



وزارة البحث العلمي والتعليم العالي
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE
LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
جامعة عبد الحميد بن باديس مستغانم
Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem
كلية العلوم والتكنولوجيا
Faculté des Sciences et de la Technologie
DEPARTEMENT DE GENIE ELECTRIQUE



N° d'ordre : M...../GE/2021

MEMOIRE

Présenté pour obtenir le diplôme de

MASTER EN GENIE ELECTRIQUE

Filière : Électronique

Spécialité : Électronique des systèmes embarqués

par

BELHADEF Mohamed El Amine

BOUDIA Malek

Intitulé du sujet

L'éclairage public et santé (standards et normes)

Soutenu le / / 2021 devant le jury composé de :

Président :	Azzdine Mohammed	MCA	Université de MBA
Examineur :	Chaouch Abdellah	MCA	Université de MBA
Rapporteur :	Merah Mustapha	MCA	Université de MBA

Année Universitaire 2020/2021

Dédicace

Dédicace

Je dédie ce mémoire, à mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études,

Je dédie ce travail

À toute ma famille pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire

À tous les amis de l'étude, en particulier les Sections de ESE, L3-ELN, et par l'extrait mon binôme de travail BOUDIA Malek

À tous les professeurs qui m'ont enseigné tout au long de mon étude et

à tous les enseignants et étudiants du département de génie électrique.

*Un grand merci à M. MERAH Mostefa.
Merci d'être toujours là pour moi.*

Belhadef Mohamed el Amine

Dédicace

Dédicace

Je dédie ce mémoire à mes très chers parents (A.Kadder , Senia) pour leurs soutiens moral et financier dans les moments les plus ardues.

Je dédie ce travail

À mon mari Bochareb Mehdi.

À ma copine Benbadra Serrine.

À mon binôme Belhadeb Med el Amine.

À tous les départements de GE.

Et à toute la section ESE 2021.

Un grand merci à M. MERAH Mostefa.

Malek

Roudia

Remerciements

Nous remercions nos chers parents, qui ont toujours été à nos côtés, et pour leurs encouragements envers nous.

Nous tenons à exprimer notre gratitude à notre directeur de mémoire, M. MERAH Mostefa. Nous le remercions de nous avoir guidés, dirigés, aidés et conseillés.

Nos sincères remerciements vont à tous les enseignants, et toutes les personnes qui, par leurs paroles, leurs écrits, leurs conseils et leurs critiques, ont orienté nos réflexions et nos questions.

À toutes ces personnes, nous offrons nos remerciements, notre respect et notre gratitude.

Sommaire

Introduction Générale	1
------------------------------------	---

Chapitre 1 Généralité sur l'éclairage public

I. Introduction :.....	3
II. Problématique.....	3
III. Principes de base :.....	4
1. Quand éclairer ?.....	4
2. Les différents besoins d'éclairage public.....	4
2.1- Répondre aux besoins.....	4
3. Quel éclairage prévoir ?.....	4
3.1. Niveaux d'éclairage.....	4
4. Quel usage des lieux ?.....	4
4.1. Hiérarchisation des voies :.....	4
4.2. Accessibilité des personnes à mobilité réduite :.....	5
IV. Les types d'éclairage.....	5
1. éclairage d'extérieur (Outdoor) :.....	5
1.1. Éclairage routier.....	5
1.2. Éclairage des espaces publics.....	5
1.3. Éclairage des espaces sportifs.....	6
1.4. Éclairage d'ambiance.....	6
2. éclairage Interieure : (indoor).....	7
2.1. Éclairage du secteur tertiaire.....	7
2.2. Éclairage industriel	7
2.3. Éclairage médical et hospitalier :.....	8
2.4. Éclairage de sécurité	8
V. SYSTÈMES D'ÉCLAIRAGE :.....	10
VI. EQUIPEMENTS DU RÉSEAU ÉCLAIRAGE PUBLIC :.....	12
1. Équipements de base :.....	12
2. Principes de pose de câblage :.....	12
3. Point lumineux :.....	13
4. Les éléments d'un lampadaire:.....	14
4.1. Lanterne :.....	14
4.2. Lampe ou source lumineuse :.....	14
4.3. Ballaste	15
4.4. Crosse	15
4.5. Mât ou support	15
5. L'équipement de gestion automatique d'allumage et d'extinction.....	15
5.1. Détecteurs crépusculaires	15
5.2. Interrupteurs horaires programmables	15
VII. VI. conclusion.....	16

Chapitre 2 Les sources de la lumière artificielle et leurs technologies

I.	Introduction :	17
II.	Grandeurs photométriques :	19
1.	La lumière :	20
2.	Le flux lumineux.....	20
3.	L'efficacité lumineuse.....	20
4.	L'intensité lumineuse.....	20
5.	L'éclairement.....	20
6.	La luminance.....	20
7.	L'indice de rendu couleur :	21
8.	Le diagramme photométrique :	21
9.	température de couleur.....	21
III.	Les principales sources lumineuses.....	22
1.	Les lampes à incandescence.....	22
A.	Lampes halogènes à incandescence :	22
B.	Les lampes à incandescence classiques :	23
2.	Lampes fluorescentes :	23
2.1-	Description du fonctionnement.....	24
2.2-	Comportement en température du flux lumineux :	24
3.	Lampes fluocompactes :	24
4.	Lampes aux iodures métalliques.....	25
5.	Lampes à vapeur de sodium haute pression :	26
5.1.	Description du fonctionnement.....	26
5.2.	À couleur améliorée	26
6.	Diodes électroluminescentes (LED) :	26
7.	Les lampes à vapeur de mercure :	27
8.	Les lampes à vapeur de sodium à haute pression :	27
9.	Lampe domestique :	27
10.	Lampe à usage spécial :	27
11.	Lampe dirigée :	27
12.	Lampe à filament :	28
13.	Lampes à décharge à haute intensité :	28
IV.	Type des poteaux D'ÉCLAIRAGE:	32
1.	PÔLE:.....	32
2.	ICAVERNE :.....	33
3.	Potelet extérieur classique Norlys BOLOGNA.....	34
4.	Poteaux d'éclairage polygonaux Applications :	34
5.	Poteaux d'éclairage cylindro-coniques :.....	35
6.	Mâts de grande hauteur pour projecteurs Applications :	36
7.	Poteaux décoratifs Application et fonctionnalités :	37
8.	Mâts avec système de levage et descente :.....	37
V.	Amélioration de l'installation.....	39
1.	Disposition des appareils :.....	40
1.1	Implantation unilatérale (gauche ou droite).....	40
1.2	Implantation bilatérale en quinconce.....	40
1.3	Implantation bilatérale vis-à-vis.....	41
1.4	Implantation axiale (rétro-bilatérale).....	41
2.	Calcul des interdistances et hauteurs de feu :.....	41
3.	Choix des luminaires :.....	43
3.1	Types de luminaires :.....	43
3.2	Critères de choix de luminaire.....	43
4.	Choix des supports :.....	44

Chapitre 3 Les effets de la lumière artificielle sur la santé publique

I. Introduction :.....	46
II. Relation générale entre la lumière et la santé.....	46
III. Les effets de la lumière sur l’Homme.....	48
A. Les effets biologiques de la lumière.....	48
1. Pathologie de la lumière blanche.....	48
1. Lumière et pathologies cutanées.....	49
1.1. Les photos dermatoses.....	49
1.2. Les photo-genodermatoses.....	50
1.3. Les porphyries.....	50
1.4. Le lupus érythémateux.....	51
1.5. La photo sensibilité induite :.....	51
2. Effets des LED sur l’œil.....	51
2.1. Cataracte.....	53
2.2. Mélanomes de l’uve(Cancer de l’œil).....	53
2.3. La myopie précoce ou aggravée.....	53
B. Les effets psychologiques de la lumière.....	54
1. Dépression:.....	54
C. Autres maladies.....	54
1. La mélatonine.....	54
2. Diabète.....	55
3. Cancer du sein:.....	55
4. Épilepsie photosensible:.....	56
5. Obésité :.....	56
6. Le rythme circadien.....	56
IV. Quelques effets sur les plantes :.....	57
1. Phytochromes	57
2. Cryptochromes.....	57
V. Impact des LED sur l’environnement.....	58
1. Danger pour la biodiversité.....	58
VI. Pollution lumineuse.....	59
VII. Les effets de la lumière bleue sur la santé.....	60
VIII. Classification des LED selon l'effet.....	62
IX. Conclusion:.....	63

Chapitre 4 Proposition d’une charte d’éclairage public respectant la condition sanitaire

I. Introduction :.....	64
II. Critères utilisés dans les normes étrangères.....	66
1. Lieux de travail :.....	66
2. Lieux sportifs :.....	66
3. Zones hospitalières.....	67
4. Autoroutes.....	68
5. Les Zones urbaines.....	68
6. Les Zones scolaires :.....	70

III.	Nos propositions pour une Norme algérienne :.....	70
1.	Au niveau de la qualité.....	70
2.	Au niveau de l'Éclairage:.....	70
3.	Température de couleur :.....	70
IV.	Justification de nos choix de normes.....	74
1.	Lieux de travail :.....	74
2.	Lieux sportifs :.....	74
3.	Les zones hospitalières:.....	74
V.	Conclusion.....	75
	Conclusion General.....	76
	Références Bibliographiques.....	77
	Annexe.....	69

Introduction Générale

Pendant la journée, où la lumière du soleil lui sert de source de lumière, l'homme pratique sa vie normale et ne trouve pas des difficultés de voir et distinguer les objets, les obstacles, les dangers et les voies. Mais quand la nuit arrive, l'homme doit faire face à l'obscurité de la nuit, l'homme se trouve dans la nécessité absolue de chercher des moyens adéquats lui facilitant la perception visuelle afin d'assurer son confort et garantir sa sécurité. C'est pour cela, l'homme a utilisé l'éclairage comme moyen pour la vision à l'intérieur de sa résidence ou à l'extérieur. L'éclairage extérieur ou communément appelé éclairage public signifie l'ensemble des moyens d'éclairage mis en œuvre dans les espaces publics, à l'intérieur et à l'extérieur des villes, très généralement en bordure des voiries et places publiques. Les moyens d'éclairage ont connu un très grand développement depuis son apparition en l'an 1000 à Cordoba (Al-Andalous). De la lampe à l'huile utilisée au 18^{ème} siècle aux nouvelles lampes LED, les dispositifs utilisés dans l'éclairage ont connu une progression notable. On distingue différentes sources d'énergie servant à alimenter les lampes d'éclairage public : les lampes à combustible (huile, gaz, pétrole) et les lampes électriques. Ces dernières sont les plus utilisées ces jours-ci. Cependant, l'utilisation de l'éclairage conventionnel (centrales conventionnelles comme les centrales thermiques, hydrauliques, etc.) s'accompagne de problèmes de santé menaçant le quotidien des personnes.

Le SCENIHR (SCENIHR 2008) a rendu un avis sur la sensibilité à la lumière le 23 septembre 2008, qui a identifié la lumière bleue et le rayonnement ultraviolet « comme un facteur de risque pour l'aggravation des symptômes sensibles à la lumière chez certains patients atteints de maladies telles que dermatite actinique chronique et urticaire solaire ». Le comité a également noté que certaines lampes fluorescentes compactes (CFL) à enveloppe unique émettent des UVB et des traces de rayonnement UVC.

Dans des conditions extrêmes (c'est-à-dire des expositions prolongées à des distances inférieures à 20 cm), Les LFC peuvent conduire à des expositions aux UV proches de la limite actuelle sur le lieu de travail fixé pour protéger travailleur contre les lésions cutanées et rétiniennes. Cependant, l'utilisation d'une deuxième enveloppe de lampe ou une technologie similaire pourrait largement ou entièrement atténuer à la fois le risque d'approcher les limites d'émission d'UV sur le lieu de travail dans des conditions extrêmes et le risque d'aggraver les symptômes des individus sensibles à la lumière.

L'objet du présent travail, est de réaliser une analyse d'un éventail plus large de technologies d'éclairage et des risques potentiels pour la santé qui y sont associés. De plus, même si les données sont disponibles ne permettent pas une telle analyse, notre approche dans ce travail, est fondé sur une justification scientifique qui a pris en compte la littérature scientifique et d'autres informations accessibles et fiables sur les caractéristiques des technologies d'éclairage, principes du rayonnement optique, ainsi que et les effets sur la santé des rayonnements optiques. Ces effets sur la santé ont été considérés à la fois pour la population générale et pour les personnes photosensibles ou pour d'autres conditions pathologiques. Étant donné que notre mission comprend également une évaluation de l'état de santé possiblement affecté par les effets de divers types de technologies d'éclairage, des données supplémentaires concernant les émissions des lampes ont été demandées dont certaines ont été obtenues auprès des parties prenantes. De plus, vu le caractère payant de certaines données sur le web, telles que celle concernant les modes d'exposition, ce manque d'informations a sérieusement entravé les efforts visant à effectuer des évaluations plus générales et plus pertinentes.

Généralité sur l'éclairage public

I. Introduction :

L'éclairage est l'ensemble des moyens qui permettent à l'homme de doter son environnement des conditions de luminosité qu'il estime nécessaires à son activité ou son agrément. L'éclairage associe une source lumineuse et d'éventuels dispositifs de type batteries, luminaires ou miroir/puits de lumière. Dans ce chapitre, nous parlerons de ce qu'est l'éclairage et de son besoin dans notre vie quotidienne à l'intérieur et à l'extérieur des villes , très généralement en bordure des voiries et places, nécessaires à la sécurité ou au confort des êtres humains et de ses exigences pour l'installation.

II. Problématique

L'éclairage public est nécessaire à la vie nocturne dans les villes et villages. Il participe à la sécurité des déplacements des véhicules et des personnes en leur permettant de voir, d'être vus et de se reconnaître. C'est aussi un service source d'activité économique. Mais l'éclairage public compte pour une part élevée des consommations d'électricité d'une commune (de l'ordre de 20 % dans les communes françaises, plus de la moitié dans certaines communes africaines) et représente une part importante du budget énergie de celle-ci, sans oublier des exigences d'entretien souvent négligées et pourtant nécessaires pour maintenir le service. L'expansion démographique et géographique des villes africaines rend nécessaire l'utilisation de technologies efficaces et capables de supporter les baisses de tension intermittentes du réseau de distribution d'électricité voire les délestages. Une attention particulière doit donc être portée à l'adaptation de l'éclairage public aux besoins tout en limitant l'impact sur l'environnement et les consommations d'électricité.

III. Principes de base :

1. Quand éclairer ?

Faut-il éclairer en milieu de nuit, lorsque les seuls usagers de l'espace public sont de rares automobilistes qui bénéficient déjà de l'éclairage des phares de leurs véhicules ?

Au regard de l'analyse de certaines données, le maire a la possibilité de couper l'éclairage public en milieu de nuit.

2. Les différents besoins d'éclairage public

L'éclairage public doit répondre aux besoins de visibilité et sécurité des usagers, qu'ils soient piétons, cyclistes ou conducteurs. Les zones à éclairer sont de natures différentes et souvent attenantes, par exemple une chaussée avec des trottoirs et des pistes cyclables, une place publique entourée d'habitations, un chemin rural. Les usagers de ces différentes zones ont des besoins différents en termes de visibilité, selon les activités pratiquées.

2.1- Répondre aux besoins: les niveaux d'éclairement et d'uniformité correspondent aux besoins des zones correspondantes. L'éclairement est inversement proportionnel au carré de la distance entre l'objet éclairé et la source lumineuse. Autrement dit, la hauteur de feu doit être la plus faible possible pour favoriser un éclairement maximal. L'uniformité dépend quant à elle de la surface que permet de couvrir le luminaire et elle est d'autant plus faible que le luminaire est bas.

3. Quel éclairement prévoir ?

3.1. Niveaux d'éclairement : En éclairage public, les niveaux s'échelonnent de 6 à 10 lux sur les voies secondaires et 10 à 15 lux sur les voies principales.

La norme EN 13-201 définit plus précisément les niveaux d'éclairement selon :

- la configuration de l'espace public ;
- le type d'usagers ;
- la vitesse autorisée ;
- le trafic moyen ;
- le type de chaussée ;
- les zones de vigilance (proximité de bâtiments recevant du public, carrefour...) ;
- les contraintes du site (champs de vision, risque d'agression);
- le niveau lumineux ambiant

4. Quel usage des lieux ?

4.1. Hiérarchisation des voies :

Qu'il s'agisse d'un axe structurant, d'une voie résidentielle, d'une piste cyclable ou d'un cheminement piéton, l'éclairage ne peut être conçu de la même manière .Une

hiérarchisation de la voirie communale permet de définir des niveaux d'éclairage appropriés à chaque type de voie, de manière cohérente avec le reste de la commune.

4.2. *Accessibilité des personnes à mobilité réduite :*

Le dispositif d'éclairage artificiel doit permettre d'assurer des valeurs d'éclairage mesurées au sol d'au moins :

- ✓ 20 lux en tout point du cheminement extérieur accessible ;
- ✓ 50 lux en tout point des circulations piétonnes des parcs de stationnement ;
- ✓ 20 lux en tout autre point des parcs de stationnement ».

Des valeurs d'uniformité auraient pu être introduites pour garantir un réel confort des usagers handicapés et permettre de diminuer ces niveaux d'éclairage excessifs.

IV. Les types d'éclairage

1. *Éclairage d'extérieur (Outdoor) :*

Chaque éclairage public demande une planification rigoureuse, même s'il s'agit de l'éclairage non lié aux aspects sécuritaires. Les spécialistes ont pour objectif de confectionner un réseau adapté à sa fonction qui respecte les normes avec une faible consommation électrique et une faible pollution lumineuse tout en garantissant une intégration harmonieuse dans l'environnement.

1.1. Éclairage routier : Éclairer les zones de circulation véhiculaire est principalement une question de sécurité. La grande vitesse des véhicules motorisés pose un risque d'accident important que l'éclairage nocturne permet de réduire considérablement. En conséquence, la réglementation concernant l'éclairage routier est stricte, et la planification et l'exécution du projet exigent un grand soin.

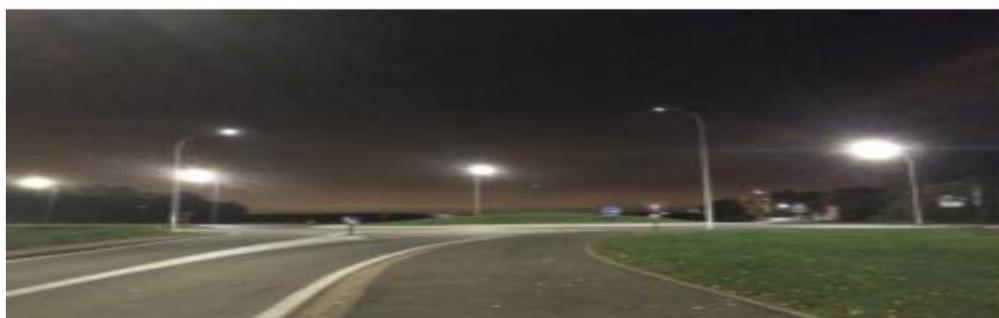


Figure1.1 :route ouverte [1]

1.2. Éclairage des espaces publics: L'éclairage des espaces publics facilite leur surveillance pendant la nuit dans le but de prolonger leur utilité et de prévenir des accidents et des crimes. En créant une atmosphère détendue, ils sécurisent donc les utilisateurs. Par conséquent, l'illumination des espaces publics augmente la qualité de vie et stimule souvent les activités économiques dans les agglomérations principales



Figure1.2 : ALG centre[2]

1.3. Éclairage des espaces sportifs

Pour permettre des activités sportives pendant des heures d'obscurité, il faut éclairer les terrains de sport avec des projecteurs spécialisés. Il est important que ceux-ci soient assez puissants et ne dérangent pas les joueurs pour éviter des accidents.

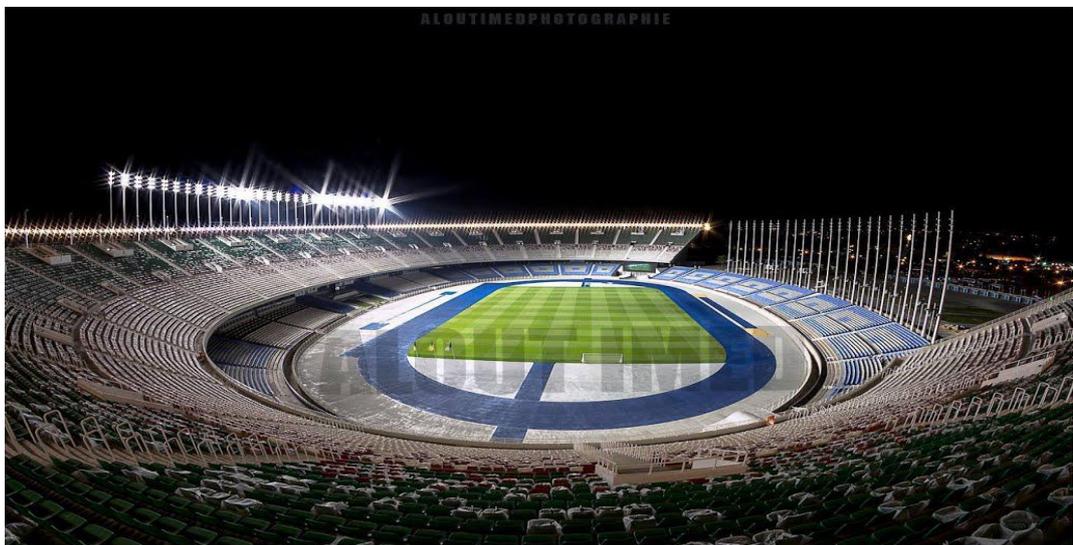


Figure1.3 :stade 5 juillet[3]

1.4. Éclairage d'ambiance

L'éclairage des bâtiments et monuments intéressants souligne leur importance, conçoit des points d'identification et crée une atmosphère agréable. De plus, ce type d'éclairage peut prévenir des graffiti et décharges aléatoires des déchets. Il faut être prudent lors de l'éclairage des espaces verts publics, car cela peut nuire aux plantes.



Figure1.4 :mosquée d'Oran [4]

2. éclairage Interieure : (indoor)

2.1. Éclairage du secteur tertiaire : Les lampes fluorescentes sont majoritairement employées dans les luminaires tertiaires de bureau .Décrites à tort comme froides, les lampes fluorescentes permettent, bien disposées, une excellente uniformité d'éclairage. Apparent, suspendu ou encastré, l'éclairage de bureau est souvent complété par des lampes d'appoint pour répondre au besoin de personnaliser la quantité et/ou la qualité de l'éclairage sur chaque poste de travail.



Figure1.5: lampe LED [5]

2.2.Éclairage industriel : D'origine fonctionnelle, l'éclairage industriel doit répondre aux normes concernant l'éclairage des postes de travail. Ce type d'éclairage est spécialement adapté aux locaux où il est installé, où les contraintes de volumes, d'empoussièrement et de maintenance sont particulières. Dans les industries où sont effectuées des tâches de mécanique fine et de précision, ainsi que les secteurs de l'électronique, des renforts d'éclairage sur les postes de travail sont installés.



Figure 1.6 :espace industriel [6]

2.3. Éclairage médical et hospitalier :

- L'éclairage des locaux est essentiellement utilitaire.
- L'éclairage des salles d'opération, de certaines salles d'examen et de soins, ainsi que les salles de soins des cabinets dentaires et des prothésistes dentaires utilise des appareils d'éclairage adaptés (forts niveaux d'éclairements, contrôle des luminances, spectre des températures de couleur, bon IRC, etc.).
- Malgré les récentes recherches sur l'influence de la lumière dans les syndromes dépressifs, la luminothérapie est balbutiante.



Figure 1.7 : éclairage d' hôpital [7]

2.4. Éclairage de sécurité : Dans les lieux de travail ou accueillants, du public (magasin, hôtel, bureau, atelier), un éclairage dit de sécurité, ou de secours, est requis par la plupart des réglementations. Ces luminaires spécifiques se mettent automatiquement en fonction, lors des coupures de courant électrique ou dans les situations d'urgences (incendie, évacuation). Ils émettent une lumière relativement faible, mais suffisante ; placés aux endroits stratégiques (changement de direction, porte, escalier, porte de sortie), ils balisent le ou les itinéraires vers la ou les sorties de secours. Les dispositifs d' éclairage de sécurité répondent à des normes de conception strictes.



Figure 1.8 :Issue de secours [8]

V. SYSTÈMES D'ÉCLAIRAGE :

Tableau 1.1 : Les avantages et désavantages des types de réseau d'éclairage public

Systeme	Avantages	Désavantages	Cas d'utilisation
Systeme 1 Lampadaire solaire isolé (basse tension)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pas de facturation d'électricité 2. Installation rapide 3. Solution simple qui nécessite seulement une petite étude technique 4. Pas de nécessité de raccordement au système public 5. Pas de nécessité de compteurs, armoires, câblage coûteux, etc. 6. Pas de câblage exposé et pas de risque d'électrocution 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Coût d'achat plus élevé que les lampadaires branchés sur un réseau public existant 2. Nécessité de remplacer les batteries tous les 5 à 10 ans 3. Maintenance intensive : Nettoyage régulier des panneaux solaires 4. Risque de non fonctionnement en cas de manque de soleil 5. Déconseillé pour les sites ombragés 6. Risque de vol des installations exposées 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Lampadaires ponctuels 2. Réseau aux sites éparpillés 3. Sites sans réseau public d'électricité (STEG) 4. Site où l'extension du réseau public n'est pas faisable
Systeme 2 : Réseau solaire isolé (basse ou moyenne tension)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pas de facturation d'électricité 2. Installation rapide 3. Pas de nécessité de raccordement au système public 4. Plus économique et fiable que les lampadaires solaires isolés pour les réseaux d'éclairage de moyenne tension 5. Réalisable même sur les sites ombragés 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Coût du réseau plus élevé que les lampadaires branchés au réseau public existant 2. Nécessité de consulter un(e) spécialiste 3. Nécessité de remplacer les batteries tous les 10 à 15 ans (en fonction de la qualité) 4. Maintenance intensive: Nettoyage régulier des panneaux solaires 5. Risque d'interruption en cas de manque de soleil 6. Risque de vol des installations exposées 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Réseau de petite ou moyenne taille sur les sites sans réseau public STEG 2. Sites isolés avec peu de points d'éclairage par site 4. Site où l'extension du réseau public n'est pas faisable

Chapitre 1.

Généralité sur l'éclairage public

Système 3 : Réseau hybride avec système solaire et réseau public (basse ou moyenne tension)	<ol style="list-style-type: none">1. Pas de risque d'interruption en cas de manque de soleil2. Facturation d'électricité raisonnable3. Plus fiable que les systèmes solaires isolés4. Réalisable même sur les sites ombragés	<ol style="list-style-type: none">1. Nécessité de raccordement au réseau public d'électricité2. Solution coûteuse avec des équipements spécialisés3. Nécessité de consulter un(e) spécialiste / Implication obligatoire de la STEG4. Nécessité de remplacer les batteries tous les 10 à 15 ans5. Maintenance intensive: Nettoyage régulier des panneaux solaires6. Risque de vol des installations exposées	<ol style="list-style-type: none">1. Réseau sur les sites pourvus d'un réseau public (STEG) ou présence d'un groupe électrogène2. Sites sensibles par rapport à la sécurité
Système 4 : Réseau public (moyenne tension)	<ol style="list-style-type: none">1. Pas de risque d'interruption en cas de manque de soleil2. Faible en maintenance3. Pas de nécessité de remplacer périodiquement des équipements coûteux4 Possibilité de réaliser de grands réseaux	<ol style="list-style-type: none">1. Frais de fonctionnement très élevé / Paiement régulier des factures d'électricité2. Implication obligatoire de la STEG3. Risque d'électrocution ou d'incendie en cas de câblage exposé près des bâtiments (réseau moyenne tension)	<ol style="list-style-type: none">1. Réseau de moyenne et grande taille pourvu d'un réseau public d'électricité2. Sites sensibles par rapport à la sécurité

VI. EQUIPEMENTS DU RÉSEAU ÉCLAIRAGE PUBLIC :

1. Équipements de base :

Le réseau d'éclairage public est principalement composé :

- 1) des **armoires** ou coffret d'électricité servant à commander et de protéger le réseau
- 2) des **câbles électriques** servant à transporter l'électricité à partir des sources d'alimentation
- 3) des **points lumineux/ lampadaires** qui éclairent l'espace public
- 4) les **câblages de liaison**

Le type, et la taille des **câbles** dépendent de la tension du réseau éclairage (basse tension, moyenne tension), les distances à servir, l'emplacement (sous-sol ou exposé), la protection (posé dans des gaines ou câbles armés). La façon de poser les câbles et le type de câbles ont un impact significatif sur les coûts du réseau d'éclairage.

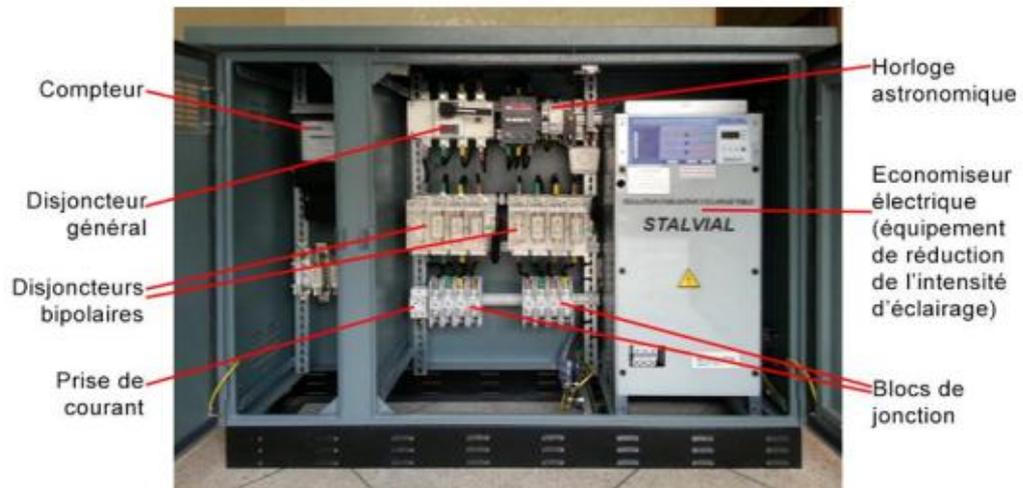


Figure 1.9 : Les composantes d'un CCP [9]

2. Principes de pose de câblage :

On distingue deux types principaux de réseaux dans l'éclairage public : le réseau indépendant en câbles souterrains qui est le plus recommandé, car il est sécurisé et offre un éclairage plus approprié le réseau mixte sur poteaux et sur façade avec des câbles exposés ou partiellement exposés (réseau aérien). Ce dernier continu à représenter un certain pourcentage du réseau d'éclairage public, dont une partie sur façade et cette solution, est habituellement moins coûteuse. Néanmoins, l'éclairage public sur un réseau aérien ne permet pas d'obtenir un éclairement conforme aux normes en vigueur. En effet, l'interdistance entre supports est imposée par le réseau de distribution desservant les habitations et non en fonction des besoins d'éclairement.



Figure 1.10 : *Éclairage avec réseau électrique aérien[10]*

3. Point lumineux :

Le point lumineux constitue l'une des parties les plus importantes et les plus sensibles du réseau d'éclairage public. En effet, c'est la partie qui porte la source lumineuse et qui est la plus exposée aux pannes et aux aléas. Elle nécessite une attention particulière, tant au niveau conception qu'au niveau maintenance. Un point lumineux est composé essentiellement d'un luminaire, d'une crosse et d'un mât avec une boîte de jonction. Les lampadaires solaires complets abritent également le module PV, la batterie et le régulateur avec détecteur crépusculaire.



Figure 1.11 : *Les composantes d'un lampadaire solaire isolées [11]*



Figure 1. 12 : *Les types de luminaires et de lanternes à éviter à cause de leur inefficacité et pollution lumineuse[12]*

4. Les éléments d'un lampadaire:

4.1. Lanterne : Élément appelé également lanterne ou appareil d'éclairage, il est composé d'une enveloppe regroupant :

- Vasque : Élément permettant de protéger la lampe et le réflecteur de l'environnement extérieur, il est en verre ou en matière plastique et diffuse la lumière émise par la source.
- Optique ou réflecteur : Élément mettant en forme la lumière émise par les sources, de manière à adapter l'éclairage à la voie tout en limitant les nuisances lumineuses. Les deux grandes familles étant les optiques symétriques ou circulaires adaptées pour l'éclairage de place ou de parking et les optiques asymétriques ou routières favorisant un éclairage devant et sur les côtés.

4.2. Lampe ou source lumineuse :

Élément produisant la lumière, les grandes familles étant les lampes à décharge (ballons fluorescents, sodium haute pression, iodures métalliques ...), les lampes à filament (halogènes, incandescentes) et les semi-conducteurs (module LED). Deux types de lampes sont favorables pour les réseaux d'éclairage public, grâce à leur puissance, leur faible consommation d'électricité, leur efficacité et leur longévité : Les lampes sodium haute pression et les LED.

La technologie de la LED possède plusieurs caractéristiques avantageuses et présente un grand intérêt pour le responsable de l'éclairage public souhaitant optimiser et développer le service d'éclairage public en effet, les principaux avantages de la LED sont :

Durée de vie : Plus de 50000 heures

- Efficacité lumineuse : jusqu'à 130 lumens/watt (efficacité du luminaire)

- Compatibilité avec le courant continu : alimentation directe par source solaire

Chapitre 1.

Généralité sur l'éclairage public

- Économie d'énergie : 50% en remplacement des lampes Sodium haute pression, 80% en remplacement des lampes Mercure haute pression
- Confort et sécurité : uniformité de l'éclairage améliorée
- Bon rendu des couleurs : beaucoup mieux que les lampes sodium à haute pression
- Lumière instantanée : pas de temps de chauffe ni de refroidissement
- Maintenance aisée et moins onéreuse
- Éclairage flexible : possibilité de variation des intensités sur plusieurs paliers
- Gestion sans-fil des luminaires individuellement ou par groupes
- Éclairage dynamique permettant des jeux de lumière pour l'animation. L'éclairage LED peut produire des millions de couleurs grâce au mélange de couleurs de base rouge, bleu et vert.

4.3. Ballaste : Les lampes à décharge nécessitent un ballast. Il est conseillé d'utiliser des ballasts électroniques de faible consommation et d'une longue durée de vie.

4.4. Crosse : Élément le plus souvent métallique permettant de déporter la lanterne. Souvent, la crosse est fixée au mât à travers des colliers ajustables en hauteur.

4.5. Mât ou support : Élément supportant le luminaire, parfois accompagné d'une crosse. Il peut être droit ou incliné. Idéalement, le mât est fixé sur la semelle en béton à travers d'une platine métallique pour faciliter son remplacement, si nécessaire.

5. L'équipement de gestion automatique d'allumage et d'extinction

L'éclairage public dans les espaces externes est uniquement nécessaire pendant la durée de manque de lumière naturelle. Deux technologies appropriées existent pour la gestion automatique de l'éclairage public, et elles sont exigées (décret 2006-432) : Détecteurs crépusculaires et interrupteur horaire (horloge)

5.1. Détecteurs crépusculaires : avec une cellule photoélectrique. Ils sont soit intégrés dans les équipements (par exemple un régulateur), soit il s'agit d'unités autonomes. Un éclairage commandé par interrupteur crépusculaire permet de façon automatique de déclencher l'extinction et l'allumage de l'éclairage public en fonction de la lumière du jour.

5.2. Interrupteurs horaires programmables : de préférence, type horloge dite astronomique, numérique, ou mécanique. Ils sont normalement intégrés dans les coffrets de commande. Ce type d'horloges commande l'extinction et l'allumage de l'éclairage public à des heures spécifiques. Elles sont installées dans les armoires d'éclairage public. S'il ne s'agit pas d'une horloge astronomique, il faut là régler et l'actualiser régulièrement afin de suivre approximativement les heures de lever et de coucher du soleil.



Figure 1.13 :*Détecteur crépusculaire intégrable*[13]



Figure 1.14: *Horloge programmable numérique*[14]

VII. VI. conclusion

L'éclairage est indispensable dans notre vie quotidienne, nous permettant, par exemple un déplacement nocturne en toute sûreté dans ce chapitre nous présenter en quoi consiste l'éclairage public ainsi que le matériel qu'on doit utiliser pour un éclairage public.

Les sources de la lumière artificielle et leurs technologies

I. Introduction :

La lumière est la partie du rayonnement électromagnétique que nos yeux perçoivent. La plage des longueurs d'onde se situe entre 380 et 780 nm. Le jour, nous voyons des couleurs, la nuit par contre nous voyons uniquement des nuances de gris. Qu'est-ce que l'effet mélanopique de la lumière? La rétine contient des cellules ganglionnaires photosensibles. Elles sont sensibles à la lumière bleue et entraînent l'inhibition de la mélatonine, l'hormone du sommeil, pendant la nuit. La mélatonine permet un sommeil réparateur pendant la nuit. L'inhibition de la mélatonine le matin favorise la vigilance dans la journée. Un bon éclairage aide ainsi à contrôler le rythme circadien et à garantir un cycle de réveil et de sommeil sain.

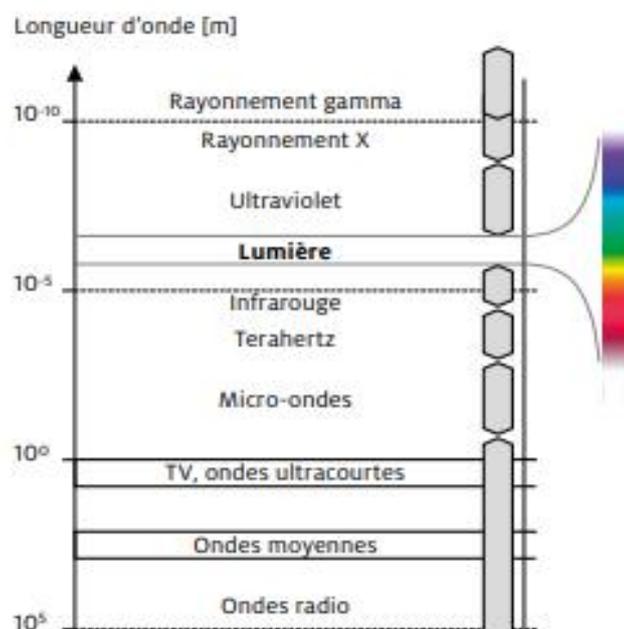


Figure 2.1:la lumière visible:[13]

Que voit l'œil ?

Sensation de luminosité spectrale relative et effet mélanopique

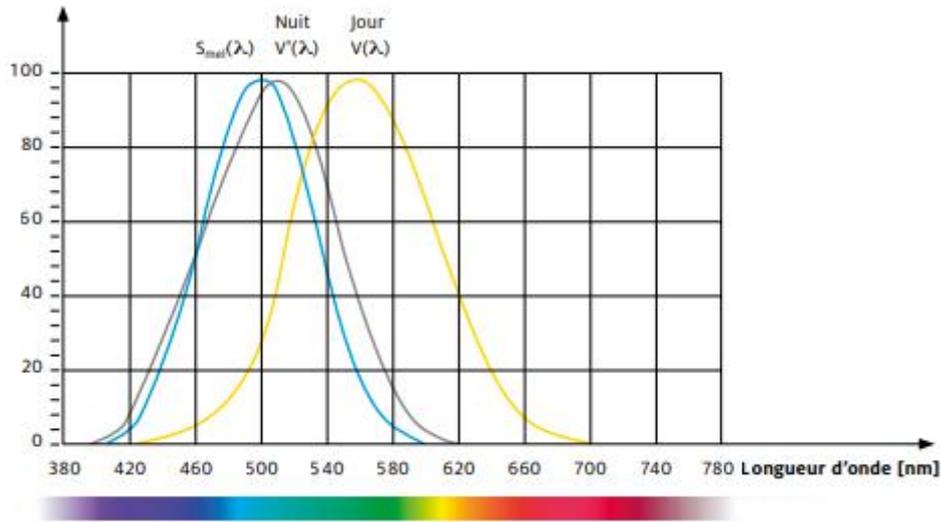


Figure 2.2: courbe longueur d'onde en fonction d'effet en pourcentage [13]

Explication des trois courbes:

$V(\lambda)$ = Sensation de luminosité, vision photopique avec les cônes

$V'(\lambda)$ = Vision scotopique avec les bâtonnets

$S_{mel}(\lambda)$ = Limitation de la mélatonine avec les cellules ganglionnaires photosensibles

II. Grandeurs photométriques :

Avant de détailler dans les types des lampes utilisées dans l'éclairage public, il est mieux de définir quelque grandeur qui a une partie dans les caractéristiques d'éclairage.

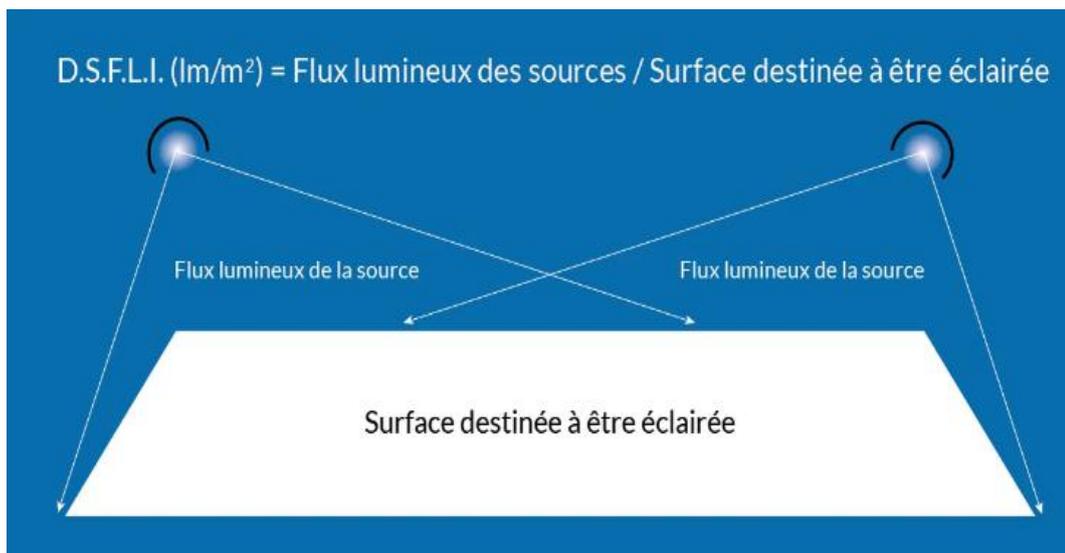


Figure 2.3 : image d surface destinée à être éclairée [17]

1. La lumière :

Est les ondes électromagnétiques visibles par l'œil humain (longueur d'onde comprise entre 0.38 et 0.78 μm), caractérisé par sa fréquence f et sa longueur d'onde λ pendant une durée $\lambda \in [10^{-9}, 10^{-7}]$.

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (1.1)$$

Avec c : vitesse de la lumière dans le vide $= 3.10^8 \text{ m/s}$.

2. Le flux lumineux

Le flux lumineux est la grandeur caractéristique d'un flux de rayonnement exprimant son aptitude à produire une sensation lumineuse sur un récepteur sélectif [2], de plus est la quantité d'énergie lumineuse émise par une source par second dans toutes les directions (débit de lumière) en général on utilise le symbole φ pour ce paramètre son unité est LUMEN (lm)

3. L'efficacité lumineuse

L'efficacité lumineuse d'une lampe ou d'un ensemble est le rapport du flux lumineux émis par une lampe, soit par la puissance consommée (lampe), soit par la puissance totale (lampe + auxiliaire). Son unité est LUMEN par Watt (lm/W).

4. L'intensité lumineuse

Elle qualifie le flux élémentaire émis dans une direction de l'espace par une source quasi ponctuelle, plus précisé est le rapport du flux ($d\varphi$ émis par une source dans un cône infiniment petit entourant la direction, à la valeur de l'angle solide du cône ($d\Omega$)). En général on utilise le symbole I pour ce paramètre son unité est CANDELA (cd).

5. L'éclairement

Est la densité de flux lumineux tomber sur une surface. Il indépendant de la nature de la surface, mais à l'intensité lumineuse, s'exprime par la formule .

$$E = \varphi / S \quad (1.2)$$

Où : E : est l'éclairement son unité est le LUX (L)

φ : Est la valeur du flux lumineux atteignant la surface et S : l'aire de cette surface réceptrice
LUX : 1 lm/m² .

6. La luminance

Cette grandeur permet de tenir compte des sources de lumière présentes dans le champ visuel d'un observateur. Son unité est le CANDELA par mètre carré (cd/m²). La luminance se mesure avec une luminance-mètre. Il est possible de déterminer par exemple la luminance des chaussées, qui sert de base d'évaluation des projets d'éclairage public .

La luminance en un point d'une surface dans une direction donnée est égale au quotient de l'intensité lumineuse dans la direction donnée d'un élément infiniment petit de la surface

entourant le point, par l'aire de la projection orthogonale de cet élément sur un plan perpendiculaire à cette direction.

$$L = I/S \cos \ddot{U} \quad (1.3)$$

7. L'indice de rendu couleur :

L'indice de rendu des couleurs (IRC) représente la qualité de la lumière ; à savoir sa faculté à rendre fidèlement la vraie nature des couleurs telles qu'on peut les voir sous la lumière naturelle du soleil. Normalisé par la Commission internationale de l'éclairage (CIE). Plus cet indice se rapproche de 100, plus la qualité de la lumière est excellente.

8. Le diagramme photométrique :

C'est une courbe fermée dont le "rayon" dans une direction donnée, donne l'intensité de l'émission dans cette direction (en lumen/stéradian/lumen ou candela/lumen) comme la figure ci-contre représente, ce diagramme fixe les valeurs plafond en condition d'installation ULR α et ULR., et garantie de maîtrise les émissions de lumière artificielle dans l'environnement et de contrôle de la pollution lumineuse . L'ULR (Upward Light Ratio) qualifie le luminaire en conditions d'installation horizontale. Il est déduit du diagramme photométrique . L'ULR α qualifie le luminaire en conditions d'installation avec prise en compte d'une inclinaison du support d'un angle α . Il est déduit du diagramme photométrique, pivoté de l'angle α .

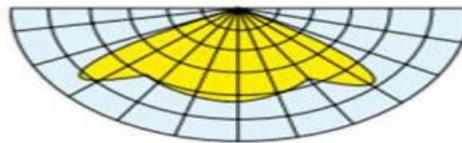


Figure 2.4: Le diagramme photométrique [13]

9. température de couleur

La température de couleur sert à déterminer la température d'une source de lumière à partir de sa couleur. Elle se mesure en kelvins (K).

La couleur d'une source lumineuse est comparée à celle d'un corps noir théorique chauffé entre 2 000 et 10 000 K, qui aurait dans le domaine de la lumière visible un spectre d'émission comparable à la couleur reconnue.

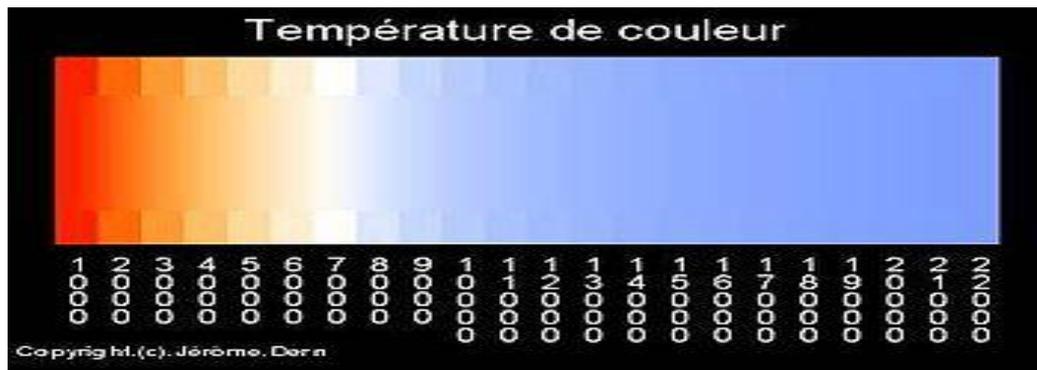


Figure 2.5: Dégradé de températures de couleurs. [11]

III. Les principales sources lumineuses

1. Les lampes à incandescence

L'incandescence consiste à faire chauffer un filament à haute température .

A. Lampes halogènes à incandescence :

Ce sont des lampes à incandescence remplie d'un gaz diatomique appartenant à la famille des halogènes ou un de leurs dérivés de plus en évitant la sublimation, il n'y aura pas (ou moins et moins rapidement) de vapeurs de tungstène qui se déposeront sur les parois .



Figure 2.6: Certains types de lampes halogènes[13]

Les avantages des lampes à incandescence halogénés sont :

- Rendement lumineux 30% supérieur à celui une ampoule classique.
- Très bon rendu des couleurs.
- La gamme des halogènes est très étendue allant de 20 à 500 watts.

Leurs inconvénients sont :

- Durée de vie limitée (2000 heures).*
- Ne supportent pas les marches/arrêts répétées.

Tableau 2.1 : la puissance et le flux lumineux

Puissance absorbée(w)	40	60	75	100	150	200	300	500	1000
Flux lumineux (lm)	430	730	960	1380	2220	2950	4950	8400	18800
Efficacité lumineuse (lm/w)	10,50	12,2	12,8	13,8	14,8	14,75	16,8	16,8	18,8

B. Les lampes à incandescence classiques :

Ces lampes ont un rendement lumineux faible à cause de la plus grande partie de l'énergie électrique est converti en chaleur plus qu'en lumière .

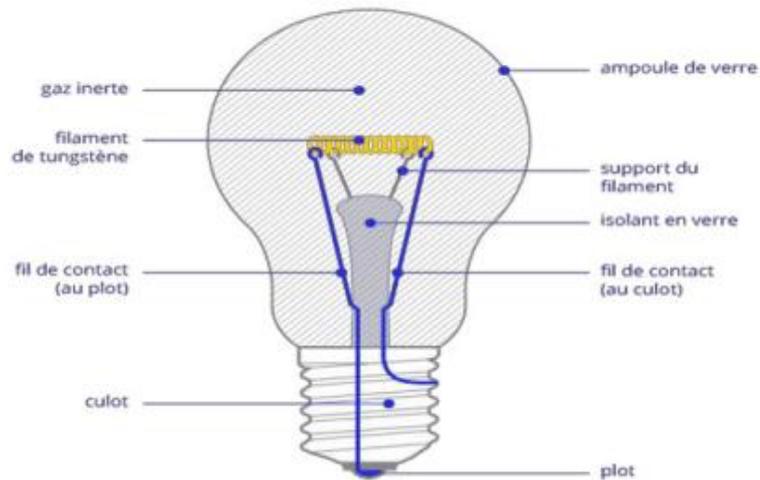


Figure 2.7 : lampe à incandescence classique [20]

Les avantages des lampes classiques sont :

- Bon rendu des couleurs.
- Bon marché
- Allumage instantané.

Les inconvénients sont :

- Durée de vie très limitée (1000 heures).
- Rendement de lumière produite faible (12 à 20 lm/W).
- L'efficacité lumineuse diminue sensiblement au cours du temps.
- Risques de brûlures dus à la température élevés de l'ampoule.

2. Lampes fluorescentes :

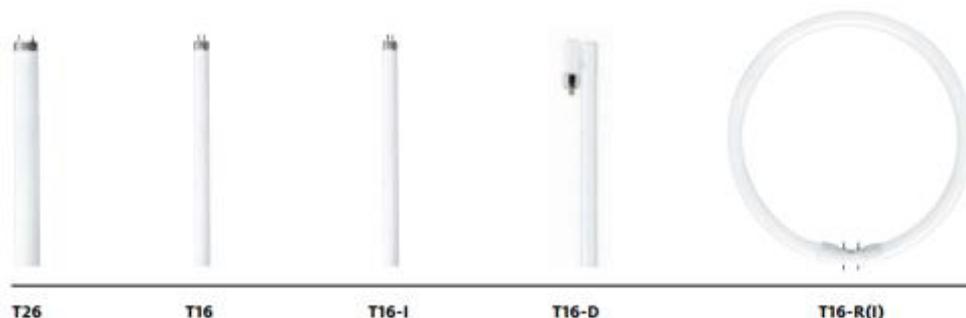
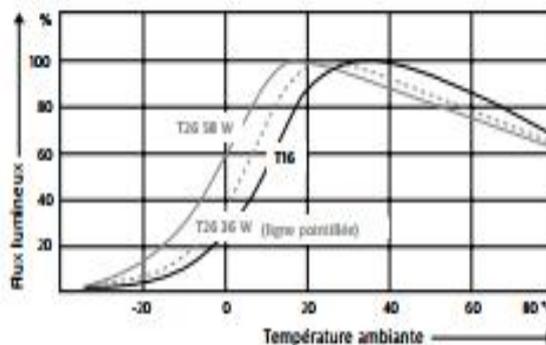


Figure 2.8 : les types Lampes fluorescentes[13]**2.1- Description du fonctionnement**

Un champ électrique alternatif entre les deux électrodes du tube à décharge produit un rayonnement UV non visible. Dans la substance fluorescente, ce rayonnement est converti en lumière visible de haute qualité. Ces lampes ont besoin d'une aide à l'amorçage et d'une limitation de courant, que leur fournit un ballast électronique (B.E.). Le flux lumineux dépend très fort de la position de fonctionnement et de la température ambiante. Les lampes à amalgame sont optimisées pour l'utilisation dans des environnements sujets à de fortes fluctuations de température.

2.2- Comportement en température du flux lumineux :

La valeur nominale du flux lumineux est généralement indiquée pour une température ambiante de 25 °C. Ceci explique pourquoi la valeur maximale de la T16 est supérieure à la valeur nominale. Le rendement des luminaires peut donc avoir une valeur supérieure à 1.

**Figure 2.9** : la température du flux lumineux[3]**Tableau 2.2:** la puissance et le flux lumineux

Puissance absorbée (w)	10	13	18	26	36	40	55
Flux lumineuse (lm)	600	900	1800	1800	2900	3500	4800
Efficacité lumineuses (lm/w)	60	69,2	66,2	69,2	80,5	87,5	87,3

3. Lampes fluocompactes :



Figure 2.10 : la température du flux lumineux[3]

Description du fonctionnement

Ces lampes sont des versions compactes des lampes fluorescentes linéaires et circulaires et fonctionnent de manière similaire. Le flux lumineux dépend très fort de la position de fonctionnement et de la température ambiante. Les lampes à amalgame sont optimisées pour l'utilisation dans des environnements sujets à de fortes fluctuations de température.

Tableau 2.3 : la puissance et le flux lumineux

Puissance absorbée(w)	15	18	30	36	58
Flux lumineuse (lm)	1000	1300	2300	3250	5200
Efficacité lumineuse (lm /w)	66,7	72,2	76,7	90,3	89,6

4. Lampes aux iodures métalliques



Figure 2.11 : les types Lampes aux iodures métalliques [13]

Description du fonctionnement

Dans les lampes aux iodures métalliques, l'allumage se fait à l'aide d'un arc lumineux compact produit dans un brûleur. Le remplissage de la lampe détermine la qualité de la lumière. Un amorceur est nécessaire pour le démarrage de ces lampes et le courant doit être limité par un ballast. Pour les lampes d'assez faible puissance, il existe aussi des ballasts électroniques (B.E.) avantageux.

Les lampes à brûleur céramique présentent les meilleures propriétés en termes de qualité de lumière, efficacité et durée de vie.

5. Lampes à vapeur de sodium haute pression :

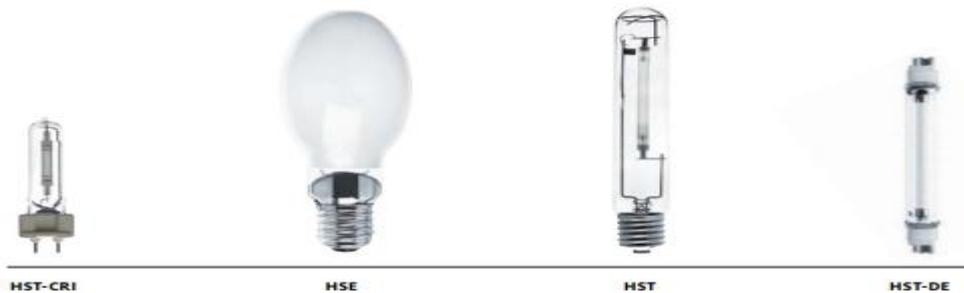


Figure 2.12 : Lampes à vapeur de sodium [13]

5.1. Description du fonctionnement

La décharge dans le long brûleur céramique est déterminée par le sodium. C'est pourquoi la lumière est plutôt jaune et ne convient que pour certaines applications spéciales. La lampe à couleur améliorée SDW de Philips produit une lumière blanche de très bonne qualité et est volontiers utilisée pour l'éclairage d'espaces de vente.

Un amorceur est généralement nécessaire pour l'allumage des lampes et le courant doit être limité par un ballast.

5.2. À couleur améliorée :

- Lumière blanche, chaude
- Très bon rendu des couleurs
- Utilisation : espaces de vente

6. Diodes électroluminescentes (LED) :

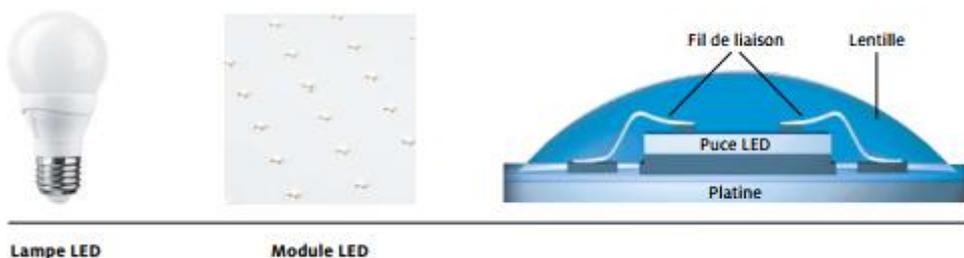


Figure 2.13 :LED's[13]

Description du fonctionnement :

Les diodes électroluminescentes sont des éléments semi-conducteurs modernes. Leurs propriétés sont déterminées par les matériaux, la construction mécanique et le mode de fonctionnement. Entre une zone chargée négativement et une autre chargée positivement situées à l'intérieur de la LED se trouve une couche semi-conductrice dans laquelle le rayonnement est généré. La production de lumière colorée dépend du matériau utilisé. Une lumière blanche de haute qualité est aujourd'hui produite à l'aide de LED bleues et des substances fluorescentes jaunes. Un mélange RGB (rouge, vert, bleu) donne une lumière blanche. Les plus petites puces ont une longueur de côté d'env. 250 μm (1 micromètre = 1 millième de millimètre). En règle générale, elles sont alimentées par des convertisseurs de courant adaptés. La très grande durée de vie de plusieurs 10 000 heures demande une gestion thermique optimisée qui évite la surchauffe. Les LED font déjà aujourd'hui partie des sources lumineuses les plus efficaces pour l'éclairage général. Elles vont remplacer complètement les sources lumineuses traditionnelles dans de nombreuses applications.

7. *Les lampes à vapeur de mercure :*

Autrefois utilisées en abondance pour l'éclairage public, elles sont de plus en plus remplacées par les lampes au sodium, qui ont un meilleur rendement lumineux. Elles produisent une lumière blanche bleutée, grâce à une décharge électrique à travers la vapeur de mercure à haute pression (500 fois la pression des tubes fluorescents) contenue dans l'ampoule. À cause de cette pression plus élevée, elles émettent plus de lumière visible et moins d'ultraviolet que les tubes fluorescents. Ces lampes sont interdites dans les régions réglementant l'éclairage, car elles consomment beaucoup d'énergie.

8. *Les lampes à vapeur de sodium à haute pression :*

Également des lampes, à décharge, elles émettent une lumière jaune-orange, plus éblouissante que les lampes au sodium à basse pression, et elles donnent un rendu des couleurs un peu meilleur que ces dernières (mais ce rayonnement en bande spectrale plus large est plus difficile à filtrer pour les observations astronomiques). Actuellement, c'est ce type de lampes qui est le plus couramment installé pour l'éclairage public, bien que son efficacité lumineuse soit moins bonne que celles des lampes au sodium à basse pression.

9. *Lampe domestique :*

une lampe destinée à l'illumination d'une pièce d'un ménage, à l'exclusion des lampes à usage spécial.

10. *Lampe à usage spécial :*

une lampe non destinée à l'illumination d'une pièce d'un ménage, du fait de ses paramètres techniques ou parce que les informations sur le produit indiquent qu'elle ne convient pas pour l'illumination d'une pièce d'un ménage.

11. *Lampe dirigée :*

une lampe dont au moins 80 % de la lumière émise se trouve dans un angle solide de π sr (correspondant à un cône avec un angle de 120°).

12. Lampe à filament :

une lampe dans laquelle la lumière est produite par un conducteur filiforme chauffé jusqu'à incandescence par le passage d'un courant électrique; la lampe peut contenir ou non des gaz influençant le processus d'incandescence.

13. Lampes à décharge à haute intensité :

des lampes à décharge dans lesquelles l'arc qui produit la lumière est stabilisé par effet thermique de son enceinte dont la puissance surfacique est supérieure à 3 watts par centimètre carré.

Chapitre 2.

Les sources de la lumière artificielle et leurs technologies

Le Tableau 2.4 : indique l'efficacité lumineuse de quelques types de lampes (Source : AFE)

Type d'ampoule	Efficacité lumineuse (lumens par watt)	Durée de vie moyenne (heures)	Couleur	Rendu des couleurs
Incandescence	12 à 20	~1000	blanc "chaud"	excellent
Halogène	15 à 33	2000-4000	blanc	excellent
Fluorescence	50 à 80	10000-20000	blanc "froid"	mauvais à bon
mercure	de 50 à 70	16000-20000	blanc bleuté	mauvais à bon
halogénure métallique sodium à haute pression	de 70 à 90	6000-10000	blanc	excellent
sodium à basse pression	de 100 à 130	12000-22000	jaune-orange	mauvais
	de 140 à 180	~16000	orange	très mauvais
LED	de 80 à 130	Plus de 50 000	Blanc chaud, froid neutre et bleu	excellent

Chapitre 2.

Les sources de la lumière artificielle et leurs technologies

Le Tableau 2.5 :Tableau comparatif :

Lampes halogènes à incandescence	Lampes fluorescentes	Lampes fluocompactes	Lampes aux iodures métalliques	Lampes à vapeur de sodium haute pression	Diodes électroluminescentes (LED)
-Durée de vie et efficacité lumineuse plus grandes que celles des lampes à incandescence	-Efficacité élevée à très élevée (notamment les T16 HE) et grande durée de vie	-grande efficacité lumineuse	- Grande efficacité lumineuse	- Efficacité élevée et grande durée de vie	-Production de lumière très efficace et très grande durée de vie
-Lumière brillante	-Gamme étendue	- Gamme étendue		- Couleur de lumière jaunâtre	-Gamme étendue - Allumage/extinction et gradation sans restrictions
-Très bon rendu des couleurs	- Bon à très bon rendu des couleurs	- Très bon rendu des couleurs	-Bon à très bon rendu des couleurs - Bonne stabilité chromatique des lampes à brûleur céramique	- Rendu des couleurs satisfaisant, voire mauvaises	-bon à très bon rendu des couleurs -très bonne production de lumière colorée
-Graduables	-Graduables	-Graduables	-généralement non graduables	-Graduables par paliers	-Graduables
espaces de vente et	éclairage général	dans les espaces	halles industrielles,	halles industrielles,	les LED peuvent être

Chapitre 2.

Les sources de la lumière artificielle et leurs technologies

d'habitation, gastronomie et applications décoratives

économique

commerciaux, les zones de prestige et la gastronomie

illumination, installations d'éclairage par projecteurs, espaces de vente

éclairage de rues, illuminations à l'extérieur

utilisées pour l'éclairage fonctionnel tout comme pour l'éclairage décoratif, à l'intérieur comme à l'extérieur

IV. Type des poteaux D'ÉCLAIRAGE:

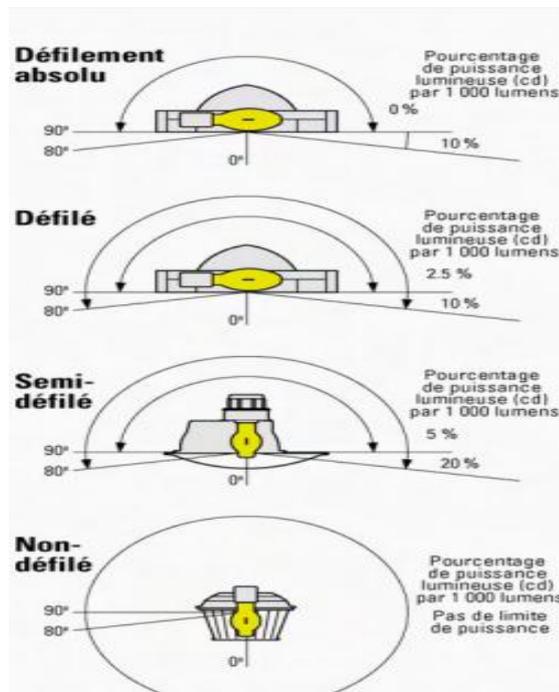


Figure 2.14: Les différents types de lampadaires [13]

1. PÔLE:

- Poteaux d'éclairage Mât droit cylindro-conique en acier galvanisé à chaud, sur semelle avec portillon.
- Disponible dans différentes hauteurs (3 mètres à 8 mètres)
- Différentes formes : octoconique, Poteau tubulaire, Poteau à rétreint, Poteau alu cylindro-conique
- Nombreuses teintes RAL au choix Crossette simple, double, triple ou quadruple. Crosse courbée avec différents angles et longueur possibles.
- Traverse pour placement projecteur(s). Couronne mobile ou fixe pour installation projecteur.
- Scellement et placement dans un bloc béton à l'aide de tiges d'ancrage .

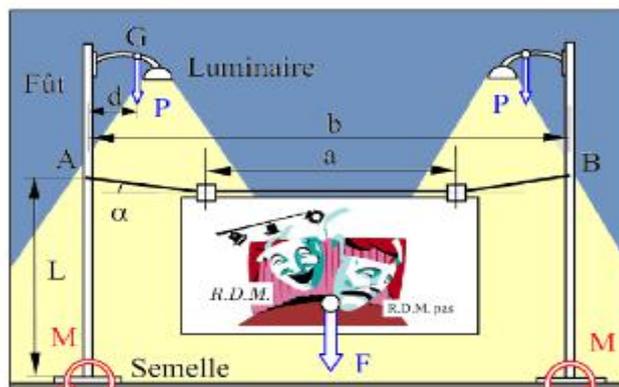


Figure 2.15: POLE D'ÉCLAIRAGE[12]



Figure 2.16 : PÔLE D'ÉCLAIRAGE [12]

2. ICAVERNE :

Éclairage extérieur de jardin Icaverne Icaverne

- Matériau : aluminium, verre
- Hauteur totale : 105 cm
- Hauteur du poteau : 80 cm
- Diamètre de la base : 23 cm
- Alimentation : 220 - 240 V ~, 50 Hz
- Puissance maximale de l'ampoule : 60 W (non inclus)

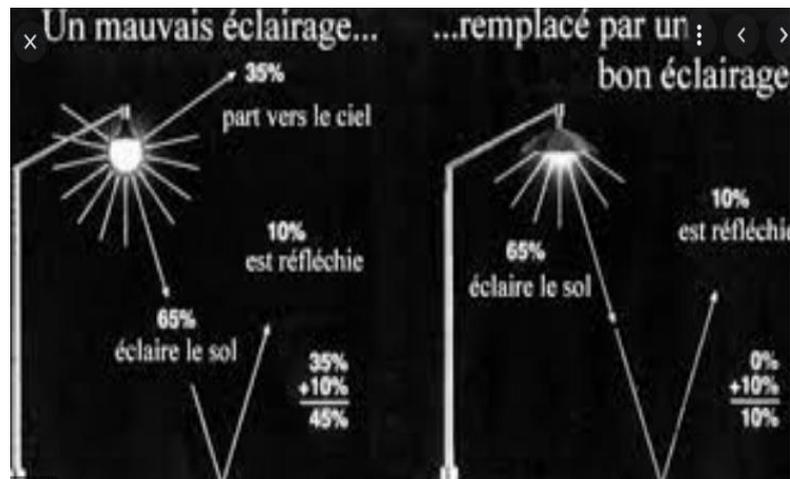


Figure 2.18 : Norlys BOLOGNA [6]

Candélabres en acier galvanisé les candélabres, conformes aux normes EN 40, utilisés pour l'éclairage des routes principales, des rues, des parkings, des stations-service, etc., - de hauteurs entre 3 m et 15 m, - sont conçus pour supporter jusqu'à 4 luminaires. - les luminaires HID jusqu'à 2000W ou LED jusqu'à 1000W pour montage en tête des mâts.

3. *Potelet extérieur classique Norlys BOLOGNA*

- Verre : Polycarbonate opale
- Matière : Fonte d'aluminium
- Hauteur : 116 cm
- Diamètre : 22 cm
- Puissance : 42W

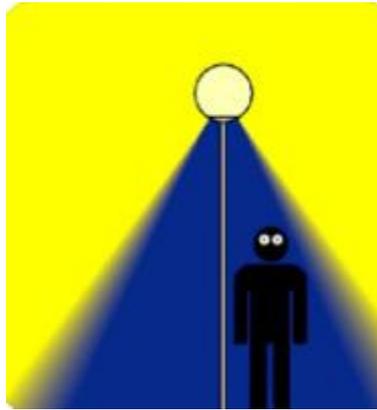


Figure 2.19 : Norlys BOLOGNA [6]

4. *Poteaux d'éclairage polygonaux Applications :*

éclairage des routes principales, des rues, des parkings, des places, des stations-service

- de 3 m jusqu'à 15 m de hauteur
- 1 à 4 crosses - Si nécessaire, une couche de peinture en poudre électrostatique peut être appliquée après galvanisation .



Figure 2.20 : Poteaux d'éclairage polygonaux [6]

5. Poteaux d'éclairage cylindro-coniques :

- 1 à 4 bras
- Le montage à ancrage sur plot béton pour une installation facile
- Sûr et durable

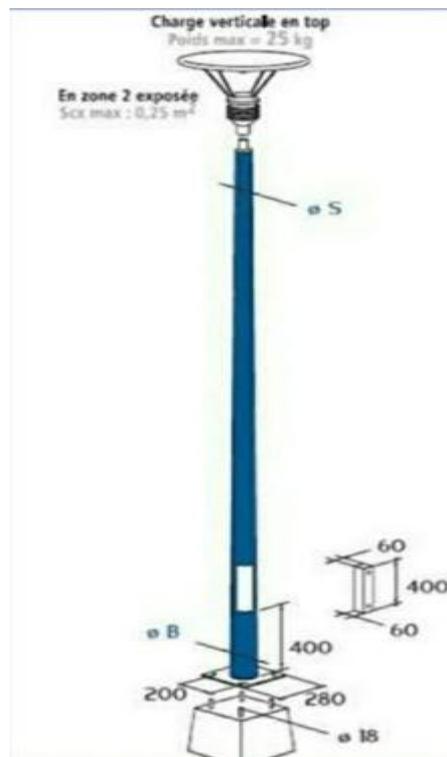


Figure 2.20 :Poteaux d'éclairage cylindro-coniques [6]

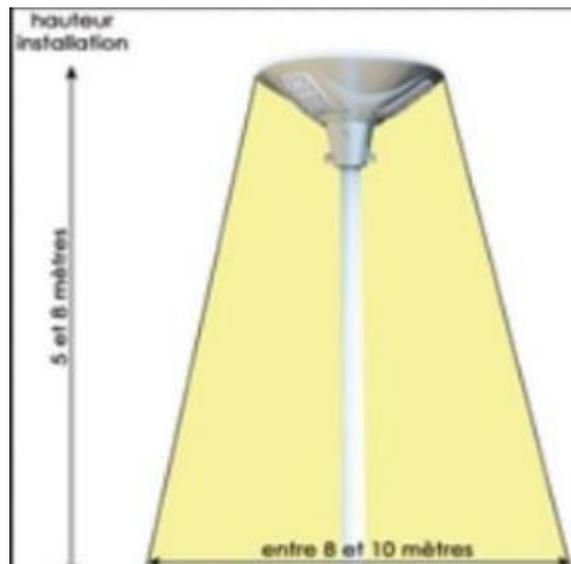


Figure 2.21 :Poteaux d'éclairage cylindro-coniques [6]

6. Mâts de grande hauteur pour projecteurs Applications :

Utilisé pour l'éclairage des pistes d'atterrissage, des stades de sport, des ports, aires de stockage, etc.. - équipé d'une échelle d'escalade portable ou d'une échelle de sécurité fixe et d'une plateforme au sommet, permettant ainsi un montage et un entretien facile des projecteurs - Conçu selon la demande du client à la hauteur et au niveau d'éclairage souhaité :

- Illumination à sens unique
- Éclairage bidirectionnel
- Illumination circulaire



Figure 2.22 : Mâts de grande hauteur pour projecteurs Applications [6]

7. *Poteaux décoratifs Application et fonctionnalités :*

Utilisé pour l'éclairage des jardins, des pelouses et des routes

- Hauteur entre 6 et 10 m
- La hauteur et la direction du bras peuvent être modifiées selon les exigences du client
- longue durée de vie 6.Mâts avec système de levage et descente.
- Ascenseur électrique à commande automatique
- Mécanisme de verrouillage automatique du système d'ascenseur
- Assistance technique à l'installation sur demande.



Figure 2.23 : Poteaux décoratifs Application et fonctionnalités [20]

8. *Mâts avec système de levage et descente :*

- Ascenseur électrique à commande automatique
- Mécanisme de verrouillage automatique du système d'ascenseur
- Assistance technique à l'installation sur demande.



Figure 2.24 : Mâts avec système de levage et descente [20]

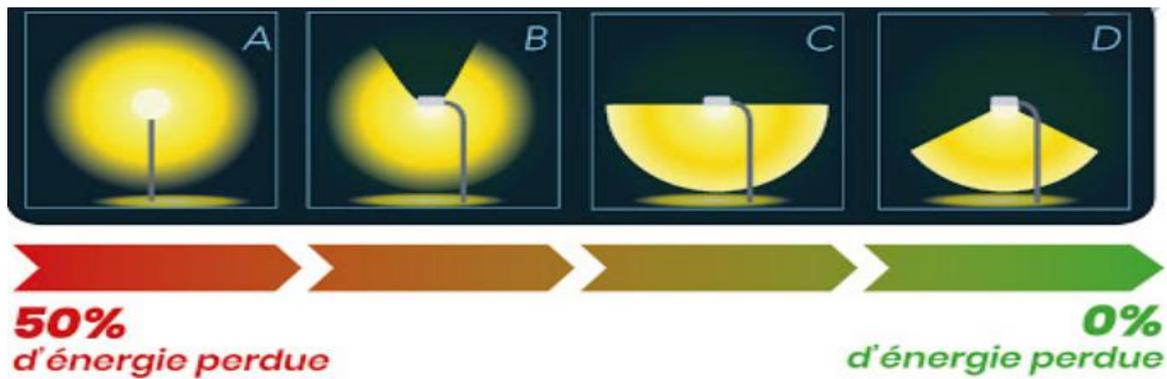


Figure 2.25 : comparant entre les lampes [3]

Alors qu'un mauvais lampadaire (figure A et B ou C) va perdre jusqu'à 50% de son énergie avec un flux lumineux éclairant au-dessus de l'horizontale, un bon lampadaire (figure D) va éclairer uniquement l'axe routier et le trottoir, offrant le meilleur rendement énergie consommée/éclairage.



Figure 2.26 : types de lampadaires [6]

- le plus efficaces
- dirige la lumière vers le bas et sur les côtés, là où c'est nécessaire
- réduit l'éblouissement; éclairage plus uniforme
- réduit l'envahissement de la lumière sur les propriétés voisines
- aide à préserver le ciel nocturne

Mauvais



Figure 2.27: types de lampadaires [6]

- gaspille l'énergie vers le ciel
- provoque l'éblouissement
- intrusion sur le voisinage
- lumière "dure"

Très mauvais

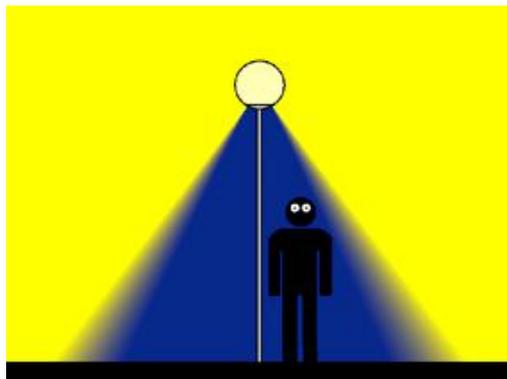


Figure 2.28 : types de lampadaires [6]

- N'éclaire pas grand-chose à part le ventre des oiseaux !
- plus de 50% de la lumière éclaire inutilement le ciel

V. Amélioration de l'installation

Tableau 2.6 :Éclairage de différents types de voie

Types de voie	Hauteur du foyer = à la hauteur de la chaussée	Rapport hauteur/ distance entre poteaux	Disposition de foyer
Voie à trafic rapide	8 - 12 m	3 à 5 fois de la hauteur du foyer	latéral
Voie à faible trafic	6 - 8 m	5 à 8	À choix
Rue principale	8 - 12 m	3 à 4	À choix

Rue commerciale	6 - 10 m	3 à 4	Alternée au-dessus du milieu de la voie
Voie résidentielle avec trafic du camion	6 - 8 m	4 à 5	À choix
Voie résidentielle avec faible trafic	4 - 6 m	5 à 8	Latérale
Place, noeud de trafic	10 - 15 m	3 à 5	Sur le bord extérieur et des endroits particuliers
Place distraction	10 - 15 m	3 à 4	Idem

1. Disposition des appareils :

La disposition des appareils peut être :

1.1 Implantation unilatérale (gauche ou droite)

Dans ce type d'implantation, tous les luminaires sont implantés sur un seul côté de la route. On l'utilise principalement lorsque la largeur de la route est inférieure ou égale à la hauteur des candélabres. La luminance de la partie de la chaussée située loin des luminaires est inévitablement plus faible que celle située du même côté. Ce type d'installation est habituellement utilisé pour l'éclairage d'une route constituant une chaussée simple à double sens de circulation (Figure 18).

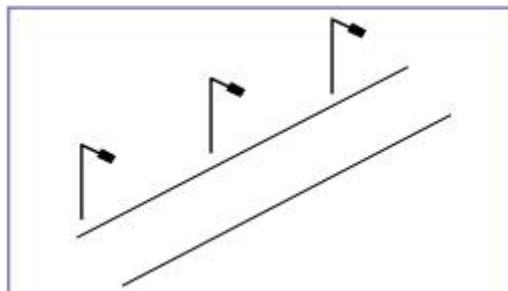


Figure 2.29 : Implantation unilatérale[12]

1.2 Implantation bilatérale en quinconce

Dans ce type d'implantation, les luminaires sont situés de chaque côté de la route, en implantation alternée (ou zigzag). On l'utilise principalement lorsque la largeur de la route est comprise entre **1 et 1,5** fois la hauteur des candélabres. Un soin particulier devra être apporté à l'uniformité des luminances de la chaussée. En effet, l'alternance de zones sombres puis éclairées peut produire un effet 'zigzag' désagréable. Ce type d'installation est habituellement utilisé pour une route constituante chaussée simple à double sens de circulation (Figure 19)

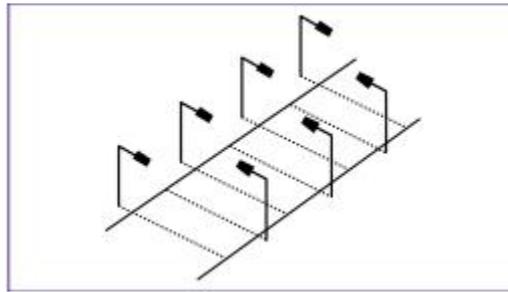


Figure 2.30: Implantation bilatérale en quinconce

1.3 Implantation bilatérale vis-à-vis

Ce type d'implantation est caractérisé par des luminaires implantés des deux côtés de la route et en opposition. On l'utilise principalement lorsque la largeur de la route est supérieure à 1,5 fois la hauteur des candélabres. Ce type d'installation est habituellement utilisé pour une route constituant une chaussée simple à double sens de circulation (Figure 20).

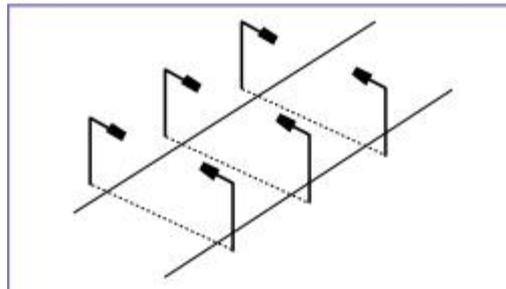


Figure 2.31 : Implantation bilatérale vis-à-vis

1.4 Implantation axiale (rétroilatérale)

Les luminaires sont implantés au-dessus de la zone centrale. Cette solution équivaut à une installation unilatérale pour chaque chaussée individuelle (Figure 2.32)

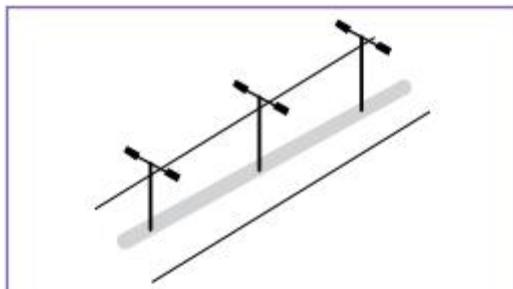


Figure 2.32 : Implantation axiale

2. Calcul des interdistances et hauteurs de feu :

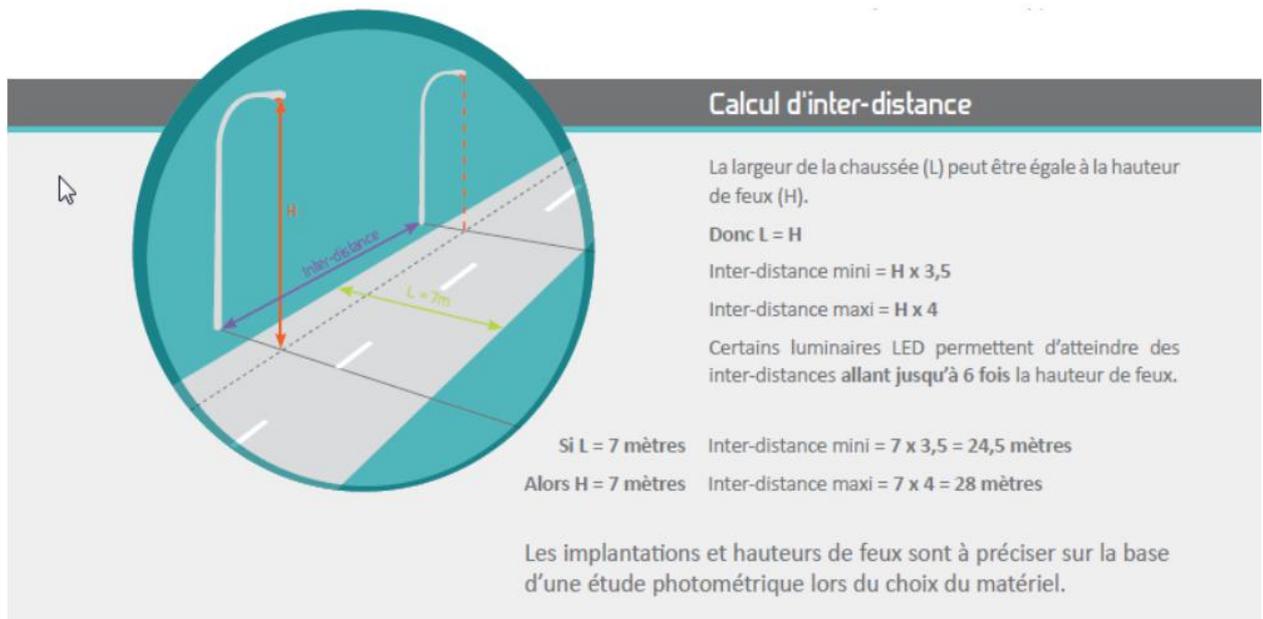


Figure 2.33 :Calcul d'inter distance [12]

Tableau 2.7 :Intersistance du point lumineux

Type de route	Largeur	Longueur	Disposition du foyer	Espacement du foyer	hauteur
<u>Route à un sens de circulation</u>	<u>9 m</u>	<u>10.400 m</u>	<u>En opposition</u>	<u>36 m</u>	<u>12 m</u>

Tableau 2.8: Récapitulatif des principaux types d'implantation des points lumineux

Type d'implantation recommandé	Rapport entre h et L	Type de chaussée	Observations
Implantation	$L \leq h$		La luminance de la partie de la chaussée située loin

unilatérale			des luminaires est plus faible que celle située du même côté
	$H < L \leq 1,5 h$	Chaussée simple à double sens de circulation	Un soin particulier doit être apporté à l'uniformité de luminance de la chaussée
Implantation bilatérale en quinconce			
Implantation bilatérale vis-à-vis	$1,5 < h$		
Implantation axiale (rétro-bilatérale)	$L \leq h$	Chaussée double à deux sens de circulation	

Le Tableau 2.8 synthétise les principaux types d'implantation des points lumineux en fonction de la hauteur des feux et la largeur de la chaussée.

3. Choix des luminaires :

3.1 Types de luminaires :

On distingue deux principaux types de luminaires, le luminaire conventionnel notamment fonctionnel, décoratif, ou projecteur, et le luminaire LED qui est actuellement en pleine évolution (Figure 22 et Figure 23)



Figure 2.34 : Exemples de luminaires conventionnels

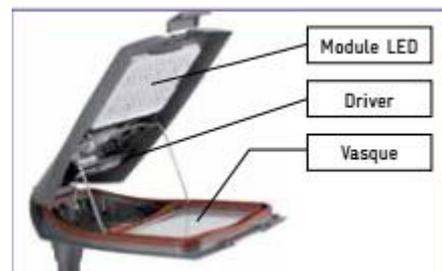


Figure 2.35 : Luminaire LED

3.2 Critères de choix de luminaire

Tel que mentionné auparavant, le luminaire est composé de la lampe, du ballast, du réflecteur et de la vasque. Cette section explique les 12 critères de choix de luminaires que sont :

- > L'étanchéité,
- > La solidité,

- > La protection électrique,
- > L'efficacité lumineuse,
- > L'optique,
- > L'indice ULOR,
- > La maintenabilité,
- > La durée de vie moyenne,
- > La forme de la vasque,
- > La puissance de la lampe,
- > L'indice de rendu de couleurs,
- > Et la température de couleurs.

4. Choix des supports :

Dépendant des aspects esthétiques de l'espace et son environnement, on peut identifier plusieurs types de supports. Dans le contexte du Maroc, on distingue essentiellement les supports indiqués ci-dessous. La durée de vie des candélabres est supérieure à 25 ans, elle peut aller au-delà de 50 ans et peut varier selon la qualité de peinture ou galvanisation, la qualité de maintenance et l'agressivité de l'environnement (vibrations, corrosion, érosion, rayonnements, chocs et vandalisme).



Figure 2.36 : Types de supports d'éclairage public

VI. Conclusion:

Dans ce chapitre, on a exposé brièvement quelques grandeurs photométriques, le système d'éclairage public et ses moyens (lampes, lampadaire), ainsi le contrôle d'allumage des lampes et les normes mondiales de l'éclairage. Et on a présente aussi quelques moyens utilisés dans l'éclairage.

Les effets de la lumière artificielle sur la santé publique

I. Introduction :

Comme nous le savons, la lumière ou l'éclairage est important dans nos vies et notre environnement, mais en ce qui le concerne, il a un effet nocif sur les plantes et les animaux, en particulier les humains.

Dans ce chapitre, nous étudierons les dangers de la lumière sur l'humain et d'éventuelles maladies

II. Relation générale entre la lumière et la santé

La lumière artificielle est une manifestation tangible du développement économique et social. Elle répond notamment à des besoins de confort et de sécurité civile et routière. Cependant, cette utilisation a été si attachée au progrès que sa perception en tant qu'envahisseur de la vie quotidienne est presque passée inaperçue. Avec la récente augmentation de l'éclairage nocturne (11 millions de points lumineux en 2016 selon l'Agence française de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie et la production des nouvelles technologies de lampes (notamment les diodes électroluminescentes ou LED), des inquiétudes sociétales sont apparues et se font croissantes. Ces inquiétudes concernent, entre autres, la pollution lumineuse et les conséquences de la lumière bleue sur la santé humaine et l'environnement. La communauté scientifique s'est aussi saisie du sujet et ces dernières années sont caractérisées par un nombre important et sans cesse croissant d'articles

scientifiques sur les effets de la lumière artificielle nocturne sur la faune et la flore ainsi que sur la santé humaine.

III. Les effets de la lumière sur l'Homme

Les effets de la lumière sur l'Homme sont classifiés en deux catégories, fortement liées :

- Les effets biologiques de la lumière, c'est-à-dire les effets de la lumière sur le fonctionnement de l'organisme humain.
- Les effets psychologiques de la lumière, car la lumière influence fortement l'humeur et la psyché de l'Homme.

A. Les effets biologiques de la lumière

1. Pathologie de la lumière blanche

1.1. Anatomie de la peau et caractéristiques optiques

La peau, qui constitue l'enveloppe du corps, est le plus grand organe chez l'humain, avec une surface d'environ 2 m² la peau est formée de deux couches cellulaires : le derme (couche profonde) et l'épiderme, couche fine et superficielle. L'ensemble peau (ongles, cheveux, poils) se nomme le tégument. Le tégument mesure entre 1 et 4 mm d'épaisseur selon les zones du corps (Prost-Squarcione, 2006) .

L'épiderme, couche superficielle de la peau, est à son tour composé de trois couches, la plus externe ou stratum corneum est composée de cellules kératinisées qui desquament. La couche intermédiaire est constituée d'empilements de 5 à 10 cellules et la couche basale présente des cellules qui se divisent activement pour réer la peau. Cette couche contient aussi les mélanocytes, cellules produisant la mélanine, pigment responsable de la couleur de la peau (Prost-Squarcioni, 2006).

Le derme est constitué d'un tissu conjonctif (tissus de soutien), à la fois flexible et résistant. Il est riche en récepteurs sensoriels, vaisseaux sanguins et lymphatiques.

1.1.1. La peau a quatre lignes de défense :

- la couche cornée est responsable de l'imperméabilité. Elle empêche la pénétration des substances et édite l'évaporation.
- La pigmentation protège les cellules contre la lumière et plus particulièrement contre les UV (Miyamura .2007)
- les cellules de Langer Hans situées sous la couche cornée et venant de la moelle osseuse capturent les substances étrangères afin d'alerter le système immunitaire (Valladeau, 2006) ;
- le derme et ses réseaux de collagène et d'élastine qui constituent une barrière mécanique (Dubertret, 2000).

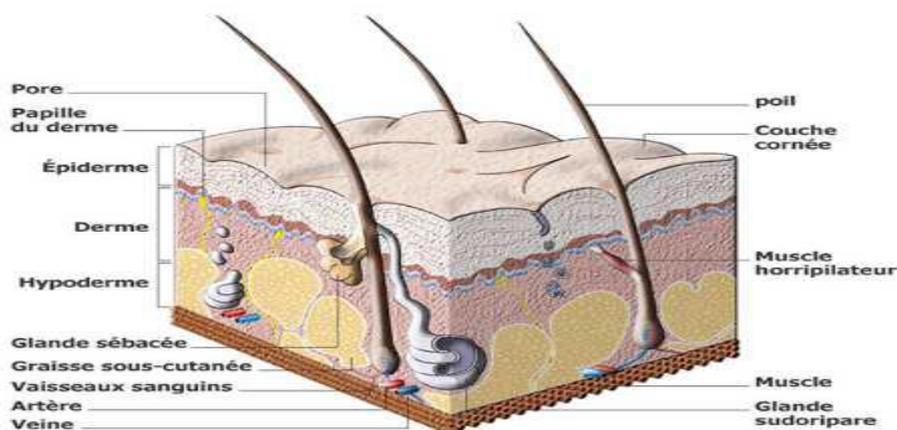


Figure 3.1 : Schéma d'une coupe de la peau représentant l'épiderme, le derme et l'hypoderme[8]

1.1.2 Caractéristiques optiques de la peau

Le rayonnement incident sur la peau subit des réflexions, des diffusions et une absorption à son passage à travers ses différentes structures. De ce fait, la pénétration du rayonnement reçu dépend son intensité, mais aussi de sa longueur d'onde.

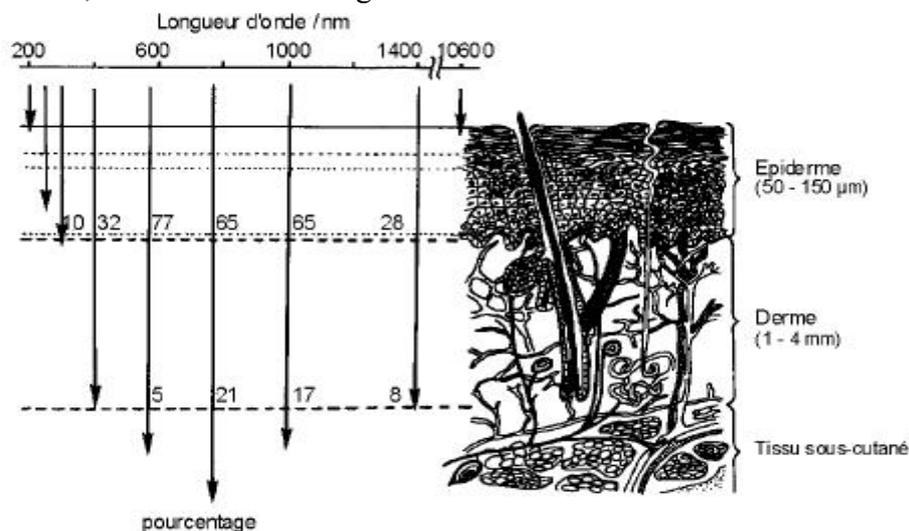


Figure 3.2 : pénétration des différentes longueurs d'onde dans la peau [9]

1. Lumière et pathologies cutanées

1.1. Les photos dermatoses

Les photos dermatoses constituent des affections dans lesquelles il y a une réaction cutanée à des longueurs d'onde spécifiques dans le domaine de l'ultraviolet ou dans le spectre visible. Cliniquement, elles peuvent se présenter comme des urticaires, des eczémas ou mée des Éliions de lupiques⁵⁴ la dermatose la plus fréquente est l'éruption polymorphe induite par la lumière (Epil), suivie par l'urticaire solaire et la dermatite actinique l'Epil, se présente plus fréquemment chez les jeunes femmes à peau claire, mais elle peut se retrouver a n'importe

quel âge et sur n'importe quel couleur de peau. Dans ce cas, il n'y a pas de changements histologiques pathogéniques. Ceci la distingue de l'urticaire solaire pour laquelle la dermatose est mise par une Hypersensibilité induite par les IGE (immunoglobuline E, classe d'anticorps) et qui répond, en conséquence, aux antihistaminiques.

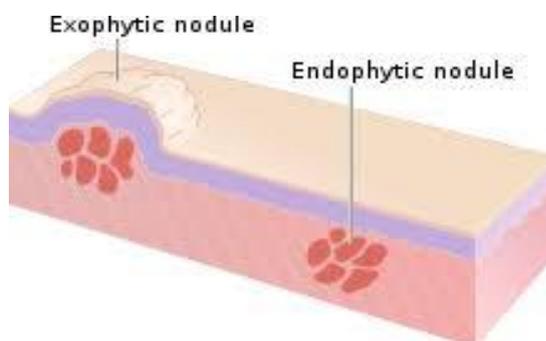


Figure 3.3 :externe (exophytique) et interne (endophytique) [4]

1.2. Les photo-genodermatoses

On désigne comme genodermatose une affection cutanée d'origine génétique. Des gènes concernant différents tissus peuvent être affectés, comme ceux de l'épiderme (comme dans les keratodermes congénitaux), du tissu conjonctif), de la crête neurale qui subit des malformations pendant l'embryogénèse (neurofibromatose). Des altérations métaboliques peuvent également survenir comme dans le cas de la phénylcétonurie (Bergman, 2008) les photo-genodermatoses se caractérisent par le fait qu'elles conduisent à une hypersensibilité à l'exposition lumineuse. Tel est le cas du Xérodermie pigmentosa ou les défauts de la réparation de l'ADN induisent une dermatose allant jusqu'à l'apparition, très fréquente, de cancers de la peau.

1.3. Les porphyries

Ces maladies génétiques concernent les enzymes de synthèse du groupe hème, qui est important pour la synthèse d'hémoglobine et d'autres enzymes du métabolisme (Christiansen, et al., 2016). Les porphyries génèrent une accumulation de porphyrines ou de ses précurseurs dans le foie ou la moelle osseuse. Les porphyries chroniques induisent des lésions cutanées bulleuses ou des sensations douloureuses de la peau exposée aux lumières (des cératines porphyriques aiguës (porphyrie varie gâta et coproporphyrine héréditaire) peuvent également induire une photosensibilité cutanée.



Figure 3.4 : L'un des symptômes de la porphyrie est la démangeaison[1]

1.4. *Le lupus érythémateux*

Le lupus érythémateux disséminé est une maladie auto-immune qui affecte essentiellement le tissu conjonctif. Il survient le plus fréquemment chez la femme en période d'activité ovarienne. Ses manifestations cliniques sont très polymorphes, elles évoluent par pousses. Biologiquement, on trouve des anticorps antinucléaires, particulièrement anti-ADN natif. Au niveau de la peau, on décote le caractère photosensible de l'éruption lupique. Le lupus subaigu est une forme particulière de lupus érythémateux. Dans cette forme, la photo sensibilité est constante. Par ailleurs, la photo sensibilité est une des caractéristiques les plus marquantes du lupus néonatal (Goffin et al., 2005).

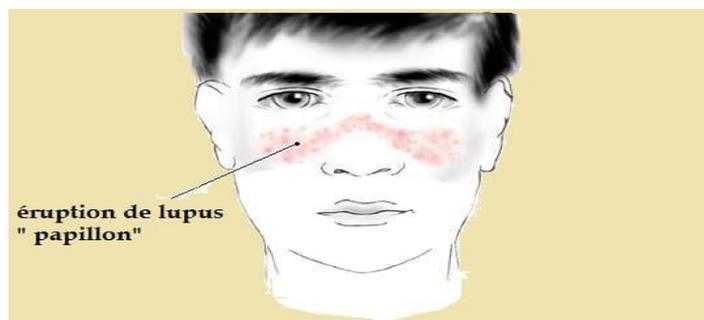


Figure 3.5: Signe de lupus au visage[4]

1.5. *La photo sensibilité induite :*

La photosensibilisation se définit comme un processus délétère qui apparaît suite à l'exposition à un rayonnement électromagnétique normalement inoffensive ; elle est due à l'introduction d'un agent absorbant de ladite radiation (l'agent de photosensibilisation). L'UVA est impliqué dans la plupart des réactions photo-allergéniques, car il pénétré plus profondément dans la peau.

2. *Effets des LED sur l'œil*

Rappels sur l'anatomie et la physiologie de l'œil Humain

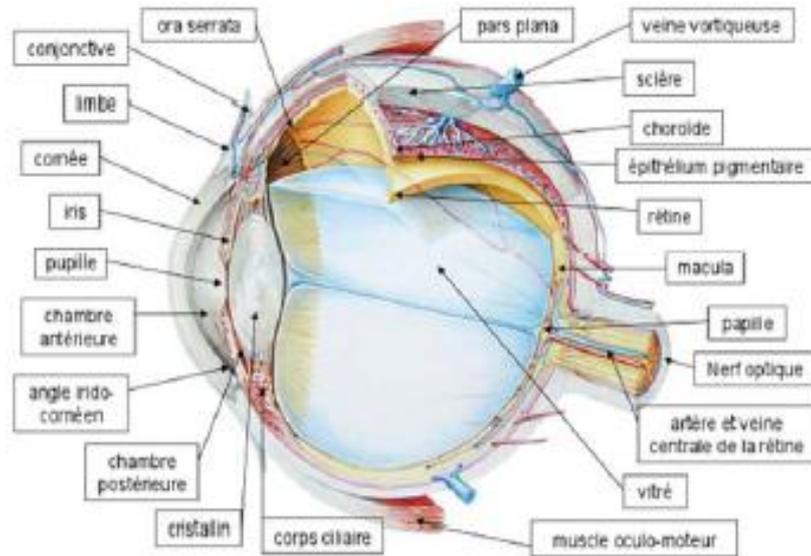


Figure 3.6: anatomie de l'œil humain - coupe transversale[7]

La paroi du globe oculaire est formée de trois tuniques (cf. Figure xx) avec, de l'extérieur vers l'intérieur : 1) la tunique fibreuse externe qui se compose de la sclère, ou sclérotique, en périphérie et de la cornée en avant, 2) la tunique uvale ou uvée qui se compose de l'iris en avant et du corps ciliaire et de la choroïde en arrière et 3) la tunique nerveuse interne formée par la rétine qui reçoit les rayons lumineux. Ces tuniques enferment trois milieux transparents différents localisés au centre de l'œil, qui garantissent l'acheminement des rayons lumineux jusqu'à la rétine : 1) l'humeur aqueuse, un liquide transparent qui remplit l'espace entre la cornée et le cristallin, 2) le cristallin qui joue le rôle de lentille centrale et 3) la vitre ou humeur vitrée (60 % du volume oculaire) qui est une masse gélatineuse et transparente maintenant la rétine sur les parois de l'œil et contenant 99 % d'eau.

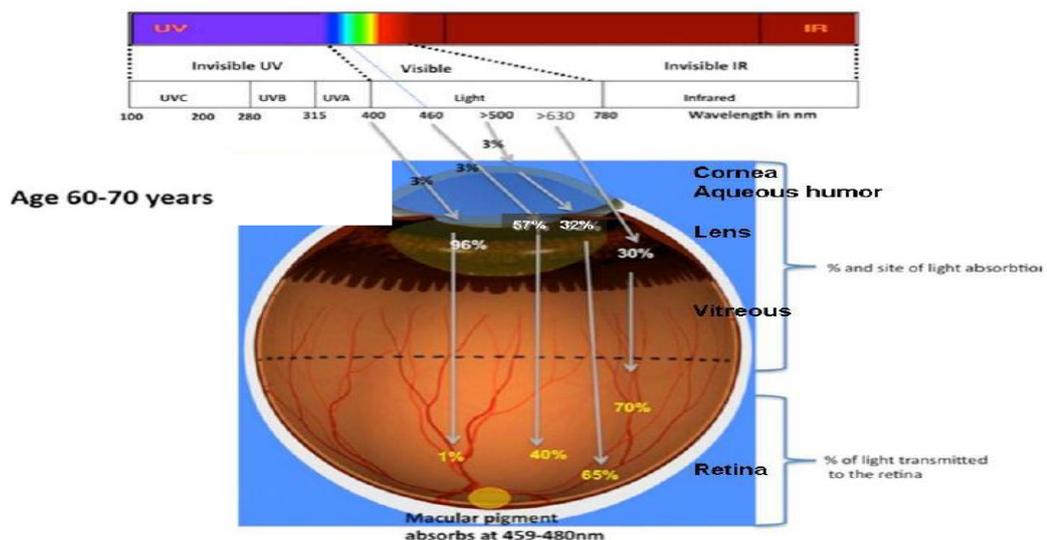


Figure 3.7: pénétration des différentes longueurs d'onde dans l'œil[19]

2.1. Cataracte

Le cristallin absorbe les UVA et UVB ainsi que les courtes longueurs d'onde dans le spectre visible. Les études épidémiologiques ont montré que le risque de cataracte est directement lié au degré d'exposition aux ultraviolets en milieu naturel ou professionnel. Des taux d'ultraviolets faibles cumulés sont cataractés. La lumière bleue peut induire des lésions cristalliniennes par effet photo dynamique du fait de l'activation de produits accumulés dans le cristallin et dont l'illumination produit des radicaux libres oxygène. Une étude récente sur des cellules cristalliniennes humaines en culture montre que l'exposition à des LED blanches (750, 1 500 et 2 500 lx), de différentes températures de couleur (2 954, 5 624 et 7 378 K), induit la production de radicaux libres, un arrêt de prolifération et une apoptose d'autant plus importante que la température de couleur est élevée (Xie et al., 2014).

Les rayonnements dans l'infrarouge (de 800 à 3 000 nm) sont également susceptibles d'induire des cataractes immédiates ou retardées (Yu et al., 2015b ; Yu et al., 2015a; Sonderborg et al., 2016). Les dommages immédiats seraient essentiellement de nature thermique alors que les effets retardés pourraient être secondaires à des lésions photochimiques cumulées. Ce dernier mécanisme est incertain et n'a pas été validé par des études expérimentales. Il semblerait en effet que les effets cataractogènes des rayonnements infrarouges soient plutôt liés à une réaction de la température, mesure au limbe, autour de 8-10°C (Yu et al., 2014).

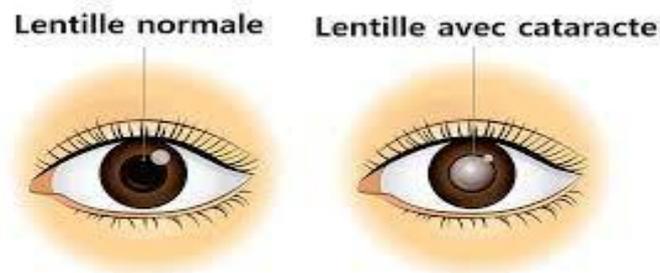


Figure 3.8: Syndrome Cataracte[4]

2.2. Mélanomes de l'uve (Cancer de l'œil)

Contrairement aux mélanomes cutanés, les rayonnements UV n'ont pas été associés à la carcinogénèse des mélanomes de l'uve. Des études récentes suggèrent par contre que les rayonnements bleus pourraient induire des mutations carcinogènes dans les mélanocytes uvéaux (de Lange et al., 2015; Logan et al., 2015).

2.3. La myopie précoce ou aggravée

La myopie des enfants fait l'objet d'un signal d'alarme des ophtalmologues depuis deux ans. Les professionnels de la vision s'inquiètent de l'augmentation de la myopie dans le monde (+

20 % sur toute la population en 10 ans), et particulièrement chez les enfants. En cause : le déficit de lumière.



Figure 3.9: lunettes pour la myopie précoce[9]

B. Les effets psychologiques de la lumière

1. Dépression:

La dépression, également appelée dépression marquée, dépression clinique ou dépression majeure, est un trouble mental caractérisé par des épisodes de mauvaise humeur (tristesse) accompagné d'une faible estime de soi, dû à une mauvaise utilisation de l'intensité lumineuse artificielle



Figure3.10 : La dépression est l'un des symptômes de l'exposition à la lumière [5]

C. Autres maladies

1. La mélatonine

La mélatonine ou N-acétyl-5-méthoxytryptamine, souvent dénommée hormone du sommeil, est surtout connue comme étant l'hormone centrale de régulation des rythmes chronobiologiques en étant synthétisée surtout la nuit. Elle régule de nombreuses sécrétions hormonales, chez l'humain la lumière saccadée éclaire la mécanique nos rythmes internes peuvent être naturellement désynchronisés avec l'alternance du jour et de la nuit, profondément par la protubérance.L'effet de la lumière sera à une grande hauteur, car il est proportionnel à la longueur.

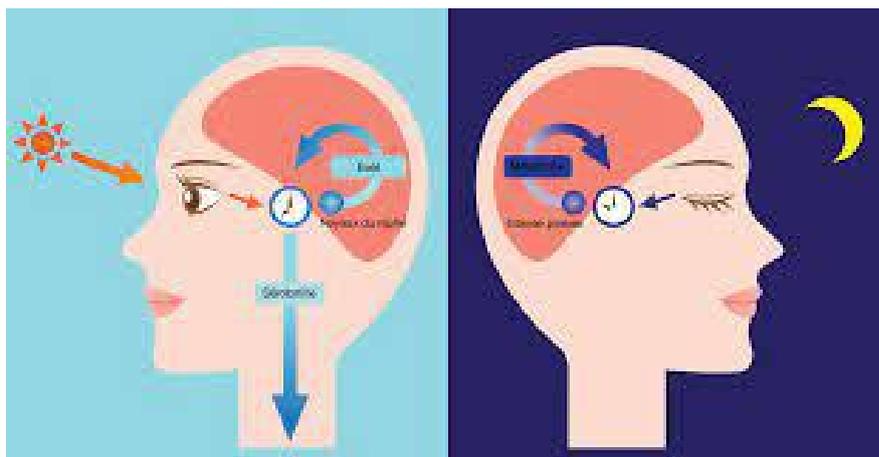


Figure3.11: l'horloge interne de l'humain [4]

2. Diabète

Diabète : Selon une étude de l'Université Harvard, les faibles niveaux de mélatonine pendant la nuit augmentent le risque de diabète de 2,17 fois, et en fait, les troubles du sommeil généraux peuvent avoir un impact sur le diabète et l'obésité.

La Fédération du diabète note que « les études indiquent que le manque de sommeil perturbe le régime alimentaire carbohydraté, entraînant une diminution de 50% du travail de l'insuline et une diminution de 30% de la quantité d'insuline produite, et la création de terres fertiles pour le diabète ou l'aggravation de la maladie elle-même si la personne est à l'origine.



Figure 3.12: Mesure de la glycémie

3. Cancer du sein:

la lumière nocturne extérieure est associée à un dérèglement de l'horloge biologique et à un risque accru de cancer du sein chez les femmes, l'éclairage artificiel est presque omniprésent. Cette exposition généralisée aux lumières extérieures pendant les heures de nuit constitue un nouveau facteur de risque sanitaire. Ce lien entre l'exposition à la lumière, l'horloge biologique et le cancer du sein a déjà été documenté à de nombreuses reprises : ainsi, les femmes qui travaillent de nuit, comme certaines infirmières, présentent ainsi un risque accru de cancer du sein. Plus largement, la perturbation du rythme circadien est impliquée dans nos « pandémies modernes », que sont les cancers, les troubles métaboliques ou encore la

dépression. Ce dérèglement de nos cycles sommeil-éveil perturbe le fonctionnement normal du corps et représente un risque pour notre santé. Sur le risque de cancer du sein précisément, il semble que la glande mammaire chez la femme soit sensible aux variations de l'exposition à la lumière et aux dérèglements de l'horloge biologique.

4. Épilepsie photosensible:

Les épilepsies photosensibles ne concernent que 5% des épilepsies. Une fréquence de 15 à 20 clignotements par seconde est plus susceptible de provoquer une crise. Il est souvent recommandé de ne pas utiliser d'écran ayant une vitesse de rafraîchissement inférieure à 60Hz.



Figure 3.13: Illustration de l'épilepsie[21]

5. Obésité :

La lumière pendant le sommeil favoriserait la prise de poids une étude de l'Université d'Oxford, publiée dans l'American Journal of Epidemiology, Plus il y avait de la lumière dans la chambre (assez pour voir à travers la pièce), plus les participantes avaient, en moyenne, un l'indice de masse corporelle et une circonférence de taille plus élevée. Cela, après avoir tenu compte de différents facteurs pouvant affecter les résultats (tels que le temps de sommeil). Pour l'instant, les chercheurs restent prudents. Pour le professeur Anthony Swerdlow, coauteur de l'étude, si l'on sait que le métabolisme est affecté par les rythmes circadiens « liés au sommeil, à l'éveil et à la lumière », « les liens que nous avons détectés entre l'exposition à la lumière la nuit et l'obésité sont très intrigants. Nous ne pouvons pas dire à ce stade quel ansant les mécanismes, mais les résultats obtenus ouvrent une nouvelle piste de recherche.



Figure3.14 :La lumière affecte l'obésité[5]

6. Le rythme circadien

Nous avons tous des rythmes synchronisés avec la période de révolution de la Terre sur elle-même et autour du Soleil ; ils sont dits "circadiens" (du latin circa = "autour" et dies = "jour") ou nycthéméraux. Autour de ces rythmes de base, il y a des rythmes plus courts dits "ultradiens" (inférieurs à 24 heures) et d'autres plus longs, dits "infradiens" (supérieur à 24 heures). Parmi eux, on peut citer les rythmes circa septidiens de sept jours, circa mensuels (environ un mois), saisonniers et circannuels, d'environ 12 mois. Nous allons plus particulièrement nous occuper du rythme circadien.

Ce qu'il faut savoir, c'est que tout au long de la durée du rythme circadien, un peu plus de 24 heures (proche de 25 heures), nous produisons toutes sortes de substances comme les hormones, mais le cerveau commande aussi des actions à notre corps.

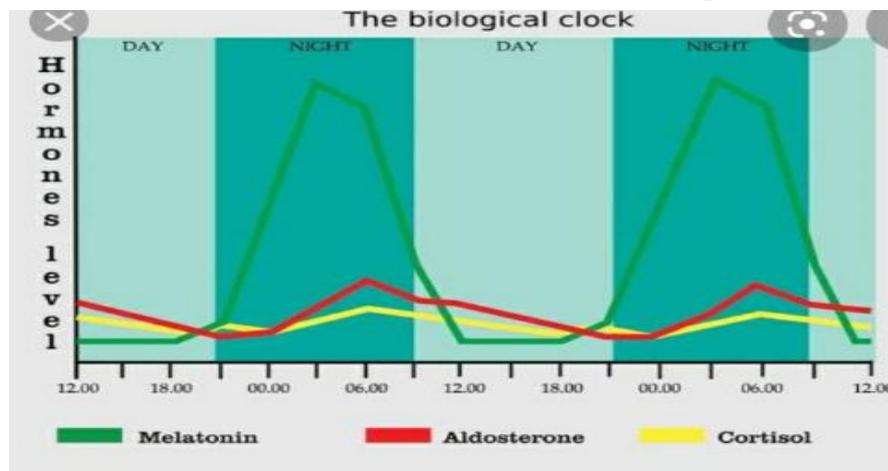


Figure 3.15 : Biological clock[17]

IV. Quelques effets sur les plantes :

Vous allez dire ce que la plante a à voir avec la santé humaine, mais si la source d'oxygène est endommagée, il n'y a pas de vie sur terre, surtout humaine

1. *Phytochromes* : La forme inactive des phytochromes, peut changer de conformation sous la lumière rouge et prendre la forme active Pfr. Le processus est thermodynamiquement réversible en soumettant des infrarouges proches (710 à 850 nm). Les phytochromes actifs peuvent induire la germination des graines ou inhiber la croissance de la tige ; ils contrecarrent ainsi les protéines PIFs impliquées dans l'expression des gènes en empêchant leur action. Les phytochromes jouent aussi un rôle dans l'évitement de l'ombre et la rectification de l'horloge circadienne en cas de changement de la durée du jour

2. *Cryptochromes*

Les cryptochromes peuvent agir de concert avec les phytochromes, mais sont sensibles à la lumière bleue. Ils sont capables d'inhiber la croissance de la tige, de réguler

l'horloge circadienne et d'induire la floraison et la croissance des cotylédons. Chez les animaux, où elles jouent un rôle dans le cycle circadien.

V. Impact des LED sur l'environnement

1. Danger pour la biodiversité

La diversité du vivant se reflète dans la grande diversité des réponses métaboliques, physiologiques et comportementales de la faune et de la flore à la lumière. Ainsi, ce qui peut être un avantage pour une espèce donnée (animale ou végétale) peut s'avérer un inconvénient pour une autre. Des modifications des rythmes biologiques (journaliers et annuels), de l'orientation, de la répartition géographique, et de la migration des espèces peuvent ainsi être observées, à la suite d'une exposition à la lumière artificielle. Des effets indirects sont observés (à moyen et long termes), sur ces populations et leurs écosystèmes. Les travaux de recherche sur l'impact de la lumière émise par les LED la nuit sur le vivant s'appuient encore beaucoup sur ceux se rapportant à la lumière artificielle en général. Ils concernent d'ailleurs un nombre encore très limité d'espèces. Quel que soit l'écosystème étudié, la tendance générale relevée dans la littérature scientifique montre, à long terme, une augmentation de la mortalité et un appauvrissement de la diversité des espèces animales et végétales étudiées dans les milieux éclairés la nuit, y compris par des éclairages à LED. Selon la littérature scientifique, les effets de la lumière la nuit, notamment issus d'éclairages à LED, sur la faune et la flore et les écosystèmes, sont avérés pour toutes les espèces étudiées.

Ces effets correspondent globalement à ceux de l'éclairage nocturne, parmi lesquels il faut distinguer ceux qui pourraient être spécifiquement liés à des caractéristiques propres aux LED (intensité, composition spectrale). Ces effets viennent s'ajouter aux autres pressions anthropiques (pollution chimique, barrières géographiques, réduction de l'espace vital, surexploitation...).

L'extension continue des activités humaines, industrielles et de loisir, les nuisances physiques et chimiques auxquelles viennent s'ajouter les effets du changement climatique constituent autant de facteurs auxquels certaines populations animales et végétales seront probablement incapables de faire face, ce qui entraînera une accélération de la diminution de la biodiversité. Cependant, les données impliquant l'action combinée de ces multiples facteurs perturbants sont encore rarissimes.



Figure3.16: éclairage sr l'environnement [20].

VI. Pollution lumineuse

Le rapport d'expertise collective associé à cette synthèse propose une évaluation de l'effet du déploiement des LED (sources d'éclairage et d'affichage extérieur notamment) sur la pollution lumineuse. Différents aspects ont été considérés, comme les effets sur le halo nocturne, les nuisances pour l'Homme (lumière intrusive, débordements lumineux, éblouissement, rythmes circadiens) et les nuisances pour les écosystèmes et la biodiversité. Selon les experts du groupe de travail, le changement des technologies d'éclairage par des LED pourrait augmenter ou diminuer la pollution lumineuse, en fonction des choix retenus pour l'éclairage public, d'intérieur, de mise en valeur architecturale et paysagère, etc. Les catégories de systèmes d'éclairage à LED qui pourraient être responsables des plus grandes augmentations de la pollution lumineuse sont : les enseignes, les affiches et publicités lumineuses, ainsi que l'éclairage des zones commerciales, des zones agricoles (y compris les serres horticoles) et aquacoles et des zones industrielles. L'éclairage des parkings extérieurs de ces zones est également concerné. Dans ces catégories, la tendance est à l'augmentation du nombre et de l'intensité des points lumineux.

Le remplacement des lampes de l'éclairage public (sur la voirie) et d'intérieur par des LED pourrait contribuer à réduire la pollution lumineuse, en ciblant davantage les zones à éclairer (et donc en limitant la diffusion) et en modulant la qualité (longueur d'onde) et l'intensité de la lumière émise, ce que permet la technologie LED ; la condition associée est que le nombre de points lumineux à LED ne soit pas augmenté comparativement au nombre de points lumineux remplacés.

Malgré les résultats mis en avant ci-dessus, il est difficile d'évaluer l'impact global de la transition de l'éclairage existant vers les LED sur la pollution lumineuse



Figure3.17: image représente la pollution lumière [3]

VII. Les effets de la lumière bleue sur la santé

Température de couleur Norme température de couleur Arrêté 27 décembre 2012 France (adaptation)

La lumière bleue est une couleur du spectre de la lumière visible qui peut être perçue par l'œil humain. Il existe deux fréquences de lumière bleue : bleu-violet et bleu turquoise. Cette dernière se trouve à la fin du spectre lumineux visible. Moins intense que la lumière bleu-violet émise par la plupart des écrans, la lumière bleu turquoise est essentielle à la santé. Elle aide notamment à réguler le cycle circadien, soit les cycles naturels d'éveil et de sommeil.

En contrepartie, la lumière bleu-violet pourrait endommager les yeux à long terme et augmente la fatigue visuelle liée à l'utilisation prolongée d'appareils numériques. Elle est concentrée au début du spectre visible et émet la plus haute énergie visible.

Selon une étude menée en 2017 par We Are Social et Hootsuite, la population canadienne passe quotidiennement plus de six heures sur Internet devant un écran d'ordinateur ou un mobile, et plus de deux heures devant un téléviseur. Avec l'augmentation de notre exposition à la lumière bleue, la question de ces effets sur notre équilibre chronobiologique, sur notre santé globale ou même sur notre santé oculaire se pose de manière plus insistante. Plusieurs verres optiques sont d'ailleurs apparus pour répondre à ces inquiétudes.

Il est démontré que la lumière bleue peut perturber le sommeil. La lumière bleue émise par les écrans et éclairages DEL inhibe la production de mélatonine, une hormone impliquée dans la synchronisation du cycle veille/sommeil et la régulation de nos rythmes biologiques. Les écrans électroniques et les éclairages économes en énergie (DEL) produisent davantage de lumière bleue. Les dérèglements de notre rythme circadien naturel, comme ceux vécus par les travailleurs de nuits, sont aussi associés à une plus forte prévalence de certains cancers.

Par ailleurs, des études suggèrent un lien causal entre l'exposition intense à certaines fréquences de lumières bleues et le développement de maladies de l'œil, comme des lésions de la rétine et du cristallin, les cataractes ou la dégénérescence maculaire liée à l'âge. Cette

dernière est une maladie oculaire incurable qui entraîne une perte progressive de la vision centrale et peut même mener à la cécité. Toutefois, le degré d'exposition qui pourrait provoquer de telles lésions est nettement supérieur aux niveaux qui peuvent être atteints, même par les personnes les plus exposées au rayonnement de lumière bleue. On pense par exemple aux utilisateurs intensifs d'écrans numériques qui s'éclairent avec des ampoules écoénergétiques DEL blanc froid.

Il faut noter que les lentilles actuellement sur le marché pour « filtrer » la lumière bleue n'ont qu'une efficacité limitée (de l'ordre de 10 à 25 % dans la plupart des cas). Le fait de les utiliser ou non est d'abord une question de confort. Les personnes souhaitant réduire leur degré d'exposition à la lumière bleue devraient plutôt agir à la source :

Choisir des éclairages aux teintes plus chaudes (éviter les tons blanc froid);

Limiter le temps passé devant l'écran et se procurer des ampoules électroluminescentes à faible émission de lumière bleue;

Apporter des ajustements à la luminosité des écrans d'appareils numériques. Certains logiciels (comme lux) optimisent même le réglage de la luminosité des écrans en fonction de la position géographique et de l'heure de la journée afin de reproduire le cycle solaire naturel.

Heureusement, la lumière bleue n'a pas que des conséquences négatives. Elle augmente le niveau d'éveil, et la capacité d'attention, de concentration et de mémorisation. C'est pourquoi les éclairages de type blanc froid sont utilisés dans les lieux de travail et d'étude. D'ailleurs, on songe à intégrer des dispositifs lumineux aux teintes bleutées pour prévenir la fatigue au volant, ainsi que pour d'autres situations où l'attention et l'éveil sont essentiels. Bref, un peu de lumière bleue employée au bon moment est utile. Mais lire dans le noir, sur son téléphone intelligent ou sa tablette numérique, risque de causer de l'insomnie.

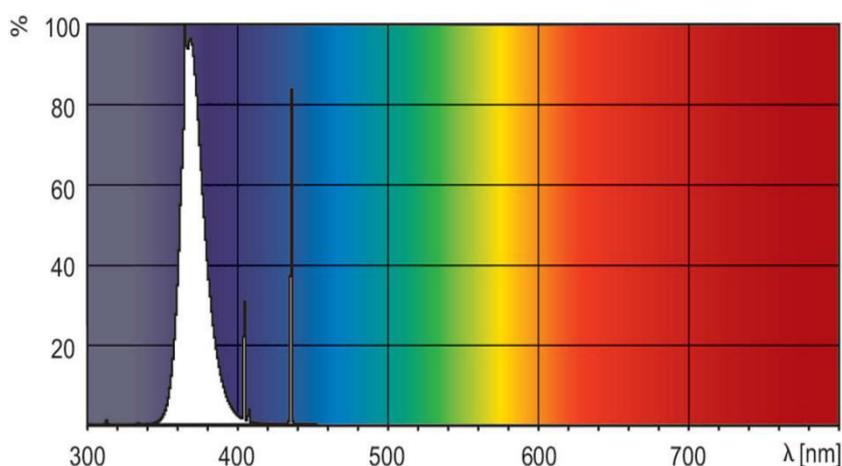


Figure3.18 : LA ZONE D'UV [5]

VIII. Classification des LED selon l'effet

Quelques types de LED utilisés dans notre vie quotidienne et leur impact potentiel sur la santé humaine



❖ Par conséquent, il doit être sélectionné les LED conformément à la norme EN 62471.

la norme EN 62471

La norme EN 62471 différencie les sources en quatre groupes de risque liés à la durée d'exposition maximale admissible de l'œil à la lumière :

- GR0 : Sans risque quel que soit le temps d'observation de la source (par exemple les lampes fluocompactes et incandescentes)
- GR1 : Risque limite avec un temps d'exposition maximal de 10000 s (3 h)
- GR2 : Risque modéré, temps d'exposition maximal de 100 s
- GR3 : Risque élevé, temps d'exposition maximal de 0,25 s

Obligatoire à la vente, le marquage des lampes et luminaires impose d'afficher leur classement en termes de risques photo-biologiques selon cette norme.

IX. IX. Conclusion:

Que faire!

- Utiliser les sources lumineuses quand et où elles sont nécessaires.
- Réduire la puissance de vos lampes.
- Développer de nouveaux produits d'éclairage adéquat,
- Éviter les lumières intenses 2-3 heures avant d'aller dormir,
- dormir à la noirceur,
- éteindre les lumières,
- enlever les sources de lumière des chambres à coucher (TV, ordinateur, veilleuse, etc.),
- utiliser des sources lumineuses rouges ou jaune comme éclairage d'appoint,
- mettre des rideaux opaques qui bloquent les lumières de rue,
- considérer la possibilité de changer l'éclairage de fond de votre ordinateur et le port de lunettes jaunes (Blue-blocking glasses),
- développer de nouveaux systèmes d'éclairage qui respectent nos biorythmes

Proposition d'une charte d'éclairage public respectant la condition sanitaire

I. Introduction :

Dans ce chapitre et suite à l'étude menée précédemment sur la relation entre l'éclairage public et la santé des citoyens, nous présentons, l'ensemble des recommandations pouvant intervenir dans la préservation de la santé du citoyen et de l'économie du pays.

Sans norme, il ne peut y avoir ni qualité ni sécurité : les normes n'ont pas toujours bonne presse. En éclairage, certains "créatifs" se plaignent des exigences normatives comme d'un carcan trop serré : trop "objectives", trop "scientifiques", s'opposant au ressenti, à l'esthétique et au – vrai – bien-être. Inversement, d'autres y voient une remise en cause par les éclairagistes du pouvoir des gestionnaires et des maîtres d'ouvrage.

Ces recommandations sont aussi tirées d'une étude comparative des différentes normes proposées par différents pays et organisations dans le contexte des règles imposées sur de l'intensité de l'éclairage dans les lieux d'activités, comme expliqué dans le tableau suivant :

Tableau 4.1 : les différentes normes utilisées comme source de notre travail.

Pays	Référence de la norme
Maroc	NM 06.7.083
Espagne	UNE 12464
	UNE 1643
	NF EN 13201

France	NF EN 12193
	NF EN 60598
Allemagne	DIN EN 12461
UE	EN 12464.1

II. Critères utilisés dans les normes étrangères

Dans cette section, nous allons présenter quelques-unes des normes en vigueur pour certains pays voisins, ayant un climat équivalent, la France (sud), l'Espagne, le Maroc, et l'Union européenne, ces normes sont appliqués sur les lieux et les endroits suivants :

- Lieu de travail
- Lieu sportif
- Les zones hospitalières
- Les autoroutes
- Les Zones urbaines
- Les Zones scolaires

1. Lieux de travail :

Tableau 4.2 : Critères utilisés dans les normes étrangères pour les lieux de travail

Payé	La norme	E(Lux)					
		Circulation générale	Extérieure Installation industrielle	Parking	bureaux	Intérieure Locaux service	Zone générale
France	NF EN 13201	[5- 50]	[20 - 100]	[5 - 20]	[200 - 300]	[100 - 300]	[200 - 300]
Espagne	UNE 12464	[100 – 500]	[50 - 1500]	[50 - 500]	[300- 750]	[300 - 500]	[75 - 500]
Allemagne	DIN EN 12461	[5 - 50]	[20- 2000]	[5 -20]	[200 - 500]	[100 - 500]	[100 - 200]
Maroc	NM06.7.083	[75 - 300]	[50- 2000]	[5 -20]	[200 - 500]	[200 - 500]	[100 - 500]
Usk	NBN EN12193	-	-	[50- 100]	-	-	[200- 1000]
Tunisie	NT 87.31	[50 - 300]	[50 - 500]	[50- 200]	[200 - 300]	-	-

2. Lieux sportifs :

Tableau 4.3 : Critères utilisés dans les normes étrangères pour les installations sportives .

Payé	La norme	E(Lux)
Allemagne	DIN EN 12461	[75- 500]
Europe	EN 12464.1	[200 - 500]
France	NF EN 12193	[100- 500]
Maroc	NM 06.7.083	[100-500]
Tunisie	NM 06.7.083	-

Chapitre 4 Proposition d'une charte d'éclairage public respectant la condition sanitaire

Usk	NBN EN12193	[0.7 - 1500]
-----	-------------	--------------

3. Zones hospitalières

Tableau 4.4 : Critères utilisés dans les normes étrangères pour les zones hospitalières .

Payé	La norme	E(Lux)
Allemagne	DIN EN 12461	[75- 500]
Europe	EN 12464.1	[200 - 500]
France	NF EN 60598	[20 - 800]
Espagne	UNE1643	[50-500]
Tunisie	NM 06.7.083	[50- 300]
Usk	NBN EN12193	-
Maroc	NM 06.7.083	-

d'éclairage public respectant la condition sanitaire

4. Autoroutes

Tableau 4.5 : Critères utilisés dans les normes étrangères pour les Autoroutes

Payé	La norme	E(Lux)			
		Trottoirs piétons	Véhicules lents	Véhicule 40km/h	Passage piéton
France	NF EN 12193	5	10	30	50
Espagne	UNE 12464	-	-	-	-
Allemagne	DIN EN 12461	15	-	50	100
Maroc	NM06.7.083	20	30	30	50
Usk	NBN EN12193	-	-	-	-
Tunisie	NM 06.7.083	5	10	-	-

5. Les Zones urbaines

Tableau 4.6 : Critères utilisés dans les normes étrangères pour les urbaines

Payé	La norme	E(Lux)						
		Voie urbaine importante	Voie urbaine secondaire	Voie de desserte	Voie commerçant	Voie piétonne isolée de la route	Trottoir piéton/ Piste cyclable adjacent à la route	Place , giratoire
France	N F EN 13201	20	[10-15]	[10-15]	[10-20]	[7.5-15]	[7.5-15]	[7.5-30]
Espagne	UNE 12464	20	--	-	20	-	30	-
Allemagne	DIN EN 12461	--	-	--	-	--	-	-
Maroc		--	-	--	-	--	-	-

d'éclairage public respectant la condition sanitaire

Usk	NBN EN12193	--	-	--	-	--	-	-
Tunisie	NM 06.7.083	50	-	10	-	-	-	-

6. Les Zones scolaires :

Tableau 4.7 :*Critères utilisés dans les normes étrangères pour les scolaires*

Payé	La norme	E(Lux)
France	NF EN 12464	[100 - 750]
Espagne	UNE 12464	[100 – 500]
Allemagne		–
Maroc		–
Usk	NBN EN12193	-
Tunisie	NM 06.7.083	[50_300]

III. Nos propositions pour une Norme algérienne :

Suite a ce qui précède, et en prenant compte des spécificités climatiques économiques et culturelles de notre pays, nous suggérons le respect des limitations et des recommandations selon les différents niveaux suivants : les notions de flux lumineux, durée de vie, température de couleur, indice de rendu de couleur et éclairement .

Après l'étude que nous avons menée dans la recherche précédente, nous avons presque atteint ce qui est approprié pour notre pays.Nous suggérons que ce soit comme suit.

1. Au niveau de la qualité

Comme déjà mentionner au (chapitre 3_ 10) la norme internationalement applicable EN 62471, voir (chapitre 3), qui détermine le type de lampes à utiliser et le type dont il faut se passer

2. Au niveau de l'Éclairement:

L'oeil humain peut s'accommoder à des niveaux d'éclairement très variables, de 1lux à 130 000 lux .Mais avec l'aménagement et l'éclairage artificiel, une certaine intensité doit être allouée en fonction de l'endroit qu'on souhaite éclairer afin de protéger la santé humaine, que ce soit au niveau des yeux ou de la peau, comme indiqué en chapitre 3(3) , elle doit être la suivante

3. Température de couleur :

Nous devons déterminer la température de couleur à respecter (voir chapitre 2 / 8_5), et ceci pour chaque intensité et selon la zone à éclairer, cette adaptation de la température de couleur dans l'éclairage public est donnée par le diagramme de Kruithof qui définit les zones de meilleur confort visuel :

La notion de température de couleur est particulièrement importante pour les LED.S. Effectivement, plus une LED a une température de couleur élevée :

- moins elle consomme d'électricité,
- mais plus elle crée une ambiance froide.

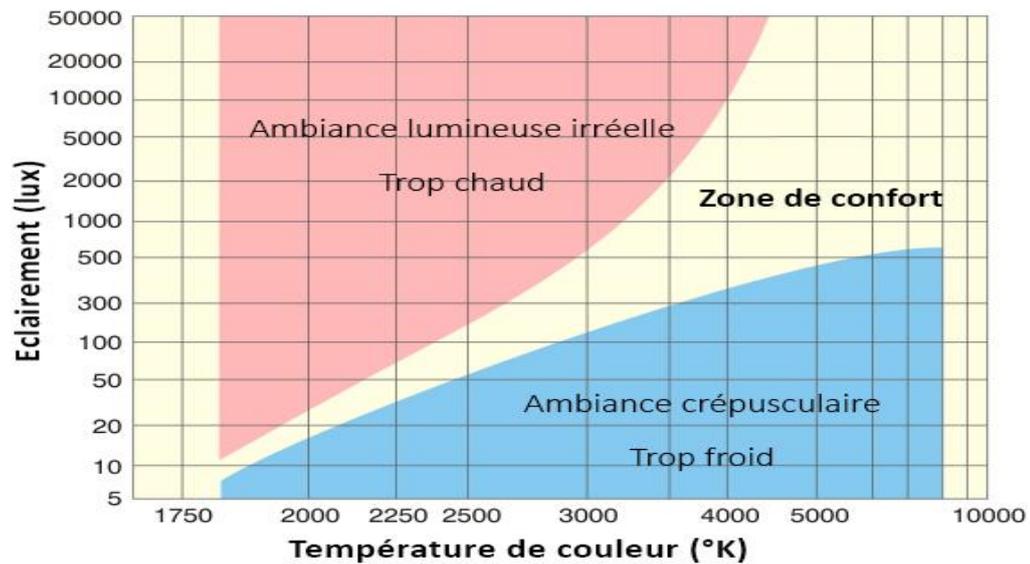


Figure 4. 1 :Diagramme de Kruithof - Éclairage et température de couleur[1]

Dans le tableau suivant nous exposons les différentes valeurs de la température de couleur des lampes en fonction des l'éclairage lumineux :

Tableau 4.8Température de couler qui s'alignent avec l'éclairage lumineux

<u>l'éclairage lumineux(Lux)</u>	<u>Température de couleur(K)</u>
[5_15]	[1800_2000]
[15_75]	[2000_2250]
[75_200]	[2250_2500]
[200_500]	[2500_3000]
[500_750]	[3000_9000]
[750-5000]	>4500

La notion de température de couleur est particulièrement importante pour les LED. En effet, plus une LED a une température de couleur élevée, moins elle consomme et plus elle crée une ambiance froide.

d'éclairage public respectant la condition sanitaire

Tableau 4.9: Nos propositions de la charte à utilisée

		La zone	E(LUX)
	Les zones de travail	Circulation générale	[5- 50]
		Installation industrielle	[20 - 100]
		parking	[5 - 20]
		bureaux	[200 - 300]
		Locaux service	[100 - 300]
		Zone générale	[200 - 300]
	Les zones urbaines	Voie urbaine importante	20
		Voie urbaine secondaire	[10 -15]
		Voie de desserte	[10 -15]
		Voie commerçant	20
		Voie piétonne isolée de la route	[7,5-15]
		Trottoir piéton/Piste cyclable /adjacent à la route	[7,5-15]
	Les écoles	Hall d'entrée	200
		Bibliothèque,salle de lecture	500
		Cantines scolaires	200
	Les autoroutes	Trottoirs piétons	5
		Véhicules lents	10
		Véhicule 40km/h	30

d'éclairage public respectant la condition sanitaire

		Passage piéton	50
		Lieux sportifs	[200-500]
		Les zones hospitalières	[20-500]
Éclairage Nord \ Sud	Pour l'éclairage de nuit dans les régions sud, il n'est pas très différent de l'éclairage du celles du Nord, sauf en ce que concerne : le temps éclairage en raison de la différence de la durée du jour entre les deux;		
Technologies	LED Et autre ampoule	Afin d'incarner un bon éclairage public et de préserver la santé du consommateur, nous suggérons que l'utilisation de lampes LED soit obligatoire, et ceci conformément à toutes nos études et normes précédentes(durée de vie, consommation... (voir chapitre 2) en cas d'utilisation d'autres lampes, les normes précédentes ou proches de celles-ci doivent être utilisées	

Remarque : L'incomplétude des tableaux précédents est due au fait que les documents sont rares et payés au prix fort

Concernant la non-dangerosité des lampes LED, nous nous appuyons sur le rapport de l'ANSES publiée en 2019, qui permet d'affirmer que les LED ne sont pas dangereuses dans des conditions normales d'utilisation (voir chapitre 2).

Une des obligations des Normes et qu'a la vente, le marquage des lampes et luminaires impose d'afficher leur classement en termes de risques photo-biologiques .

Notre étude nous permet d'affirmer que pour un éclairage sain, la LED d'une température de couleur blanc chaud pourrait être un choix judicieux dans l'éclairage public .

Tableau 4. 10: Risques sanitaires du choix de la température de la couleur des LED

Type de LED	Flux énergétique (W) ou lumineux (lm)	Luminance énergétique ($Wm^{-2}sr^{-1}$) ou lumineuse (cd/m^2)	Durée d'observation à partir de laquelle les valeurs limites d'exposition (VLE) de la rétine à la lumière bleue sont dépassées (valeurs données pour une distance d'observation de 200 mm)	Groupe de risque selon la norme NF EN 62 471
Bleu	0,07 W	$21\ 000\ Wm^{-2}sr^{-1}$	100 s à 10 000 s	RG 1 : risque faible
	0,5 W	$150\ 000\ Wm^{-2}sr^{-1}$	15 à 20 s	RG 2 : risque modéré
	1 W	$300\ 000\ Wm^{-2}sr^{-1}$	3 à 4 s	RG 2 : risque modéré
Blanc froid	100 lm	$1,6 \cdot 10^7\ cd/m^2$	VLE non atteinte	RG 0 : sans risque
	200 lm	$3,2 \cdot 10^7\ cd/m^2$	50 à 100 s	RG 2 : risque modéré
Blanc neutre	100 lm	$1,6 \cdot 10^7\ cd/m^2$	VLE non atteinte	RG 0 : sans risque
	200 lm	$3,2 \cdot 10^7\ cd/m^2$	100 s à 10 000 s	RG 1 : risque faible
Blanc chaud	100 lm	$1,1 \cdot 10^7\ cd/m^2$	VLE non atteinte	RG 0 : sans risque
	200 lm	$2,2 \cdot 10^7\ cd/m^2$		

IV. Justification de nos choix de normes

1. Lieux de travail :

Les valeurs de cette norme ont été inspirées de la norme française **NF EN 12193** comme référence pour nous, et cela est dû à la grande similitude dans l'architecture des lieux de travail entre les deux pays, et aussi parce que nos produits sur le marché sont soumis aux mêmes tests afin d'aller sur le marché européen, comme indiqué ci-dessus.

2. Lieux sportifs :

Les valeurs de cette norme, ont été inspirées des normes Espagnol et Marocain (**UNE12464 / NM06.7.083**) cela est dû à la grande similitude du climat et de la période de temps nécessaire pour l'éclairage durant la phase nocturne.

3. Les zones hospitalières:

On a choisi la norme EN60598-2-25 parce que cette norme est utilisée en partout en Europe, et ne présentant aucun risque concernant la santé publique.

V. Conclusion

Sur la base des études précédentes et dans les différents chapitres, nous nous sommes inspirés des normes utilisées dans certains pays européens et arabes, ayant des caractéristiques similaires à notre pays (climatiques, économiques et culturelles).

Conclusion General

Finalement, notre recherche centrée sur le besoin d'éclairage n'est que la recherche d'un « éclairage juste ». Mais, comme nous l'avons montré lorsqu'il s'agit d'identifier le besoin de l'éclairage, l'exactitude n'est qu'une question d'évaluations conceptualisées.

Parmi les sources d'inconfort le plus gênant, il y a l'éblouissement. Ce phénomène apporte la sensation d'inconfort et diminue l'acuité visuelle ; il se produit par la pénétration directe de la lumière du soleil dans l'espace. Dans certaines situations, l'éblouissement peut être un objectif rechercher, mais généralement, les architectes cherchent à l'éviter par le recours à des systèmes de modélisation de la lumière naturelle sans cacher la fenêtre et réduire le niveau d'éclairement de l'espace. Ces nouveaux systèmes d'éclairage sont connus sous le nom des conduits de lumière. Le système light self, est un type de conduit de lumière qui a une large utilisation dans les pays du Nord. Ce système est un dispositif d'éclairage et de protection installé au niveau des fenêtres à une hauteur de 2 m ou plus, qui grâce à la réflexion de sa partie supérieure, transmet la lumière plus profondément afin d'éclairer les zones éloignées de la fenêtre.

Comme nous l'avons montré lorsqu'il s'agissait de définir le besoin en éclairage et sa réponse, le juste n'est qu'une question d'appréciations placées dans un contexte.

Aujourd'hui, le contexte c'est à la fois une croissance forte et continue de la demande en éclairage, et une volonté nouvelle de stabilité, sinon de réduire, la consommation énergétique et les nuisances environnementales de la lumière. Or, nous l'avons vu, les compromis qui permettent aujourd'hui de concilier ces objectifs antinomiques reposent essentiellement sur des évolutions technologiques et une expertise approfondie du sujet.

Mais qu'en sera-t-il si la demande croît plus vite que les performances technologiques ? Là encore, se poser la question c'est déjà y répondre, car c'est bien dans la hiérarchisation des enjeux et des fonctions que l'on souhaite faire jouer à l'éclairage que se trouve véritablement la clef d'un juste éclairage.

En fin de compte, il peut être retenu que la solution LED appliquée à l'éclairage urbain doit répondre aux caractéristiques urbaines et est aujourd'hui une solution indiscutable, avec une évolution de l'organisation de la maintenance orientée coût global sur 10 ans. Il faut également noter l'importance de réaliser un véritable projet d'éclairage avec l'utilisation de la technologie LED, au risque d'augmenter les nuisances lumineuses et de multiplier inutilement les points lumineux du fait de la photométrie.

Références Bibliographiques

- [1] AASM. 2018. « AASM Scoring Manual - American Academy of Sleep Medicine ». *American Academy of Sleep Medicine – Association for Sleep Clinicians and Researchers* (blog). 2018.
- [2] Ach et al. 2015. « Lipofuscin redistribution and loss accompanied by cytoskeletal stress in retinal pigment epithelium of eyes with age-related macular degeneration. » *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2015 May;56(5):3242-52. doi: 10.1167/iovs.14-16274., 2015.
- [3] Begaj, Tedi, et Shlomit Schaal. 2018. « Sunlight and Ultraviolet Radiation-Pertinent Retinal Implications and Current Management ». *Survey of Ophthalmology* 63 (2): 174-92.
- [4] Apport des nouvelles technologies du sommeil en réanimation médicale, dans l'exploration de la maladie d'Alzheimer, du syndrome d'apnée du sommeil et en conditions extrêmes. Thèse de Doctorat ». *Université Paris- Descartes*, 2016.
- [5] DISCOMFORT GLARE OF NON-UNIFORM LUMINAIRES - A LITERATURE REVIEW (PO09, Pages 247-256) ». 2016.
- [6] Artificial Light at Night: Melatonin as a Mediator between the Environment and Epigenome ». *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences* 370 (1667). <https://doi.org/10.1098/rstb.2014.0121>. T., J. J. Ruffolo, H. A. Mueller, A. M. Clarke, et M. E. Moon. 1978. « Histologic Analysis of
- [7] Photochemical Lesions Produced in Rhesus Retina by Short-Wave-Length Light ». *Investigative Ophthalmology & Visual Science* 17 (10): 1029-35.
- [8] Reproductive Response of Okra and Native Rosella to Long-day Treatment with Red, Blue, and Green Light-emitting Diode Lights ». *Hortscience* 44 (5): 1494-97. [1098/rstb.2014.0121](https://doi.org/10.1098/rstb.2014.0121).
- [9] Visible Red Light Emitting Diode Photobiomodulation for Skin Fibrosis: Key Molecular Pathways ». *Current dermatology reports* 5 (2): 121-28.
- [10] light-emitting diodes improve the growth and physiology of in vitro-grown carnations “Green Beauty” and “Purple Beauty” ». *Horticulture Environment and Biotechnology* 58 (1): 12-20. <https://doi.org/10.1007/s13580-017-0051-2>.
- [11] Regan, D. 1968. « A high frequency mechanism which underlies visual evoked potentials ». *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology* 25 (3): 231-37. [https://doi.org/10.1016/0013-4694\(68\)90020-5](https://doi.org/10.1016/0013-4694(68)90020-5).
- Maisons-Alfort, le 5 avril 2019
- [12] Discomfort Glare for White LED Light Sources with Different Spatial Arrangements ». *Lighting Research & Technology* 47 316-37
- [13] An Action Spectrum for Melatonin Suppression: Evidence for a Novel Non-Rod, Non-Cone Photoreceptor System in Humans ». *The Journal of Physiology* 535 261-67.
- [14] 2017. « Violet Light Exposure Can Be a Preventive Strategy Against Myopia Progression ». *EBioMedicine* 15 (février): 210-19
- [15] Association between Light at Night, Melatonin Secretion, Sleep Deprivation, and the Internal Clock: Health Impacts and Mechanisms of Circadian Disruption ». *Life Sciences* 173 (mars): 94-106.
- [16] Wu, Pei-Chang, Chia-Ling Tsai, Hsiang-Lin Wu, Yi-Hsin Yang, et Hsi-Kung Kuo. 2013. « Outdoor Activity during Class Recess Reduces Myopia Onset and Progression in School Children ». *Ophthalmology* 120 (5): 1080-85.
- [17] Photosensitivity: Light, sun and pharmacy ». *Journal of The Malta College of Pharmacy Practice*, no 16: 12-17.
- [18] Spectral filtering enables trichromatic vision in colorful jumping spiders ». *Current Biology* 25 (10): R403-4
- [19] Making (a) Sense of Non-Visual Ocular Photoreception ». *Trends in Neurosciences* 26 (9): 458-61. [https://doi.org/10.1016/S0166-2236\(03\)00211-X](https://doi.org/10.1016/S0166-2236(03)00211-X).
- [20] Cahier_Recommandations_Techniques
- Institut Belge de l'Éclairage IBE-BIV)
 - Astrolab, Practical guide for Lighting, to reduce light pollution and save energy, Mars 2006– 20p. (ASTROLAB du Mont-Mégantic)
 - IDA, Lighting and crime, Information Sheet n°51, IDA (International Dark-Sky Association).

- A. Chardigny, Cahier technique, les LED en éclairage public : mythe ou réalité ?. LUX n° 249 Septembre Octobre 2008 – 4p. (AFE, Association Française de l’Eclairage)
- Astrolab, Practical guide for Lighting, to reduce light pollution and save energy, Mars 2006– 20p. (ASTROLAB du Mont-Mégantic)
- P. Robinet, Actes des rencontres de l’éclairage public : pour protéger l’environnement et maîtriser l’énergie. Mars 2006– 148p. (ADEME, Pays de la Loire, ANPCN)

Annexe

Glossaire des sigles et acronymes

Acronyme	Signification
lm	LUMEN
lm/W	LUMEN par Watt
cd	CANDELA
K	kelvins
IRC	indice de rendu des couleurs
CIE	la Commission internationale de l'éclairage
ULR	Upward Light Ratio
B.E	ballast électronique
EN	Norme Européenne
NM	Norme Marocaine
NF	Norme Française
DIN	Deutsches institute fur norm
NT	Norme Tunisian
NBN	Bureau de normalisation
UNE	Union norme espagnol
LED	Light Emitting Diode

ملخص

تعد إنارة الشوارع ضرورة لا غنى عنها في حياة الإنسان في الوقت الحاضر ، وبالتالي فإن الزيادة في الحاجة إلى هذا النوع من الإضاءة تؤدي إلى دراسات حول تأثيرها على الصحة العامة ، وبالتالي ، في هذا العمل يتم تقديم حالة فنية على تأثيرات الإضاءة العامة على صحة الإنسان ، على أساس هذا العمل البحثي البيولوجرافي ، نحاول اقتراح ميثاق لاستخدام الإضاءة العامة ، والتي يمكن استخدامها كمعيار في بلدنا.

Résumé

L'éclairage public est une nécessité indispensable dans la vie humaine de nos jours, ainsi, l'augmentation du besoin de ce type d'éclairage conduit à des études sur son incidence sur la santé publique, ainsi, dans ce travail est présenté un état de l'art sur les effets de l'éclairage public sur la santé humaine, sur la base de ce travail de recherche bibliographique, nous essayons de proposer une charte d'utilisation de l'éclairage public, pouvant servir à une norme dans notre pays.

Summary

Public lighting is an indispensable necessity in human life nowadays, thus, the increase in the need for this kind of lighting leads to studies on its impact on public health, thus, in this work is presented a state of art on the effects of public lighting on human health, on the basis of this bibliographic research work, we are trying to propose a charter for the use of public lighting, which can be used as a standard in our country .