstrateurs qui pourront servir aux prochaines étudiants à faire partie de ce projet.

1) L'œil

Ce démonstrateur a été conceptualisé et réalisé principalement par Geneviève Lacroix dans le but d'expliquer et d'illustrer la parcours de la lumière qui pénètre dans l'œil avant de se rendre au cerveau en passant par la moelle épinière.



2) Le démonstrateur de DELs

Le démonstrateur de DELs, réalisé principalement par Sophia Zerouali, cherche à expliquer à l'aide de support visuel la différence entre les multiples types de DELs et de couleurs de DELs que l'on retrouve sur le marché.



3) Le lampadaire

Le lampadaire a été conceptualisé par l'équipe, mais réalisé par Louis Masson à partir des schémas et des idées qui ont été lancés par l'équipe. L'objectif de ce lampadaire est de présenter et de comparer les différents types d'ampoules présentes sur le marché.



Ce lampadaire comporte un compteur de watts, qui nous permet de voir en temps réel la quantité de watts consommée par une ampoule. Cet élément du lampadaire nous permet donc de comparer le rapport entre l'intensité lumineuse et la quantité d'énergie consommée par différents types d'ampoules. Par exemple, pour une même intensité lumineuse, une DEL consomme beaucoup moins de watts qu'une ampoule incandescente, ce qui peut s'avérer être très avantageux d'un point de vue économique.



Présentation des résultats

Le kiosque a été présenté à des nombreuses occasions, dont l'AQME, soit l'Association Québécoise pour la Maîtrise de l'Énergie. Le kiosque a pu être montré au public intéressé le 7 mai 2014 à Victoriaville à l'occasion de ce congrès réunissant les innovateurs de nouvelles technologies en lien avec l'efficacité énergétique.



Lors de cet événement, nous avons eu la chance de présenter le démonstrateur de DELs, le lampadaire de comparaison d'ampoules, l'œil, le cube qu'on ne peut malheureusement pas voir sur la photo et les bannières. Nous avons également pu faire goûter aux visiteurs du kiosque du basilic ayant poussé sous divers types d'éclairage afin qu'ils puissent en constater la différence. Lorsque nous n'étions pas au kiosque, nous avons pu assister à des conférences sur des sujets variés en lien avec l'efficacité énergétique et les nouvelles technologies, ce qui a su stimuler notre intérêt tout au long de la journée et nous a permis d'enrichir nos connaissances sur le sujet.

Au cours de la journée, nous avons réussi à sensibiliser les visiteurs à la thématique de la pollution lumineuse et à ses conséquences sur les humains et l'environnement. Nous avons également pu être en mesure de répondre à la plupart des questions que les visiteurs nous posaient. Cet événement fut un excellent moyen de faire voir le kiosque et les démonstrateurs, de renseigner les gens sur la pollution lumineuse et de faire parler du projet de recherche lui-même.

Toutefois, il me semble que les individus présents lors de ce congrès paraissaient plus intéressés par les nouvelles technologies éco énergétiques que par notre sujet, qui détonait un peu. La plupart semblait trouver le projet intéressant, mais je crois que le kiosque aurait eu plus d'impacts sur ce public si nous avions pu présenter des alternatives aux lumières DELs que nous déconseillions et si nous avions apporté un aspect plus économique à notre kiosque, par

exemple en comparant les coûts de différents types d'ampoules et en suggérant des produits qui allient les aspects économique et environnemental.

Il serait sans doute plus pertinent de présenter le kiosque à un auditoire qui cherche simplement à se renseigner sur le sujet. Par exemple, la conférence de presse au musée des sciences et de la nature de Sherbrooke permettait de présenter le montage à un public plus commun et de sensibiliser ce dernier à la thématique en la vulgarisant. Ce fut également une excellente occasion de faire parler du kiosque et du projet de recherche.

Puisque je n'ai pas personnellement assisté aux autres sorties avec le kiosque, je serais mal placée pour en discuter. C'est pourquoi je me concentre principalement sur l'AQME.

Discussion

Afin d'aider les étudiants qui prendront la relève de ce projet, voici quelques suggestions d'améliorations qui les orienteront dans la continuité de du projet vulgarisation

Pour améliorer le cube, il serait pertinent de trouver un moyen plus pratique et efficace pour coller les images sur les parois de plexiglas que de simplement utiliser du ruban adhésif. Ce dernier a tendance à se décoller après une longue période en plus de faire un relief non désiré sur les images. Il faudrait peut-être essayer de maintenir les images en place à l'aide de velcro ou encore à l'aide d'aimants. Il serait également utile de refaire les titres du cube afin qu'ils soient de la bonne longueur pour se rejoindre à chacun des coins du cube. Cet élément, bien qu'il soit purement esthétique, peut faire une différence significative dans la qualité de la présentation visuelle du cube.

Pour le démonstrateur de l'œil, il pourrait être intéressant de solidifier le système permettant de faire allumer le chemin de la lumière des yeux au cerveau. Celui-ci est un peu fragile et a éprouvé quelques difficultés techniques lors des différentes présentations. Chercher à le solidifier contribuera à améliorer sa présentation générale et augmentera sa crédibilité.

Je suggère également de présenter le kiosque lors d'événements qui sont plus directement liés à notre sujet de l'AQME, où notre présentation détonait de celles des autres, plus axées sur les nouvelles technologies et l'efficacité énergétique.

Avant de présenter le kiosque, il serait également pertinent de renseigner chacun des membres de l'équipe sur tous les démonstrateurs et éléments du kiosque. De cette façon, personne ne sera totalement pris au dépourvu devant une question en lien avec la présentation et le kiosque aura l'air plus professionnel.

Il serait également pertinent d'approfondir les recherches en lien avec des solutions ou des alternatives aux sources d'éclairage que nous dénonçons. Les visiteurs désirent généralement

avoir des suggestions pour améliorer leur mode de vie après avoir vu une présentation comme la nôtre.

Finalement, je suggère aux prochains étudiants de faire davantage de recherche sur les effets de la pollution lumineuse sur la santé (obésité, dépression,...). Nous n'avons pas eu le temps d'approfondir nos connaissances sur cet aspect cette session-ci, mais je crois qu'il peut intéresser le public du kiosque. Les effets de l'exposition à la lumière bleue chez les enfants, la protection du ciel étoilé, les effets sur la flore et l'impact de la pollution lumineuse sur la faune sont d'autres exemples de sujets qui pourraient s'avérer pertinents à présenter dans le kiosque.

Médiagraphie

Livres

Haim et Portnov, *Light Pollution as a New Risk Factor for Human Breast and Prostate Cancers*, Springer, 2013.

Articles

Blask DE, Brainard GC, Dauchy RT, Hanifin JP, Davidson LK, Krause JA, Sauer LA, Rivera-Bermudez MA, Dubocovich ML, Jasser SA, Lynch DT, Rollag MD, Zalatan F: *Melatonin-depleted blood from premenopausal women exposed to light at night stimulates growth of human breast cancer xenografts in nude rats*. *Cancer Res* 2005, 65:11174-84

Blask DE, Hill SM, Dauchy RT, Xiang S, Yuan L, Duplessis T, Mao L, Dauchy E, Sauer LA : *Circadian regulation of molecular, dietary, and metabolic signaling mechanisms of human breast cancer growth by the nocturnal melatonin signal and the consequences of its disruption by light at night*. *Journal of Pineal Research* 2011, 51:259-69.

Cohen M, Lippman M, Chabner B: *Pineal gland and breast cancer*. *Lancet* 1978, 2:1382-2.

Laura K. Fonken and Randy J. Nelson, *Illuminating the deleterious effects of light at night*, *F1000 Reports Medicine* 3.18, 2011.

Karbowitx M, Reiter RJ: *Melatonin protects against oxidative stress caused by delta-aminolevulinic acid: implications for cancer reduction*. *Cancer Invest* 2002, 20:276-86.

Kloog I, Stevens RG, Haim A, Portnov BA: *Nighttime light level co-distributes with breast cancer incidence worldwide*. *Cancer Causes Control* 2010, 21:2059-68.

Lee S, Donehower LA, Herron AJ, Moore DD, Fu LN: *Disrupting circadian homeostasis of sympathetic signaling promotes tumor development in mice*. *PloS One* 2010, 5:e10995.

Stevens, Richard G. "Testing the Light-at-Night (LAN) Theory for Breast Cancer Causation". *Chronobiology International: The Journal of Biological & Medical Rhythm Research* 28.8 (2011): 653-656