



HAL
open science

Impact de la lumière bleue sur la santé humaine

Julie Noël

► **To cite this version:**

Julie Noël. Impact de la lumière bleue sur la santé humaine. Sciences pharmaceutiques. 2022. hal-04042671

HAL Id: hal-04042671

<https://hal.univ-lorraine.fr/hal-04042671v1>

Submitted on 23 Mar 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



**UNIVERSITÉ
DE LORRAINE**

**BIBLIOTHÈQUES
UNIVERSITAIRES**

AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact bibliothèque : ddoc-thesesexercice-contact@univ-lorraine.fr
(Cette adresse ne permet pas de contacter les auteurs)

LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10

http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php

<http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm>



UNIVERSITÉ
DE LORRAINE



FACULTÉ
DE PHARMACIE

UNIVERSITE DE LORRAINE
2022

FACULTE DE PHARMACIE

T H E S E

Présentée et soutenue publiquement

Le jeudi 12 mai 2022, sur un sujet dédié à :

IMPACT DE LA LUMIERE BLEUE SUR LA SANTE HUMAINE

pour obtenir

le Diplôme d'Etat de Docteur en Pharmacie

par Julie NOEL
né(e) le 13 Mars 1994

Membres du Jury

Président : M. Joël DUCOURNEAU, Professeur des universités

Juges : Mme Virginie PICHON, Maître de conférences
Mme Sophie PINEL, Pharmacien et Maître de conférences
Mme Sophie BIDEAUX, Pharmacien

**UNIVERSITÉ DE LORRAINE
FACULTÉ DE PHARMACIE
Année universitaire 2021-2022**

DOYEN

Raphaël DUVAL

Vice-Doyen

Julien PERRIN

Directrice des études

Marie SOCHA

Conseil de la Pédagogie

Présidente, Brigitte LEININGER-MULLER

Vice-Présidente, Alexandrine LAMBERT

Collège d'Enseignement Pharmaceutique Hospitalier

Présidente, Béatrice DEMORE

Commission Prospective Facultaire

Président, Igor CLAROT

Vice-Président, Raphaël DUVAL

Commission de la Recherche

Présidente, Caroline GAUCHER

Chargés de Mission

Communication

Innovation pédagogique

Référente ADE

Référente dotation sur projet (DSP)

Référent vie associative

Aline BONTEMPS

Alexandrine LAMBERT

Virginie PICHON

Marie-Paule SAUDER

Arnaud PALLOTTA

Responsabilités

Filière Officine

Filière Industrie

Filière Hôpital

Pharma Plus ENSIC

Pharma Plus ENSAIA

Pharma Plus ENSGSI

Cellule de Formation Continue et Individuelle

Commission d'agrément des maîtres de stage

ERASMUS

Caroline PERRIN-SARRADO

Julien GRAVOULET

Isabelle LARTAUD,

Jean-Bernard REGNOUF de VAINS

Béatrice DEMORE

Marie SOCHA

Jean-Bernard REGNOUF de VAINS

Xavier BELLANGER

Igor CLAROT

Luc FERRARI

François DUPUIS

Mihayl VARBANOV

DOYENS HONORAIRES

Chantal FINANCE

Francine PAULUS

Claude VIGNERON

PROFESSEURS EMERITES

Pierre LEROY

Philippe MAINCENT

Claude VIGNERON

PROFESSEURS HONORAIRES

MAITRES DE CONFERENCES HONORAIRES

Jean-Claude BLOCK
 Pierre DIXNEUF
 Chantal FINANCE
 Marie-Madeleine GALTEAU
 Thérèse GIRARD
 Pierre LABRUDE
 Vincent LOPPINET
 Alain NICOLAS
 Janine SCHWARTZBROD
 Louis SCHWARTZBROD

Monique ALBERT
 Mariette BEAUD
 François BONNEAUX
 Gérard CATAU
 Jean-Claude CHEVIN
 Jocelyne COLLOMB
 Bernard DANGIEN
 Dominique DECOLIN
 Marie-Claude FUZELLIER
 Françoise HINZELIN
 Marie-Hélène LIVERTOUX
 Bernard MIGNOT
 Blandine MOREAU
 Dominique NOTTER
 Francine PAULUS
 Christine PERDICAKIS
 Marie-France POCHON
 Anne ROVEL
 Gabriel TROCKLE
 Maria WELLMAN-ROUSSEAU
 Colette ZINUTTI

ASSISTANTS HONORAIRES

Marie-Catherine BERTHE
 Annie PAVIS

ENSEIGNANTS

Section CNU
 *

Discipline d'enseignement

**PROFESSEURS DES UNIVERSITES - PRATICIENS
 HOSPITALIERS**

Danièle BENSOUSSAN-LEJZEROWICZ	82	<i>Thérapie cellulaire</i>
Béatrice DEMORE	81	<i>Pharmacie clinique</i>
Alexandre HARLE	82	<i>Biologie cellulaire oncologique</i>
Jean-Louis MERLIN	82	<i>Biologie cellulaire</i>
Jean-Michel SIMON	81	<i>Economie de la santé, Législation pharmaceutique</i>
Nathalie THILLY	81	<i>Santé publique et Epidémiologie</i>

PROFESSEURS DES UNIVERSITES

Ariane BOUDIER	85	<i>Chimie Physique</i>
Christine CAPDEVILLE-ATKINSON	86	<i>Pharmacologie</i>
Igor CLAROT	85	<i>Chimie analytique</i>
Joël DUCOURNEAU	85	<i>Biophysique, Acoustique, Audioprothèse</i>
Raphaël DUVAL	87	<i>Microbiologie clinique</i>
Béatrice FAIVRE	87	<i>Hématologie, Biologie cellulaire</i>
Luc FERRARI	86	<i>Toxicologie</i>
Pascale FRIANT-MICHEL	85	<i>Mathématiques, Physique</i>
Christophe GANTZER	87	<i>Microbiologie</i>
Frédéric JORAND	87	<i>Eau, Santé, Environnement</i>
Isabelle LARTAUD	86	<i>Pharmacologie</i>
Dominique LAURAIN-MATTAR	86	<i>Pharmacognosie</i>
Brigitte LEININGER-MULLER	87	<i>Biochimie</i>
Jean-Bernard REGNOUF de VAINS	86	<i>Chimie thérapeutique</i>
Anne SAPIN-MINET	85	<i>Pharmacie galénique</i>
Bertrand RIHN	87	<i>Biochimie, Biologie moléculaire</i>

**MAITRES DE CONFÉRENCES DES UNIVERSITÉS - PRATICIENS
HOSPITALIERS**

Caroline LAROYE	82	Biothérapie
Julien PERRIN	82	Hématologie biologique
Loïc REPEL	82	Biothérapie
Marie SOCHA	81	Pharmacie clinique, thérapeutique et biotechnique

MAITRES DE CONFÉRENCES

Xavier BELLANGER ^H	87	Parasitologie, Mycologie médicale
Emmanuelle BENOIT ^H	86	Communication et Santé
Isabelle BERTRAND ^H	87	Microbiologie
Michel BOISBRUN ^H	86	Chimie thérapeutique
Cédric BOURA ^H	86	Physiologie
Sandrine CAPIZZI	87	Parasitologie
Antoine CAROF	85	Informatique
Frédérique CHANGEY	87	Microbiologie
Sébastien DADE	85	Bio-informatique
Natacha DREUMONT ^H	87	Biochimie générale, Biochimie clinique
Florence DUMARCAÏ ^H	86	Chimie thérapeutique
François DUPUIS ^H	86	Pharmacologie
Reine EL OMAR	86	Physiologie
Adil FAIZ	85	Biophysique, Acoustique
Anthony GANDIN	87	Mycologie, Botanique
Caroline GAUCHER ^H	86	Chimie physique, Pharmacologie
Stéphane GIBAUD ^H	86	Pharmacie clinique
Jérémy GOUYON	85	Chimie analytique
Thierry HUMBERT	86	Chimie organique
Olivier JOUBERT ^H	86	Toxicologie, Sécurité sanitaire
Alexandrine LAMBERT	85	Informatique, Biostatistiques
Julie LEONHARD ^H	86/01	Droit en Santé
Balbine MAILLOU	85	Biophysique, Acoustique, Audioprothèse
Christophe MERLIN ^H	87	Microbiologie environnementale
Maxime MOURER ^H	86	Chimie organique
Coumba NDIAYE	86	Epidémiologie et Santé publique
Arnaud PALLOTTA	85	Bioanalyse du médicament
Marianne PARENT	85	Pharmacie galénique
Caroline PERRIN-SARRADO	86	Pharmacologie
Virginie PICHON	85	Biophysique
Sophie PINEL ^H	85	Informatique en Santé (e-santé)
Marie-Paule SAUDER	87	Mycologie, Botanique
Guillaume SAUTREY	85	Chimie analytique
Rosella SPINA	86	Pharmacognosie
Sabrina TOUCHET	86	Pharmacochimie
Mihayl VARBANOV	87	Immuno-Virologie
Marie-Noëlle VAULTIER ^H	87	Mycologie, Botanique
Emilie VELOT ^H	86	Physiologie-Physiopathologie humaines
Mohamed ZAIYOU ^H	87	Biochimie et Biologie moléculaire

PROFESSEUR ASSOCIE

Julien GRAVOULET 86 Pharmacie clinique

MAITRE DE CONFÉRENCE ASSOCIE

Pauline GILSON 82 Biologie cellulaire oncologique

PROFESSEUR AGREGE

Christophe COCHAUD 11 Anglais

^H Maître de conférences titulaire HDR

* Disciplines du Conseil National des Universités :

80 : Personnels enseignants et hospitaliers de pharmacie en sciences physico-chimiques et ingénierie appliquée à la santé

81 : Personnels enseignants et hospitaliers de pharmacie en sciences du médicament et des autres produits de santé

82 : Personnels enseignants et hospitaliers de pharmacie en sciences biologiques, fondamentales et cliniques

85 ; Personnels enseignants-chercheurs de pharmacie en sciences physico-chimiques et ingénierie appliquée à la santé

86 : Personnels enseignants-chercheurs de pharmacie en sciences du médicament et des autres produits de santé

87 : Personnels enseignants-chercheurs de pharmacie en sciences biologiques, fondamentales et cliniques

11 : Professeur agrégé de lettres et sciences humaines en langues et littératures anglaises et anglo-saxonnes

SERMENT DE GALIEN

En présence des Maitres de la Faculté, je fais le serment :

D'honorer ceux qui m'ont instruit(e) dans les préceptes de mon art et de leur témoigner ma reconnaissance en restant fidèle aux principes qui m'ont été enseignés et d'actualiser mes connaissances

D'exercer, dans l'intérêt de la santé publique, ma profession avec conscience et de respecter non seulement la législation en vigueur, mais aussi les règles de Déontologie, de l'honneur, de la probité et du désintéressement ;

De ne jamais oublier ma responsabilité et mes devoirs envers la personne humaine et sa dignité

En aucun cas, je ne consentirai à utiliser mes connaissances et mon état pour corrompre les mœurs et favoriser des actes criminels.

De ne dévoiler à personne les secrets qui m'auraient été confiés ou dont j'aurais eu connaissance dans l'exercice de ma profession

De faire preuve de loyauté et de solidarité envers mes collègues pharmaciens

De coopérer avec les autres professionnels de santé

Que les Hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses.

Que je sois couvert(e) d'opprobre et méprisé(e) de mes confrères si j'y manque.

« LA FACULTE N'ENTEND DONNER
AUCUNE APPROBATION, NI
IMPROBATION AUX OPINIONS
EMISES DANS LES THESES, CES
OPINIONS DOIVENT ETRE
CONSIDEREES COMME PROPRES A
LEUR AUTEUR »

Remerciements

Aux membres du jury :

Monsieur Joël Ducourneau

Pour m'avoir fait l'honneur d'accepter de devenir le président de cette thèse.

Pour avoir accepté de vous intéresser à ce sujet pourtant si particulier.

Veillez recevoir toute ma gratitude et mon plus grand respect.

Madame Virginie Pichon

Pour avoir accepté de m'accompagner durant ce long périple, et devenir la directrice de cette thèse. Vos conseils et votre avis ont été très précieux, chacun de nos échanges et de nos entrevues ont été bénéfiques, et pour cela, veuillez recevoir mon respect et mes remerciements les plus sincères.

Madame Sophie Bideaux

Pour avoir accepté de faire partie du jury de cette thèse, et bien plus.

Pour m'avoir accompagnée dans mes débuts de jeune pharmacien, grâce à vous j'ai énormément appris. Notre confiance mutuelle était très précieuse et me manquera beaucoup.

Veillez recevoir ma plus grande reconnaissance.

Madame Sophie Pinel

Pour avoir accepté de faire partie de ce jury. J'admire votre polyvalence et vos compétences.

Je me souviendrai toujours de vos enseignements et notamment de vos retours d'expérience, si précieux pour notre formation. Recevez mes plus sincères remerciements pour tout cela.

Aux équipes officinales qui m'ont accueillie :

La pharmacie d'Haroué

À Marie-Thérèse Henry, je n'oublierai jamais le rôle que vous avez joué dans mes études. Vous m'avez offert une place dans votre vie pendant les quelques périodes où j'ai pu travailler avec vous. Vous m'avez beaucoup appris et je vous en remercie infiniment, ainsi que votre équipe.

La pharmacie Ratinet

Pour m'avoir accueillie pour mon stage de sixième année. Merci à Mégane et Maxime, avec qui j'ai passé tant de bons moments. Merci à Madame Ratinet pour sa bienveillance.

Merci à Monsieur Ratinet, pour m'avoir tant appris, je n'ai jamais connu de pharmacien aussi passionné par son métier. Je vous remercie infiniment pour votre implication.

La pharmacie Bideaux

À Sophie Bideaux pour m'avoir immédiatement accordé sa confiance, pour m'avoir appris tant de choses aussi bien sur le plan professionnel que personnel. Pour votre reconnaissance qui m'as permis d'avoir confiance en moi.

A Mathieu, Carla, Marion, Nicolas, pour avoir été de super collègues avec qui j'ai bien ri !

À la faculté de pharmacie

Pour m'avoir aidée à réaliser mon rêve de petite fille, devenir pharmacien !

À mes amis :

À Thomas,

Avec qui j'ai passé tant de bons moments, même si nous ne nous voyons plus très souvent, tu gardes une place précieuse dans mon cœur.

À Isabelle,

Pour avoir été mon binôme durant ces longues études, depuis le lycée jusqu'à la faculté ! Merci d'avoir été là pour moi durant ces années même dans les moments les plus difficiles.

À Soazig,

Une belle rencontre tardive dans mon cursus, merci de m'avoir aidé à m'intégrer dans ma nouvelle promotion pour mes dernières années à la faculté ! (Et merci pour Missa).

À Laura et Fabien,

Pour être devenus nos amis, sur qui je peux compter.

Merci à Laura, d'être devenue ma meilleure amie, notre relation est très précieuse pour moi.

Merci d'avoir corrigé ce manuscrit, je te dois beaucoup, et les lecteurs de cette thèse aussi !

À ma Famille :

À mon grand frère Dany,

Pour m'avoir aidée à devenir celle que je suis, pour m'avoir donné tant de force depuis toute petite, je suis fière de l'homme que tu es devenu. Merci d'être là.

À ma petite sœur Clémentine,

Un de mes plus beaux cadeaux, notre complicité est unique et inégalable. Tu es devenue une jeune femme déterminée, je suis fière de toi. Merci à toi d'être toujours là pour moi.

À Missa

Mon chat, pour avoir été là à chaque instant de la rédaction de cette thèse, au moment même où j'écris ces lignes tu es auprès de moi, comme toujours. La dernière figure de cette thèse est pour toi !

À ma Maman, Françoise

Pour avoir été une mère extraordinaire. Pour t'être toujours battue pour tes enfants malgré les obstacles que la vie a mis sur notre chemin.

Merci d'être si fière de moi, et d'avoir toujours été là, à chaque instant, sans exception.

Et merci à Nicolas, de nous avoir inclus dans ta vie et de prendre soin de ma maman.

À Mon Papa, Luc

Pour m'avoir donné la force et la détermination qui me caractérise.

Pour m'avoir appris à me surpasser pour te rendre fier.

Pour m'avoir donné l'idée de devenir pharmacien à l'âge de 11 ans.

Je ne serai jamais arrivée là sans toi. Tu me manques énormément, et je suis certaine que tu es tellement fier de moi depuis là où tu es.

Je te dédie cette thèse.

À Rémi

La plus belle rencontre de ma vie. Notre histoire est l'une de mes plus grandes fiertés.

Merci de m'avoir soutenue pendant toutes ces années d'études, sur tous les plans.

Merci de m'avoir écoutée pendant des milliers d'heures à t'expliquer mes cours et m'avoir aidé à réviser ! Je n'aurai jamais pu en arriver là sans ton soutien.

Merci d'avoir toujours été présent, dans les bons moments comme dans les plus difficiles.

Je t'aime tellement.

Table des matières

Introduction	1
Chapitre 1 : La lumière bleue	3
A. Qu'est-ce que la lumière bleue	3
I. Préambule : état des connaissances sur la lumière bleue dans la population.	3
II. Définitions	5
a. Lumière bleue	5
b. LED (ou DEL en Français)	7
c. Température de couleur (T) (en Kelvin (K))	7
d. Photométrie : Candela, Lux, Lumen : les différentes unités de mesure	8
III. Les sources de lumière bleue	10
a. Sources naturelles	10
b. Sources artificielles	11
1. Eclairages à LED	12
2. Rétro-éclairages à LED : les écrans	14
3. Appareils de luminothérapie	16
4. Notion de pollution lumineuse	17
B. Effets physiologiques de la lumière bleue	18
I. Synchronisation du rythme circadien	18
a. Le rôle essentiel de la mélatonine	18
b. Effet de la lumière bleue sur la sécrétion physiologique de mélatonine	19
II. Effets sur l'humeur : « Déprime saisonnière » ou « troubles affectifs saisonniers (TAS) »	20
III. Effets sur la vigilance et les performances cognitives : l'exemple du travail posté	21
Chapitre 2 : Effets néfastes de la lumière bleue sur la santé humaine	23
A. Effets sur le sommeil	23
I. Sommeil physiologique	23
II. Insomnies	25
a. Suppression de la mélatonine par la lumière bleue	25
b. Troubles de l'endormissement	26
1. Syndrome de retard de phase (SRP)	27
2. Syndrome d'avance de phase	28
3. Décalage horaire	28

c.	Qualité et durée du sommeil	29
III.	Cas des personnes âgées : les conséquences du vieillissement	31
IV.	Exemple du travail posté	33
B.	Effets oculaires	34
I.	Anatomie de l'œil	34
II.	Risque rétinien	36
a.	Effets de la lumière bleue sur la rétine	36
b.	Dégénérescence maculaire liée à l'âge (DMLA)	39
c.	Conclusion sur le risque rétinien	40
III.	Cataracte	41
IV.	Fatigue visuelle ou Asthénopie	42
V.	Syndrome de l'œil sec	43
VI.	Myopie	44
C.	Autres effets possibles	45
I.	Effets sur la peau	45
II.	Risque de cancer	47
III.	Autres risques	49
D.	Populations particulières : personnes à risque.	50
I.	Effets de la lumière bleue sur les enfants (avant 20 ans)	50
II.	Personnes aphakes ou pseudo-aphakes	53
III.	Femmes enceintes	54
IV.	Travailleurs de nuit	55
E.	Exemple de la Covid-19	56
I.	Contexte	56
II.	Effets du confinement et du télétravail	57
a.	Manque d'exposition à la lumière du jour	57
b.	Surexposition aux écrans et aux éclairages domestiques le soir	58
III.	Troubles du sommeil engendrés	58
Chapitre 3 : Les solutions : comment conseiller mon patient ?		60
A.	Règles de vie quotidienne	60
I.	S'exposer à la lumière du jour	60
II.	Se préparer correctement au sommeil	61
a.	Consignes générales	61
b.	Dormir dans le noir	62
c.	Le bon choix des éclairages domestiques	62

d.	Diminution des écrans le soir	65
B.	Verres « anti-lumière bleue »	66
I.	Analyse du sujet	66
II.	Efficacité	67
III.	Conclusion sur les lunettes et les verres anti-lumière bleue	70
C.	Applications/technologies : « Night shift » ou « mode nuit »	71
D.	Luminothérapie	72
E.	Mélatonine exogène	73
I.	La mélatonine comme médicament	73
II.	La mélatonine comme complément alimentaire	74
III.	Dans quels cas : les questions à poser au patient	74
a.	En cas de troubles de l'endormissement	76
b.	En cas de difficulté de maintien du sommeil	78
IV.	Précautions d'emploi et effets indésirables	79
a.	Précautions d'emploi	79
b.	Interactions médicamenteuses	80
c.	Nutrivigilance : pour les compléments alimentaires	81
d.	Pharmacovigilance : pour les médicaments (Circadin® et Slenyto®)	81
e.	Résumé des précautions d'emploi relatives à la mélatonine	82
	Conclusion	83
	Bibliographie	85

Table des Illustrations

FIGURE 1 : EVOLUTION DE LA CONNAISSANCE DE LA LUMIERE BLEUE SELON LES AGES.....	4
FIGURE 2 : CONNAISSANCES DE LA POPULATION SUR LES EFFETS DE LA LUMIERE BLEUE.....	4
FIGURE 3 : (A) SPECTRE ELECTROMAGNETIQUE.....	6
FIGURE 5 : SPECTRE D'UNE LAMPE LED AVEC UNE TEMPERATURE DE COULEUR DE 6000°K, DITE "LUMIERE DU JOUR"	7
FIGURE 4 : SPECTRE D'UNE LAMPE LED AVEC UNE TEMPERATURE DE COULEUR DE 2700°K DITE "LUMIERE CHAUDE"	7
FIGURE 6 : ILLUSTRATION DES UNITES DE MESURE EN PHOTOMETRIE	8
FIGURE 7 : COMPARAISON DES DIFFERENTS SPECTRES D'UNE LAMPE LED BLANCHE, D'UNE LAMPE FLUORESCENTE (NEON) ET D'UNE LAMPE A INCANDESCENCE.	13
FIGURE 8 : TEMPS MOYEN PASSE DEVANT LES ECRANS. SONDAGE OPINIONWAY POUR ASNAV, AVRIL 2019	15
FIGURE 10 : PARIS DE NUIT : IMAGES DU SATELLITE SUOMI NPP EN 2012 (SITE : EARTHOBSEVATORY.NASA.GOV)	17
FIGURE 9 : LUMIERES DE VILLES D'AFRIQUE, D'EUROPE ET DU MOYEN-ORIENT, IMAGES DU SATELLITE SUOMI NPP EN 2012 (SITE : EARTHOBSEVATORY.NASA.GOV)	17
FIGURE 11 : TAUX SALIVAIRE DE MELATONINE EN FONCTION DE L'EXPOSITION LUMINEUSE A 6500 K, 2500 K ET 3000 K (PHASE D'ILLUMINATION CORRESPONDANT A LA PARTIE GRISE)	22
FIGURE 12 : APERÇU DU PSQI (SOURCE HTTPS://WWW.SLIDESHARE.NET)	30
FIGURE 13 : STRUCTURE INTERNE DE L'ŒIL (COUPE SAGITTALE) D'APRES « ANATOMIE ET PHYSIOLOGIE HUMAINES », MARIEB.	34
FIGURE 14 : CELLULES DE LA PARTIE NERVEUSE DE LA RETINE, D'APRES « ANATOMIE ET PHYSIOLOGIE HUMAINES », MARIEB.....	35
FIGURE 15 : DANGER POUR LA RETINE EN FONCTION DE LA LONGUEUR D'ONDE. D'APRÈS O'HAGAN ET AL. "LOW-ENERGY LIGHT BULBS, COMPUTERS, TABLETS AND THE BLUE LIGHT HAZARD"	37
FIGURE 16 : COMPARAISON DU TEMPS PASSE DEVANT LES ECRANS EN FONCTION DES TRANCHES D'AGE.....	52
FIGURE 17 : « EFFETS DE LA LUMIERE SUR LES HEURES DE COUCHER ET DE LEVER » ET « LE SOMMEIL ET LES COMPORTEMENTS AVANT ET PENDANT LE CONFINEMENT ». D'APRES HARTLEY ET AL. « EFFETS DE CONFINEMENT SARS-CoV-2 SUR LE SOMMEIL : ENQUETE EN LIGNE AU COURS DE LA QUATRIEME SEMAINE DE CONFINEMENT »	59
FIGURE 18 : TABLEAU ISSU D'UN RAPPORT COMPLEMENTAIRE DE L'INRS (CEI/TR 62778, AFNOR 2014)	63
FIGURE 19: EQUILIBRE ENTRE ECLAIREMENT ET TEMPERATURE DE COULEUR : DIAGRAMME DE KRUIHOF (INRS)	64
FIGURE 20 : COMPARAISON ENTRE L'IMAGE D'UN ECRAN CLASSIQUE (A GAUCHE) ET L'IMAGE D'UN ECRAN AVEC LE "MODE NUIT" OU "NIGHT SHIFT" ACTIVE (A DROITE). SOURCE : PHOTO PERSONNELLE.....	71

Liste des abréviations

ADN : Acide désoxyribonucléique

AMOLED : Active Matrix Organic Light Emitting Diode (ou matrice active à diodes électroluminescentes organiques)

ANSES : Agence Nationale de Sécurité Sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail

ASNAV : Association Nationale pour l'Amélioration de la Vue

CES : Comité d'Experts Spécialisé

CGM : Cellules Ganglionnaires à Mélanopsine

CIRC : Centre International de Recherche sur le Cancer

COVID : Coronavirus Disease (ou maladie à coronavirus)

CNRS : Centre National de la Recherche Scientifique

CRAT : Centre de Référence sur les Agents Tératogènes

DGCCRF : Direction Générale de la Concurrence de la Consommation et de la Répression des Fraudes

DMLA : Dégénérescence Maculaire Liée à l'Age

EFSA : European Food Safety Authority (ou Autorité européenne de sécurité des aliments)

ERO : Espèces Réactives de l'Oxygène

HAS : Haute Autorité de Santé

HER2 : Human Epidermal growth factor Receptor-2 (ou récepteur pour les facteurs de croissance épidermiques humains)

HTA : Hypertension Artérielle

INCIRP : International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ou Commission internationale de protection contre les rayonnements non ionisants)

LCD : Liquid Crystal Display (ou écran à cristaux liquides)

LED (ou DEL) : Light Emitting Diode (ou Diode Electroluminescente)

NF : Norme Française

OLED : Organic Light Emitting Diode (ou diode électroluminescente organique)

REM : Rapid Eye Movement (ou mouvement oculaire rapide)

PQSI : Pittsburgh Sleep Quality Index (ou Index de Qualité du Sommeil de Pittsburgh)

SRP : Syndrome de Retard de Phase

TAS : Troubles Affectifs Saisonniers

TSA : Troubles du Spectre Autistique

UV (A et B) : Ultraviolet A et B

VEGF : Vascular Endothelial Growth Factor (ou Facteur de croissance de l'endothélium vasculaire)

VLE : Valeurs Limites d'Exposition

Introduction

Aujourd'hui, dans nos pays industrialisés, qui peut prétendre ne pas être exposé à la lumière bleue artificielle ? Cette lumière émise majoritairement par les LED, particulièrement dans les écrans, est omniprésente dans notre quotidien, en plus de la lumière naturelle du soleil.

Pensez tout simplement à une journée classique, où vous fixez un écran au moins quelques heures par jour : que cela soit au travail sur un ordinateur, devant la télévision en rentrant le soir ou sur votre smartphone, pire ennemi de votre sommeil et pourtant amené parfois dans votre lit. Les générations futures naissent dans cet océan d'écrans et de lumière bleue, mais cela est-il sans conséquences ? Sommes-nous faits pour vivre constamment entourés de lumière y compris la nuit ?

Nous allons donc poser la question de **l'impact de cette lumière bleue sur notre santé** : sur nos rythmes circadiens, et surtout le sommeil ; mais aussi les effets oculaires et notamment les risques de survenue de DMLA.

N'avez-vous jamais vous-même ressenti des désagréments suite à une exposition trop prolongée à la lumière bleue des écrans : maux de tête, fatigue visuelle, difficulté d'endormissement ?

Nous étudierons d'une manière générale les effets de la lumière bleue, et plus particulièrement la nuit, sur notre organisme et notre physiologie. Nous chercherons à savoir quels sont les effets observés ces dernières années suite à l'avènement des nouvelles technologies et la pollution lumineuse amenée par l'éclairage artificiel excessif.

Mais alors, comment peut-on se protéger des éventuels risques de la lumière bleue artificielle ? Nous parlerons des solutions, efficaces ou superflues, en abordant notamment la question des filtres anti-lumière bleue, de la luminothérapie et de l'utilisation de mélatonine pour corriger certains troubles du sommeil. Les solutions proposées passent aussi par de simples modifications de nos habitudes de vie pour limiter l'exposition, mais surtout respecter notre physiologie.

La lumière bleue est naturellement émise par le soleil et bénéfique pour notre horloge biologique interne. Elle permet de synchroniser notre rythme jour/nuit, de façon à être en éveil le jour et en sommeil la nuit, et cela depuis que la vie sur terre existe. En quelques années, d'autres sources de lumière bleue sont nées : les sources artificielles, qui risquent de dérégler cette horloge interne, notamment en illuminant nos nuits. De plus, l'exposition prolongée à cette lumière bleue hautement énergétique pourrait conduire à des lésions notamment oculaires. Cette recherche fait état des connaissances actuelles sur l'impact de la lumière bleue sur la santé humaine, en passant par les effets bénéfiques pour aller jusqu'au effets néfastes, mais aussi et surtout pour arriver aux solutions.

En tant que pharmaciens d'officine, nous devons nous tenir au courant de ce phénomène face à des plaintes de plus en plus fréquentes de nos patients en recherche de solutions pour améliorer leur sommeil, mais aussi assurer notre devoir de prévention sur les risques qui émergent face à ces écrans omniprésents. En ces temps de pandémie de Covid-19, ces demandes sont croissantes face aux nouvelles habitudes de travail à distance par le biais des écrans, mais aussi face aux dérèglements de l'horloge interne engendrés par les confinements. Cette recherche a pour ambition de donner les clés au pharmacien d'officine pour répondre aux questions des patients sur les effets et les solutions possibles face à la lumière bleue.

Chapitre 1 : La lumière bleue

A. Qu'est-ce que la lumière bleue

Pour commencer, nous allons définir le terme de « lumière bleue » que nous utiliserons tout au long de ce travail. Nous allons également expliquer quelques termes qui seront utilisés dans les parties suivantes.

Ensuite nous détaillerons les différentes sources existantes de lumière bleue.

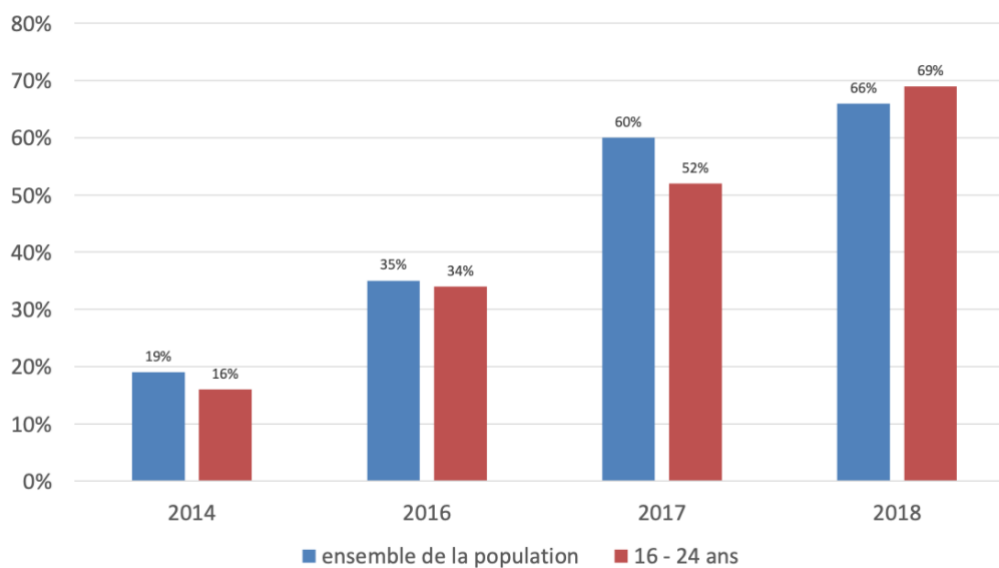
Mais tout d'abord, commençons par un petit préambule intéressant sur l'état des connaissances sur la lumière bleue dans la population générale.

I. Préambule : état des connaissances sur la lumière bleue dans la population.

L'association nationale pour l'amélioration de la vue (AsnaV) a sondé les connaissances avec Opinionway sur la population générale au sujet de la lumière bleue à l'aide de ses récurrents baromètres de la santé visuelle (1). Certains de ces sondages se sont révélés très utiles pour nous permettre de savoir quelles sont les connaissances et les idées reçues des Français au sujet de la lumière bleue.

Voici quelques résultats de ce sondage (figures 1 et 2) :

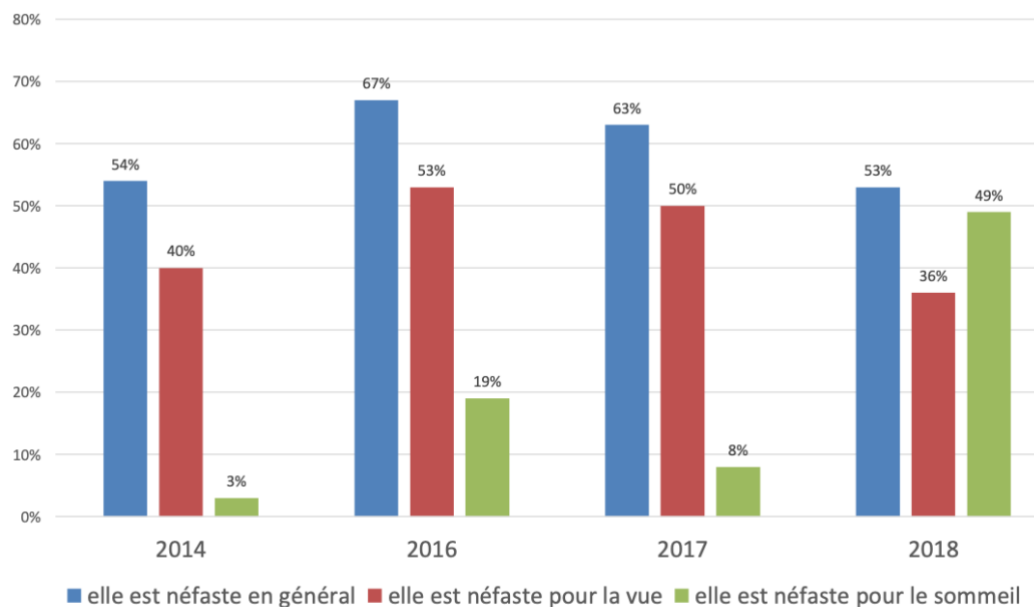
Connaissance de la lumière bleue



Baromètres de la santé visuelle AsnaV – OpinionWay

Figure 1 : Evolution de la connaissance de la lumière bleue selon les âges.

Evaluation de ses effets



Baromètres de la santé visuelle AsnaV – OpinionWay

Figure 2 : Connaissances de la population sur les effets de la lumière bleue.

Nous constatons sur ces graphiques que la connaissance de la lumière bleue est de plus en plus importante au fur et à mesure des années, aujourd'hui les jeunes (16-24 ans) sont même plus informés que la population générale, ce qui témoigne de l'implication de la nouvelle génération dans les nouvelles technologies.

Il s'agit donc bel et bien d'un sujet d'actualité. Cependant, il y a encore sans doute une bonne partie de la population qui n'est pas assez informée de l'existence et des conséquences de cette lumière bleue.

En effet, parmi les personnes interrogées, peu de gens connaissent réellement les effets engendrés. Avant 2018, seuls très peu de gens soupçonnaient que la lumière bleue pouvait avoir des effets négatifs sur le sommeil, pourtant si importants. De plus, une grande majorité de la population sondée pense que la lumière bleue est nocive en général, alors qu'elle possède aussi des propriétés bénéfiques lorsqu'elle est utilisée à bon escient. L'information de la population et la prévention est donc primordiale.

II. Définitions

a. Lumière bleue

Lorsqu'on parle de lumière bleue, il s'agit d'une partie du spectre lumineux visible (longueurs d'onde comprises entre 400 et 780nm), située entre 400 nm et 500 nm (voir figure 3). En dessous de 400 nm, nous sortons du visible et entrons dans le domaine des ultraviolets (2). Plus la longueur d'onde sera faible, plus la lumière visible sera d'un bleu dit « profond » ou bleu-violet (400 à 460 nm). Pour des longueurs d'onde un peu plus élevées (proches de 500 nm), on parlera plutôt de bleu turquoise (460-500 nm). La proportion de lumière bleue est plus ou moins importante dans une source lumineuse, c'est elle qui va donner à la lumière son caractère « blanc froid » dit « lumière du jour ».

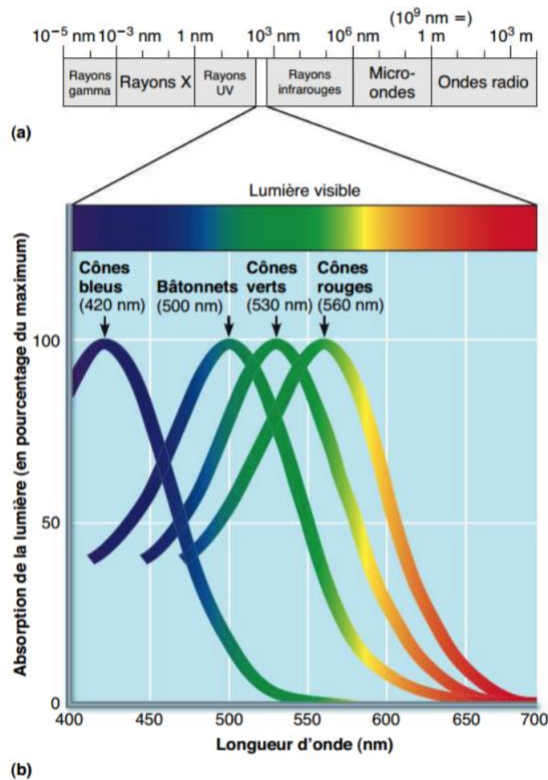


Figure 3 : (a) Spectre électromagnétique

(b) sensibilité des bâtonnets et des cônes au différentes longueurs d'onde du visible

D'après « Anatomie et physiologie humaines », Marieb (2)

Plus nous allons vers un bleu profond, plus l'énergie est importante. En effet l'énergie d'un photon est inversement proportionnelle à sa longueur d'onde :

Selon la relation de Planck : $E = h \frac{c}{\lambda}$

E = Energie en Joules (J)

h = $6,626 \times 10^{-34}$ J.s (constante de Planck)

c = vitesse de la lumière dans le vide soit $3,00 \cdot 10^8$ m/s

λ = longueur d'onde (m)

Nous pouvons donc prétendre que les longueurs d'onde les plus à risques sont celles plus proche de l'ultraviolet (bleu profond ou bleu-violet), car elles sont les plus énergétiques : on parlera de la bande « phototoxique » située entre 400 nm et 460 nm. D'autre part, on utilisera le terme de « bande mélanopique » pour des longueurs d'onde situées entre 460 et 490 nm (bleu turquoise) (3), notamment pour son implication sur la régulation des rythmes circadiens. C'est en effet entre 460 et 490 nm que l'influence sur les cycles biologiques est maximale (4).

b. LED (ou DEL en Français)

C'est l'abréviation de Light Emitting Diode. Il s'agit d'une diode électroluminescente (5). Elle s'appuie sur la polarisation d'un semi-conducteur par une tension, émettant ainsi des photons. Le rayonnement obtenu est quasiment monochromatique. Le plus souvent, la « lumière blanche » obtenue résulte du couplage entre une LED bleue et un phosphore jaune. D'où la forte proportion de lumière bleue dans ce système d'éclairage (6).

OLED : LED organique, ce sont des semi-conducteurs contenant oxygène, carbone, hydrogène et atomes d'azote, d'où le terme de LED organiques. Cette technologie est majoritairement utilisée dans les écrans (3).

c. Température de couleur (T) (en Kelvin (K))

Elle donne la teinte d'une lumière blanche. Plus la température de couleur est élevée, plus le blanc est dit « froid » et la couleur perçue tire vers le bleu ($T > 6000$ K). Si la température de couleur est plus faible, le blanc est dit « chaud » et donne une couleur plutôt dans les tons jaunes ($T < 3000$ K) (3).

Attention aux confusions : plus la température augmente plus la couleur est froide !

En effet, plus la lumière a une température de couleur élevée, plus la proportion de lumière bleue est importante, comme nous le montrent ces spectres lumineux de 2 lampes LED (voir figures 4 et 5) (7), l'une en « lumière du jour » à 6000 K et l'une en « lumière chaude » à 2700K. On peut clairement voir que la lampe à 6000 K émet en majorité dans la lumière bleue par rapport à la lampe à 2700 K.

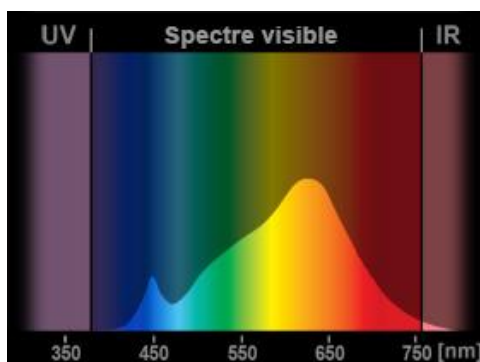


Figure 5 : Spectre d'une lampe LED avec une température de couleur de 2700°K dite "lumière chaude"

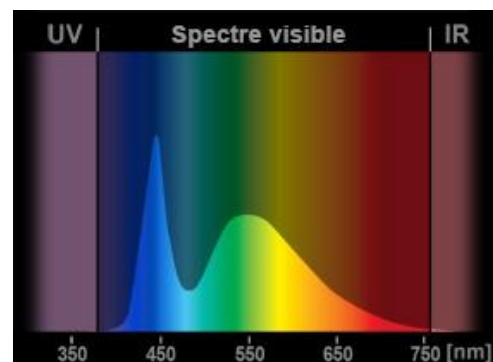
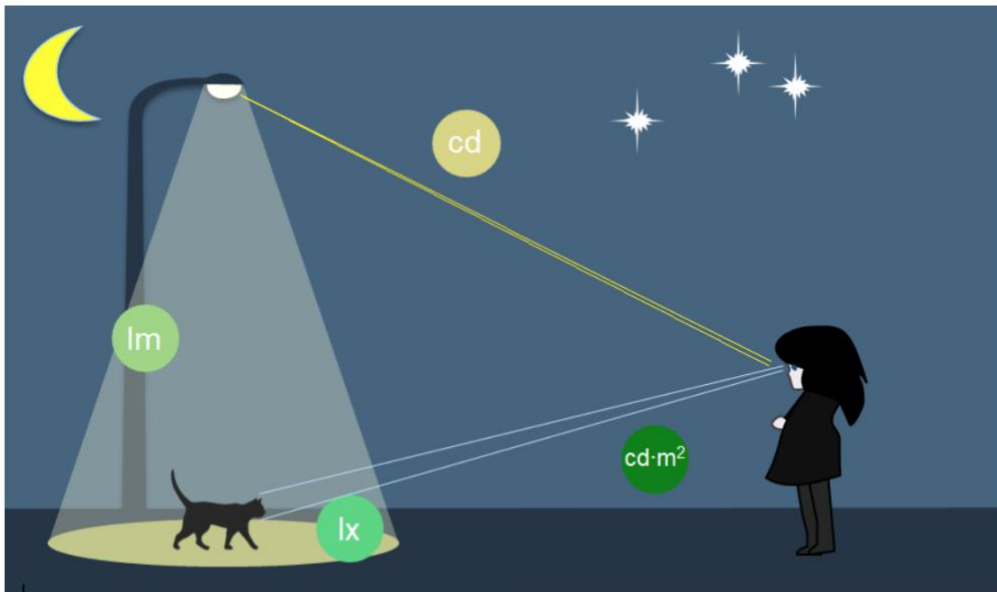


Figure 4 : Spectre d'une lampe LED avec une température de couleur de 6000°K, dite "lumière du jour"

d. Photométrie : Candela, Lux, Lumen : les différentes unités de mesure



Grandeurs et unités en photométrie. La candela (cd) pour la mesure de l'intensité lumineuse ; le lux (lx) qui caractérise l'éclairement lumineux ; et le lumen (lm) pour la mesure du flux lumineux

*Figure 6 : Illustration des unités de mesure en photométrie
(source : LNE, Laboratoire national de métrologie et d'essais)(8)*

Intensité lumineuse en candela (cd) :

L'intensité lumineuse est une unité du système international, elle se définit comme « l'intensité lumineuse, dans une direction donnée, d'une source qui émet un rayonnement monochromatique de fréquence 540.1012 hertz et dont l'intensité énergétique dans cette direction est 1/683 watt par stéradian. » (8) Autrement dit, on parle ici de la perception lumineuse par l'œil humain d'une source de lumière (voir figure 6). De cette grandeur sont nées le lux et le lumen.

La luminance définit l'éclat d'une lumière, en cd/m^2 , on parle ici d'un point précis tel qu'un pixel et non d'une surface telle qu'un écran. Il s'agit encore une fois d'une perception lumineuse que l'on peut associer à la luminosité (voir figure 6) (9).

Flux lumineux en lumen (lm): Cette unité dérivée de la candela dans le système international caractérise le « flux lumineux émis dans 1 stéradian par une source ponctuelle uniforme placée au sommet de l'angle solide et ayant une intensité de 1 candela » (10). Elle repose également sur la perception par l'œil humain tout comme la candela (voir figure 6).

Eclairement (E) en lux (lx) :

Unité dérivée du système international également, c'est la quantité de lumière reçue sur une surface perpendiculaire à la source (comme illustré sur la figure 6). Il s'agit ainsi de la quantité de lumen reçue par unité de surface, soit pour 1 lux : 1 lumen par mètre carré (11).

Efficacité lumineuse en Lumen par Watt (lm/W): correspond au rendement énergétique d'une source lumineuse. L'efficacité lumineuse des LED est bien supérieure à celle des lampes halogènes ou fluo compactes (3).

III. Les sources de lumière bleue

Maintenant que nous savons à quoi correspond la lumière bleue, il est indispensable de savoir quelles en sont les sources, naturelles ou artificielles.

a. Sources naturelles

Le soleil représente la seule source de lumière naturelle arrivant sur la terre. La lune émet également de la lumière dans une moindre mesure (en tant que source secondaire reflétant la lumière du soleil), elle n'est pas réellement une source lumineuse. Le feu est également une source lumineuse, moins importante aujourd'hui, notamment utilisée par l'homme pour s'éclairer dans le passé, avant l'ère de l'électricité.

La lumière du jour est la première source de lumière bleue. Elle a un spectre continu et variable selon l'heure de la journée, la saison, l'ensoleillement ou encore la météo.

La diffusion de Rayleigh est le phénomène qui explique notamment la couleur du ciel en fonction de l'heure de la journée. Les particules présentes dans l'atmosphère étant nettement plus petites que la longueur d'onde du rayonnement solaire, cette lumière du soleil est diffusée dans l'atmosphère dans toutes les directions. Plus la longueur d'onde est faible, plus elle est diffusée, ce qui explique que le bleu est majoritairement diffusé, d'où la couleur bleue du ciel. Ainsi, lorsque le soleil se lève jusqu'à atteindre le zénith (où la terre est au plus près de ce dernier), la perception de la lumière solaire augmente jusqu'à son maximum. (12)(3)

Notre horloge interne est donc parfaitement adaptée à l'heure solaire. (13)(3)

Ainsi, la proportion de lumière bleue sera beaucoup plus importante quand le soleil est au Zénith, où la température de couleur avoisine les 6500K ce qui permet de nous maintenir en éveil, contre 4000K au crépuscule pour nous préparer au sommeil. Pour un temps couvert, la température de couleur sera un peu plus faible, située aux alentours de 5000K (3) car ce n'est plus la diffusion de Rayleigh qui s'applique mais la diffusion de Mie (la lumière ne traverse plus des particules d'air mais des gouttelettes d'eau).

Comme nous le verrons un peu plus tard, l'information de cette lumière naturelle parvient directement à notre cerveau afin de nous informer du moment de la journée : il va donc permettre de maintenir un rythme veille sommeil physiologique. Nous devons respecter au mieux cette source naturelle de lumière afin d'éviter tout dérèglement de notre horloge interne.

b. Sources artificielles

De nos jours et dans la société dans laquelle nous vivons, la place de l'éclairage artificiel est de plus en plus grande. Ceux-ci permettent de prolonger la journée et de continuer à être actif le soir même après le coucher du soleil. Cependant, cela nous envoie une information erronée de « lumière du jour », ne permettant pas de nous préparer au sommeil. Ces sources artificielles pourraient ainsi perturber plusieurs fonctions essentielles associées au rythme circadien.

Les sources artificielles de lumière bleue se sont multipliées ces dernières années, notamment par l'avènement des éclairages à LED, mais aussi et surtout par la multiplicité et l'omniprésence des écrans partout dans notre quotidien. Ces sources artificielles viennent donc s'ajouter à la lumière du jour, nous exposant beaucoup plus à la lumière bleue dans notre quotidien et à des moments de la journée qui ne correspondent pas à notre physiologie.

1. Eclairages à LED

Aujourd'hui, dans les pays industrialisés, les éclairages LED sont de plus en plus utilisés, que cela soit dans nos maisons, dans les villes, les objets du quotidien (dont les jouets pour enfants par exemple) ou encore les phares de voiture. Tous les industriels ou presque choisissent ce type d'éclairage. Ce choix s'explique par une économie d'énergie très importante, comparé aux systèmes d'éclairage utilisés auparavant.

Cette économie se justifie par une plus grande efficacité lumineuse (voir définition), notamment due à une plus grande proportion de lumière bleue dans son spectre lumineux.(3) C'est justement à cause de la forte proportion de lumière bleue dans les systèmes d'éclairage à LED que la prudence s'impose.

D'autre part, les éclairages LED ont de nombreux avantages de sécurité (14):

- Pas d'explosion ni de bris de verre.
- La LED chauffe très peu : faible de risque de brûlure au contact.
- Pas d'ultraviolets ou d'infrarouges (mais plus de lumière bleue).
- Bonne robustesse.
- Petite taille : permet d'être facilement intégré dans n'importe quel emplacement ou dispositif, et notamment dans les écrans !

En 2010, l'ANSES a publié un rapport intitulé « Effets sanitaires des systèmes d'éclairage utilisant des diodes électroluminescentes (LED) » (6). Ce rapport fait suite à l'arrivée en masse des LED sur notre territoire, et à toutes les questions qui ont pu se poser à ce sujet. En effet, c'est en partie la forte proportion de lumière bleue dans ces éclairages qui suscite l'inquiétude. En 2019, l'ANSES a publié une nouvelle expertise intitulée « Effets sur la santé humaine et sur l'environnement (faune et flore) des diodes électroluminescentes (LED)» (3) qui a permis d'actualiser les connaissances et d'appuyer les propos de 2010.

Ainsi, les consommateurs doivent être vigilants lors de l'achat et de l'utilisation de leurs systèmes d'éclairage domestique, ou d'objets utilisant des LED. Il faut donc savoir que plus la

lumière émise par la lampe LED est blanche (dite « lumière du jour » ou « blanc froid »), plus la proportion de lumière bleue dans le spectre lumineux est importante. En effet, cette lumière blanche résulte de l'association d'une LED bleue avec un pic d'émission entre 450 et 470 nm associé à un phosphore jaune, ce qui donne du blanc (4). La température de couleur sera alors supérieure ou égale à 6000K. Pour limiter l'impact de la lumière bleue, mieux vaut alors privilégier des éclairage dits « blanc chaud » émettant une lumière plutôt dorée ou jaune et dont la température de couleur avoisine les 3000K avec une proportion de lumière bleue beaucoup plus faible.

A titre d'information, les lampes à incandescence et halogènes utilisées par le passé ont une température de couleur aux alentours de 2800K, et produisent donc une lumière plus chaude (3). (voir figure 7 (4))

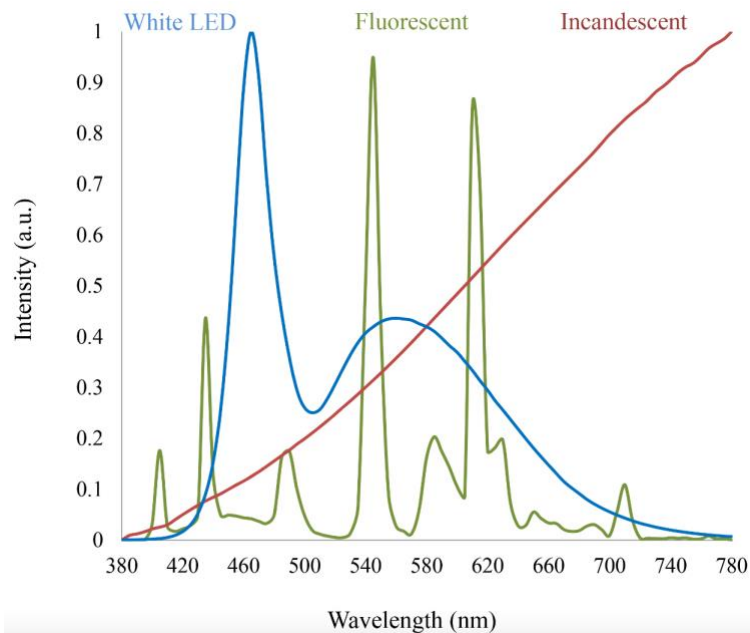


Figure 7 : Comparaison des différents spectres d'une lampe LED blanche, d'une lampe fluorescente (néon) et d'une lampe à incandescence.

Pour finir, quelques mots de réglementation. Les lampes LED doivent respecter la norme NF EN 62471, ayant été établie selon les recommandations de l'Incirp, basées sur les VLE (Valeurs Limites d'Exposition). Trois groupes de risque ont alors vu le jour : Groupe 0 « sans risque » ; groupe 1 « risque faible » et groupe 2 « risque modéré » (3). Attention cependant, car ces valeurs limites d'exposition concernent uniquement l'exposition aiguë et ne prennent pas non plus en compte les personnes à risque, notamment les jeunes enfants (attention aux jouets !) (3).

2. Rétro-éclairages à LED : les écrans

Comme nous le savons, le XXI^e siècle a été témoin de l'arrivée massive des écrans dans la vie de chacun. Les écrans sont partout, de la télévision au téléphone portable en passant par les tablettes tactiles, les écrans sont présents à la maison, au travail, en extérieur, dans les centres commerciaux, à l'école... Aujourd'hui en France, la totalité de la population est exposée aux écrans, qu'elle le veuille ou non. Cette surexposition entraîne une certaine inquiétude, notamment concernant les plus jeunes, mais aussi quant aux effets à long terme, le phénomène étant récent.

Différentes technologies sont utilisées dans les écrans de nos jours. Les LED sont massivement utilisées que ce soit pour les tablettes tactiles, les liseuses électroniques ou les télévisions et bien d'autres. On trouvera ainsi sur le marché (4) :

- Les écrans LCD sont de moins en moins utilisés, mais ils présentent le moins de risques car la proportion de lumière bleue émise est bien moindre (15).
- Les écrans OLED (ou AMOLED), qui permettent de créer des écrans souples en réduisant l'épaisseur des matériaux. En effet, ces technologies ne nécessitent pas de rétro éclairage, ce sont les diodes elles-mêmes qui émettent la lumière. Ces technologies sont donc très utilisées pour les smartphones et tablettes.

Attention : le danger des écrans ne réside pas seulement dans la quantité de lumière bleue émise, mais aussi dans la distance d'utilisation. En effet, un smartphone ou une tablette utilisée un long moment à seulement quelques dizaines de centimètres des yeux posera potentiellement plus de problèmes du fait de la proximité avec la rétine. (15)

De plus, ce qui inquiète également, c'est ce temps passé devant les écrans. Entre 1986 et 2010, le temps passé devant la télévision a augmenté de 23% (16). Or nous savons que depuis 2010 beaucoup de nouveaux outils digitaux ont fait surface, notamment les smartphones et les tablettes tactiles, ce qui ne fait qu'accroître le temps passé devant ces dispositifs.

Pour information, en 2018, on estime que les français passent en moyenne 5h10 devant les écrans chaque jour (17). Depuis la pandémie de COVID-19, ce chiffre ne peut qu'augmenter avec le recours massif au télétravail et aux cours à distance. Comme nous le montre l'illustration suivante (figure 8), ces chiffres sont d'autant plus importants chez les jeunes de 16 à 24 ans.

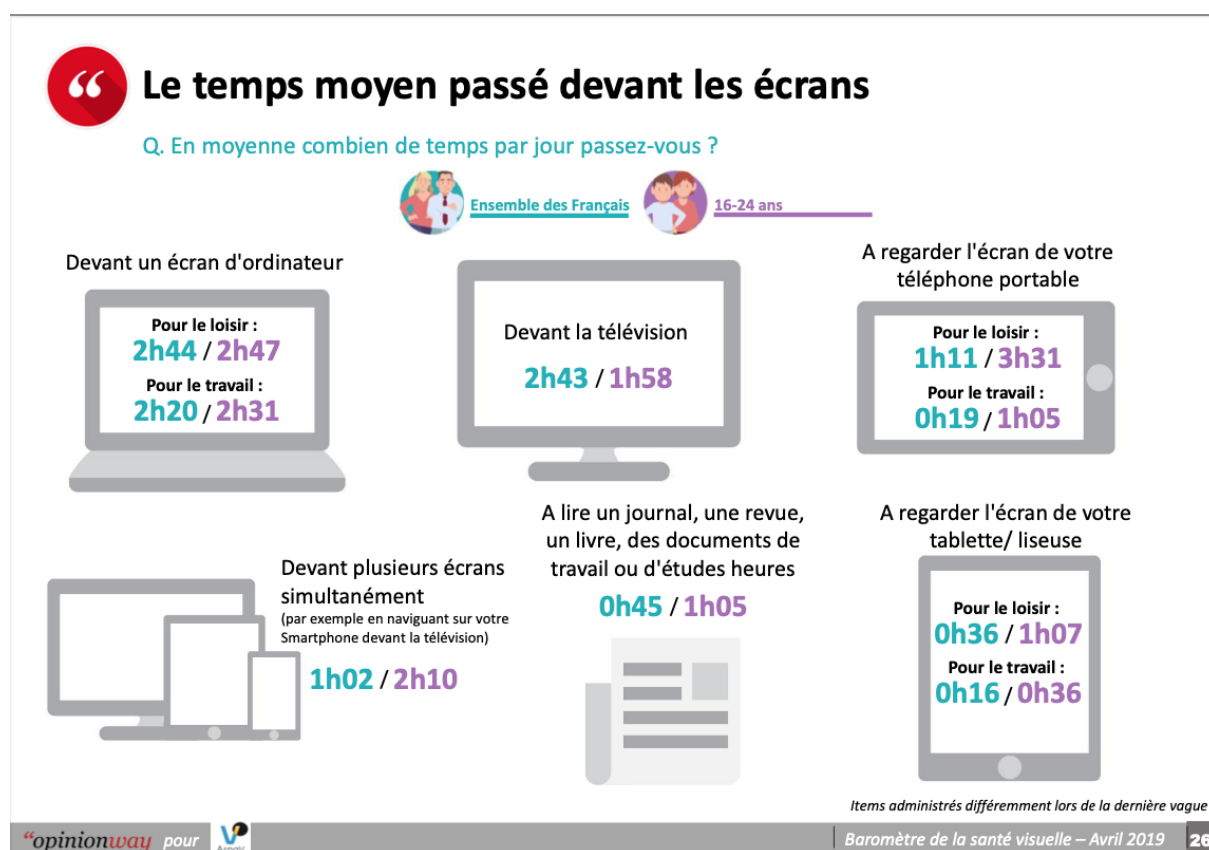


Figure 8 : Temps moyen passé devant les écrans. Sondage OpinionWay pour ASNAV, Avril 2019

3. Appareils de luminothérapie

En rapport avec ses effets sur l'humeur et le sommeil (comme nous le verrons par la suite), les industriels ont développé des appareils de luminothérapie. Très utilisés dans les pays les moins ensoleillés comme les pays nordiques, ces appareils également dotés de LED émettent une lumière blanche avec une forte proportion de lumière bleue, permettant ainsi de lutter contre la déprime saisonnière ou les troubles du sommeil en cas de dérèglement de l'horloge biologique. Ces appareils sont également intéressants pour les travailleurs de nuit afin d'améliorer leur vigilance lors des heures de travail. (18)

Attention cependant à bien choisir son appareil : en effet, ils doivent respecter certaines normes pour ne pas mettre en danger le consommateur. Ce sont des appareils médicaux de classe IIa respectant les directives européennes 93/42/CEE et 2007/47/CE. Le marquage CE doit être présent suivi de 4 chiffres. Elles doivent également respecter la norme NF EN 62471 (14) évaluant la sécurité photobiologique et seul le score de 0/3 est accepté, excluant tout risque pour la rétine même en cas d'exposition prolongée.

4. Notion de pollution lumineuse

L'éclairage artificiel ayant une place de plus en plus importante de nos jours, nous sommes victimes (essentiellement dans les villes) de pollution lumineuse. En effet, la signalisation, les panneaux publicitaires, enseignes, éclairages extérieurs, etc. utilisent des LED et émettent une quantité importante de lumière pouvant être gênante la nuit.

La lumière bleue émise par ces sources peut pénétrer dans votre domicile par les fenêtres de votre chambre et gêner l'endormissement. Cette omniprésence de lumière artificielle la nuit estompe la frontière entre le jour et la nuit, atténuant le contraste qui régule pourtant notre horloge biologique.

Cependant, un bon choix des éclairages (notamment choix des longueurs d'onde et de l'intensité lumineuse) et un meilleur ciblage des zones à éclairer permettraient de limiter cette pollution lumineuse, et cela est possible grâce aux LED (3).

A ce jour, on estime que 80% de la population mondiale, et 99% des européens et des américains, sont concernées par la pollution lumineuse (voir figure 9 et 10) (13).



Figure 10 : Lumières de villes d'Afrique, d'Europe et du Moyen-Orient, images du satellite Suomi NPP en 2012 (site : earthobservatory.nasa.gov)



Figure 9 : Paris de nuit : images du satellite Suomi NPP en 2012 (site : earthobservatory.nasa.gov)

B. Effets physiologiques de la lumière bleue

Dans cette partie, nous allons décrire le rôle indispensable de la lumière bleue dans notre rythme circadien. En effet ce cycle de 24 heures rythmé par l'alternance jour/nuit orchestre toutes nos fonctions biologiques. Pour ses effets bénéfiques et régulateurs, la lumière bleue dont on parlera dans cette partie est essentiellement située dans la « bande mélanopique » entre 460 et 490nm, c'est-à-dire la **lumière bleue turquoise**.

I. Synchronisation du rythme circadien

a. *Le rôle essentiel de la mélatonine*

Pour comprendre le rôle de la lumière bleue sur la synchronisation des rythmes circadiens, nous devons tout d'abord définir la mélatonine, qui joue un rôle indispensable dans le sommeil, et dont la sécrétion est régulée par la lumière bleue.

La mélatonine, ou N-acetyl-5-méthoxytryptamine, fut découverte en 1958. Elle est d'une structure indolique, neutre, et lipophile à pH physiologique. Un des précurseurs de la mélatonine est le tryptophane, qui se transforme en sérotonine en fin d'après-midi sous l'effet de la tryptophane hydroxylase et la L-aromatique amino acide décarboxylase ; puis en mélatonine en soirée grâce aux NAT (sérotonine N-acétyl-transférase) et hydroxyindole O-Méthyltransférase.

La mélatonine est donc sécrétée la nuit par l'épiphyse ou glande pinéale en majorité, mais aussi par la rétine, l'intestin, la peau, les plaquettes et la moelle osseuse. Sa concentration maximale est atteinte vers 3H du matin (19). Cette « hormone du sommeil » va informer le cerveau du nyctémère afin de déclencher et maintenir l'endormissement (19).

b. Effet de la lumière bleue sur la sécrétion physiologique de mélatonine

L'Homme (ainsi que la majorité des êtres vivants (20)) est réglé depuis toujours selon un rythme universel : être éveillé le jour et dormir la nuit, selon un cycle d'environ 24 heures. C'est une question tellement élémentaire qu'il ne nous vient même pas à l'esprit de savoir pourquoi nous sommes réglés de cette façon. Comme beaucoup d'autres espèces, notre horloge biologique est autonome, certes, mais elle est aussi réglée en grande partie par la lumière, qui est le plus puissant synchronisateur extérieur de notre horloge biologique (20).

La lumière du jour émise par le soleil nous maintient en éveil, grâce à la lumière bleue qu'elle contient. En effet, notre horloge biologique est particulièrement sensible aux longueurs d'onde situées entre 460 et 480 nm correspondant à la bande mélanopique de la lumière bleue. Ainsi, « une lumière monochromatique bleue (longueur d'onde 480 nm) est aussi efficace qu'une lumière fluorescente blanche 100 fois plus intense (comportant 100 fois plus de photons) » (18) C'est pour cela que plus nous avançons dans la journée, et plus la proportion de lumière bleue est faible dans la lumière du jour, pour nous permettre de nous préparer au sommeil. Donc, physiologiquement, nous ne devrions absolument pas être exposés à la lumière bleue le soir pour avoir un sommeil correct.

Tout cela repose sur un principe très simple : la mélatonine, indispensable au sommeil, n'est pas sécrétée en présence de lumière bleue. Cette inhibition de la mélatonine est dose dépendante, c'est-à-dire que plus l'intensité lumineuse sera importante, plus le taux de mélatonine sera bas (21). Il est donc crucial de respecter cette horloge biologique en étant vigilant à notre exposition lumineuse et notamment à la lumière bleue afin d'éviter les troubles du sommeil qui pourraient en découler.

Notre horloge interne est située dans le noyau suprachiasmatique de l'hypothalamus. Cette pendule se synchronise grâce à la lumière qui lui permet de définir le jour et la nuit (22).

En cas d'exposition à la lumière, celle-ci est captée par la rétine, plus précisément par les CGM (Cellules Ganglionnaires Mélanopiques) munies d'un pigment photosensible : la mélanopsine (23). Celle-ci envoie un message inhibiteur au noyau suprachiasmatique situé dans l'hypothalamus.

Le noyau para ventriculaire est alors inhibé et va bloquer la sécrétion de mélatonine par la glande pinéale (ou épiphyse). En absence de lumière, aucun signal inhibiteur n'est envoyé au noyau suprachiasmatique, ce qui permet de maintenir la sécrétion de mélatonine tant qu'il n'y a pas de signal lumineux (3), et ainsi maintenir le sommeil.

II. Effets sur l'humeur : « Déprime saisonnière » ou « troubles affectifs saisonniers (TAS) »

Dans cette recherche portant sur les effets de la lumière bleue, il est important de parler des effets bénéfiques de la lumière sur l'humeur.

Il existe une pathologie, appelée « troubles affectifs saisonniers », liée au changement de saison et à la baisse de luminosité, et dont le traitement principal est la luminothérapie, celle-ci pouvant consister tout simplement à s'exposer au moins une heure par jour à la lumière du jour si cela est possible, sinon utiliser un appareil de luminothérapie (voir paragraphe concerné).

Cette pathologie touche 4 fois plus de femmes que d'hommes et se manifeste plus souvent dans les pays les plus éloignés de l'équateur. (23) Elle se caractérise par : asthénie, anxiété, tristesse, troubles du sommeil (difficultés d'endormissement et réveils nocturnes) et diminution de l'attention.

Pour garder un rythme circadien correct, il est important d'avoir un contraste jour/nuit important, c'est-à-dire une exposition importante à la lumière le jour et une diminution nette de cette exposition la nuit (3). Il en découle que lorsque la luminosité naturelle en journée est plus faible et sur une plus courte durée (diminution de la photopériode), l'horloge interne est perturbée, ce qui pourrait avoir des répercussions sur l'humeur en plus du sommeil.

Lors des TAS, le manque de lumière le jour entraîne un retard de phase, entraînant des troubles du sommeil, mais également une somnolence diurne importante. Le patient a des difficultés à se lever le matin, et le peu de lumière perçue ne parvient pas à améliorer sa vigilance.

Les jours se suivent et se ressemblent, les périodes obscures sont de plus en plus longues et consomment de plus en plus de sérotonine, celle-ci étant impliquée dans la synthèse de la mélatonine lors des périodes nocturnes. La baisse de moral s'installe alors, car la sérotonine régule l'humeur, les émotions, le sommeil, et même l'appétit. Le cercle vicieux s'installe alors et il peut être compliqué d'en sortir (23).

Plusieurs études ont montré une saisonnalité du suicide dans les pays concernés par le manque de lumière à certaines saisons, avec une corrélation entre troubles du sommeil, perturbation du rythme circadien, troubles affectifs saisonniers et suicides. Pour preuve, les chronothérapies telles que la luminothérapie, la privation de sommeil, la « dark-therapy » (thérapie par l'obscurité), ou encore la prise de mélatonine, donnent de bons résultats sur les troubles psychiatriques et améliorent les symptômes suicidaires (24).

Il est important de garder à l'esprit que tout ceci est un équilibre. Si le manque de lumière est délétère, l'excès de lumière l'est tout autant. En témoigne ce fait assez troublant : en Finlande, pendant l'été où le soleil ne se couche pas pendant près de 60 jours, on dénombre également une augmentation spectaculaire des suicides ! (13)

III. Effets sur la vigilance et les performances cognitives : l'exemple du travail posté

Plusieurs études récentes ont montré à quel point la lumière jouait sur la vigilance et sur les performances physiques et cognitives.

L'étude de Sarah Laxhmi Chelappa *et al* (25) a mis en évidence qu'une température de couleur plus élevée (6500 K contre 2500 K et 3000 K) était plus efficace sur l'amélioration des performances, prouvant ainsi la puissance de la lumière bleue. La vigilance, le temps de réaction et la capacité de concentration sont donc nettement améliorés. On constate également une baisse de la somnolence et une amélioration du bien-être chez les personnes exposées aux lumières à 6500 K.

Il apparaît aussi que l'inhibition de mélatonine est maximale à 6500 K (voir figure 11 (25)), ce qui correspond aux réponses physiologiques observées.

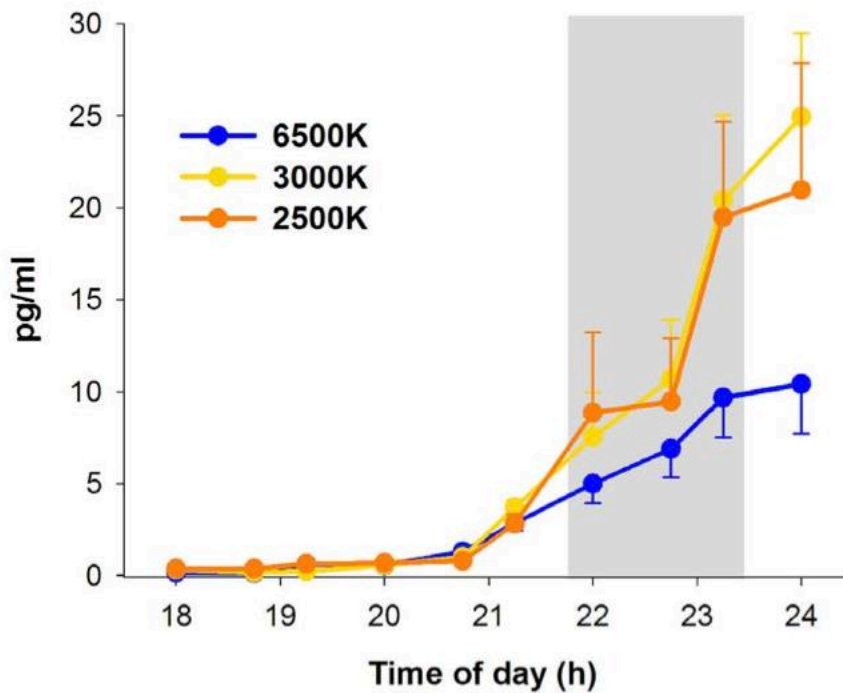


Figure 11 : taux salivaire de mélatonine en fonction de l'exposition lumineuse à 6500 K, 2500 K et 3000 K (phase d'illumination correspondant à la partie grise)

L'étude de Mark R. Smith *et al* a confirmé l'importance de contrôler la lumière pour obtenir une resynchronisation de l'horloge biologique pour les travailleurs de nuit, en dormant dans le noir en journée, en se protégeant du soleil surtout le matin (avec les verres teintés en orange) et surtout en travaillant avec une haute intensité lumineuse la nuit pour retarder la sécrétion de mélatonine dans la journée au lieu de la nuit (21).

En dehors du cas des travailleurs de nuit, l'exposition à la lumière bleue la nuit diminue la vigilance et les performances le lendemain (26), ce qui est dramatique pour les adolescents scolarisés, particulièrement exposés aux écrans le soir.

Chapitre 2 : Effets néfastes de la lumière bleue sur la santé humaine

Maintenant que nous connaissons les effets physiologiques de la lumière bleue, et notamment de la lumière bleue turquoise, il est temps de parler de ses effets néfastes. Dans cette partie nous allons donc parler de la lumière bleue et de ses dangers, il s'agira autant de la **lumière bleu turquoise** (surtout pour les effets sur le sommeil), que de la **lumière bleu-violet**, dont la longueur d'onde se situe entre 400 et 460nm.

Celle-ci étant très présente dans notre quotidien, il est normal de se poser la question des risques de cette exposition chronique et prolongée à cette lumière de courte longueur d'onde.

A. Effets sur le sommeil

Etant donné son influence sur l'horloge interne, la lumière bleue a évidemment des conséquences importantes sur le sommeil. En 50 ans, le temps de sommeil a été réduit de 1h30 par jour, et cela coïncide avec l'arrivée des éclairages électriques à la fin du XIXe siècle, mais aussi la télévision et internet plus récemment (22). Or comme nous l'avons vu précédemment, la lumière bleue de ces éclairages et écrans bloque la sécrétion de mélatonine, ce qui peut entraîner différents troubles du sommeil que nous allons détailler.

I. Sommeil physiologique

Cette section a été rédigée en majorité grâce au livre intitulé « Le sommeil » des éditions Médecine & Hygiène (22).

Le sommeil est quelque chose de fascinant. Nous passons un tiers de notre vie à dormir, et ce tiers est un des plus importants pour notre organisme. Le sommeil permet non seulement de se reposer mais aussi de mémoriser, apprendre, renforcer son organisme et son immunité, etc.

Notre santé physique et mentale dépend de la bonne qualité de ce sommeil si précieux. C'est pour cela qu'il est important de le comprendre au mieux afin de le préserver. Le rôle de la lumière bleue dans le sommeil est un rôle capital, un équilibre que nous devons respecter. Rappelons que cette lumière bleue doit respecter un certain contraste pour ajuster au mieux notre horloge biologique, à savoir : forte luminosité le jour et faible luminosité la nuit.

Le sommeil se décompose en différentes phases, se répétant durant la nuit (sauf stade 1) :

Stade 1 : l'endormissement

D'une durée d'environ 15 minutes, cette phase de ralentissement et de relâchement nous plonge dans un « demi-sommeil » où nous sommes toujours conscients des bruits environnants. Cette phase nécessite de ne pas être parasité par la lumière.

Stade 2 : le sommeil lent léger

Cette phase, plus longue que la précédente (représente la moitié de la nuit) est également plus profonde mais nous pouvons encore assez facilement nous réveiller.

Stades 3 et 4 : le sommeil lent profond

Durant cette phase, tout le corps est au repos, y compris le cerveau et les muscles dont le cœur. Tout est ralenti et il est difficile de se réveiller durant cette phase qui est le stade le plus réparateur de notre sommeil. C'est grâce à ce sommeil lent profond que nous nous sentons reposés.

Le sommeil paradoxal :

Durant cette phase, bien que les muscles soient au repos, le cerveau tourne à plein régime et s'accompagne de « Rapid Eye Movement » ou « REM » c'est-à-dire un mouvement rapide des yeux. C'est surtout durant cette phase que nous rêvons, et la respiration et le cœur suivent les émotions ressenties dans ces rêves. Cette phase est plus longue en fin de nuit.

II. Insomnies

a. *Suppression de la mélatonine par la lumière bleue*

Comme nous avons commencé à l'expliquer précédemment, la lumière bleue entraîne une suppression de la sécrétion de mélatonine, afin que l'Homme s'adapte à son environnement lumineux, et puisse être éveillé le jour et endormi la nuit.

Cependant, de nos jours, cette exposition à la lumière intempestive ne permet plus de respecter ces principes et perturbe notre sommeil.

Une étude américaine menée par Wood et al. (27) nous donne une idée du niveau de suppression de mélatonine selon la luminosité et la durée d'exposition aux tablettes tactiles. Rappelons que ces dernières émettent une grande proportion de lumière bleue afin d'obtenir une lumière blanche.

Menée sur 13 participants (limite : faible nombre de participants), elle a permis de mettre en évidence plusieurs choses :

D'une part, les auteurs peuvent bel et bien affirmer que plus la proportion de lumière bleue est importante, plus la suppression de mélatonine est importante, car l'utilisation de LED bleues en plus des tablettes tactiles entraîne une suppression de la mélatonine de 48% après 1h d'exposition contre 7% avec la tablette seule. De plus, avec l'utilisation de lunettes teintées en orange, la suppression de mélatonine est quasi nulle.

D'autre part, il est question de la durée. Plus elle est importante, plus la suppression de mélatonine est grande. Pour l'exposition à la tablette seule, on passe d'une suppression de mélatonine de 7% pour 1 heure à une suppression de 23% de mélatonine pour 2 heures de visionnage.

Avec ces éléments, il est facile de conclure que l'utilisation de tablettes tactiles ou autres écrans émettant de la lumière bleue sont fortement déconseillés le soir pour ne pas perturber le sommeil. C'est donc une piste à explorer en cas de plainte d'un patient de troubles du sommeil, plus particulièrement de troubles de l'endormissement.

Dans son rapport de 2019, l'ANSES tire les conclusions suivantes quant à la perturbation du sommeil : « Les éléments de preuve apportés par les études réalisées chez l'Homme sont suffisants pour conclure à un effet avéré de l'exposition à une lumière riche en bleu en soirée sur la latence à l'endormissement, la durée et la qualité du sommeil ». (3)

b. Troubles de l'endormissement

Comme nous l'avons vu, la lumière bleue est le principal synchronisateur de l'horloge circadienne. De ce fait, il est crucial de prendre en compte l'heure à laquelle nous sommes exposés à cette lumière bleue. Ainsi, une exposition à la lumière bleue en journée de 6h à 18h va entraîner une avance de phase (et donc aider à l'endormissement rapide), alors qu'une exposition entre 18h et 6h entraîne un retard de phase (19).

Différents troubles de l'endormissement peuvent découler de l'exposition à la lumière bleue, le plus répandu étant le syndrome de retard de phase, plainte que nous retrouvons fréquemment chez nos patients à l'officine.

1. Syndrome de retard de phase (SRP)

Le syndrome de retard de phase se caractérise par un retard de sommeil de 2 à 6 heures par rapport à l'heure souhaitée du coucher. Ce dernier s'accompagne fréquemment de difficultés à se lever. Le SRP peut être diagnostiqué suite à une évolution des symptômes depuis plus de 3 mois, mis en évidence sur un agenda du sommeil ou une actimétrie pendant au moins 7 jours, ne s'améliorant pas en conditions de sommeil à volonté et ne pouvant s'expliquer ni par une cause médicale ni par une substance (28). Le SRP représente jusqu'à 16% des insomnies rencontrées dans les centres de sommeil (28).

Avec l'augmentation du visionnage des écrans en soirée ainsi que l'utilisation d'éclairages LED dans notre environnement, l'exposition à la lumière bleue après 18h est quasiment inévitable, pouvant aisément expliquer la prévalence plus importante de ces retards de phase en particulier chez les adolescents et les jeunes adultes (28). Si cette exposition le soir devient quotidienne, elle entraîne alors un décalage du rythme circadien. D'autres facteurs peuvent être impliqués dans ce retard de phase, notamment des facteurs comportementaux et cognitifs (28).

Le syndrome de retard de phase peut être corrigé avec un traitement alliant l'actimétrie et la mélatonine (voir partie concernée).

2. Syndrome d'avance de phase

Comme nous le verrons dans la suite de cette recherche, la lumière bleue utilisée le matin dès le réveil produit une avance de phase. C'est le travail de Crowley et al. qui nous permettra d'appuyer ces propos, notamment sur l'intérêt de la luminothérapie. (29)

S'il est intéressant de produire une avance de phase (grâce à la luminothérapie surtout) dans le cas d'un patient qui souffre de retard de phase, il est en revanche un vrai trouble du sommeil à part entière.

Très peu de patients souffrent d'un syndrome d'avance de phase, mais il est tout de même intéressant de l'évoquer.

Le syndrome d'avance de phase se caractérise par un endormissement et un réveil trop précoces, résultant de diverses perturbations psychiques ou physiques (30), ou encore conséquences d'habitudes de vie (dîner trop précoce, travail très tôt le matin). Ce trouble se caractérise plus souvent chez les personnes âgées, notamment si elles sont placées en institution.

3. Décalage horaire

Il est bien connu que les voyages entraînant un décalage horaire troublent le sommeil. En effet, le voyageur arrivé à destination se trouvera peut-être dans son heure d'endormissement habituelle au moment où le soleil est au zénith, ce qui va naturellement décaler son cycle de sommeil du fait de la lumière bleue reçue.

Se protéger de la lumière du jour avec des lunettes de protection teintées en orange si le voyageur souhaite aller se coucher à son arrivée est alors une bonne solution. La prise de mélatonine peut également aider à se synchroniser à nouveau sur le bon fuseau horaire en remplaçant la sécrétion de mélatonine naturelle. (Voir parties concernées)

c. Qualité et durée du sommeil

L'ANSES, dans son rapport de 2019, a pu conclure suite à l'analyse des études, à un « effet avéré de l'exposition à une lumière riche en bleu en soirée sur la latence à l'endormissement, la durée et la qualité du sommeil. »(3)

Effectivement, plusieurs études et articles étudiés au cours de cette recherche font état d'une qualité de sommeil moindre en présence d'une grande quantité de lumière bleue.

La mesure de la qualité du sommeil est surtout subjective. Elle se base sur le PSQI (indice de qualité du sommeil de Pittsburgh), une auto-évaluation du sommeil créée dans les années 1980. Celle-ci est basée sur 19 questions qui donnent des éléments de réponse sur 7 aspects du sommeil : qualité subjective, latence, durée, efficacité habituelle, troubles du sommeil, utilisation de médicaments, et dysfonctionnement diurne.

Un score est appliqué à chaque réponse, et le score global donne une indication de la qualité du sommeil globale, sachant que plus le score est élevé, plus la qualité globale du sommeil est médiocre (voir figure 12) (31).

Pour illustrer les effets de la lumière bleue sur la qualité du sommeil, citons le travail d'Hopkins et al.(32) qui ont notamment comparé deux groupes de sujets, au sein d'un groupe de 80 résidents en maison de soin : les sujets exposés à une lumière de température de couleur élevée (17000 K) donc avec une très forte proportion de lumière bleue, et un groupe exposé à 4000 K. Chaque groupe a été exposé à ces conditions pendant 4 semaines dans les salles communes sur toute la journée.

Comme attendu, le groupe le plus exposé à la lumière bleue est associé à une moindre qualité du sommeil selon le PSQI, mais aussi réduction de l'efficacité du sommeil et l'augmentation de l'activité nocturne. Notons tout de même que cette expérience a aussi eu des effets positifs, notamment l'augmentation de la vigilance et des activités diurnes (32).

Name _____

Date _____

Sleep Quality Assessment (PSQI)

What is PSQI, and what is it measuring?

The Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) is an effective instrument used to measure the quality and patterns of sleep in adults. It differentiates "poor" from "good" sleep quality by measuring seven areas (components): subjective sleep quality, sleep latency, sleep duration, habitual sleep efficiency, sleep disturbances, use of sleeping medications, and daytime dysfunction over the last month.

INSTRUCTIONS:

The following questions relate to your usual sleep habits during the past month only. Your answers should indicate the most accurate reply for the majority of days and nights in the past month. Please answer all questions.

During the past month,

1. When have you usually gone to bed? _____
2. How long (in minutes) has it taken you to fall asleep each night? _____
3. What time have you usually gotten up in the morning? _____
4. A. How many hours of actual sleep did you get at night? _____
 B. How many hours were you in bed? _____

5. During the past month, how often have you had trouble sleeping because you	Not during the past month (0)	Less than once a week (1)	Once or twice a week (2)	Three or more times a week (3)
A. Cannot get to sleep within 30 minutes				
B. Wake up in the middle of the night or early morning				
C. Have to get up to use the bathroom				
D. Cannot breathe comfortably				
E. Cough or snore loudly				
F. Feel too cold				
G. Feel too hot				
H. Have bad dreams				
I. Have pain				
J. Other reason (s), please describe, including how often you have had trouble sleeping because of this reason (s):				
6. During the past month, how often have you taken medicine (prescribed or "over the counter") to help you sleep?				
7. During the past month, how often have you had trouble staying awake while driving, eating meals, or engaging in social activity?				
8. During the past month, how much of a problem has it been for you to keep up enthusiasm to get things done?				
9. During the past month, how would you rate your sleep quality overall?	Very good (0)	Fairly good (1)	Fairly bad (2)	Very bad (3)

Scoring

Component 1	#9 Score	C1 _____
Component 2	#2 Score (<15min (0), 16-30min (1), 31-60 min (2), >60min (3)) + #5a Score (if sum is equal 0=0; 1-2=1; 3-4=2; 5-6=3)	C2 _____
Component 3	#4 Score (>7(0), 6-7 (1), 5-6 (2), <5 (3))	C3 _____
Component 4	(total # of hours asleep) / (total # of hours in bed) x 100 >85%=0, 75%-84%=1, 65%-74%=2, <65%=3	C4 _____
Component 5	# sum of scores 5b to 5j (0=0; 1-9=1; 10-18=2; 19-27=3)	C5 _____
Component 6	#6 Score	C6 _____
Component 7	#7 Score + #8 score (0=0; 1-2=1; 3-4=2; 5-6=3)	C7 _____

Add the seven component scores together _____ Global PSQI _____

A total score of "5" or greater is indicative of poor sleep quality.

If you scored "5" or more it is suggested that you discuss your sleep habits with a healthcare provider

Figure 12 : Aperçu du PSQI (source <https://www.slideshare.net>)

III. Cas des personnes âgées : les conséquences du vieillissement

Le vieillissement est malheureusement souvent synonyme de détérioration du sommeil. Troubles de l'endormissement, multiples réveils nocturnes ou réveil précoce, etc. entraînent ainsi une somnolence diurne et peuvent altérer la santé et l'humeur. (33)

Ces changements peuvent s'expliquer de plusieurs façons : vieillissement physiologique impliquant des changements dans les mécanismes homéostatiques, altération du rythme circadien (avance de phase, réduction de l'amplitude circadienne). (33)

De plus, il est également décrit dans la littérature que le vieillissement est associé à une diminution de la sensibilité à la lumière de courte longueur d'onde, et donc la lumière bleue. Ceci s'explique par le vieillissement de l'œil. Le cristallin se densifie, les pupilles rétrécissent, et l'accumulation de chromophores jaunes diminue la transmission de la lumière bleue, ce qui aura évidemment des conséquences sur le rythme circadien (33).

Si cette baisse de sensibilité à la lumière bleue implique une moindre suppression de mélatonine en cas d'exposition tardive (33), elle est aussi responsable d'une trop faible captation de lumière bleue en journée dont nous avons besoin pour améliorer la vigilance et l'humeur et garder le contraste lumière/obscurité tant important, marquant le jour et la nuit. Ceci confirme à nouveau un principe que nous avons déjà énoncé précédemment : le manque de lumière bleue est tout aussi délétère que l'excès. Tout est une question d'équilibre encore une fois.

L'étude de Sletten et al. (33) a mesuré quelques paramètres afin de mettre en évidence le changement lié à l'âge. La comparaison entre un groupe « jeunes » et un groupe « âgé » a montré que :

- Le groupe des « jeunes » avait une vigilance améliorée suite à l'exposition à la lumière bleue significativement supérieure à celle du groupe « âgé ». Ces résultats ne sont pas retrouvés pour une exposition à une longueur d'onde plus grande (lumière verte).
- La somnolence dans le groupe « jeune » a été significativement réduite suite à l'exposition à la lumière bleue contrairement au groupe « âgé ». Cette différence de résultats ne se produit pas non plus avec une lumière verte.
- L'humeur était significativement améliorée chez les « jeunes » exposés à la lumière bleue comparativement au groupe « âgé ». En revanche la lumière verte produit les mêmes effets pour ce paramètre.

Notons également que le changement des habitudes de vie chez les personnes âgées peut aussi être à l'origine de troubles circadiens dus à une plus faible exposition diurne à la lumière (trop peu de sorties).

Enfin, il faut également savoir que le vieillissement est associé à une calcification de la glande pinéale. Elle possède le taux de calcification de plus important de tous les tissus et organes du corps humain. Cette glande pinéale étant responsable d'une grande partie de la sécrétion de mélatonine chez l'homme (et chez l'animal), cette calcification entraîne des troubles de sécrétion qui à leur tour entraînent des troubles du rythme circadien et des troubles du sommeil. Ce phénomène joue également un potentiel rôle dans le vieillissement en lui-même étant donné le rôle antioxydant de la mélatonine (34).

IV. Exemple du travail posté

L'exemple du travail posté est parfait pour illustrer nos propos. En effet, comme nous l'avons vu plus haut dans cette recherche, dormir le jour n'a rien de physiologique. En effet, la lumière du jour est maximale ainsi que la quantité de lumière bleue, l'information est alors envoyée au cerveau d'inhiber la sécrétion de mélatonine servant à déclencher le sommeil. D'autres facteurs entrent en jeu : le bruit, la température corporelle et le taux de cortisol qui remontent ... il est donc logique que le sommeil de jour ne puisse être aussi bon que le sommeil de nuit. Inversement, la vigilance et les performances physiques et cognitives la nuit lors de la période de travail sont beaucoup moins bonnes qu'en journée (18).

En France, environ 20% des salariés travaillent de nuit ou en horaires décalés, et la moitié d'entre eux se plaignent de troubles du sommeil contre 38% chez les travailleurs de jour. Les conséquences de ces troubles du sommeil sont sans appel : les accidents du travail et de la route sont 2 à 5,5 fois plus nombreux chez les travailleurs de nuit, mais aussi la fatigue, les troubles de l'alimentation, le diabète, et même les cancers, parmi d'autres. (18)

B. Effets oculaires

Après ses effets sur le rythme circadien, le principal risque de la lumière bleue est le risque oculaire. Bien que l'homme soit naturellement exposé depuis toujours à la lumière de courte longueur d'onde par la lumière naturelle, nous pouvons nous poser la question de la quantité de lumière bleue reçue. Effectivement, les écrans et les éclairages LED émettant cette lumière bleue étant de plus en plus présents au quotidien, notre période d'obscurité naturelle a été remplacée par de la lumière artificielle. Le risque de développer une pathologie, notamment rétinienne, est donc plus important (35).

I. Anatomie de l'œil

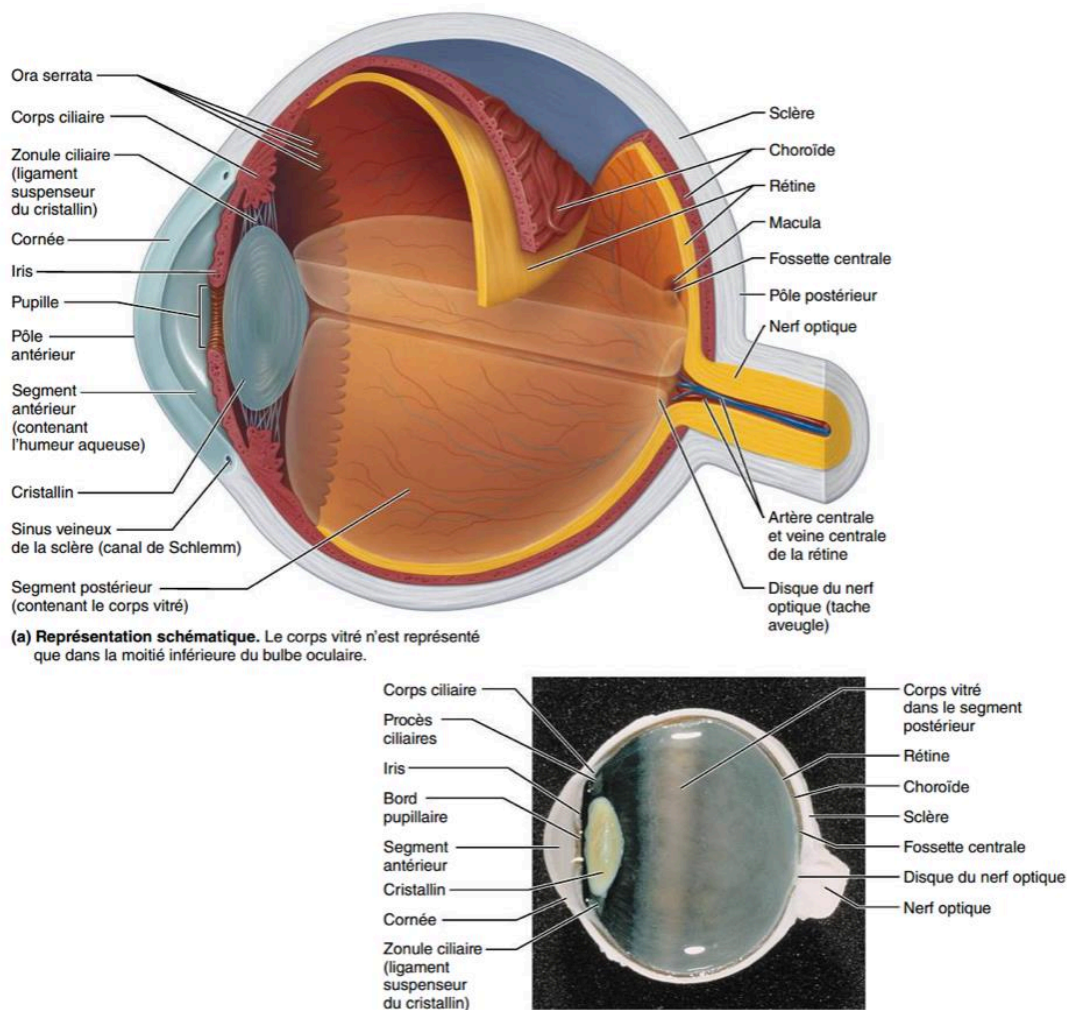


Figure 13 : Structure interne de l'œil (coupe sagittale) d'après « Anatomie et physiologie humaines », Marieb.

Avant toute chose, quelques rappels de l'anatomie de l'œil, et plus précisément du globe oculaire. Cette partie a été rédigée à l'aide du manuel «Anatomie et physiologie humaines». (2)

Le globe oculaire (voir figure 13) est une sphère creuse constituée d'une tunique fibreuse, d'une tunique vasculaire, et d'une tunique interne. Il est également rempli de liquide appelé corps vitré.

La tunique fibreuse comprend la sclère (blanc de l'œil) et la cornée. La cornée, située sur la partie antérieure de l'œil, est la « fenêtre » qui laisse passer la lumière.

La tunique vasculaire comprend la choroïde, le corps ciliaire et l'iris

La tunique interne est celle qui nous intéresse le plus, c'est la rétine. C'est elle qui permet la transduction de l'énergie lumineuse grâce à des millions de neurones dont les photorécepteurs. Elle est composée d'une partie pigmentaire, et d'une partie nerveuse (responsable de la vision).

Les photorécepteurs sont divisés en 2 types : les cônes et les bâtonnets (figure 14).

- Les bâtonnets sont responsables de la vision périphérique et de la vision crépusculaire et de nuit. Ils sont plus nombreux et plus sensibles à la lumière que les cônes. Les images fournies sont floues et dépourvues de couleur (vision scotopique).
- Les cônes sont donc à l'origine de la vision de jour, et offrent une vision précise et colorée (vision photopique).

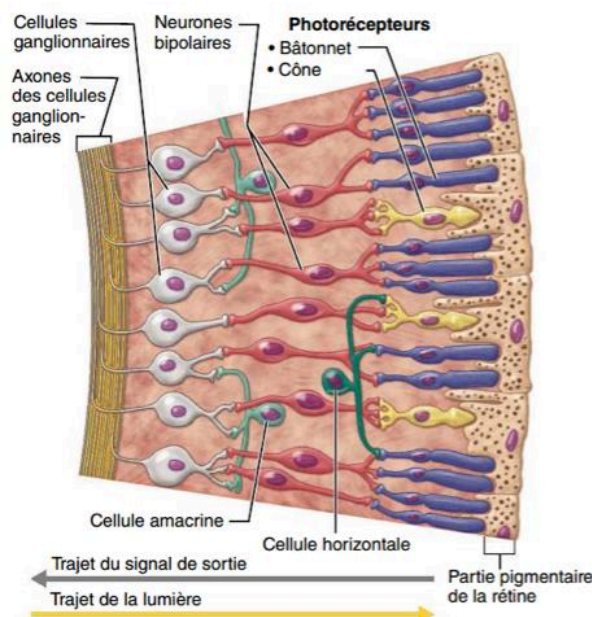


Figure 14 : Cellules de la partie nerveuse de la rétine, d'après « Anatomie et physiologie humaines », Marieb.

Les photorécepteurs transforment l'énergie lumineuse en signal électrique grâce au rétinol, se combinant aux opsines, absorbant chacune différentes longueurs d'ondes du spectre de la lumière visible.

Au sein de cette même structure, on retrouvera la mélanopsine, contenue dans certaines cellules ganglionnaires (les CGM : cellules ganglionnaires à mélanopsine), et jouant un rôle majeur dans le cycle circadien, comme nous l'avons déjà cité précédemment (partie « effet de la lumière bleue sur la sécrétion physiologique de mélatonine »).

II. Risque rétinien

Les multiples tissus de l'œil ont différentes sensibilités pour les rayonnements électromagnétiques. La rétine est particulièrement sensible aux rayonnements de la lumière visible, et tout particulièrement aux longueurs d'ondes courtes, donc dans le bleu et surtout le bleu-violet (380 à 500 nm) (3). C'est donc à la rétine que nous nous intéressons le plus car c'est elle qui est la plus impactée par la lumière bleue. Parmi tous les rayonnements optiques du visible, les rayonnements bleus sont donc les plus à risques, étant donné qu'ils sont les rayonnements les plus énergétiques (3).

a. Effets de la lumière bleue sur la rétine

L'équipe de Shang et al. a pu comparer les conséquences d'une exposition à différents types de lampes sur des rats, à une intensité lumineuse plus faible que ce qui avait pu être testé dans le passé (ici 750 lux contre 2000 à 10 000 lux dans des études précédentes).

L'exposition à la lumière continue entraîne la production de radicaux libres et d'espèces réactives de l'oxygène responsables de lésions photochimiques irréversibles sur la rétine par un effet cumulatif (36). Ce que cette équipe a cherché à savoir, c'est l'importance de la longueur d'onde, et savoir si c'est bel et bien la lumière bleue qui est responsable de ces effets (37).

Les conclusions sont sans appel : les altérations de la rétine, le stress oxydatif, et la mort des photorécepteurs sont supérieurs en cas d'exposition aux lumières blanches froides et bleues (460 nm) comparativement aux lampes fluo compactes comportant une proportion de lumière bleue très réduite. Bien que cette étude chez le rat soit difficilement transposable chez l'homme, elle nous permet tout de même de constater, encore une fois, que ce sont les rayonnements bleus qui sont à l'origine des altérations oculaires (3,37).

De plus, l'équipe évoque les effets cumulatifs de cette exposition prolongée. Chez l'homme, cette exposition durera plusieurs dizaines d'années, ce qui représente un risque de plus en plus grand avec le vieillissement, d'où la survenue de pathologies affectant la vue comme la DMLA.

La même équipe a comparé différentes couleurs de LED (bleu, verte et rouge) et leurs effets sur la rétine. Seules les LED bleues ont entraîné une dégénérescence importante des bâtonnets, ainsi que du stress oxydatif et une « désorganisation des segments externes des photorécepteurs » (3,38).

Ceci permet de déduire clairement qu'à des irradiances égales, c'est bel et bien la longueur d'onde qui détermine la toxicité d'un éclairage sur la rétine (3,38).

La courbe suivante (figure 15) aide à visualiser les longueurs d'ondes les plus à risque pour la rétine, et nous avons un risque maximal dans le bleu (39).

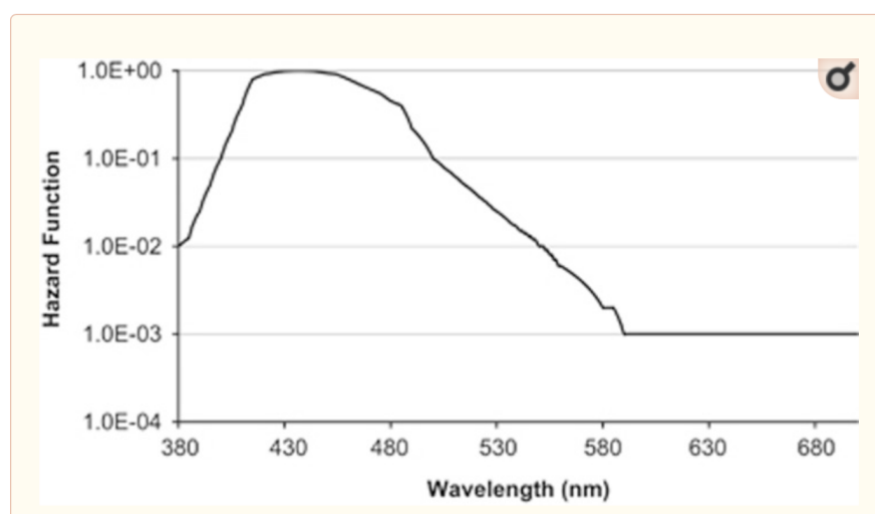


Figure 15 : Danger pour la rétine en fonction de la longueur d'onde. D'après O'hagan et al. "Low-energy light bulbs, computers, tablets and the blue light hazard".

D'autres équipes ont mené plusieurs études aussi bien chez le rat que chez le primate (citées dans le rapport de l'ANSES 2019) (Krigel et al., 2016 ; Jaadane et al., 2015 ; Mukai et al., 2012), elles nous indiquent toutes une atteinte de la rétine sous l'effet des LED à forte proportion de lumière bleue.

Cela dit, il faut aussi préciser que chez le primate, la sensibilité est inférieure à celle des rongeurs, et les lésions semblent réversibles. Nous pouvons donc imaginer que des niveaux plus faibles d'éclairement sont moins à risque pour des espèces comme la nôtre.

Il est également important de préciser que les luminances utilisées dans les études chez le rat et le primate sont en adéquation avec les valeurs limites d'exposition (fixées par l'Incirp) en éclairage domestique voire inférieures (3). Ce sont donc des effets pouvant se manifester dans la vie quotidienne avec une exposition aux éclairages artificiels dans les lieux fréquentés par chacun d'entre nous.

Il est clair que chez l'homme, ce n'est pas un effet sur quelques jours ou quelques mois qui est attendu, mais plutôt sur des années voire des décennies. Ce que ces études nous montrent clairement, c'est qu'à chaque fois, c'est bien la courte longueur d'onde correspondant à la lumière bleue qui est impliquée dans les plus grands dommages sur la rétine.

En effet, précisons tout de même que les luminances utilisées au quotidien avec les écrans et les éclairages domestiques sont inférieures aux limites d'exposition (39), et donc représentent effectivement un faible risque sur des expositions de courte durée et contrôlées. Encore une fois, ce sont les risques cumulatifs sur le long terme qui nous préoccupent le plus, ou des utilisations très excessives mais celles-ci sont plus rares. Attention cependant aux populations sensibles comme les enfants ! Effectivement ceux-ci ont un cristallin plus clair et donc plus sensible que celui des adultes (voir la partie concernée).

b. Dégénérescence maculaire liée à l'âge (DMLA)

La dégénérescence maculaire liée à l'âge, ou DMLA, est une atteinte d'une partie de la rétine, la macula (voir figure 13). Cette zone centrale de la rétine est le lieu où convergent les rayons lumineux, elle comporte une petite zone, la fovéa, totalement constituée de photorécepteurs. La conséquence de l'atteinte de cette zone est une perte progressive de la vision centrale, la partie périphérique de la vision n'étant, quant à elle, jamais touchée (40).

Cette maladie, comme son nom l'indique, évolue avec l'âge. Elle touche les personnes de plus de 50 ans, et est de plus en plus fréquente au fur et à mesure du vieillissement. La DMLA est la première cause de handicap visuel au-delà de 50 ans, elle touche environ 8% de la population Française. Cette maladie résulte de plusieurs facteurs. Tout d'abord l'âge, puis la génétique, le tabagisme, l'obésité, l'alimentation, et également, une surexposition à la lumière, et plus particulièrement à la lumière bleue (40).

Le stress oxydant est fortement impliqué dans la survenue de cette pathologie. Il dérègle le système de phagocytose par l'épithélium pigmentaire, entraînant une augmentation des débris lipidiques et cellulaires qui ne sont donc pas éliminés comme ils devraient l'être. Ainsi, au bout de plusieurs années, l'accumulation entraîne une inflammation secondaire, créant alors le lit de la dégénérescence maculaire liée à l'âge (41).

Dans certains cas, l'inflammation créée par les dépôts amassés favorise la formation de nouveaux vaisseaux sanguins (cas de la DMLA dite « humide » ou « exsudative ») par l'accroissement du VEGF. Puis c'est la perte de vision progressive qui s'installe. Cette forme de DMLA peut être traitée par action sur le VEGF.

L'inflammation peut également causer une atrophie responsable de la forme dite « sèche » ou « atrophique » de la DMLA. Cette forme n'a aucun traitement à ce jour (40,41).

Or, nous avons vu dans les parties précédentes que la lumière bleue était responsable d'un accroissement du stress oxydant au sein de la rétine. On peut donc confirmer que la lumière bleue est un des facteurs de risque significatif de DMLA.

Cela reste difficile à étudier car il s'agit d'une pathologie qui survient avec l'âge, et l'étude de l'impact propre à la lumière bleue sur le long terme est donc difficile et possible uniquement avec le recul.

Nous savons déjà que la lumière du soleil est un facteur de risque de survenue de DMLA, reste à savoir si cela est dû effectivement à la lumière bleue ou aux autres rayonnements solaires. Nous pouvons effectivement supposer que les effets nocifs sur la rétine sont imputables à la lumière bleue, car les rayonnements UV (potentiellement dommageables en raison de leur haute énergie) sont stoppés par la cornée. (3)

c. Conclusion sur le risque rétinien

Tous ces éléments permettent d'affirmer la phototoxicité de la lumière bleue. Reste encore à définir les seuils de toxicité rétinienne sur des expositions chroniques (3), mais seul le recul pourra nous donner des éléments à ce sujet.

Pour conclure, l'ANSES, dans son rapport de 2019, affirme que les éléments de preuve chez l'animal et chez l'homme sont suffisants pour affirmer que « l'effet de la lumière riche en bleu sur la toxicité rétinienne à court terme est avéré » (3).

Concernant les effets à long terme, les preuves sont limitées chez l'animal, mais suffisantes chez l'homme dans le cadre de la survenue de la DMLA. En effet, l'ANSES conclut à ce sujet que « l'effet d'une lumière riche en bleu sur le long terme sur la contribution à la survenue de DMLA est avéré » (3).

III. Cataracte

La cataracte est une autre pathologie liée à l'âge. Tout comme la DMLA, elle survient surtout chez les personnes âgées de plus de 65 ans. Elle est l'une des premières causes d'interventions chirurgicales en France.

La cataracte résulte d'une opacification progressive de la lentille de l'œil : le cristallin. Cette pathologie peut aller jusqu'à la perte totale de la vue, et le seul traitement est le remplacement du cristallin (42).

Le cristallin a un rôle de protection de la rétine, en effet, il est constitué de protéines, enzymes et métabolites qui absorbent la lumière bleue. Cependant, il en résulte un jaunissement et une opacification du cristallin conduisant progressivement à la cataracte. De plus, nous savons que la lumière bleue produit des espèces réactives de l'oxygène (37), pas seulement sur la rétine ou la cornée mais aussi sur le cristallin, précipitant également la survenue de la cataracte (36). De plus, des études sur l'utilisation d'antioxydants comme la lutéine caroténoïde et la zéaxanthine ont donné de bons résultats pour la protection du cristallin contre le stress oxydatif.

Bien que cette pathologie soit liée à l'âge et que les rayonnements solaires soient en grande partie responsables de sa survenue, la lumière bleue joue également un rôle prépondérant dans l'apparition de la cataracte (36). Encore une fois, ces éléments seront confirmés avec les années à venir, étant donné l'utilisation de plus en plus fréquente des dispositifs émettant de la lumière bleue.

IV. Fatigue visuelle ou Asthénopie

L'usage intensif des écrans peut être responsable de ce que l'on appellera la fatigue oculaire numérique (43). Celle-ci survient après plusieurs heures face à des écrans. Cette fatigue oculaire numérique fut décrite dès l'arrivée des premiers ordinateurs, à la fin des années 1980 (44). Elle concernait des écrans dont les technologies étaient bien différentes d'aujourd'hui. La question est de savoir si la lumière bleue émise par les écrans de nos jours est responsable elle-même de fatigue oculaire.

La fatigue oculaire décrite dans l'article de Sheppard et al. regroupe : fatigue visuelle, maux de tête, vision floue, œil sec (voir partie suivante), douleurs au cou et aux épaules. Nous nous intéresserons ici seulement à la fatigue visuelle également appelée asthénopie. Cette dernière correspond notamment à la sensation de douleur ressentie derrière les globes oculaires, elle serait également liée à une difficulté d'accommodation (permettant de visualiser des éléments à des distances différentes (45)) (43).

Il est clair que la fatigue visuelle est due à plusieurs facteurs, mais la forte proportion de lumière bleue peut être également en partie responsable (43). Bien que peu de travaux aient été menés sur cette thématique précise, il semblerait que l'utilisation d'écrans avec un filtre sépia, émettant donc moins de lumière bleue, améliore le confort oculaire et diminue les symptômes de fatigue visuelle (43). De plus, même si les échantillons de personnes testées sont faibles, l'utilisation de lunettes bloquant la lumière bleue montrera dans quelques études une diminution de la fatigue oculaire (46,47). Cela mérite d'être approfondi dans d'autres études avec un échantillon plus important.

V. Syndrome de l'œil sec

Au sein de l'officine, il est fréquent de recueillir des plaintes « d'œil sec », notamment chez les personnes travaillant beaucoup sur écrans (48). Il est donc légitime de se poser la question des effets de la lumière bleue sur la surface oculaire, celle-ci étant directement exposée à ces rayonnements lumineux (3).

D'après les travaux de Lee et al. sur des rongeurs et les travaux de Miura et al. in vitro sur la cornée humaine, l'ANSES a pu conclure que malgré des éléments de preuves limités, l'effet de la lumière bleue sur l'apparition du syndrome sec est possible (3).

En effet, l'exposition des rongeurs à différentes longueurs d'ondes a montré que la lumière bleue à 410 nm entraîne une « réduction significative du temps de rupture du film lacrymal à la surface de la cornée », « une augmentation des lésions épithéliales cornéennes » et « une augmentation des cytokines inflammatoires (...) et des marqueurs de stress oxydatif associés à une augmentation la mort cellulaire épithéliale » et cela à J+7 et J+10 (3,49).

Sur les cellules de la cornée humaine, seules les longueurs d'ondes correspondant à la lumière bleue, à savoir 410 et 480 nm, ont endommagé les cellules et entraîné un certain stress oxydatif (3,50).

Nous savons que le stress oxydatif et l'inflammation sont à l'origine d'une sécheresse oculaire(36), on peut donc conclure que le stress oxydatif produit par la lumière bleue aggrave le syndrome sec (3,49).

De plus, le travail devant les écrans diminue le clignement des yeux, c'est environ 3 à 5 fois moins de clignements qui sont effectués devant les écrans, ayant des conséquences sur la surface oculaire (sécrétion des larmes, dispersion, évaporation et drainage des déchirures) et aggravant le syndrome de l'œil sec (43).

VI. Myopie

Paradoxalement à tous les effets néfastes possibles cités précédemment, il semblerait que la lumière blanche et plus particulièrement la lumière bleue soit un facteur protecteur dans la survenue de la myopie.

L'ANSES, dans son rapport de 2019, parle d'un effet possible de la lumière bleue sur la survenue de la myopie, mais dans ce cas il s'agit bel et bien d'en effet protecteur (3).

En effet, certaines études citent l'influence protectrice de la lumière du jour sur la survenue de la myopie, notamment chez les enfants (51,52).

L'article de Rucker et al. arrive à la même conclusion, il s'ajoute donc à tous les résultats précédents pour affirmer que la composante bleue dans la lumière blanche limite la survenue de la myopie chez l'Homme. Cela s'explique par le fait que les rayons de courte longueur d'onde produisent un effet d'accommodation différent des rayons de longueur d'onde plus élevée. La mise au point avec la lumière bleue limite la croissance de l'œil en comparaison avec le rouge car les rayons de courte longueur d'onde ont une distance focale plus courte (53).

On recommande donc, surtout aux enfants, de s'exposer au moins 2H par jour à la lumière du jour, cela protège de la myopie, et permet en plus d'augmenter le contraste jour nuit à condition de limiter l'exposition aux lumières bleues le soir afin d'éviter les risques tels que troubles du sommeil ou fatigue oculaire (51). Rappelons en effet que tout réside dans un bon équilibre de l'exposition à la lumière bleue.

C. Autres effets possibles

I. Effets sur la peau

La peau est le plus grand organe de notre corps, et aussi celui qui nous protège des agressions extérieures. Il est donc naturel de se poser la question d'un éventuel impact de la lumière bleue sur la peau. Nous savons déjà que notre peau est très sensible aux rayons ultraviolet (UVA et UVB) et même aux rayons infra-rouge (54). Sachant que l'ultra-violet est proche de la zone de lumière visible à haute énergie, on peut imaginer un impact sur les kératinocytes, directement exposés à cette lumière bleue.

La peau comme beaucoup d'autres organes, est soumise à un rythme circadien elle aussi : le cycle circadien cutané. Les Kératinocytes captent la présence ou l'absence de lumière indépendamment du noyau suprachiasmatique. Ainsi, elle se focalise sur différentes fonctions au moment du cycle grâce à des gènes d'horloge. Le jour, la peau se concentre sur sa principale fonction : la protection. La nuit, elle active les mécanismes de réparation cellulaire et de régénération (55).

Depuis 2009, quelques équipes de chercheurs se sont intéressés aux effets de la lumière bleue sur la peau. Nous avons donc quelques données et expériences à regarder de près nous permettant d'évaluer le risque.

L'article de Dong et al. en 2019 (55) résume parfaitement les effets les plus souvent décrits dans différentes études. Il fait état de plusieurs effets cutanés imputables à la lumière bleue : stress oxydatif, augmentation des cytokines, détérioration de la barrière cutanée, pigmentation. Elle jouerait également un rôle dans l'acné, le psoriasis et la dermatite atopique.

Pour vérifier ces affirmations, l'équipe a exposé les kératinocytes humains à des LED d'une longueur d'onde de 410 nm et en a observé les effets en seulement quelques dizaines de minutes. Par exemple, le taux d'espèces réactives de l'oxygène (ERO) sous une dose d'énergie de 200 J/cm² pendant 66 min a grimpé de 147%. Toutes les cytokines mesurées étaient significativement augmentées après exposition à la lumière bleue, et cela proportionnellement à la durée d'exposition. Les dommages à L'ADN étaient également augmentés.

Plus récemment en juillet 2021 et sur le même type de méthode, une équipe du sud de la France a également mis en évidence des effets sur l'ADN des kératinocytes exposés à la lumière bleue (56).

L'équipe de Nakashima et al. a mis en évidence en 2017 que la lumière bleue pourrait contribuer également à un effet cancérigène en association avec les rayons UVA du soleil. Ils précisent également que les niveaux d'éclairement en intérieur ne semblent pas être suffisants pour induire de tels dommages, d'où le fait que la majorité des dommages cutanés induits par la lumière bleue sont imputables au rayonnement solaire (57).

Tout ceci tend à détériorer la peau et contribue au vieillissement prématuré de celle-ci. De plus, cet effet semble être durable même après un retour à l'obscurité après la période exposée à la lumière bleue (55).

Dans son rapport de 2019, L'ANSES conclut sur le sujet que : « l'effet d'une exposition à la lumière riche en bleu sur la survenue de pathologies cutanées est possible. » (3)

Il reste à définir les niveaux d'exposition pour lesquels se produisent les dommages et des durées d'exposition. De toute évidence, il s'agirait d'effets sur le long terme avec d'éventuels effets cumulatifs. Effectivement, nous savons qu'il s'agit d'effets dose-dépendants et que les éventuels dommages varient en fonction de la dose reçue ainsi que la durée d'exposition.

II. Risque de cancer

Indirectement, la lumière bleue pourrait participer à la survenue de cancers. En effet, nous avons vu que la lumière bleue était responsable d'une suppression dose-dépendante de la mélatonine, notamment chez les travailleurs de nuit. Or, depuis 2007, le travail posté est classé comme cancérogène probable (groupe 2A, CIRC)(58) (pour le cancer du sein majoritairement) (59).

En effet, la nuit, les cellules activent leur mécanisme de réparation, or si nous ne dormons pas, cette réparation ne se fait pas correctement et le risque de cancer augmente. De plus, la mélatonine étant antioxydant et oncostatique, il est donc facile d'imaginer que la privation de mélatonine sur le long terme à force d'un mauvais sommeil dû à l'exposition lumineuse augmente le risque de cancers (21), notamment hormono-dépendants (60) .

Une méta analyse (61) conduite par le Centre de recherche en épidémiologie et santé des populations a permis de regrouper les informations relevées durant différentes études sur le cancer du sein afin d'en extraire des données sur le travail de nuit et évaluer le sur-risque de cancer du sein. Ils en ont déduit en 2018 que le risque de cancer du sein était supérieur de 26 % chez les travailleuses de nuit, et plus le nombre de nuit travaillées par semaine est important, et plus la durée est grande, plus le risque est élevé. Il semblerait également que l'arrêt du travail de nuit par la suite inverserait la tendance. On apprend également que le type de tumeur semble être identique, il s'agit de tumeurs exprimant des récepteurs aux œstrogènes (RE+), et plus particulièrement celles ayant également le récepteur HER2 (61).

L'exposition à la lumière artificielle la nuit, et en particulier à la lumière bleue, expose également à des cancers de la prostate. D'après une méta-analyse de 2015, le risque relatif est de 1,24 ; soit un risque significativement augmenté chez les travailleurs de nuit (62).

Quelques groupes de recherche se sont également penchés sur le risque de cancer colorectal, notamment un groupe espagnol, qui a montré que l'exposition à la lumière bleue la nuit augmentait significativement le nombre de cas de cancers colorectaux du fait de sa plus grande incidence sur le taux de mélatonine. En revanche, aucun risque supplémentaire de cancer colorectal avec une lumière naturelle respectant un cycle physiologique (60).

L'étude de Nakashima que nous avons précédemment citée évoquait également un risque de cancer cutané dû à l'exposition à la lumière bleue, en association avec les UVA dans la lumière du soleil (57). En effet, on peut facilement penser qu'étant donné les effets de la lumière bleue sur les kératinocytes, notamment les dommages à l'ADN, le risque de cancer est forcément plus important. Or les UVA sont classés comme cancérigène avéré (groupe I du CIRC) alors que la lumière bleue ne l'est pas. Pourtant, son rôle n'est pas anodin et s'en protéger serait intéressant pour se prémunir au mieux du risque de cancer cutané.

Ceci met en évidence que la lumière bleue trop présente dans notre quotidien et ne respectant pas nos cycles jour/nuit représente un risque réel pour notre santé. De nombreuses études doivent encore être faites pour approfondir le sujet.

III. Autres risques

Parmi les risques probables imputables à la lumière bleue, on retrouve également : prise de poids, obésité, diabète de type 2, ou encore maladies coronariennes. Ces pathologies peuvent résulter d'une perturbation du rythme circadien induite par la lumière bleue. C'est un effet indirect, certes, mais tout de même probable (3).

Globalement, la perturbation de l'horloge biologique induit des changements métaboliques pouvant perturber les fonctions physiologiques chez l'homme, surtout sur le long terme (3). Pour exemple, le travail posté est considéré comme un facteur de risque de diabète (63), car la privation de sommeil induit un dérèglement du métabolisme du glucose (réduction de la tolérance au glucose, résistance à l'insuline, etc.) (63).

L'importance du respect du cycle circadien est capitale pour rester en bonne santé, pour cela, il convient de respecter un cycle jour nuit se rapprochant le plus possible du cycle naturel. Cette condition est indispensable pour garder un sommeil de bonne qualité, de se protéger des effets oculaires, et de se prémunir de certains risques de survenue de maladies comme les cancers ou les maladies métaboliques.

D. Populations particulières : personnes à risque.

Concernant les risques oculaires ou les risques de troubles du rythme circadien, et plus particulièrement les troubles du sommeil, il existe des personnes à risque.

L'ANSES a établi la liste des personnes à risque concernant la lumière bleue, comprenant entre autres (3) :

- Les nourrissons, enfants, adolescents et jeunes adultes (avant 20 ans).
- Les personnes aphakes (sans cristallin) ou pseudo aphakes (avec un cristallin artificiel).
- Les femmes enceintes (effets potentiels sur le bébé).
- Les travailleurs de nuit, du fait de leur exposition à la lumière artificielle nocturne.
- Les personnes ayant des pathologies oculaires, ou ayant déjà des troubles du sommeil.

I. Effets de la lumière bleue sur les enfants (avant 20 ans)

Les moins de 20 ans sont plus sensibles à la lumière bleue du fait de leur développement oculaire incomplet. En effet, à la naissance, les nouveau-nés naissent avec un cristallin transparent, qui va s'opacifier progressivement en grandissant, jusqu'à 20 ans (3). Ce cristallin jouant le rôle de filtre de la lumière (2), sa transparence laisse passer les rayons hautement énergétiques de la lumière bleue, ce qui peut occasionner des troubles oculaires ou des troubles du rythme circadien avec des niveaux d'éclairements bien inférieurs à ceux qui poseraient problèmes à un adulte.

En plus des éventuels troubles oculaires ou du sommeil induits par l'exposition trop importante à la lumière bleue, un enfant trop exposé aux écrans (surtout la télévision qui ne nécessite aucune interaction), notamment dans son plus jeune âge et aux mauvais moments de la journée, risque des troubles du développement intellectuel pouvant conduire à un échec scolaire. Il est donc crucial de limiter les écrans pour les enfants pour leur bien-être. Avant 3 ans pas d'écrans, et ensuite une introduction progressive et encadrée par les parents jusqu'à l'adolescence (64).

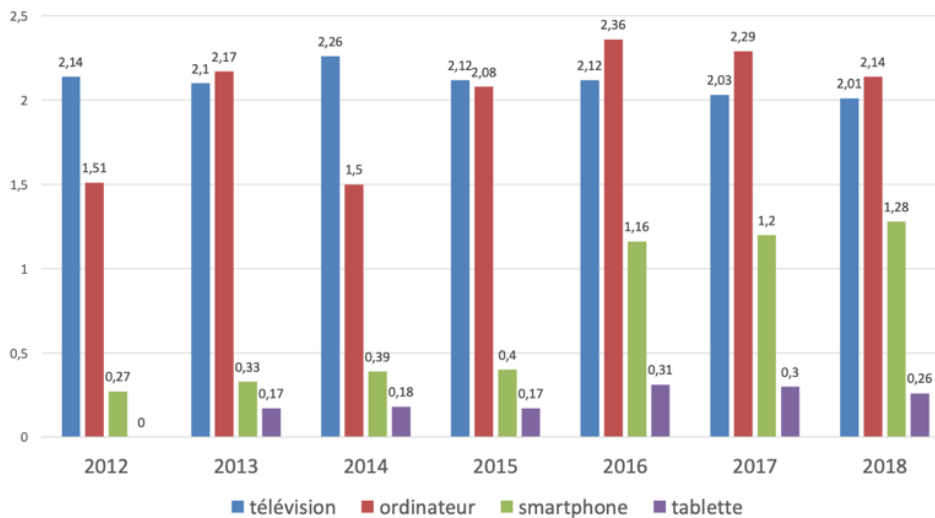
Pourtant, la majorité des jeunes enfants et adolescents utilisent massivement les écrans, sans respecter les recommandations. Quelques chiffres permettent de prendre conscience du problème :

- 45% des enfants de 0 à 2 ans utilisent des écrans de type tablette ou smartphone.
- Un enfant de 2 ans et demi passe quasiment 9H par semaine devant les écrans.
- Les enfants de 1 à 6 ans passent en moyenne plus de 4H30 par jour sur internet.
- Pour ce qui est des jeunes adolescents, ils passent plus de temps sur tous écrans confondus que la population générale, comme le montre la figure suivante.

Notons tout de même qu'une utilisation raisonnée des écrans de manière adaptée peut aussi aider au développement de l'enfant (voire des adultes, et même des personnes âgées). En effet certains jeux vidéo permettraient d'accroître ses capacités mentales et physiques, d'après plusieurs études sur le sujet. Tout cela étant bien sûr sous condition d'une utilisation raisonnée et en respectant les consignes de bonne utilisation des écrans (distance de visionnage correcte, luminosité limitée, éviter les écrans le soir, etc.)(65)

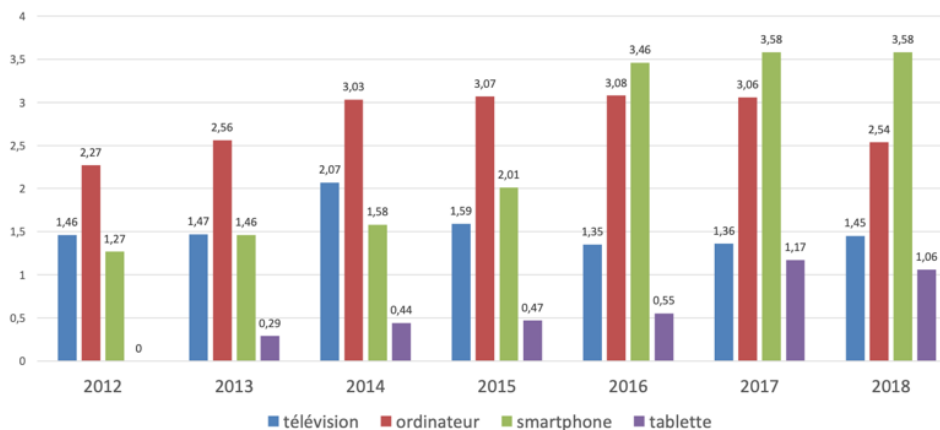
Il semble également que les jeux vidéo peuvent avoir des effets positifs sur la santé mentale.
(66)

Temps passé sur les différents écrans par l'ensemble de la population



Baromètres de la santé visuelle AsnaV – OpinionWay

Temps passé sur les différents écrans par les 16 - 24 ans



Baromètres de la santé visuelle AsnaV – OpinionWay

Figure 16 : Comparaison du temps passé devant les écrans en fonction des tranches d'âge.

Ce diagramme (figure 16) nous montre non seulement que les jeunes de 16 à 24 ans passent beaucoup plus de temps sur les écrans que la population générale, mais aussi que le type d'appareil numérique change. Les jeunes passent beaucoup plus de temps sur les appareils mobiles de type smartphone et tablettes, alors que la population générale privilégie les ordinateurs et télévision.

Ceci soulève encore une problématique : la distance de visionnage. Ces appareils mobiles utilisés par les plus jeunes voire les très jeunes enfants, ont une distance de visionnage très faible, avec une augmentation du risque en conséquence.

En effet, nous savons que plus l'écran est situé près des yeux, plus le risque de développer une pathologie oculaire ou encore d'avoir des troubles de l'endormissement est important (15). C'est aussi pour cela que la télévision risque moins d'engendrer des conséquences néfastes contrairement aux appareils mobiles de plus en plus utilisés de nos jours.

Il est donc très important de conseiller aux parents de veiller à ce que leurs enfants respectent les recommandations quant à l'utilisation des écrans, pour leur bon développement et leur santé visuelle. Le plus important étant :

- Pas d'écrans avant 3 ans, puis encadrer l'utilisation et surveiller (64).
- Fixer une durée d'utilisation des écrans et apprendre aux enfants à s'autoréguler (64).
- Respecter une distance de visionnage suffisante afin de limiter les risques (au moins 1,5 fois sa diagonale d'après l'ASNAV).

II. Personnes aphakes ou pseudo-aphakes

Les personnes aphakes (n'ayant pas de cristallin) sont plus à risque face à la lumière bleue car ils n'ont pas de quoi filtrer ces rayonnements lumineux. De même pour les personnes pseudo-aphakes (ayant un cristallin artificiel), ceci pouvant par exemple être secondaire à une chirurgie pour une cataracte (opacification du cristallin, voir partie concernée). Ce type de population est plus sensible à la lumière bleue en particulier du fait de l'absence de ce cristallin, certes, mais surtout l'absence de pigments jaunes contenus dans ce dernier (2,3,42).

Ces personnes ont plus de risques de développer une pathologie oculaire liée à la surexposition à la lumière bleue. En effet, les longueurs d'ondes courtes sont transmises directement à la rétine augmentant le risque de lésions phototoxiques. On peut aussi redouter des troubles du sommeil dus à une perturbation des rythmes circadiens ; ou encore un inconfort visuel lié à un éblouissement (3).

III. Femmes enceintes

Le CES (comité d'experts spécialisés) de l'ANSES, recommande aux femmes enceintes d'éviter de s'exposer à la lumière la nuit. Cette recommandation repose sur des études chez l'animal mettant en évidence d'éventuels risques pour l'enfant à naître.

Cela repose sur le principe suivant : la glande pinéale du fœtus ne synthétise pas de mélatonine, donc seule la mélatonine de la mère, passant la barrière foeto-placentaire, peut réguler le cycle du bébé. Or, si la mère s'expose à de fortes lumières la nuit (travail de nuit par exemple), la sécrétion de mélatonine est inhibée, et le fœtus est également privé de ce signal. Des effets à court terme et à long termes sont redoutés, notamment sur le développement cognitif, ou sur le métabolisme, d'après quelques études chez des mammifères (3,67).

Même si ces constats ne sont pas directement applicables chez l'homme, mieux vaut se prémunir contre ces risques et prendre des précautions, en veillant à respecter la période nocturne sans lumière bleue, la plus perturbante pour la production de mélatonine.

Ceci met en évidence l'importance du respect du rythme circadien en début de vie, dès la conception, afin d'éviter de multiples perturbations à l'avenir. Cette problématique reste un sujet à approfondir et pourrait déboucher sur des recommandations concrètes, notamment pour les travailleuses de nuit.

IV. Travailleurs de nuit

Comme nous l'avons déjà cité dans les précédentes parties, le travail de nuit représente un facteur de risque majeur d'effets néfastes liés à la présence de lumière bleue la nuit (63).

Ainsi, troubles du sommeil et maladies métaboliques sont classés comme effets avérés pour les travailleurs de nuit (68).

Les effets sur la santé mentale, les performances cognitives, mais aussi la prise de poids et le risque de diabète ainsi que les maladies coronariennes sont classés parmi les conséquences probables ; de même que le risque de cancer (notamment cancer du sein chez la femme) (59,61,68).

Dyslipidémies, hypertension artérielle et accidents vasculaires cérébraux sont de l'ordre du possible, mais le lien ne peut être formellement établi pour l'instant (68).

Ajoutons à cela le risque potentiel pour le fœtus cité précédemment dans le cas des travailleuses de nuit enceintes (3).

La gestion de la lumière bleue la nuit pendant les heures de travail est donc capitale, d'où l'utilité d'avoir recours à des lunettes de protection teintées en orange, bien que cela risque d'induire une limitation des performances au travail de nuit, la lumière bleue stimulant l'éveil et limitant la somnolence (21,69). C'est donc bel et bien un facteur de risque très important et difficile à gérer. Envisager de limiter la durée du travail de nuit et effectuer des rotations du personnel limiterait les effets à long terme.

E. Exemple de la Covid-19

I. Contexte

Le début de l'année 2020 a été, comme chacun de nous le sait, marqué par l'arrivée fracassante de la COVID-19 dans nos vies. Notre quotidien a été bouleversé et nous savons que le monde ne sera plus jamais le même dorénavant.

De nouvelles habitudes et pratiques sont nées de cette pandémie : le distanciel.

Télétravail, cours à distance et appels vidéo font maintenant partie de notre quotidien et augmentent considérablement notre temps passé devant les écrans [70,71]. De plus, le confinement a également été propice à une utilisation massive des écrans, pour rester en contact avec ses proches ou tout simplement s'occuper. Jeux vidéo, achats en ligne, réseaux sociaux ... sont alors devenus omniprésents, faute de pouvoir sortir effectuer les activités habituelles (72).

Cette utilisation massive des écrans fait réfléchir, notamment pour ses effets sur le court et le long terme, comme nous avons pu le citer précédemment. C'est pour cela que ce sujet à son importance dans cette thèse, il illustre parfaitement la façon dont nous nous exposons, et de plus en plus, à la lumière bleue par le biais des écrans omniprésents.

Le confinement et le télétravail sont également propices au stress (73,74), en plus de l'angoisse provoquée par les dangers de la pandémie. Ce qui s'ajoute à l'enfermement et l'utilisation des écrans, estompant ainsi le contraste jour/nuit. Cela a forcément des conséquences sur le sommeil (74), et le maintien d'un bon rythme circadien, pourtant si importants pour notre santé.

II. Effets du confinement et du télétravail

a. *Manque d'exposition à la lumière du jour*

Au-delà des conséquences psychologiques induites par la perturbation de notre mode de vie, le confinement mis en place lors des différentes vagues de contamination a pu, chez de nombreuses personnes, modifier les cycles circadiens. Ce qui, comme nous le savons, peut avoir des lourdes conséquences sur la santé.

Nous savons d'ores et déjà que le manque de lumière du jour peut jouer sur l'humeur, c'est le principe de la déprime saisonnière (23,75). Il est donc légitime de penser que le confinement, limitant notre exposition à la lumière du jour peut induire des troubles de l'humeur.

Nous savons également que le manque d'exposition à la lumière naturelle peut perturber le sommeil. Pourtant, un sommeil de bonne qualité est indispensable pour maintenir une bonne santé aussi bien physique que mentale (75). De plus, notre sommeil est également le gardien d'un bon système immunitaire, si important dans ce contexte de pandémie (76).

D'après l'article de Hartley et al. sur les effets du confinement, l'exposition à la lumière du jour pendant la période de confinement serait inférieure à une heure par jour pour la moitié de la population, contre environ un quart de la population en temps normal (77). Cette réduction significative de l'exposition à la lumière naturelle participe à la détérioration du sommeil et la perturbation du cycle circadien, elle est en effet associée à une heure du coucher plus tardive pour 80% des personnes exposées à moins de 2 heures de lumière naturelle par jour (77) (voir figure 17).

b. Surexposition aux écrans et aux éclairages domestiques le soir

Durant la période de confinement, l'utilisation des écrans a fortement augmenté, comme nous l'avons cité précédemment. Pour parler des chiffres, le visionnage d'écrans durant plus de quatre heures en soirée a triplé, passant de 10% avant confinement à 29% (voir figure 17) (77). Quasiment un tiers de la population a passé plus de quatre heures le soir devant un écran, avant d'aller se coucher (74,77). Ceci corrélé au manque de lumière le jour, mais aussi aux éclairages domestiques LED utilisés le soir pendant la période de veille prolongée est associée à un retard de l'heure du coucher, décalant ainsi le cycle de sommeil.

III. Troubles du sommeil engendrés

L'enquête de Hartley et al. menée en 2020 sur 1777 participants révèle que 47% d'entre eux présentent un sommeil dégradé pendant la période de confinement débutée en mars 2020, en comparaison avec la période avant confinement. Les raisons évoquées étaient entre autres le manque de lumière du jour et la surexposition aux écrans comme nous l'avons évoqué précédemment. Il en résultait une irrégularité du sommeil (sommeils très courts doublés, heures de coucher plus tardives, etc.), ainsi qu'une détérioration de la qualité de ce sommeil chez 90% d'entre eux (77).

De plus, la pression de sommeil (c'est-à-dire le besoin de dormir) augmente avec l'activité physique et la durée de l'éveil, or dans ce contexte de confinement l'activité peut être considérablement réduite, diminuant la pression de sommeil et favorisant une heure de coucher tardive (77).

Le maintien d'un bon sommeil dans de pareilles conditions est alors difficile. Il convient donc de limiter l'utilisation des écrans le soir et de s'exposer autant que possible à la lumière du jour (au minimum une heure par jour). Il est également préférable de respecter des horaires de coucher et de lever réguliers afin de conserver un bon rythme circadien (77).

Voici deux tableaux résumant quelques chiffres de cette étude (figure 17):

Effets de la lumière sur les heures de coucher et de lever.

	Exposition aux écrans le soir			p	Exposition à la lumière de jour			p
	<2 h (%)	2-3 h (%)	>3 h (%)		<2 h (%)	2-3 h (%)	>3 h (%)	
Heure de coucher								
<23h00	39	34	28	<0,0001	66	15	19	<0,0001
23h00-01h00	16	33	51		69	15	15	
>01h00	4	16	80		80	11	9	
Heure de lever								
<07h00	31	29	40	<0,0001	73	11	17	0,01
07h00-09h00	20	35	45		68	16	16	
>9h00	7	19	74		75	13	12	

Le sommeil et les comportements avant et pendant le confinement.

	Avant(%)	Pendant(%)	p
Durée du sommeil			
Moins de 6 h	10	20	0,009
Entre 6 et 7 h	34	24	
Entre 7 et 8 h	44	29	
Entre 8 et 10 h	13	26	
Plus de 10 h	0	2	
Heure de coucher			
Entre 21 h et 22 h	9	4	<0,0001
Entre 22 h et 23 h	36	18	
Entre 23 h et 24 h	39	37	
Entre 24 h et 1 h	12	20	
Entre 1 h et 3 h	3	16	
Plus tard que 3 h du matin	1	5	
Heure de lever			
Avant 6 h du matin	7	4	<0,0001
Entre 6 et 7 h	41	12	
Entre 7 et 8 h	36	28	
Entre 8 et 9 h	11	29	
Entre 9 et 11 h	5	21	
Plus tard que 11 h du matin	1	6	
Régularité des horaires			
Horaires réguliers	72	48	<0,0001
Petite irrégularité	21	36	
Très irréguliers	8	16	
Sport			
Jamais	30	35	<0,0001
1 fois/semaine	27	17	
2 fois/semaine	20	12	
3 fois/semaine	14	13	
Tous les jours ou presque	8	23	
Exposition à la lumière de jour			
1 h ou moins	27	50	<0,0001
Entre 1 à 2 h	34	20	
Entre 2 et 3 h	19	14	
Entre 3 et 4 h	8	8	
Plus de 4 h	11	7	
Exposition aux écrans			
1 h ou moins	11	4	<0,0001
Entre 1 h et 2 h	33	15	
Entre 2 et 3 h	33	30	
Entre 3 h et 4 h	13	23	
Plus de 4 h	10	29	

Figure 17 : « Effets de la lumière sur les heures de coucher et de lever » et « Le sommeil et les comportements avant et pendant le confinement ». D'après Hartley et al. « Effets de confinement SARS-CoV-2 sur le sommeil : enquête en ligne au cours de la quatrième

Chapitre 3 : Les solutions : comment conseiller mon patient ?

Il est important pour les professionnels de santé, et plus particulièrement le pharmacien étant au premier plan des demandes de conseils par les patients, de connaître les effets de la lumière bleue afin de conseiller au mieux. En effet, parfois un rappel des bonnes habitudes peut être la réponse à quelques plaintes de patients au comptoir, notamment de troubles du sommeil. Le pharmacien étant un acteur primordial de la prévention, il se doit également d'informer ses patients, notamment sur les risques de DMLA.

Voici donc quelques bases à connaître en tant que pharmacien d'officine pour répondre aux demandes des patients, ainsi que des solutions efficaces pour se protéger de la surexposition à la lumière bleue et des risques qui en découlent.

A. Règles de vie quotidienne

I. S'exposer à la lumière du jour

Le meilleur appareil de luminothérapie qui nous est donné est le soleil ! La lumière du jour est notre synchronisateur naturel. Comme nous l'avons vu précédemment, le manque de lumière du jour peut s'avérer néfaste, notamment sur l'humeur. De plus, c'est en s'exposant suffisamment à la lumière du jour que nous créons le contraste « jour/nuit » permettant de garantir un rythme circadien correct et un bon sommeil une fois la nuit tombée (3).

Il est donc nécessaire de s'exposer à la lumière du jour, surtout le matin, en prenant le petit déjeuner dehors par exemple. Cette exposition à la lumière du jour est en effet d'autant plus bénéfique qu'elle est proche du moment du lever. Ce conseil s'applique surtout aux personnes souffrant de syndrome de retard de phase (28).

Rappelons aussi que l'exposition à la lumière du jour doit être accompagnée d'un port de lunettes de soleil en cas de forte exposition pour se protéger des rayons UV, le soleil restant un facteur de risque de DMLA (40).

II. Se préparer correctement au sommeil

a. Consignes générales

Quelques habitudes simples à adopter avant le coucher permettent de se préparer correctement au sommeil et limiter les insomnies (28,78) :

- Aller se coucher dès que la fatigue se fait sentir : pas avant, ni plus tard.
- Réserver son lit au sommeil et à l'activité sexuelle uniquement.
- Ne pas rester au lit si l'on ne dort pas, mieux vaut se lever et faire autre chose puis revenir se coucher quand la fatigue se manifeste à nouveau.
- Respecter des horaires de lever similaires, toute la semaine, y compris le week-end.
- Ne pas faire de sieste dans la journée.
- Ne pas faire d'activité physique le soir.
- Ne pas manger excessivement avant le coucher.
- Eviter les excitants après 16h : café, thé, alcool, etc.

Concernant la lumière bleue, il faut la limiter le plus possible une fois la nuit tombée, pour envoyer la bonne information à notre cerveau, à savoir qu'il fait nuit et que le sommeil doit arriver. Pour cela, il convient de (3,15,28,75,78) :

- S'exposer au moins une heure par jour à la lumière du soleil.
- Ne pas utiliser d'écrans dans l'heure précédant le coucher.
- Limiter le plus possible les appareils numériques portables le soir, en raison d'une distance de visionnage souvent trop courte.
- Ne pas regarder les écrans dans le noir.
- Ne pas utiliser chez soi le soir d'éclairage LED de type « blanc froid » émettant une forte proportion de lumière bleue.
- Globalement, baisser un maximum la luminosité que ce soit des écrans ou des éclairages, afin de préparer au mieux notre cerveau à entrer en phase de sommeil et ne pas bloquer la sécrétion de mélatonine.

b. Dormir dans le noir

Cela peut paraître élémentaire, mais dormir dans le noir est très important. Le moindre photon perçu par l'œil peut perturber le sommeil et la sécrétion de mélatonine. En effet, l'information lumineuse est instantanément envoyée aux noyaux supra-chiasmatiques et la sécrétion de mélatonine en est perturbée (3). Sans parler des écrans et des éclairages. Le simple fait de dormir volets ouverts perturbe le sommeil. Il faut donc dormir dans une chambre aux volets fermés et éviter toute source de lumière parasite (voyants, radioreveil) (3,28).

D'ailleurs, les personnes vivant en milieu urbain sont plus exposées à ce risque de pollution lumineuse, en raison des éclairages de la ville qui restent allumés toute la nuit, pour la sécurité des citadins, mais qui peuvent perturber le sommeil (79). D'où l'importance d'avoir des volets ou des rideaux occultants chez soi pour être plongé dans le noir.

c. Le bon choix des éclairages domestiques

Les consommateurs doivent être vigilants lors de l'achat et l'utilisation de leur éclairages domestiques, ou d'objets utilisant des LED.

D'abord, les éclairages LED doivent respecter les normes NF EN 12464 et NF X 35-103.

De plus, les éclairages en question ne doivent pas dépasser le groupe 0 ou 1 selon la norme EN 62471, pour éviter les risques (14) (voir partie précédente sur les LED). Au-delà il est conseillé de porter des lunettes filtrantes (14).

Il faut ensuite se rappeler que plus la lumière émise par la lampe LED est blanche (dite « lumière du jour » ou « blanc froid »), plus la proportion de lumière bleue dans le spectre lumineux est importante. La température de couleur sera alors supérieure ou égale à 4500K (14). Pour limiter l'impact de la lumière bleue, mieux vaut alors privilégier des éclairage dits « blanc chaud » émettant une lumière plutôt dorée ou jaune et dont la température de couleur avoisine les 3000K. Entre 3250K et 4500K, la température de couleur est considérée comme neutre (3,14).

Il faut également savoir que plus la température de couleur de l'éclairage est importante, plus l'éclairage devra être faible afin de limiter les risques. L'INRS a synthétisé dans un tableau (figure 18) issu d'un rapport complémentaire les niveaux d'éclairage à ne pas dépasser en fonction de la température de couleur pour ne pas dépasser le groupe de risque 1 (14).

TEMPÉRATURE DE COULEUR (EN °K)		ÉCLAIREMENT (LUX)
Blanc chaud	≤ 2 350	4 000
	2 350 à 2 850	1 850
	2 850 à 3 250	1 450
Blanc neutre	3 250 à 3 750	1 100
	3 750 à 4 500	850
Blanc froid	4 500 à 5 750	650
	5 750 à 8 000	500

Figure 18 : tableau issu d'un rapport complémentaire de l'INRS (CEI/TR 62778, AFNOR 2014)

Le diagramme de Kruithof permet également de bien choisir son éclairage. Pour un meilleur confort visuel, l'éclairage choisi ne doit pas être trop chaud ni trop froid, comme le montre la figure 19 ci-après. (14)

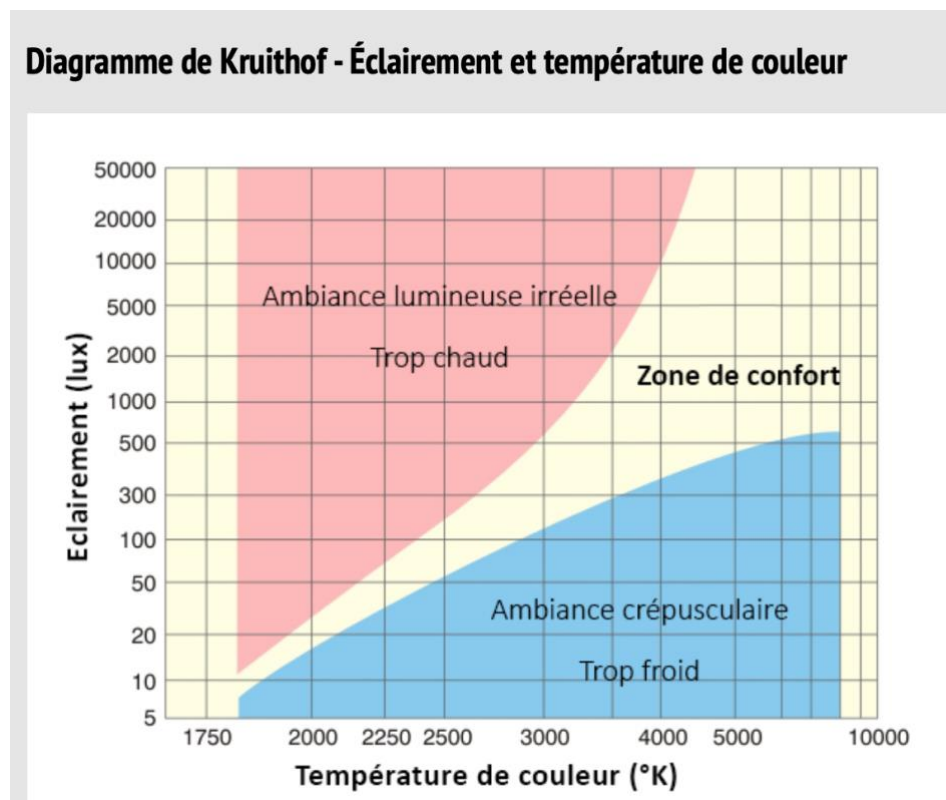


Figure 19: équilibre entre éclairage et température de couleur : diagramme de Kruithof (INRS)

Les éclairages de nos maisons étant majoritairement utilisés le soir, si ceux-ci émettent trop de lumière bleue, ils peuvent donc empêcher la sécrétion de mélatonine physiologique avant le coucher et entraîner des troubles du sommeil.

Pourtant, cette question des éclairages domestiques est souvent négligée lors de l'interrogatoire du patient souffrant de troubles du sommeil. A savoir que la perturbation de l'horloge circadienne peut avoir lieu pour des niveaux d'éclairage très faibles, de l'ordre de 10 à 40 lux, ce qui est largement inférieur aux niveaux atteints en éclairage domestique. (3)

Enfin, il convient également de diriger convenablement des luminaires, afin de projeter une lumière indirecte, et éventuellement utiliser des diffuseurs limitant l'intensité lumineuse perçue par l'œil (3).

d. Diminution des écrans le soir

Nous l'avons énormément cité, mais l'utilisation des écrans le soir est l'ennemi de notre sommeil. Il est pourtant évident qu'ils sont de plus en plus utilisés. De plus, il est clair que cette mesure est parfois difficile à adopter pour la majorité d'entre nous.

Selon un rapport de l'institut national de santé publique des Pays-bas (2017), il semblerait que 58% des adultes utilisent un téléphone, une tablette, ou un ordinateur dans l'heure précédant le coucher (3). Pire encore, la National Sleep Fondation affirme que 36% des adultes et 34% des enfants s'endormiraient en laissant tourner une télévision ou un ordinateur toute la nuit pendant leur sommeil (13).

L'utilisation des smartphones est ancrée dans la vie de tous les jours pour la majorité des populations dans les pays industrialisés. En 2 ans seulement, l'utilisation quotidienne est passée en moyenne de 98 min en 2011 à 195 min en 2013 (26). Cette utilisation est encore plus importante chez les adolescents et les jeunes adultes, environ deux fois supérieure (26).

L'utilisation des écrans émettant de la lumière bleue le soir est synonyme d'augmentation de la température corporelle. Elle est augmentée de 0,1°C après utilisation d'un écran LED avec lumière bleue alors qu'elle diminue de 0,08°C avec utilisation d'un écran sans LED bleues (26). Les LED avec lumière bleue induisent également un retard dans la sécrétion de mélatonine, d'environ 14 minutes pour Heo et al. après 2h30 de visionnage d'écran avec lumière bleue (26).

Ces deux éléments étant incompatibles avec un bon endormissement et altérant réellement notre sommeil, il est donc crucial de ne pas utiliser d'écrans le soir avant le coucher, ou bien de limiter la trop forte exposition par l'utilisation de filtres (voir parties suivantes sur les lunettes anti-lumière bleue et filtres sur écrans), afin d'éviter les troubles du sommeil.

B. Verres « anti-lumière bleue »

I. Analyse du sujet

Nous avons tous entendu parler de ces verres « anti-lumière bleue », que ce soit un filtre ajouté à votre correction si vous en avez une ou bien une paire sans correction uniquement destinée à se protéger de la lumière bleue des écrans. Il existe également des lunettes avec des verres teintés en orange à porter lors du travail de nuit (voire lors de la conduite de nuit). Le marché des verres « anti-lumière bleue » est en pleine progression, mais sont-ils vraiment efficaces ?

Les fabricants de ces verres doivent allier efficacité, à savoir un filtre suffisamment efficace pour prétendre filtrer suffisamment la lumière à haute énergie et limiter le vieillissement oculaire ; tout en étant discret et n'altérant pas la vision des couleurs en étant trop teintés. En effet, dans les études que nous avons citées précédemment utilisant des lunettes filtrantes, les verres sont teintés en orange, ce qui offre un filtre très efficace, mais qui n'est pas utilisable en vie quotidienne.

Hormis la teinte du verre, l'autre moyen de protection contre la lumière bleue consiste en un traitement anti-reflet spécifique, la réflexion est alors axée sur le pic de lumière bleue donc on cherche à se protéger. La réflexion des longueurs d'ondes situées entre 415 et 455 est de l'ordre de 30% pour certains (80). Cette réflexion des rayonnements bleus va donner cet aspect bleuté au verre et une vision légèrement jaunie pour le porteur des verres.

Cependant, d'autres techniques se supplantent maintenant à la réflexion par l'absorption, à l'aide de nanoparticules, permettant de limiter l'aspect visuel bleu, ainsi que la perception jaune (80).

Des entreprises comme Essilor®, travaillent sur la fabrication de verres filtrant au moins 20% et jusqu'à 35% de la lumière bleue « nocive » (à savoir la lumière bleue violette entre 350 et 455nm), tout en gardant la transmission de la lumière bleue turquoise (81).

La combinaison de ces différents traitements permet une protection optimale contre la lumière bleue, allant jusqu'à 50% de filtration d'après les verriers (80).

La question est maintenant de savoir si ces verres ont réellement une utilité et si nous pouvons les utiliser pour protéger nos yeux du vieillissement prématuré et de la fatigue oculaire, mais aussi des troubles du sommeil.

II. Efficacité

Pour étudier l'efficacité de ces dispositifs, il faut bien séparer d'un côté les lunettes filtrantes « ambrées » ou « teintées en orange » et les lunettes à verres transparents « traités anti-lumière bleue ». D'ailleurs, la grande différence entre ces deux dispositifs est que l'un est destiné à être porté occasionnellement (verres fortement teintés) alors que l'autre est à porter au quotidien (verres blancs). N'oublions pas que nous avons aussi besoin de la lumière bleue (turquoise) pour maintenir un bon rythme circadien, nous ne pouvons donc pas nous en protéger complètement, ce qui nous donne déjà un élément de réponse sur le niveau de blocage de la lumière bleue de ces dispositifs.

Un article de Sheppard et al. (43) a résumé quelques études sur l'efficacité des verres filtrants la lumière bleue sur la fatigue oculaire. Il s'agit ici de verres plus ou moins teintés en orange. Les études en question sont celles de Cheng et al. ; Ide et al. (47) ; et Lin et al. Elles ont toutes les trois montré une réduction de la fatigue oculaire avec le port de lunettes filtrantes. Ces résultats sont plus marqués chez les patients souffrants d'yeux secs et avec les lunettes à fort blocage donc fortement teintées, et enveloppantes ce qui réduit l'évaporation des larmes. Il est clair que ces résultats ne sont donc pas applicables en pratique quotidiennes sur des lunettes classiques (non enveloppantes) et avec un filtre qui n'est pas fortement teinté pour garder l'esthétisme et le confort visuel.

Nous avons vu que les lunettes avec verres teintés en orange avaient une certaine efficacité pour préserver de l'impact de la lumière bleue, et ne pas perturber le rythme circadien, notamment pour les travailleurs de nuit rentrant chez eux le matin sous la lumière du jour avant d'aller se coucher (21).

En effet, nous pouvons affirmer que le port de lunettes filtrantes « ambrées » améliore le sommeil : diminution des insomnies, notamment le syndrome de retard de phase, et améliore les problèmes de sommeil décalé dû au travail posté ou encore au décalage horaire. Il semblerait même que celles-ci aient un effet bénéfique sur certaines pathologies psychiatriques (bipolarité et dépression) (69).

Toute l'efficacité de ces lunettes filtrantes « ambrées » repose sur le fait que la sécrétion de mélatonine est préservée, induisant ainsi plus facilement le sommeil. Bien sûr ces lunettes filtrantes doivent être utilisées au bon moment de la journée, à savoir dans les 2-3 heures précédant le sommeil.

Ces lunettes représentent un traitement non-médicamenteux, peu contraignant et sans effets indésirables (69), si elles sont correctement utilisées ; ce qui en fait un traitement prometteur, étant donné son efficacité présumée. Signalons tout de même que quelques études n'ont démontré aucune amélioration du sommeil avec les lunettes filtrantes, ce qui évoque que tous les dispositifs ne sont pas forcément efficaces (69). Signalons également que la taille des échantillons est souvent très restreinte.

Ce qui nous amène à penser que les lunettes transparentes avec traitement anti-lumière bleue risquent de ne pas entrer dans la catégorie des dispositifs efficaces.

A présent, il s'agit donc plutôt d'étudier l'efficacité des lunettes avec filtre anti-lumière bleue dans la vie de tous les jours, sur des lunettes « classiques », c'est-à-dire non teintées en orange, et notamment avec l'utilisation d'écrans avant le coucher. Or, il est très difficile de trouver des études sur les verres filtrants vendus par la plupart des opticiens.

Il semblerait malheureusement que les filtres « anti-lumière bleue » vendus par les opticiens sur les lunettes de vue n'aient que très peu d'efficacité (3). Les verres transparents ne peuvent pas filtrer suffisamment la lumière bleue et ne peuvent donner de résultats significatifs comme les verres teintés en orange. Ces conclusions seraient partagées par Sylvie Zanier (université Grenoble Alpes) et Julien Delahaye (chercheur en physique au CNRS) d'après quelques sources (82,83). D'après eux, ces verres testés ne filtrent quasiment pas la lumière bleue.

L'étude de Ide et al., bien que menée sur un petit groupe de personnes, montre que seuls les verres avec filtre important bloquant plus de 50% de la lumière bleue avaient un effet sur la fatigue oculaire. Les lunettes à faible filtration ne montraient aucun effet significatif, tout comme les lunettes sans filtre (47). Ceci montre bien qu'un niveau minimum de filtration est exigé pour reconnaître un véritable effet.

Ces verres « anti-lumière bleue » vendus par les opticiens devraient en théorie filtrer une toute petite partie du rayonnement bleu sans pour autant altérer la perception visuelle. Il s'agit donc d'une petite contribution à faire baisser notre exposition à ces rayonnements hautement énergétiques (43). Il ne s'agit donc pas de considérer le filtre proposé par son opticien comme une protection efficace contre la lumière bleue.

III. Conclusion sur les lunettes et les verres anti-lumière bleue

Il faut distinguer d'un côté les lunettes de protection anti-lumière bleue teintés en orange, donnant une efficacité significative sur la réduction de la fatigue oculaire, sècheresse oculaire, mais aussi les troubles du sommeil. Utilisées quelques heures avant le coucher, le blocage de la lumière bleue permet de préserver la sécrétion de mélatonine préparant au sommeil, et jouant également un rôle crucial dans l'humeur comme nous l'avons déjà vu. Ces lunettes de protection peuvent également être utilisées pour les travailleurs exposés à de fortes quantités de lumière bleue, bien que celles-ci ne peuvent être reconnues comme un équipement de protection individuel (3).

Les verres traités « anti-lumière bleue » proposés par les différents opticiens et dont les publicités fleurissent sur les réseaux sociaux notamment, sont malheureusement trop peu efficaces. En effet, la transparence des verres ne permet pas de limiter suffisamment la transmission de la lumière bleue au niveau de la rétine, et ainsi n'offre pas réellement d'effet bénéfique. Cela dit, un léger confort visuel supplémentaire tout à fait subjectif peut être ressenti. Il s'agit donc plutôt d'un effet de mode et d'une stratégie de marketing plutôt que d'une réelle solution pour se protéger du vieillissement prématuré ou de l'inconfort visuel.

C. Applications/technologies : « Night shift » ou « mode nuit »

Les technologies modernes se sont adaptées aux nouvelles recommandations face à la lumière bleue. Dorénavant, sur les appareils numériques modernes tels que smartphones, tablette numérique et même ordinateurs portables, il existe des modes permettant de limiter l'émission de lumière bleue. Appelé « Night Shift » sur Apple et « Mode Nuit » sur Android, ce mode permet de réduire l'exposition à la lumière blanche, riche en bleu, pour une lumière plus chaude, donnant des teintes de couleurs beaucoup plus jaunes (voir figure 20). (80)

Ce mode offre un confort visuel non négligeable grâce à une réduction de la fatigue oculaire (43), surtout en visionnage dans un environnement peu éclairé, bien que les couleurs soient modifiées. Cette réduction de la température de couleur permet de limiter notamment les troubles de l'endormissement lors d'une utilisation des outils numériques le soir avant le coucher. En effet, cette petite astuce simple est plutôt efficace car elle agit directement sur la source. (3)



Figure 20 : Comparaison entre l'image d'un écran classique (à gauche) et l'image d'un écran avec le "mode nuit" ou "night shift" activé (à droite). Source : photo personnelle

D. Luminothérapie

La luminothérapie est un traitement de choix contre les troubles affectifs saisonniers, mais aussi contre les troubles du sommeil ou les décalages de phase (induits par exemple par le travail de nuit). Le principe est simple : remplacer le manque de lumière naturelle et bénéficier de ses effets bénéfiques sur l'horloge circadienne.

Pour ce qui est des TAS, en utilisant un dispositif de luminothérapie pendant au moins 15 jours tous les matins entre 7h et 9h pour une durée de 30 à 120 minutes, à une intensité de 10 000 lux, les effets bénéfiques sont présents sur les symptômes dépressifs. Le pourcentage de réussite de ce traitement avoisine les 70%. (23)

Pour améliorer la vigilance des travailleurs de nuit et améliorer leur sommeil le jour, utiliser des appareils de luminothérapie la nuit va empêcher la sécrétion de mélatonine et améliorer la concentration et l'attention. (18) En revanche il sera extrêmement important de conserver au maximum sa sécrétion de mélatonine en journée pour les différentes raisons évoquées dans les parties précédentes.

En cas de troubles du sommeil, la luminothérapie permettra de resynchroniser le cycle jour/nuit, en étant utilisée le matin pour bien démarrer la journée et améliorer ses performances. Le soir, la sécrétion de mélatonine sera rétablie dès lors que le patient se mettra à l'obscurité.

Selon une étude menée par Crowley et Eastman, l'exposition à une lumière vive le matin au réveil pendant 30 minutes suffit à produire une avance de phase de 1,8h ($\pm 0,8$ h), en complément d'une prise de mélatonine une heure avant le coucher. En détail, cette étude montre que la plus grande avance de phase est obtenue pour l'exposition la plus longue (2h), mais aussi que l'exposition de 30 minutes est aussi efficace que celle d'1h fragmentée. Cela montre l'efficacité de la luminothérapie dans le traitement du syndrome de retard de phase (29). Dans le cas très rare du syndrome d'avance de phase, la luminothérapie devra être utilisée en fin de journée afin de retarder l'endormissement.

E. Mélatonine exogène

En cas de trouble de l'endormissement avéré, malgré un strict respect des conseils énoncés ci-dessus, le pharmacien peut envisager de conseiller à son patient un complément alimentaire à base de mélatonine, ou encore délivrer une prescription de mélatonine.

I. La mélatonine comme médicament

La mélatonine est classée comme médicament liste II à partir de 2mg depuis 2011 (Anciennement liste 1) (84). Le médicament Circadin® est commercialisé dans l'indication « en monothérapie, pour le traitement à court terme de l'insomnie primaire caractérisée par un sommeil de mauvaise qualité chez les patients de 55 ans ou plus » (Vidal (85)). Le pharmacien peut donc être amené à délivrer la mélatonine sur prescription médicale, ainsi que les conseils et recommandations associés.

Depuis 2020, un médicament nommé Slenyto® (dosé à 1 mg ou 5 mg) classé liste I est également disponible sur le marché dans l'indication : « traitement de l'insomnie chez les enfants et les adolescents de 2 à 18 ans, présentant un trouble du spectre de l'autisme (TSA) et/ou un syndrome de Smith-Magenis, lorsque les mesures d'hygiène du sommeil ont été insuffisantes. » (86).

Dans ce cas précis, l'inscription sur la liste I se justifie par la population à qui ce médicament est destiné et la précision de l'indication. D'ailleurs la HAS recommande de réserver la prescription aux psychiatres, neurologues et aux pédiatres. (87)

II. La mélatonine comme complément alimentaire

En dessous de 2mg, la mélatonine, seule ou en association, est un complément alimentaire autorisé par décision administrative de de DGCCRF (88).

Sa vente est donc autorisée en pharmacie, mais également dans les centres commerciaux, les enseignes de diététique ou encore sur internet.

Nous allons donc nous focaliser par la suite sur ces compléments alimentaires, étant donné que le pharmacien sera amené à les conseiller de son propre chef.

III. Dans quels cas : les questions à poser au patient

En France, il se vend chaque année environ 1,4 millions de boîtes de compléments alimentaires à base de mélatonine (estimation 2016 Synadiet) (19). Mais il est important de bien conseiller la mélatonine, et de bien choisir son produit.

En effet, il existe pléthore de compléments alimentaires à base de mélatonine, sous différentes formes (comprimés, comprimés sublinguaux, comprimés à libération prolongée, spray, gommes, etc.), et différents dosages (allant de 0,5mg par unité de prise à 1,9mg).

L'EFSA a retenu 2 allégations de santé pour ces compléments alimentaires (89) :

- « La mélatonine contribue à atténuer les effets du décalage horaire » : cette allégation est valable pour une dose minimale de 0,5mg et une prise juste avant le coucher le jour de l'arrivée à destination et les quelques jours suivants.
- « La mélatonine contribue à réduire le temps d'endormissement » : pour une prise d'au moins 1 mg avant le coucher.

Sachant ces informations, le pharmacien va devoir questionner le patient se plaignant de troubles du sommeil, afin d'étayer son conseil et sa dispensation :

- S'agit-il d'un trouble de l'endormissement ? Si oui, combien de temps après le coucher pensez-vous vous endormir ?
- Avez-vous des réveils nocturnes ? Ou un réveil trop tôt le matin avec impossibilité de vous endormir à nouveau avant la fin de la nuit ?
- Ce trouble est-il récent ? Est-il lié à un changement d'habitude ou de rythme (décalage horaire, travail posté) ou un évènement stressant ?
- Utilisez-vous un éclairage domestique à base de LED ? si oui sont-elles d'une lumière plutôt chaude (ou jaune) ou plutôt froide (dite « lumière du jour » ou plutôt bleue) ?
- Utilisez-vous les écrans le soir avant de vous coucher ? Notamment télévision, ordinateur, tablette et téléphone portable ?

Comme nous l'avons énoncé, il convient dans un premier temps de rappeler au patient les règles du sommeil à respecter. Le pharmacien pourra alors conseiller un de ses compléments à base de mélatonine si ces mesures sont inefficaces ou insuffisantes.

a. En cas de troubles de l'endormissement

En cas de troubles de l'endormissement, d'autant plus si celui-ci est dû à une exposition à la lumière bleue ou à un changement de rythme ou d'habitude, la mélatonine est une bonne solution. De plus, si le patient évoque une anxiété ou une certaine agitation, l'association à des plantes peut être un plus.

Attention ! l'heure de prise est très importante. Si l'heure de prise est mauvaise, la mélatonine peut ne donner aucun effet voire être défavorable et désynchroniser d'avantage le rythme circadien (28).

- Trouble de l'endormissement consécutif à un décalage horaire : conseiller une forme de mélatonine délivrant au minimum 0,5mg, le patient devra alors prendre la mélatonine juste avant le coucher le premier soir de son arrivée à destination et les quelques jours suivants (89). Une forme spray à 0,5mg ou un comprimé à libération immédiate de 1mg de mélatonine seule conviendra parfaitement.
- Trouble de l'endormissement avec exposition importante à la lumière bleue (utilisation d'écrans le soir, travail de nuit avec forte luminosité, etc.) : prendre au minimum 1mg (89) de mélatonine environ 1h avant le coucher, une forme à libération immédiate peut suffire, en cas d'échec la dose peut être augmentée à 1,9mg, éventuellement en libération prolongée.
- Trouble de l'endormissement avec stress/anxiété : il peut être intéressant de proposer un complément à base de mélatonine associé à des plantes comme le pavot de Californie, le houblon, la mélisse, la passiflore, la valériane, etc. afin d'aider à apaiser le patient et favoriser l'endormissement (90).

- En cas de syndrome de retard de phase : L'association de la lumineothérapie le matin à une prise de mélatonine à libération immédiate le soir améliore l'endormissement. La posologie recommandées est alors de 0,5 mg afin de ne pas dépasser la concentration physiologique (l'administration de 1mg conduit à des concentrations supra physiologiques (>100pg/mL ; N entre 10 et 60 pg/mL)(19)) et éviter toute somnolence. Il semble qu'une durée de 3 mois de traitement réduise le risque de rechute, bien que le traitement d'1 mois soit suffisamment efficace pour resynchroniser le cycle. Quant à l'heure de prise dans cette indication, la prise de mélatonine 5h avant l'heure souhaitée du coucher est la plus efficace pour resynchroniser le cycle (28,29).
- Cas des travailleurs postés : il peut être intéressant d'apporter de la mélatonine exogène aux travailleurs de nuit. La prise en journée au moment du coucher améliorera la quantité et la qualité du sommeil (21).
- En cas de troubles affectifs saisonniers, la prise de mélatonine pourrait permettre de limiter le décalage de phase et donc réduire ces troubles, mais cela n'a pas encore été démontré. (23)

Rappelons le bien aux patients : Attention à l'heure d'administration !

- Avant 15H : entraîne un retard de phase (moins marqué)
- Après 15H : entraîne une avance de phase (recherché)

C'est le changement de direction de l'effet (19).

b. En cas de difficulté de maintien du sommeil

Bien que la mélatonine n'ait pas d'allégation dans le maintien du sommeil, certaines formes pharmaceutiques peuvent répondre à cette problématique. En effet, 2 solutions s'offrent au patient souffrant de multiples réveils nocturnes :

- Prendre une forme à libération prolongée qui se libèrera sur toute la nuit afin d'aider au maintien du sommeil.
- Opter pour une forme à libération rapide de faible dosage (sublingual par exemple) à prendre en cas de réveil nocturne.
- Utiliser une forme à libération différée permettant une action plus tardive dans la nuit (notamment en cas de difficulté de maintien du sommeil en fin de nuit) avec un pic de mélatonine environ 5 heures après l'heure du coucher.

Attention, le patient veillera tout de même à ne pas dépasser la dose de 2mg par nuit, étant la dose pharmacologique (88).

IV. Précautions d'emploi et effets indésirables

a. Précautions d'emploi

La mélatonine est déconseillée chez la femme enceinte et allaitante.

En effet, la mélatonine passe la barrière foeto-placentaire et dans le lait maternel. En raison d'un manque d'études, il convient d'éviter l'utilisation de la mélatonine chez la femme enceinte sans avis médical (Vidal (85)).

Selon le CRAT, aucune donnée inquiétante n'a été mise en évidence, et il n'y aurait pas d'effets tératogènes chez l'animal.

Il conviendra tout de même de privilégier une solution mieux documentée chez la femme enceinte ou allaitante en cas de troubles du sommeil (91).

La mélatonine agissant sur l'humeur, certains cas de cauchemars, altération de l'humeur et exacerbation de la dépression ont été mis en évidence. Pour ces personnes il sera donc préférable de consulter leur médecin avant d'initier un traitement par mélatonine (19,85)

Quelques cas de réactivation de maladies inflammatoires ou auto-immunes ont été documentés, par précaution, la consommation de mélatonine synthétique est à éviter chez ces personnes (19,85).

La mélatonine est déconseillée aux personnes asthmatiques sans avis de leur médecin, en raison d'un doute sur un éventuel effet néfaste de la mélatonine sur la survenue de crises d'asthme (19).

La prise de mélatonine est également déconseillée chez les enfants et les adolescents en raison du faible nombre de données disponibles (19).

b. Interactions médicamenteuses

Interactions pharmacocinétiques (à dose thérapeutique) (19,85):

- La mélatonine est majoritairement métabolisée par le CYP1A, ce qui peut entraîner des interactions avec les principes actifs métabolisés par le même Cytochrome.
- La Fluvoxamine augmente la concentration plasmatique de mélatonine par inhibition de son métabolisme par les CYP1A2 et CYP2C19. L'association est donc à éviter (19,85). Idem pour le Methoxyypsoralène, la cimétidine, les oestrogènes, et tous les inhibiteurs du CYP1A2 (quinolones, etc.).
- A l'opposé, les inducteurs du CYP1A2, mais aussi le tabac, sont susceptibles de diminuer les concentrations plasmatiques de mélatonine.
- La forte liaison aux protéines plasmatiques de la mélatonine peut faire survenir des interactions avec d'autres substances se fixant aux même protéines (19).

Interactions pharmacodynamiques (19,85):

- Ne pas consommer d'alcool durant le traitement par mélatonine : sous peine de diminution de l'efficacité de celle-ci.
- Augmentation de l'effet sédatif si associé à des benzodiazépines, des hypnotiques.
- Réduction de l'effet antihypertenseur de la nifédipine, mais pourrait aussi potentialiser les effets antihypertenseurs du fait des effets sur la vasomotricité. Prudence donc avec les patients traités pour une HTA.
- Effet antiagrégant plaquettaire : pourrait potentialiser les effets des médicaments antiagrégants plaquettaires ou anticoagulants.
- Effet Immunomodulateur : risque de baisse d'efficacité des médicaments anti-inflammatoires tels que corticoïdes.

→ Toute initiation de mélatonine chez un patient sous traitement doit faire l'objet d'une discussion avec son médecin ou son pharmacien.

c. Nutrivigilance : pour les compléments alimentaires

Seulement 90 cas d'effets indésirables ont été recensés en nutrivigilance dont 19 analysés entre 2009 et 2017 (dont 2 tentatives de suicide) (19).

Sur les 19 cas analysés dans le rapport de l'ANSES, seuls 11 cas ont été jugés vraisemblables, les autres étant le résultat de tentatives de suicide, de doses inconnues, ou associés à des traitements ou des pathologies pouvant aisément expliquer les effets indésirables ressentis. Attention aussi aux autres produits présents dans les compléments alimentaires pouvant être à l'origine de certains effets indésirables recensés.

Les effets relevés étaient en majorité des symptômes généraux (céphalées, vertiges, somnolence), des troubles neurologiques (tremblements, migraine), gastroentérologiques (nausées, vomissements, douleurs abdominales) et psychiatriques (irritabilité, cauchemars), mais aussi cardiovasculaires.

d. Pharmacovigilance : pour les médicaments (Circadin® et Slenyto®)

200 effets indésirables susceptibles d'être liés à la mélatonine ont été relevés entre 1985 et 2016 (19) (soit moins de 7 cas/an) :

- 43% neurologiques (syncopes, somnolence, céphalées, convulsions)
- 24% psychiatriques (anxiété, troubles dépressifs)
- 19% dermatologiques (rash, éruptions maculo-papuleuses) et gastroentérologiques (vomissements, constipation, pancréatites aiguës)
- 14% autres

e. Résumé des précautions d'emploi relatives à la mélatonine

- La mélatonine est déconseillée chez :
 - Les personnes atteintes de maladies inflammatoires et auto-immunes.
 - Les femmes enceintes ou allaitantes.
 - Les enfants et adolescents.
 - Les personnes ayant besoin d'une vigilance soutenue pour certaines activités.

- Un avis médical est recommandé pour les patients :
 - Épileptiques.
 - Asthmatiques.
 - Souffrant de troubles de l'humeur, du comportement, ou de la personnalité.

- Demander l'avis à son médecin ou à son pharmacien en cas de traitement médicamenteux associé.

- L'usage de ce traitement doit être ponctuel uniquement.

- Il convient de ne pas dépasser la dose de 2 mg par jour de mélatonine.

- Attention au respect du moment de prise de ces compléments alimentaires et médicaments.

Conclusion

« Toute avancée des connaissances génère autant d'interrogations qu'elle apporte de réponses. » a écrit Pierre Joliot, chercheur du CNRS et petit fils de Pierre et Marie Curie.

Cette citation résume plutôt bien la conclusion que nous pouvons faire de cette recherche. En effet, bien que nous ayons apporté beaucoup de réponses sur les effets de la lumière bleue, il reste encore tant de choses à découvrir et à approfondir pour en savoir plus sur le sujet. Ce sujet d'actualité doit être traité sur le long terme afin de connaître tous les effets et pouvoir, peut-être, définir des valeurs limites d'expositions, afin de se protéger au mieux de ce nouveau risque émergeant dans nos vies. Nous pouvons être sûrs que dans quelques années, nous entendrons encore parler de ce sujet si important, et que de nouvelles recommandations permettront d'assurer une prévention efficace contre les risques induits par cette lumière à haute énergie pourtant encore peu connue à ce jour.

Nous pouvons maintenant conclure sur les principaux effets possibles et probables de l'exposition à la lumière bleue. Nous savons tout d'abord que ces rayonnements sont importants pour synchroniser notre cycle circadien, et avoir un rythme jour/nuit correct en créant un contraste permettant d'assurer notamment un bon sommeil la nuit ainsi qu'une vigilance accrue en journée. Nous savons maintenant également que la lumière bleue joue un rôle prépondérant dans l'humeur, et que le manque de lumière bleue peut induire des troubles saisonniers.

Le plus grand enjeu de cette recherche était de mettre en lumière les risques de la lumière bleue, devenant envahissante dans notre quotidien, mais surtout dans nos soirées et nos nuits. Effectivement, l'un des risques de l'exposition en soirée à la lumière bleue est la perturbation du sommeil, pourtant gardien de notre santé. En bloquant la sécrétion de mélatonine, la lumière bleue peut engendrer des troubles de l'endormissement et altérer la qualité du sommeil notamment. La mauvaise qualité du sommeil étant associée à des risques de développement de pathologies graves (dont les cancers), les conséquences néfastes peuvent être ressenties dans les années à venir face à tant d'écrans et autant de lumière bleue dans notre quotidien.

Cette recherche a également pu traiter des risques oculaires induits par la lumière bleue. Le risque pour la rétine d'une exposition sur le long terme est avéré, et l'on peut imaginer que le taux d'incidence de DMLA ne fera que croître dans les années à venir. De même pour les cataractes, et les plaintes de fatigue oculaire numérique, dont la sécheresse oculaire. D'autres effets possibles méritent d'être étudiés davantage, notamment des risques cutanés, ou encore des effets cancérigènes ou des troubles du métabolisme.

Heureusement, des solutions simples existent. Quelques règles de bon sens faciles à appliquer existent comme : s'exposer à la lumière du jour, bien choisir ses éclairages domestiques afin de ne pas s'exposer à des lumières trop intenses et trop froides en soirée, dormir dans le noir complet, et surtout bannir les écrans avant le coucher. Et pour parler plus spécifiquement des écrans, limiter le plus possible leur utilisation, et respecter une distance de visionnage correcte. Le soir, utiliser les filtres sépia intégrés dans les écrans afin de réduire l'émission de lumière bleue à la source. Rappelons toutefois que les filtres anti-lumière bleue sur les lunettes de vue ne sont pas efficaces.

Deux traitements montrent une efficacité suffisante en cas d'échec des mesures prises précédemment dans le cadre spécifique des troubles du sommeil et des troubles affectifs saisonniers : la luminothérapie et la mélatonine exogène.

La luminothérapie, utilisée correctement, peut traiter les troubles affectifs saisonniers efficacement. Elle est également recommandée en cas de syndrome de retard de phase.

L'apport de mélatonine est aussi un traitement particulièrement efficace et ayant très peu d'effets indésirables, elle permet de resynchroniser le cycle et de déclencher voire maintenir l'endormissement chez des patients insomniaques dont la sécrétion de mélatonine est altérée (travailleurs de nuit, personnes âgées, décalage horaire, etc.).

Le pharmacien, en tant que professionnel de santé au premier plan face aux patients, doit connaître ces aspects de la lumière bleue afin d'assurer son rôle de prévention, de conseil, ainsi que la délivrance avisée de médicaments et de compléments alimentaires à base de mélatonine en posant les bonnes questions afin d'aiguiller les patients vers les meilleures solutions pour leur bien être lumineux.

Bibliographie

1. Opinionway, AsnaV. Baromètre de la santé visuelle. 2019.
2. Marieb Elaine N. et al. Anatomie et physiologie humaines. Pearson, Éditions du Renouveau pédagogique. Vol. 5e édition, adaptation de la 9e édition américaine. Montréal (Québec); 2015. 1308 p.
3. ANSES. Effets sur la santé humaine et sur l'environnement (faune et flore) des diodes électroluminescentes (LED) [Internet]. ANSES; 2019 avr [cité 16 oct 2019] p. 458. Report No.: Saisine n° « 2014-SA-0253 ». Disponible sur: <https://www.anses.fr/fr/system/files/AP2014SA0253Ra.pdf>
4. Tosini G, Ferguson I, Tsubota K. Effects of blue light on the circadian system and eye physiology. *Mol Vis*. 2016;22:12.
5. Larousse. Définitions : LED - Dictionnaire de français Larousse [Internet]. [cité 26 juill 2021]. Disponible sur: <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/LED/46550>
6. ANSES. Effets sanitaires des systèmes d'éclairage utilisant des diodes électroluminescentes (LED) [Internet]. 2010 oct [cité 7 avr 2021] p. 310. Report No.: Saisine n° 2008-SA-04083. Disponible sur: <https://www.anses.fr/fr/system/files/AP2014SA0253Ra.pdf>
7. Services cantonaux de l'énergie et de l'environnement. Spectre lumineux des lampes d'éclairage [Internet]. energie-environnement.ch. [cité 19 avr 2021]. Disponible sur: <https://www.energie-environnement.ch/definitions/1369-spectre-lumineux-des-lampes-d-eclairage>
8. LNE, Laboratoire national de métrologie et d'essais. La candela [Internet]. LNE, Laboratoire national de métrologie et d'essais. [cité 3 janv 2022]. Disponible sur: <https://www.lne.fr/fr/comprendre/systeme-international-unites/candela>
9. Daniel Metz. Qu'est ce que la luminance ? [Internet]. Blog couleur. 2017 [cité 3 janv 2022]. Disponible sur: <http://www.blog-couleur.com/?qu-est-ce-que-la-luminance-96>
10. Dictionnaire de français Larousse. Définitions : lumen [Internet]. Larousse. [cité 3 janv 2022]. Disponible sur: <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/lumen/48042>
11. Le Robert. lux - Définitions [Internet]. Le Robert. [cité 3 janv 2022]. Disponible sur: <https://dictionnaire.lerobert.com/definition/lux>
12. Delphine Bossy (Nom). Pourquoi le ciel est-il bleu ? [Internet]. Futura Sciences. 2019 [cité 15 févr 2022]. Disponible sur: <https://www.futura-sciences.com/planete/questions-reponses/meteorologie-ciel-il-bleu-5960/>

13. Bedrosian TA, Nelson RJ. Timing of light exposure affects mood and brain circuits. *Transl Psychiatry* [Internet]. janv 2017 [cité 3 mai 2021];7. Disponible sur: <https://www.nature.com/articles/tp2016262>
14. INRS. Rayonnements optiques. Éclairage à LED - Risques [Internet]. INRS. [cité 8 avr 2021]. Disponible sur: <https://www.inrs.fr/risques/rayonnements-optiques/eclairage-led.html>
15. Renard G, Leid J. Les dangers de la lumière bleue : la vérité ! *J Fr Ophtalmol*. 1 mai 2016;39(5):483-8.
16. INSEE. Plus souvent seul devant son écran [Internet]. INSEE. 2013 [cité 15 avr 2021]. Disponible sur: <https://www.insee.fr/fr/statistiques/1280984>
17. Courbet D, Fourquet-Courbet M-P. Usages des écrans, surpoids et obésité. *Obésité*. 9 oct 2019;14.
18. Duforez F. Travail décalé et risques pour la santé, intérêt de la luminothérapie. *Prat En Nutr*. avr 2018;14(54):42-4.
19. ANSES. Avis relatif aux risques liés à la consommation de compléments alimentaires contenant de la mélatonine [Internet]. ANSES; 2018 [cité 29 mars 2021]. Disponible sur: <https://www.anses.fr/fr/content/l'anses-recommande-à-certaines-populations-d'éviter-la-consommation-de-compléments>
20. Inserm. Chronobiologie [Internet]. [cité 19 avr 2021]. Disponible sur: <https://www.inserm.fr/information-en-sante/dossiers-information/chronobiologie>
21. Smith MR, Eastman CI. Shift work: health, performance and safety problems, traditional countermeasures, and innovative management strategies to reduce circadian misalignment. *Nat Sci Sleep*. 2012;4:111-32.
22. Gordon E, Heinzer R, Haba-Rubio J. *Le Sommeil*. *Medecine&hygiene*. Genève; 2013. 137 p.
23. Malbos D. Les troubles affectifs saisonniers. *Actual Pharm*. 1 nov 2020;59(600):19-22.
24. Benard V, Geoffroy PA, Bellivier F. Saisons, rythmes circadiens, sommeil et vulnérabilité aux conduites suicidaires. *L'Encéphale*. sept 2015;41(4, Supplement 1):29-37.
25. Chellappa SL, Steiner R, Blattner P, Oelhafen P, Götz T, Cajochen C. Non-visual effects of light on melatonin, alertness and cognitive performance: can blue-enriched light keep us alert? *PloS One*. 26 janv 2011;6(1):e16429.
26. Heo J-Y, Kim K, Fava M, Mischoulon D. Effects of smartphone use with and without blue light at night in healthy adults: A randomized, double-blind, cross-over, placebo-controlled comparison. *J Psychiatr Res*. 1 avr 2017;87:61-70.

27. Wood B, Rea MS, Plitnick B, Figueiro MG. Light level and duration of exposure determine the impact of self-luminous tablets on melatonin suppression. *Appl Ergon.* 1 mars 2013;44(2):237-40.
28. Chaufton C, Bioulac S. Le syndrome de retard de phase : une expérience personnelle de prise en charge associant lumière et mélatonine. *Médecine Sommeil.* 1 sept 2015;12(3):103-15.
29. Crowley SJ, Eastman CI. Phase advancing human circadian rhythms with morning bright light, afternoon melatonin, and gradually shifted sleep: can we reduce morning bright-light duration? *Sleep Med.* 1 févr 2015;16(2):288-97.
30. Orpha.net. Syndrome d'avance de phase du sommeil [Internet]. [cité 21 juin 2021]. Disponible sur: https://www.orpha.net/consor/cgi-bin/OC_Exp.php?lng=fr&Expert=164736
31. Buysse DJ, Reynolds CF, Monk TH, Berman SR, Kupfer DJ. The Pittsburgh Sleep Quality Index: a new instrument for psychiatric practice and research. *Psychiatry Res.* mai 1989;28(2):193-213.
32. Hopkins S, Morgan PL, Schlangen LJM, Williams P, Skene DJ, Middleton B. Blue-Enriched Lighting for Older People Living in Care Homes: Effect on Activity, Actigraphic Sleep, Mood and Alertness. *Curr Alzheimer Res* [Internet]. 8 sept 2017 [cité 10 janv 2020];14(10). Disponible sur: <http://www.eurekaselect.com/153010/article>
33. Sletten TL, Revell VL, Middleton B, Lederle KA, Skene DJ. Age-Related Changes in Acute and Phase-Advancing Responses to Monochromatic Light. *J Biol Rhythms.* 1 févr 2009;24(1):73-84.
34. Tan DX, Xu B, Zhou X, Reiter RJ. Pineal Calcification, Melatonin Production, Aging, Associated Health Consequences and Rejuvenation of the Pineal Gland. *Mol J Synth Chem Nat Prod Chem.* 31 janv 2018;23(2):301.
35. Román Ikonicoff. Lumière bleue des écrans : une étude explique ses méfaits et tire la sonnette d'alarme [Internet]. *Science&Vie.* 2018 [cité 9 janv 2020]. Disponible sur: <https://www.science-et-vie.com/corps-et-sante/lumiere-bleue-des-ecrans-une-etude-tire-la-sonnette-d-alarme-42573>
36. Zhao Z-C, Zhou Y, Tan G, Li J. Research progress about the effect and prevention of blue light on eyes. *Int J Ophthalmol.* 18 déc 2018;11(12):1999-2003.
37. Shang Y-M, Wang G-S, Sliney D, Yang C-H, Lee L-L. White Light-Emitting Diodes (LEDs) at Domestic Lighting Levels and Retinal Injury in a Rat Model. *Environ Health Perspect.* mars 2014;122(3):269-76.
38. Shang Y-M, Wang G-S, Sliney DH, Yang C-H, Lee L-L. Light-emitting-diode induced

retinal damage and its wavelength dependency in vivo. *Int J Ophthalmol*. 18 févr 2017;10(2):191-202.

39. O'Hagan JB, Khazova M, Price LLA. Low-energy light bulbs, computers, tablets and the blue light hazard. *Eye*. févr 2016;30(2):230-3.

40. Inserm. Dégénérescence maculaire liée à l'âge (DMLA) [Internet]. Inserm - La science pour la santé. 2014 [cité 6 juill 2021]. Disponible sur: <https://www.inserm.fr/information-en-sante/dossiers-information/degenerescence-maculaire-liee-age-dmla>

41. Massé A, Buhannic L. Comprendre la dégénérescence maculaire liée à l'âge. *Actual Pharm*. 1 avr 2017;56(565):18-21.

42. VIDAL. Cataracte - symptômes, causes, traitements et prévention [Internet]. VIDAL. 2020 [cité 28 sept 2021]. Disponible sur: <https://www.vidal.fr/maladies/yeux/cataracte.html>

43. Sheppard AL, Wolffsohn JS. Digital eye strain: prevalence, measurement and amelioration. *BMJ Open Ophthalmol*. avr 2018;3(1):e000146.

44. Dain SJ, McCARTHY AK, Chan-Ling T. Symptoms in VDU Operators. *Optom Vis Sci*. mars 1988;65(3):162-7.

45. Larousse. Définitions : accommodation [Internet]. [cité 27 févr 2022]. Disponible sur: <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/accommodation/463>

46. Lin JB, Gerratt BW, Bassi CJ, Apte RS. Short-Wavelength Light-Blocking Eyeglasses Attenuate Symptoms of Eye Fatigue. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 1 janv 2017;58(1):442-7.

47. Ide T, Toda I, Miki E, Tsubota K. Effect of Blue Light-Reducing Eye Glasses on Critical Flicker Frequency. *Asia-Pac J Ophthalmol Phila Pa*. avr 2015;4(2):80-5.

48. Balde AI, Yansane A, Bah M. La sécheresse oculaire et travail sur écran en milieu professionnel à Conakry. *Arch Mal Prof Environ*. 1 oct 2020;81(5):629-30.

49. Lee HS, Cui L, Li Y, Choi JS, Choi J-H, Li Z, et al. Influence of Light Emitting Diode-Derived Blue Light Overexposure on Mouse Ocular Surface. *PLOS ONE* [Internet]. 12 août 2016 [cité 6 juill 2021];11(8). Disponible sur: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4982597/>

50. Lee J-B, Kim S-H, Lee S-C, Kim H-G, Ahn H-G, Li Z, et al. Blue light-induced oxidative stress in human corneal epithelial cells: protective effects of ethanol extracts of various medicinal plant mixtures. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 12 juin 2014;55(7):4119-27.

51. Dresch-Langley B. Children's Health in the Digital Age. *Int J Environ Res Public Health*. mai 2020;17(9):3240.

52. A. Lagrèze W, Schaeffel F. Preventing Myopia. *Dtsch Ärztebl Int*. sept

2017;114(35-36):575-80.

53. Rucker F. Monochromatic and white light and the regulation of eye growth. *Exp Eye Res.* juill 2019;184:172-82.
54. SCHMUTZ J-L. le soleil et la peau [Internet]. *Dermato-info* (Société Française de dermatologie). 2019 [cité 10 août 2021]. Disponible sur: https://dermato-info.fr/fr/les-conseils-dermato_tutos-peau/le-soleil-et-la-peau
55. Dong K, Goyarts EC, Pelle E, Trivero J, Pernodet N. Blue light disrupts the circadian rhythm and create damage in skin cells. *Int J Cosmet Sci.* 12 août 2019;41(6):558-62.
56. Chamayou-Robert C, DiGiorgio C, Brack O, Doucet O. Blue light induces DNA damage in normal human skin keratinocytes. *Photodermatol Photoimmunol Photomed.* 15 juill 2021;
57. Nakashima Y, Ohta S, Wolf AM. Blue light-induced oxidative stress in live skin. *Free Radic Biol Med.* 1 juill 2017;108:300-10.
58. IARC. Night Shift Work [Internet]. 2020 [cité 15 févr 2022]. 371 p. (IARC Monogr Identif Carcinog Hazards Hum; vol. 124). Disponible sur: <https://publications.iarc.fr/Book-And-Report-Series/Iarc-Monographs-On-The-Identification-Of-Carcinogenic-Hazards-To-Humans/Night-Shift-Work-2020>
59. Inserm. Travail de nuit et cancer du sein : de nouveaux arguments en faveur d'un lien [Internet]. Inserm. 2018 [cité 17 août 2021]. Disponible sur: <https://www.inserm.fr/actualite/travail-nuit-et-cancer-sein-nouveaux-arguments-en-faveur-lien/>
60. Garcia-Saenz A, de Miguel AS, Espinosa A, Costas L, Aragonés N, Tonne C, et al. Association Between Outdoor Light-at-night Exposure and Colorectal Cancer in Spain. *Epidemiol Camb Mass.* sept 2020;31(5):718-27.
61. Cordina-Duverger E, Menegaux F, Popa A, Rabstein S, Harth V, Pesch B, et al. Night shift work and breast cancer: a pooled analysis of population-based case–control studies with complete work history. *Eur J Epidemiol.* avr 2018;33(4):369-79.
62. Rao D, Yu H, Bai Y, Zheng X, Xie L. Does night-shift work increase the risk of prostate cancer? a systematic review and meta-analysis. *OncoTargets Ther.* 5 oct 2015;8:2817-26.
63. Touitou Y, Reinberg A, Touitou D. Association between light at night, melatonin secretion, sleep deprivation, and the internal clock: Health impacts and mechanisms of circadian disruption. *Life Sci.* 15 mars 2017;173:94-106.
64. Fontaines J, Mathey S, Dupont C, Loizeau V. Prévenir et agir face à la surexposition

des jeunes enfants aux écrans. *Cah Puéricultrice*. 20 févr 2021;58(344):23-6.

65. Drew Guarini. 9 arguments scientifiques en faveur des jeux vidéo [Internet]. *Le Huffington Post*. 2013 [cité 15 févr 2022]. Disponible sur: https://www.huffingtonpost.fr/2013/11/12/jeux-video-bienfaits-sante_n_4264120.html
66. Johannes N, Vuorre M, Przybylski AK. Video game play is positively correlated with well-being. *R Soc Open Sci*. févr 2021;8(2):rsos.202049, 202049.
67. Miranda A, Sousa N. Maternal hormonal milieu influence on fetal brain development. *Brain Behav* [Internet]. 24 janv 2018 [cité 2 nov 2021];8(2). Disponible sur: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5822586/>
68. INRS. Travail en horaires atypiques. Effets sur la santé et accidents - Risques - INRS [Internet]. INRS. [cité 2 nov 2021]. Disponible sur: <https://www.inrs.fr/risques/travail-horaires-atypiques/effets-sur-la-sante-et-accidents.html>
69. Hester L, Dang D, Barker CJ, Heath M. Evening wear of blue-blocking glasses for sleep and mood disorders: a systematic review. *Chronobiol Int*. 3 oct 2021;38(10):1375-83.
70. Song Soo-youn. Covid-19 increases smartphone use, reduces drinking [Internet]. *Korea Biomedical Review*. 2020 [cité 31 août 2021]. Disponible sur: <http://www.koreabiomed.com/news/articleView.html?idxno=8642>
71. Oppo et Ifop. Étude OPPO Mobile et Ifop : impact du confinement sur l'usage du smartphone en France [Internet]. OPPO. 2020 [cité 31 août 2021]. Disponible sur: <https://www.oppo.com/fr/newsroom/press/etude-oppo-et-ifop-confinement-et-usage-du-smartphone/>
72. Jakhar D, Kaul S, Kaur I. Increased usage of smartphones during COVID-19: Is that blue light causing skin damage? *J Cosmet Dermatol*. 2020;19(10):2466-7.
73. Charles NE, Strong SJ, Burns LC, Bullerjahn MR, Serafine KM. Increased mood disorder symptoms, perceived stress, and alcohol use among college students during the COVID-19 pandemic. *Psychiatry Res*. févr 2021;296:113706.
74. Sher L. COVID-19, anxiety, sleep disturbances and suicide. *Sleep Med*. juin 2020;70:124.
75. Association Française de l'Eclairage (AFE). Lumière d'automne et confinement. 2020.
76. Guichard K, Geoffroy PA, Taillard J, Micoulaud-Franchi J-A, Royant-Parola S, Poirot I, et al. Stratégies de gestion de l'impact du confinement sur le sommeil : une synthèse d'experts. *Médecine Sommeil*. 1 juin 2020;17(2):108-12.
77. Hartley S, Colas des Francs C, Aussert F, Martinot C, Dagneaux S, Londe V, et al. Les

effets de confinement SARS-CoV-2 sur le sommeil : enquête en ligne au cours de la quatrième semaine de confinement. *L'Encéphale*. 1 juin 2020;46(3, Supplement):S53-9.

78. Geoffroy PA, Bénard V, Amad A, Royant-Parola S, Poirot I. Conseils d'experts du sommeil pour bien dormir et garder le rythme chez les adultes et les enfants en cette période de confinement liée au COVID-19. *Médecine Sommeil*. 1 juin 2020;17(2):113-7.

79. Toutitou. Pollution de l'horloge interne par la lumière la nuit, un problème de santé publique [Internet]. *Caducee.net*. 2015 [cité 11 janv 2020]. Disponible sur: <https://www.caducee.net/actualite-medicale/12979/pollution-de-l-horloge-interne-par-la-lumiere-la-nuit-un-probleme-de-sante-publique.html>

80. Praud R. La photoprotection, de la photosensibilité à la phototoxicité. *Rev Francoph Orthopt* [Internet]. 18 mai 2021 [cité 18 oct 2021]; Disponible sur: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S187622042030128X>

81. Essilor. Crizal Previncia : les verres de lunettes qui protègent vos yeux de la lumière bleue nocive [Internet]. [cité 18 oct 2021]. Disponible sur: <https://www.essilor.fr/nos-verres/protection-lumiere-bleue-et-uv/crizal-prevencia>

82. Acuité. UFC-Que Choisir remet en question l'efficacité des traitements contre la lumière bleue [Internet]. *Acuité*. 2019 [cité 19 oct 2021]. Disponible sur: <https://www.acuite.fr/actualite/produit/152578/lufc-que-choisir-remet-en-question-lefficacite-des-traitements-contre-la>

83. PERRIN C. L'apport des filtres sur la vision et indications pathologiques. Université Aix-Marseille; 2020.

84. Ministère du travail, de l'emploi et de la santé. Arrêté du 23 septembre 2011 portant classement sur les listes des substances vénéneuses [Internet]. Disponible sur: <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000024629135/>

85. VIDAL. CIRCADIN 2 mg cp LP [Internet]. VIDAL. 2019 [cité 12 déc 2021]. Disponible sur: <https://www.vidal.fr/medicaments/circadin-2-mg-cp-lp-83685.html>

86. VIDAL. SLENYTO 5 mg cp LP [Internet]. 2021 [cité 15 févr 2022]. Disponible sur: <https://www.vidal.fr/medicaments/slenyto-5-mg-cp-lp-195491.html#indications>

87. HAS. SLENYTO (mélatonine) [Internet]. Haute Autorité de Santé. 2019 [cité 15 févr 2022]. Disponible sur: https://www.has-sante.fr/jcms/p_3080473/fr/slenyto-melatonine

88. DGCCRF. Liste des substances à but nutritionnel ou physiologique éligibles à l'article 15, sous conditions [Internet]. [cité 29 mars 2021]. Disponible sur: https://www.economie.gouv.fr/files/files/directions_services/dgccrf/securite/teleicare/table-

sbnp-sous-conditions.pdf

89. Commission européenne. Règlement (UE) no 432/2012 de la Commission du 16 mai 2012 établissant une liste des allégations de santé autorisées [Internet]. Sect. page 21/40 mai 16, 2012 p. 40. Disponible sur: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2012:136:0001:0040:FR:PDF>
90. Cazeaud C. Mélatonine et associations [Internet]. Clermont Auvergne, faculté de pharmacie; 2019 [cité 5 avr 2021]. Disponible sur: <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02414128/document>
91. CRAT. Mélatonine - Grossesse et allaitement [Internet]. CRAT - Centre de Référence sur les Agents Tératogènes. 2019 [cité 12 déc 2021]. Disponible sur: <https://www.lecrat.fr/articleSearchSaisie.php?recherche=circadin>

N° d'identification :

TITRE

IMPACT DE LA LUMIERE BLEUE SUR LA SANTE

Thèse soutenue le 12 mai 2022

Par Julie NOEL

RESUME :

Qu'elle est donc cette lumière bleue ? Doit-on s'en méfier ? Quels en sont les effets sur notre organisme ? Ce sont quelques-unes des questions que bon nombre de personnes se posent concernant ce sujet dont les médias et les réseaux sociaux s'emparent de plus en plus. Le but de cette thèse est d'exposer nos connaissances à ce jour sur l'impact de la lumière bleue sur l'Homme.

La lumière bleue, émise en majorité par le soleil, nous permet de régler notre horloge interne. Celle-ci joue de nombreux rôles, notamment dans le maintien du sommeil et de l'humeur. Tout ceci repose sur un équilibre basé sur le contraste jour/nuit. Celui-ci devient instable à l'époque actuelle avec l'éclairage artificiel permettant de prolonger nos journées, au détriment de nos nuits. Ainsi, l'utilisation croissante des LED et des écrans nous expose à des risques d'insomnies, et bien d'autres (effets cutanés, risques de cancer, etc.).

L'ère actuelle est marquée par un recours massif aux nouvelles technologies (télétravail, cours à distance, réseaux sociaux, etc.), et autant d'écrans utilisés parfois par les plus jeunes, pendant des heures. Ceci pose également la problématique d'un impact sur notre vue. Fatigue visuelle, sécheresse oculaire, mais aussi et surtout, accroissement du risque de DMLA sont à craindre.

Le pharmacien d'officine, en tant qu'acteur de la santé de ses patients, se doit de connaître ces risques afin de jouer son rôle de prévention. Il sera également amené, en plus de la dispensation de ses conseils, à délivrer des spécialités à base de mélatonine dans le cadre des troubles du sommeil potentiellement induits par la lumière bleue.

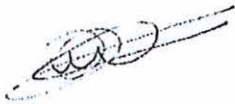
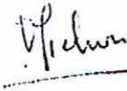

MOTS CLES : LUMIERE BLEUE, SOMMEIL, MELATONINE, FATIGUE VISUELLE, DMLA, ECRANS

Directeur de thèse	Intitulé du laboratoire	Nature
<u>Mme Virginie PICHON</u>	CRM2 : Cristallographie, Résonance Magnétique et Modélisations	Expérimentale <input type="checkbox"/> Bibliographique <input checked="" type="checkbox"/> Thème <input type="checkbox"/>

Thèmes	1 – Sciences fondamentales 3 – Médicament 5 – Biologie	② – Hygiène/Environnement 4 – Alimentation – Nutrition 6 – Pratique professionnelle
---------------	---	--

DEMANDE D'IMPRIMATUR

Date de soutenance : 12 Mai 2022

<p style="text-align: center;">DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN PHARMACIE</p> <p>Présenté par : Julie Noel</p> <p><u>Sujet</u> :</p> <p>Impact de la lumière bleue sur la santé humaine</p> <p><u>Jury</u> :</p> <p>Président : M. Joël DUCOURNEAU, Professeur des universités Directeur : Mme Virginie PICHON, Maître de conférences Juges : Mme Sophie PINEL, Pharmacien et Maître de conférences Mme Sophie BIDEAUX, Pharmacien</p>	<p style="text-align: center;">Vu, Nancy, le 5 avril 2022</p> <p style="text-align: center;">Le Président du Jury Directeur de Thèse</p> <p style="text-align: center;">M. DUCOURNEAU Mme PICHON</p> <p style="text-align: center;"> </p>
<p style="text-align: center;">Vu et approuvé, Nancy, le 16.04.2022</p> <p style="text-align: center;">Doyen de la Faculté de Pharmacie de l'Université de Lorraine,</p> <p style="text-align: center;"> Pr. Raphaël DUYVAL</p>	<p style="text-align: center;">Vu, Nancy, le 4 mai 2022</p> <p style="text-align: center;">Le Président de l'Université de Lorraine,</p> <p style="text-align: center;"> Pierre MUTZENHARDT</p> <p>N° d'enregistrement : 12461C</p>