



وزارة البحث العلمي والتعليم العالي
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE
LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
جامعة عبد الحميد بن باديس مستغانم
Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem
كلية العلوم و التكنولوجيا
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 : Électrotechnique

Spécialités : Énergies Renouvelables en Électrotechnique et
Électrotechnique Industrielle

Par :

Chambal Lázaro Alberto et Cossa Cláudio Marina

Thème :

Éclairage Public des Routes et Trottoirs en Algérie

Soutenu le //2021 devant le jury composé de :

Président :	Chaouch Abdellah	MCA	Université de Mostaganem
Examineur :	Omari Hamza	MAA	Université de Mostaganem
Encadrant :	Souag Slimane	MCB	Université de Mostaganem
Co-encadrement :	Samir Belaid & Wassim Abbes		Groupe Industrielle Sidi Bendehiba

Année Universitaire 2020/2021

Dédicaces

À

Ma chère et tendre mère *Marina Antonio Cossa* la femme de ma vie et ma raison de vivre je vous dédie ce travail.

Vous avez toujours été présent pour les bons conseils.

Votre affection et votre soutien m'ont été d'un grand secours tout au long de ma vie professionnelle.

Que ce travail soit un signe de ma reconnaissance pour tous vos efforts.

À mes deux marraines : *Josefa Arouca, Josefa Mathe* ainsi que mon parrain *Tomas Roberto*

À mes frères et sœurs *Maudia, Sibossisso, Liria, Júlia, Naleyd, Angelina, Igor, Shelsea* et *Larissa*.

Vous représentez pour moi le symbole de l'amour par excellence et

L'exemple du dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager.

À toute la promotion 2021 dans toute l'Algérie en particulier *Alex, Justino, Liborio, Denilse, Siaquil, Valerio, Mandlate, Salam, Oumu* et *Sylvain*.

À mes amis que Dieu m'a donné la chance de vous avoir connu *Cleidy, Bernardo, Eufrásia, Elisa, Remane, Alfredo, Alberto, Catija, Katia, Donélia, Gisela, Diana, Ilda*

Que Dieu réunisse nos chemins pour un long commun serein et

Que ce travail soit témoignage de ma reconnaissance sincère.

Dédicaces

Au Seigneur Jésus Christ qui m'a soutenu dans mes études depuis le primaire jusqu'à ce jour
dans les moments difficiles et de joie.

A mes parents, Sont les moindres sentiments que je puisse vous témoigner. Quoi que je fasse,
je ne pourrai jamais vous récompenser pour les grands sacrifices que vous avez faits et
continuer à faire pour moi malgré la distance qui nous sépare. Aucune dédicace ne saurait
vous exprimée mes respects, mes considérations et ma grande admiration.

Puisse ce travail vous témoigner mon affection et mon profond amour. Que le bon Dieu vous
bénisse

Je dédie ce modeste travail à mes frères, sœurs, amis et collègues qui n'ont pas cessé de
m'encourager, de m'avoir tendu main forte, et de m'apporter leur soutien tout au long de mon
parcours universitaire.

À mes précieux amis en particulier **Daniel Cristovão Mazuze** et **Télia Gaspar Marquel**
depuis le secondaire, **Alex Augusto Luís Carvalho**, **Nilton Matsinhe**, **Casimiro Chichava**,
Katia Chicane, **José Liborio Pereira**, **Siaquil Vucane Siteo**, **Isabel Leonor**, **Angela**
Belucha Elias Chaguala, **Salam Diallo**, **Sylvain Zoungrana**, frère **Bernard** et frère **Xema**

A tous ceux qui, par un mot, m'ont donné la force de continuer.

Je vous dédie le fruit de ces six années de dur labeur

Remerciements

Le présent travail a été réalisé dans le cadre d'un mémoire de fin d'étude de Master Académique spécialité Électrotechnique Industrielle et Énergies Renouvelables en Électrotechnique au sein de la faculté science et technique, département génie électrique de l'Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem

On tient à remercier tout d'abord Dieu le tout puissant de nous avoir conduit sur le bon chemin et qu'il en soit ainsi tout au long de notre existence.

Nos remerciements vont à l'endroit de tous le corps administratif du département génie électrique, ainsi qu'à tous les professeurs pour leurs soutiens morales et conseils pour l'élaboration de ce modeste travail.

On tient à remercier sincèrement Mr **Slimane Souag**, qui en tant que notre encadreur de mémoire, s'est toujours montrée à l'écoute et très disponible tout au long de la réalisation de ce mémoire, ainsi pour l'inspiration, l'aide et le temps qu'il a bien voulu nous accorder et sans lui ce mémoire n'aurait jamais vu le jour.

Nous exprimons notre gratitude au groupe **GISB** (Wassim **Abbes** et Samir **Bellaïd**) toutes les personnes ayant contribué de près et de loin à l'accomplissement de ce travail.

Nous voulons également remercier Monsieur **CHAOUCH Abdellah** ainsi que Monsieur **HAMZA Omari** d'avoir acceptés de juger ce modeste travail

Enfin on remercie tous nos proches, amis, qui nous ont toujours soutenue et encouragé pour réaliser ce mémoire.

Résumé

Notre Project consiste à utiliser les normes internationales et des résultats obtenus dans les expériences pour la création d'un livre blanc (cahier de recommandation) dans le but de faire des propositions d'amélioration de la qualité de l'éclairage public mais aussi pour la réduction de la consommation énergétique au niveau de l'éclairage public des routes et trottoirs en Algérie. Ce Project vise à donner des recommandations techniques éclairagistes fiable avec un bon potentiel énergétique, réaliser des économies d'énergies tout en "éclairant mieux" que ce soit pour les piétons, les cyclistes ou encore les conducteurs des véhicules. Les solutions et ou recommandations qu'on va donner seront utilisées selon le contexte et la problématique dans chaque cas. Ces recommandations pourront ensuite être utilisées pour la planification de n'importe quel éclairage public avec des lois internes que protégeront l'environnement et par la suite réduire significativement la consommation énergétique. Enfin, il s'agit de proposer des installations standards sur l'éclairage que seront nationalisée comme une norme interne. Des méthodes ou matériels récents, nationaux et modernes telles que des lampes à basse consommation, le cas de les lampes à LED qu'ont un bon rendement et un bon flux lumineux que pourront facilement être mise en œuvre même pour tous les électriciens chargés avec ou sans des connaissances approfondis dans le domaine de l'éclairage ou la normalisation. L'électricien chargé de donner vie à l'éclairage public exploitera sans des difficultés les outils du livre blanc que vont comprendre :

- Le milieu et les conditions climatiques de l'installation.
- Le but de l'éclairage.
- Les besoins de l'éclairage.
- Les moments d'éclairage.
- Les personnes pour qui est destiné l'éclairage. »
- La manière d'installer cet éclairage.
- Quels équipements spécifiques envisager.
- Choix des dispositifs de commande.
- Choix des dispositifs de protection.
- Choix du dimensionnement du réseau.

Mots Clés :

- 1- Éclairage public
- 2- Grandeurs photométriques
- 3- Consommation énergétique
- 4- Luminaire
- 5- Chaussé
- 6- Trottoir
- 7- Impacts environnementaux
- 8- Uniformité
- 9- Économie d'énergie

Abstract

Our Project consists of using the international standards and the results obtained in the experiments for the creation of a white paper (recommendation book) in order to make proposals for improving the quality of public lighting but also for the reduction of energy consumption in public lighting of roads and sidewalks in Algeria. This Project aims to give reliable lighting technical recommendations with good energy potential, to achieve energy savings while "better lighting" whether for pedestrians, cyclists or vehicle drivers. The solutions and / or recommendations that are will be given will be use according to the context and the problem in each case. These recommendations can then be use for the planning of any street lighting with internal laws that will protect the environment and subsequently significantly reduce energy consumption. Finally, it is a question of proposing standard installations on lighting that will be nationalize as an internal standard. Recent, national and modern methods or materials such as low consumption lamps, the case of LED or Sodium Vapor lamps with good efficiency and good luminous flux that can easily be implemented even for all electricians charged with or without extensive knowledge in the field of lighting or standardization. The electrician responsible for bringing public lighting to life will easily use the tools in the white paper, which will include:

- The environment and climatic conditions of the installation.
- The purpose of lighting.
- The lighting needs.
- Lighting moments.
- People for whom the lighting intended.
- How to install this lighting.
- What specific equipment to consider?
- Choice of control devices.
- Choice of protection devices.
- Choice of network sizing.

Nomenclature

a : avancement du feu par rapport au bord de la chaussée
ADEME : Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie
AFE : Association Française de l'Éclairage
CCP : Coffret de Commande et de Protection
CCTP : Cahier des Clauses Techniques Particulières
Cd : Candela
CEI : Comité Internationale Électrotechnique
e : espacement entre deux foyers lumineux
EAMS : Enterprise Assesst Management Software
EN : Norme Européenne
EP : Éclairage Public
h : hauteur du feu
HPL : Lampes à Vapeur de Mercure Haute Pression
IH : Interrupter Horaire
IK : Indice de protection contre les corps liquides
IP : Indice de protection contre les corps solides
IRC : Indice de rendu de couleur
KV : kilovolt
KW : kilowatt
L: largeur de la chaussée à éclairer
LED : Diode électroluminescente (Light Emitting Diodes, en anglais)
LFC: lampe fluorescente compacte
Lm : LUMEN
lux : lumens/m²
NF C : Norme Française dans l'électricité
NF : Norme Française
SHP/ HPS : Lampes à Vapeur de Sodium Haute Pression
SONELGAZ : Société National
TTC : toutes taxes comprises
ULOR: Acronyme Anglo-Saxon significant « Upward Light Output Ratio ».

Liste des figures

Figure I.1 : uniformité d'éclairage	7
Figure I.2 : Schéma représentatif des grandeurs photométriques dans un contexte d'éclairage public.....	10
Figure I.3 : L'illustration de l'indice des couleurs des certaines lampes	11
Figure I.4 : exemple des températures de couleurs	11
Figure I.5 : illustration d'éblouissement	12
Figure I.6 : Constitution d'une lampe incandescente.....	15
Figure I.7 : l'ampoule halogène	16
Figure I.8 : L'ampoule fluo compacte	18
Figure I.9 : La lampe LED	20
Figure I.10 Lampe à décharge de mercure	20
Figure I.11 : Constitution de la lampe à décharge mercure	21
Figure I.12 : La lampe à vapeur de sodium a basse pression.....	21
Figure I.13 : Lampe à vapeur de sodium à haute pression.....	22
Figure I.14 : Les tubes fluorescents	22
Figure I.15 : Le variateur.....	26
Figure II.1 : Répartition photométrique	32
Figure II.2 : Disposition des luminaires	34
Figure II.3 : Des armoires ou coffret d'électricité https://www.mekkoudi.com	35
Figure II.4 : horloge astronomique.....	37
Figure II.5 : Constitution complet d'un poteau électrique.....	38
Figure II.6 : L'exemple de l'URL des luminaires inadéquats	40
Figure II.7 : Les luminaires déconseillés https : www.ascen.be	41
Figure II.8 : Les luminaires conseillés https : www.ascen.be	42
Figure II.9 : Les ballasts électroniques.....	43
Figure II.10 : Les détecteurs de présence	44
Figure II.11 : Les appareils de commande	45
Figure III.I.1 : Types d'implantation	50
Figure III.2 : Exemple d'un calcul d'interdistance.....	51
Figure III.3 : Les avantages et inconvénients des implantations.....	51
Figure III.4 : Illustration des distances à prendre lors de l'implantation	52

Figure III.I.5 : Fonctionnement d'un détecteur de présence	57
Figure III.6 : illustration d'un détecteur de présence et son mode fonctionnement	57
Figure III.7 : Les principaux types de maintenance ; Source le Livre blanc du Maroc	58
Figure III.8 : Les étiquettes d'énergie pour les chaussées	62
Figure III.9 : L'image de notre route d'études	66
Figure I.10 : Spectrum des couleurs ainsi que la valeur du l'éclairement	69
Figure III.I.11 : Les données du l'observateur.....	70
Figure III.I.12: Dispersion de la lumière.....	70
Figure III.I.13 : Choix du domaine à travailler dans le Dialux	71
Figure III.I.14 : Comment choisir la norme ainsi que sa version.....	72
Figure IV.1 : Description de la route Boulevard Amirouche.....	78
Figure IV.2	79
Figure IV.3	79
Figure IV.4 : Valeur entretien intensité d'éclairage horizontal (lignes isolux)	81
Figure IV.5: Valeur d'entretien intensité d'éclairage horizontale (lignes isolux).....	82
Figure IV.6 : Valeur d'entretien densité d'éclairage avec chaussée sèche - cd/m^2	82
Figure IV.7 : Coubes de concentration de la lumière et la différence d'éclairement entre chaque partie	83
Figure IV.8 : orientation objet de la lumière.....	84
Figure IV.9 : Courbes de répartition de la lumière et orientation objet émetteur de lumière ..	84

Liste des tableaux

Tableau I.1 : : classement synthétique des luminaires	14
Tableau II.1 : facteur de dépréciation.....	29
Tableau II.2 : Facteurs de dépréciation	30
Tableau II.3 : Facteurs de réflexion	31
Tableau II.4 : Catégorie de luminaire en fonction de la classe	31
Tableau II.5 : Coefficient d'interdistance des luminaires.....	34
Tableau III-I.1 : Synthèse sur les types d'implantation en fonction la hauteur des feux et la largeur de la chaussée.....	50
Tableau IV.1 : Résultats pour le champ d'évaluation.....	80
Tableau IV.2 : Résultats pour les indicateurs de rendement énergétique	80
Tableau IV.3 : Résultats pour champ d'évaluation.....	80
Tableau IV.4 : Les valeurs d'entretien intensité d'éclairage horizontal	81
Tableau IV.5 : Pour la chaussée 1 (M4)Tableau IV.6 : Résultats pour l'observateur	81
Tableau IV.7 : Valeur d'entretien	82
Tableau IV.8 : Chaussée 1Résultats pour champ d'évaluation.....	83

Tableau de matières

Dédicaces	i
Dédicaces	ii
Remerciements	iii
Résumé	iv
Abstract	vi
Nomenclature.....	vii
Liste des figures	viii
Liste des tableaux	x
Tableau de matières	xi
Introduction générale.....	1
I. Chapitre : Généralités sur l'éclairage public.....	3
Introduction	4
I.1 Objectifs de l'éclairage public	5
I.2 Les aspects normatifs :.....	5
I.3 La norme NF EN 13201, les études photométriques	5
I.3.1 Le fascicule FD CEN-TR 13201-1.....	6
I.3.2 La norme NF EN13201-2	6
I.3.3 La norme NF EN 13201-3	6
I.3.4 La norme NF EN13201-4	6
I.3.5 La norme NF EN 13201-5.....	6
I.3.6 La norme NF EN 13201	6
I.3.7 La norme NF C17-200 (révision 2016) :.....	7
I.3.8 La norme NF C15-100 (2005) :.....	8
I.3.9 La norme NF C18-510 (2012) :.....	8
I.4 Généralités sur l'éclairage public	8
I.4.1 Notion des photométries.....	8
I.4.1.1 Le flux lumineux :.....	8

I.4.1.2	L'intensité lumineuse :	9
I.4.1.3	L'éclairement :	9
I.4.1.4	L'efficacité lumineuse :	9
I.4.1.5	La luminance :	9
I.4.1.6	Indice de rendu de couleur :	10
I.4.1.7	Température de couleur.....	11
I.4.1.8	Éblouissement :	11
I.4.2	Caractéristiques physiques des luminaire :	12
I.4.3	L'étanchéité	12
I.4.4	La solidité	12
I.5	Principe de conception d'un projet d'éclairage public :	12
I.5.1	Évaluation des besoins:	12
I.5.2	Candélabre ou lampadaire :	13
I.5.3	Luminaire :	13
I.5.4	Choix du type d'éclairage :	13
I.5.5	Source lumineuse :	14
I.5.6	Heures de fonctionnement et Consommation d'énergie :	14
I.5.7	Énergies renouvelables :	14
I.6	Les différentes technologies de lampes :	14
I.7	Caractéristiques des lampes à usage éclairage public :	15
I.7.1	Les lampes à Incandescence :	15
I.7.2	L'ampoule halogène haute efficacité :	16
I.7.3	L'ampoule fluocompacte, ou lampe fluorescente compacte (LFC) :	17
I.7.4	Les lampes à LED :	19
I.7.5	Les lampes à décharge de mercure :	20
I.7.6	Les lampes à vapeur de sodium à basse pression.....	21
I.7.7	Les lampes à vapeur de sodium à haute pression :	22
I.7.8	Les tubes fluorescents:	22
I.7.8.1	Les lampes aux iodures métalliques :	23
I.8	Les tableaux des nouvelles technologies des lampes :	24
I.8.1	Les domaines applications :	24
I.9	Appareils d'éclairage :	25

I.9.1	Les économiseurs de l'énergie :	25
I.9.2	Les variateurs :	25
I.9.3	Les interrupteurs horaires :	26
Conclusion :		26
II. Chapitre : Dimensionnement du réseau d'éclairage public		27
Introduction :		28
II.1	Méthode de dimensionnement :	28
II.2	La méthodologie de calcul comporte les étapes suivantes :	28
II.2.1	Détermination du niveau d'éclairage	28
II.2.1.1	Méthode classique :	29
II.2.1.2	Méthode simplifiée :	29
II.2.2	Détermination du facteur du local et du facteur de suspension :	30
II.2.2.1	Facteur du local :	30
II.2.2.2	Facteur de suspension :	30
II.2.3	Détermination du facteur de réflexion :	31
II.2.4	Recherche de la classe et courbe photométrique	31
II.2.5	Détermination du facteur d'utilance :	32
II.2.6	Détermination du flux lumineux total :	32
II.2.7	Détermination du nombre de luminaires :	33
II.2.8	Implantation des luminaires :	33
II.3	Constitution du réseau éclairage public	34
II.3.1	Équipements de base	34
II.3.2	Des armoires ou coffret d'électricité	35
II.3.3	Fusible	36
II.3.3.1	Disjoncteur	36
II.3.3.2	Bloc de jonction	36
II.3.3.3	Économies d'énergie	36
II.3.3.4	Les horloges astronomiques	37
II.4	Dimensionnement des câbles	37
II.4.1	Principe de la méthode	37
II.5	Principes de pose de câblage :	38

II.6	Point Lumineux :	38
II.6.1	Quels types de lampadaires ?	39
II.7	Les éléments d'un lampadaire :	42
II.7.1	Lanterne :.....	42
II.7.2	Vasque :.....	42
II.7.3	Optique ou réflecteur :.....	42
II.7.4	Ballaste :.....	43
II.7.4.1	Ballasts ferromagnétiques :.....	43
II.7.5	Crosse :.....	43
II.7.6	Mât ou support :	44
II.8	L'équipement de gestion automatique d'allumage et d'extinction :	44
II.8.1	Les détecteurs de présence :	44
II.8.2	Détecteurs crépusculaires avec une cellule photoélectrique	44
Conclusion.....		45
III.	Chapitre: Éclairage public d'une route et son trottoir en Algérie	47
Introduction		48
III.1	Éclairage public d'une route et son trottoir en Algérie.....	49
III.2	Types d'implantation sur l'espace public.....	49
III.2.1	Implantation unilatérale (gauche ou droite)	49
III.2.2	Implantation bilatérale en quiconque	49
III.2.3	Implantation bilatérale vis-à-vis.....	49
III.2.4	Implantation axiale (rétro-bilatérale)	50
III.3	Calcul des inter-distances et hauteurs de feu.....	52
III.4	Méthode du rapport R	52
III.5	Ce choix conditionne la configuration du luminaire :	53
III.6	Moderniser l'éclairage routier	54
III.7	Les principales classes d'éclairage:.....	55
III.8	Influence des revêtements	55
III.9	Commande de l'éclairage	56

III.10 Maintenance de l'éclairage public	57
III.10.1 Équipement sélectionné / installé	59
III.10.2 Préservation du débit lumineux requis	59
III.10.3 Exécution de la Maintenance préventive	60
III.10.4 Gestion du budget.....	60
III.10.5 Gestion des informations.....	61
III.10.6 Évaluation des actions	61
III.11 Lutte contre la pollution lumineuse	61
III.11.1 Quelle « puissance lumineuse linéaire » ?	61
III.11.2 Impacts de la pollution lumineuse.....	63
III.11.3 Impact sur la faune et la flore	63
III.11.4 Impact sur la santé humaine	63
III.11.5 Impact sur nos ressources énergétiques	64
III.11.6 Impact économique	64
III.12 Les solutions pour diminuer la pollution lumineuse	64
III.13 Étude d'un cas réelle	65
III.14 Description de notre réseau d'étude d'éclairage public	65
III.14.2 Données nécessaires pour notre étude.....	67
III.15 Les caractéristiques géométriques de l'installation	68
III.16 Les caractéristiques photométriques du revêtement	68
III.16.1 Données du terrain	69
III.17 Description du Logiciel (DIALUX).....	70
III.17.1 Présentation de logiciel	70
Conclusion.....	76
IV. CHAPITRE: Simulation, interprétation des résultats et étude technico-économique	77
Introduction	78
IV.1 La route boulevard Amirouche.....	78
IV.1.1 Pour le trottoir 1 (P4)	80
Chaussée 1	82

IV.2	Interpretation	84
IV.3	Solutions	85
IV.4	Étude technico-Économique.....	86
	IV.4.1 Caractéristiques	86
	IV.4.2 Dimensionnement des câbles	86
	IV.4.3 Avantages pour les utilisateurs :.....	87
	Conclusion.....	88
	Conclusion générale	89
	Références Bibliographiques :.....	91

Introduction générale

Depuis le début du siècle, la consommation de l'énergie électrique mondiale est en très forte croissance dans toutes les régions du monde (en Algérie ce n'est pas différent). Il semble que tendanciellement, les consommations d'énergie vont continuer à augmenter, sous l'effet de la croissance économique d'une part, et de l'augmentation de la consommation d'électricité par habitant d'autre part.

En effet, une gestion efficace du réseau électrique est source de gain de productivité et maîtrise de la consommation permettant de faire des économies et d'améliorer la performance de l'énergie électrique. Malgré cela, le réseau électrique en particulier l'éclairage public que représente une partie a n'est pas négliger, que peut être optimisée de tel sorte que la société nationale **SONELGAZ**, dépense le moins possible avec des techniques modernes qui peuvent conduire à une gestion du réseau. Devenu aujourd'hui une préoccupation majeure des distributeurs d'énergie électrique et des autorités administratives et politiques en Algérie l'éclairage nocturne des lieux publics, des voies de circulation joue un rôle très important dans les villes aussi bien sur le plan économique que social.

En effet, l'éclairage public permet de :

- Augmenter la sécurité, la fluidité de la circulation sur les chaussées et réduire la gravité et le nombre d'accidents de nuit.
- Augmenter la sécurité des biens et des personnes
- Assurer le confort des conducteurs, des piétons et des riverains
- Se livrer de nuit à des travaux et activités qui, sans l'éclairage, ne pourraient avoir lieu que de jour.
- Assurer une perspective du cadre de vie et valoriser la ville (décorer les espaces les plus prestigieux (avenues centrales, gares, parcs et espaces d'exploitations.))
- Aussi, face à l'augmentation des coûts de l'énergie et au début de prise en compte du facteur environnement, les villes travailleraient à améliorer l'efficacité de leur réseau d'éclairage public.

Pour cela, le recours aux nouvelles technologies est obligé et les solutions diverses, que cela soit pour réduire la consommation soit pour optimiser l'utilisation de l'énergie sont nécessaires. Ce travail est structuré autour de quatre (4) chapitres à savoir :

Le Chapitre I aborde quelques généralités sur l'éclairage public. Il expose les bases utiles à la compréhension du fonctionnement d'éclairage public, les détails techniques des lampes ainsi que les certains économiseurs d'énergie.

Le Chapitre II est consacré au dimensionnement du réseau d'éclairage public. Ce chapitre trouve sa justification dans la nécessité de déterminer les conditions essentielles du réseau d'éclairage public, la constitution du réseau (tous les équipements en général et d'une manière résumée) ainsi que les équipements de gestion automatique d'allumage et extinction.

Le chapitre III présente l'éclairage public d'une route et son trottoir en Algérie en mettant l'accent sur : type d'implantation, la maintenance, les classes d'éclairage, commande et des solutions contre la pollution lumineuse. Nous posons par la suite le problème 'notre cas réel' tous les données trouvés dans le terrain qui seront comparés aux valeurs cibles de l'association française d'éclairage ainsi que nous allons vous présenter le logiciel Dialux utilisé dans l'analyse de la pertinence de ces mêmes valeurs si c'est en accord avec la NF 13201.

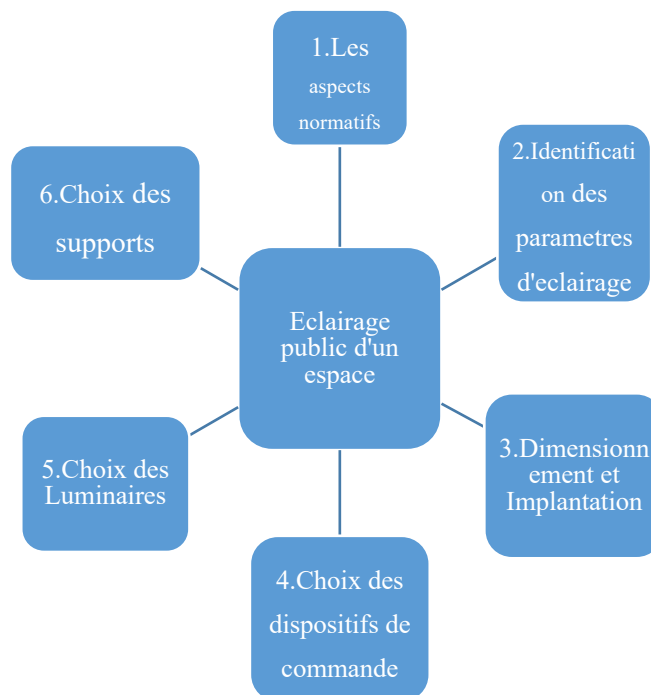
Les résultats de simulations faites sur notre étude de cas réelle, l'interprétation de ces résultats ainsi qu'une petite estimation du coût du projet font l'objet du Chapitre IV.

Enfin, Nous terminons par une conclusion générale avec quelques perspectives envisagées.

I. Chapitre : Généralités sur l'éclairage public

Introduction

L'acheminement de l'éclairage aux différents utilisateurs, piétons, conducteurs de véhicules se fait via les Réseaux responsables pour l'éclairage public. Il est donc nécessaire de savoir-faire une planification rigoureuse efficace et continue. Pour construire un réseau adapté à sa fonction qui respecte les normes avec une consommation électrique acceptable et le moins possible de pollution lumineuse tout en garantissant une intégration lumineuse dans l'environnement, il va falloir construire des réseaux d'éclairages public capables d'assurer la sécurité. Une fois l'éclairage est bien optimisé, elle doit être à la hauteur de satisfaire le citoyen. Afin d'assurer la qualité de l'éclairage, il est donc nécessaire de coordonner l'utilisation de tous les paramètres de base et ou définitions nécessaires, pour bien éclairer avec une bonne gestion énergétique. Destinée aux ingénieurs, techniciens et chercheurs travaillant dans le domaine de l'éclairage public, ce chapitre expose les bases utiles à la compréhension du fonctionnement de l'éclairage, ainsi que les détails techniques des économiser l'électricité du réseau électrique en général.



I.1 Objectifs de l'éclairage public

L'éclairage public est généralement un éclairage de chaussée offrant une amélioration de la visibilité.

Il est utilisé lorsqu'il y a fréquemment coexistence de piétons et de véhicules, c'est dire essentiellement à l'intérieur des localités, dans les zones bâties et le long des autoroutes et des voies de circulations rapides.

Il s'agit principalement de créer dans ces espaces, des conditions permettant aux usagers de la circulation de s'identifier mutuellement rapidement.

Si sont des techniques qu'ont pour but aidé les communes dans la planification et la gestion de leur éclairage public.

En outre l'éclairage des routes/trottoirs ont pour objectif principale donner un sentiment de sécurité et contribuer à la prévention des accidents (par exemple collisions aux carrefours et sur les passages pour piétons). Au cours de notre étude on proposera une maîtrise de l'éclairage extérieur, invitant à des pratiques plus sobres en matière énergétique : *« pour un éclairage public beaucoup plus fiable, efficace, moderne, économique et d'une très bonne qualité », tout en éclairant mieux et assurant la sécurité des habitants.*

I.2 Les aspects normatifs :

Selon le décret exécutif n° du 5 Décembre 2005 relatif à l'évaluation de la conformité on peut fixer des spécifications techniques des lampes, des luminaires et des régulateurs variateurs de puissance des installations de l'éclairage public. Par rapport aux lampes à vapeur de sodium à haute pression, on peut appliquer la **Norme Européenne EN 60662**. Tous les autres lampadaires doivent avoir une efficacité lumineuse égale ou supérieure.

I.3 La norme NF EN 13201, les études photométriques

La norme européenne Éclairage public **NF EN 13-201** définit des niveaux d'éclairement en fonction du type d'usagers, de la vitesse autorisée, du trafic et du type de chaussée. Elle rend compte de toutes les exigences et particularités rencontrées par les organismes de normalisation des pays de l'Union Européenne.

L'AFE (association française de l'éclairage) a édité un guide d'application qui explique les niveaux d'éclairement préconisés par cette norme relativement complexe.

En cas d'action en justice de plaignants, la preuve du respect de la norme est une justification de la qualité de l'installation contestée. Toutefois, l'application de la norme n'est pas

obligatoire. La logique de hiérarchisation de la voirie pour définir des niveaux d'éclairage est essentielle.

La norme est à destination de plusieurs intervenants avec différents objectifs :

Pour les concepteurs de projets :

- Établir des projets en utilisant des paramètres qualitatifs normalisés,
- Réaliser et vérifier les projets d'éclairage,
- Offrir des solutions rationalisées.

Pour les maîtres d'ouvrage, les exploitants :

- Optimiser les coûts de mise en œuvre,
- Référentiel de critères normalisés,
- Gestion des coûts de fonctionnement.

Pour les usagers :

- La sécurité des déplacements pour « voir et être vu »,
- Cadre nocturne perceptible avec la valorisation de l'environnement.

I.3.1 Le fascicule FD CEN-TR 13201-1 : permet de définir les classes d'éclairage suivant les caractéristiques des voies. Décembre 2015.

I.3.2 La norme NF EN13201-2 : permet de définir les exigences photométriques à maintenir dans le temps. Mars 2016.

I.3.3 La norme NF EN 13201-3 : définit les modèles de calcul mathématiques : calcul des performances photométriques conçues conformément à la NF EN 13201-2. Mars 2016.

I.3.4 La norme NF EN13201-4 : décrit les procédures des mesures photométriques de l'installation réél isée. Mars 2016.

I.3.5 La norme NF EN 13201-5 : Indicateurs de performance énergétique. Mars 2016.

I.3.6 La norme NF EN 13201 fixe des valeurs minimales, cibles et maximales.

Pour répondre à ces enjeux, la norme NF EN 13201 (révision 2015/2016) est la seule référente en matière d'exigences de performance, d'aide au dimensionnement des installations.

Il s'agit d'une norme d'application volontaire. Pour la rendre applicable, le maire doit la référencer dans les pièces des marchés de maintenance et de travaux.

Niveaux d'éclairage :

L'éclairage, quantité de lumière émise sur une surface, s'exprime en lux (ou en lumen/m²).

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'éclairage 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.

Uniformité d'éclairage :

Des luminaires trop espacés, un flux mal dirigé ou des optiques non adaptés au site génèrent des zones de moindre éclairage, voire des zones d'ombres qui provoquent un inconfort visuel. L'uniformité d'éclairage est donc primordiale.

Elle consiste à obtenir un éclairage de même niveau sur l'ensemble d'un espace de même usage (une place ou une rue par exemple). Le calcul de l'uniformité d'éclairage complète le calcul du niveau d'éclairage.

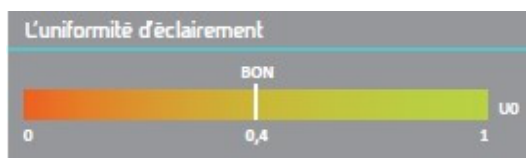


Figure I.1 : uniformité d'éclairage

La norme EN 13-201 impose une uniformité sur la chaussée de $U_0 = 0,4$ qui correspond à un confort visuel suffisant (plus l'uniformité est élevée, meilleur est le ressenti des usagers).

Il existe également la norme XP X90-013 (2011), laquelle définit une méthode permettant de minimiser les nuisances nocturnes dues à la lumière qui émane directement des sources lumineuses vers la voûte céleste ou y est réfléchi par le sol. Elle concerne les projets d'éclairage extérieur pour les nouvelles réalisations ou la rénovation des installations existantes.

Concernant les installations électriques, il existe trois normes :

I.3.7 La norme NF C17-200 (révision 2016) :

Définit les règles de conception et de réalisation des installations électriques extérieures en vue d'assurer la sécurité des personnes et des biens.

I.3.8 La norme NF C15-100 (2005) :

Porte sur les installations électriques à basse tension.

En conformité avec les recommandations de la norme NFC 15-100, le choix de la section des canalisations et du dispositif de protection doit satisfaire plusieurs conditions nécessaires à la sécurité de réseau en général.

La canalisation doit :

- Véhiculer le courant maximal d'emploi et ses pointes transitoires normales.
- Ne pas générer de chute de tensions supérieures aux valeurs admissibles.

Le dispositif de protection doit :

- Protéger la canalisation contre toutes les surintensités jusqu'au courant de court-circuit.
- Assurer la protection des personnes contre les courants indirects.

I.3.9 La norme NF C18-510 (2012) :

Énumère les règles concernant les opérations sur les ouvrages et les installations électriques dans un environnement électrique, ainsi que la prévention du risque électrique.

Les normes relatives aux études d'impact sur l'environnement doivent fixer les catégories d'unités soumises aux cahiers de charges.

Création d'Un Code du Patrimoine (Art. relatif à la protection des monuments historiques et des sites naturels et urbains). S'il n'existe pas déjà

I.4 Généralités sur l'éclairage public

I.4.1 Notion des photométries

Il est difficile de parler objectivement de l'éclairage sans parler de quelques notions simples de photométrie qui est la science de la mesure de l'intensité lumineuse.

L'éclairage est la science qui étudie les grandeurs photométriques : le flux lumineux, l'intensité lumineuse, l'éclairement, la luminance, l'indice de rendu des couleurs (IRC).

I.4.1.1 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 dont la sensibilité spectrale est conforme à celle de l'observateur de référence fixée par la commission internationale de l'éclairage. L'unité du flux lumineux est le LUMEN (lm). Cette grandeur sert principalement à qualifier photométriquement les lampes.

I.4.1.2 L'intensité lumineuse :

Elle qualifie le flux élémentaire émis dans une direction de l'espace par une source quasi ponctuelle. Elle s'exprime par la relation :

$$I = \frac{dF}{d\Omega} \quad (I.1)$$

Où :

dF est le flux élémentaire issu de la source quasi ponctuelle dans l'angle solide élémentaire d (cône élémentaire).

La notion d'intensité peut être imagée par un rayon lumineux transportant une certaine énergie. Son unité le CANDELA (cd) est la base photométrique du Systèmes International d'unités. La connaissance de l'ensemble des intensités lumineuses émanant d'un luminaire permet de juger sa distribution photométrique.

I.4.1.3 L'éclairement :

C'est la densité de lumière sur une surface. Il s'exprime par la formule

$$E = \frac{F}{S} \quad (I.2)$$

Où :

F est la valeur du flux lumineux atteignant la surface

S l'aire de cette surface réceptrice. Son unité est le LUX (lx) qui représente un flux d'un lumen atteignant une surface d'un mètre carré.

Cette grandeur est intéressante du fait qu'elle se mesure facilement à l'aide d'un LUXMETRE et permet le contrôle des installations.

I.4.1.4 L'efficacité lumineuse :

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

I.4.1.5 La luminance :

Chaque fois que la provenance d'un flux lumineux doit être analysée, on parle de luminance perceptible par un observateur donné. Cette grandeur permet donc de tenir compte des sources de lumière présentes dans le champ visuel d'un observateur, soit en termes de risque d'éblouissement, soit en termes d'aide à la perception visuelle liée à l'aspect lumineux des objets éclairés. Son unité est le CANDELA par mètre carré (cd/m^2). La luminance se mesure avec un 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 moyenne s'exprime par la loi de LAMBERT : $L = \frac{\rho E}{\pi}$ (I.3)

Où :

ρ est le facteur de réflexion d'un objet plan

E son éclairement moyen.

Ces concepts définis ci- dessus sont les grandeurs habituellement utilisées pour l'appréciation de la qualité de l'éclairage du point de vue photométrique.

L'utilisation de ces grandeurs intègre plusieurs facteurs telle que la connaissance de la constitution du revêtement de la voirie à éclairer (bitume, béton, autres agrégats etc.).

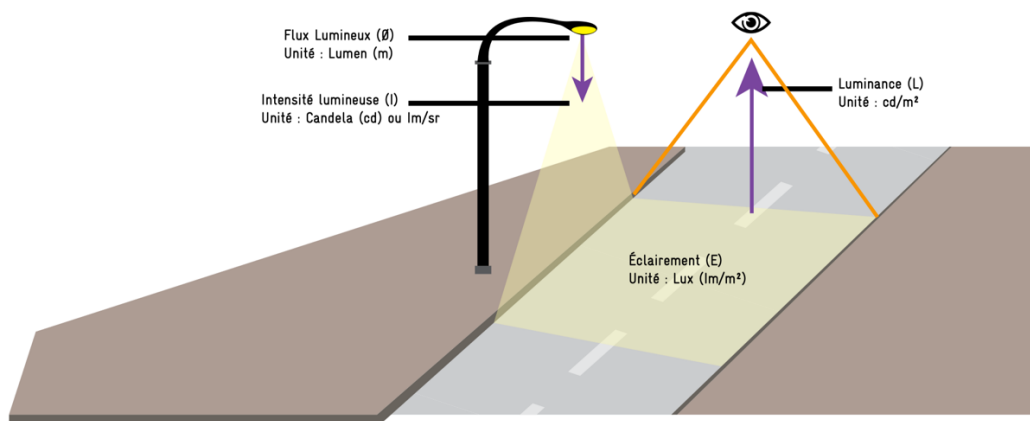


Figure I.2 : Schéma représentatif des grandeurs photométriques dans un contexte d'éclairage public
<https://www.cmimarseille.org/sites/default/files/newsite/library/files/fr/Guide%20REMME%20FONDAM%20ENTAUX%20web.pdf>

I.4.1.6 Indice de rendu de 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. Plus cet indice se rapproche de 100, plus la qualité de la lumière est excellente.

Les différents types de sources lumineuses ne restituent pas toutes les couleurs de la même manière.

Lorsque l'enjeu de rendu des couleurs est important pour un projet, des sources lumineuses comme des lampes à iodures métalliques ou des LED dont l'indice de rendu des couleurs (IRC ou Ra) est élevé sont à privilégier.



Figure I.3 : L'illustration de l'indice des couleurs des certaines lampes

I.4.1.7 Température de couleur

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

- Moins elle consomme d'électricité ;
- Mais plus elle crée une ambiance froide.

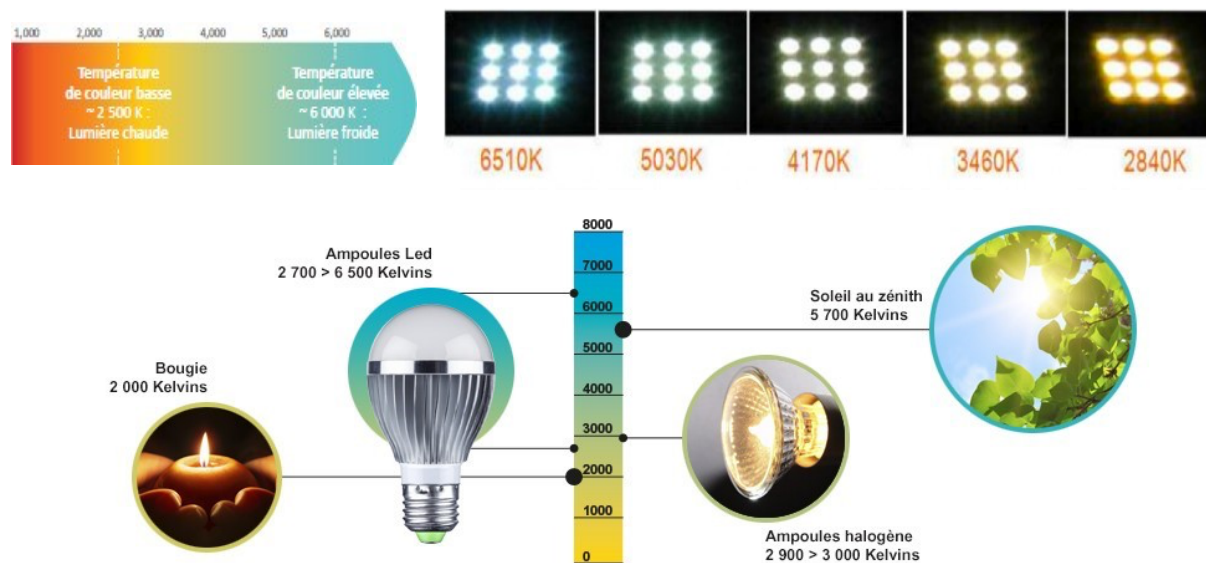


Figure I.4 : exemple des températures de couleurs

I.4.1.8 Éblouissement :

Le regard prolongé d'une source lumineuse particulièrement intense ou l'alternance rapide entre un milieu obscur et un endroit fortement éclairé provoquent un éblouissement.

Celui-ci entraîne :

- Soit une gêne (éblouissement d'inconfort) ;
- Soit une réduction de l'aptitude à distinguer des objets, occasionnant une perte de réflexes dans la conduite par exemple (éblouissement d'incapacité) ;

- Soit les deux sensations simultanément.

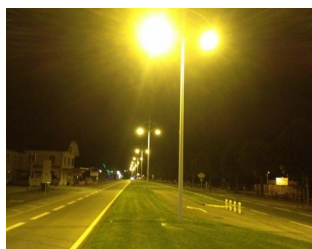


Figure I.5 : illustration d'éblouissement

Un luminaire mal positionné, mal incliné ou mal orienté peut occasionner une réelle gêne visuelle. Un choix approprié du type de luminaire, de lampe et de disposition de l'installation limite les risques d'éblouissement liés à l'éclairage public.

I.4.2 Caractéristiques physiques des luminaire :

Pour un luminaire avec de bonne qualité :

I.4.3 L'étanchéité : L'indice de protection IP détermine le degré de protection du matériel contre la pénétration des corps solides (1er chiffre) et liquides (2e chiffre).

1 ^{er} chiffre : Introduction de corps solides	2 ^{ème} chiffre : Pénétration des corps liquides
IP 0X Non protégé	IP X0 Non protégé
IP 1X Protégé contre les corps solides de plus de 50 mm	IP X1 Protégé contre des chutes verticales de gouttes d'eau
IP 2X Protégé contre les corps solides de plus de 12mm	IP X2 Protégé contre des chutes d'eau pour une inclinaison maximale de 15°
IP 3X Protégé contre les corps solides de plus de 2,5m	IP X3 Protégé contre des chutes d'eau pour une inclinaison maximale de 60°
IP 4X Protégé contre les corps solides de plus de 1 mm	IP X4 Protégé contre les projections d'eau
IP 5X Protégé contre la poussière	IP X5 Protégé contre les jets d'eau
IP 6X Étanche à la poussière	IP X6 Protégé contre les paquets d'eau

I.4.4 La solidité : L'indice IK détermine le degré de protection du matériel contre les chocs d'origine mécanique

Code	IK06	IK07	IK08	IK09	IK10
Énergie de choc	1 joule	2 joules	5 joules	10 joules	20 joules

I.5 Principe de conception d'un projet d'éclairage public :

Un projet de l'éclairage public doit être basé essentiellement sur huit (7) points clés :

I.5.1 Évaluation des besoins:

La qualité de l'éclairage est primordiale pour une ville. Cette installation assure la gestion de l'éclairage public ainsi que l'alimentation de prises de courant réparties sur l'espace public pour permettre la tenue d'événements .

L'objectif est de pouvoir assurer en télégestion avec une des fonctions principales :
En cas de défaillance de la télégestion, une fonction destinée à garantir une meilleure fiabilité de service est assurée par un automate local pour l'allumage et l'extinction de l'éclairage public.

I.5.2 Candélabre ou lampadaire :

I.5.2.1 Les candélabres doivent être assainis : adapter aux nouveaux besoins la hauteur du point lumineux et le bras (raccourcir, allonger, optimiser l'inclinaison du luminaire).

I.5.3 Luminaire :

Utiliser des réflecteurs à haut rendement et une source lumineuse horizontale.

La lumière doit être diffusée sur la surface à éclairer ; ne permettre qu'une faible diffusion au-dessus de l'horizon (pollution lumineuse).

I.5.4 Choix du type d'éclairage :

Le choix du luminaire se fait en fonction du type d'éclairage choisi a priori, ce type définissant la répartition du flux lumineux dans l'espace. Le classement adopté s'appuie sur les trois répartitions suivantes de base :

- **Très intensive** : lorsque le flux lumineux est dirigé vers un point précis de l'espace.
- **Semi-intensive** : lorsque la situation est intermédiaire.
- **Extensive** : lorsque le flux lumineux est diffusé dans un large faisceau.




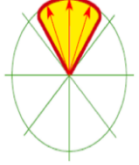
En pratique la majorité des constructeurs utilisent le tableau ci-dessous, qui fixe les quatre classes fondamentales utilisées pour les projets :

Direct intensif : pour le flux lumineux intensif dirigé vers le bas.

Semi-direct : lorsque le flux lumineux est dirigé en partie vers le bas et en partie vers le haut.

Indirect : lorsque le flux lumineux est uniquement dirigé vers le haut.

Tableau I.1 : : classement synthétique des luminaires

LUMINAIRE :	DIRECT INTENSIF	DIRECT EXTENSIF	SEMI-DIRECT	INDIRECT
RÉPARTITION D'INTENSITÉ :				
CLASSES PHOTOMÉTRIQUES	A à E	F à J	Superposition de : - appareils directs de classe A à J + appareils indirects	T

I.5.5 Source lumineuse :

Utiliser des lampes à fort rendement d'éclairage pour des raisons économiques et de qualité de l'éclairage.

Les ballasts d'allumage électroniques sont plus efficaces.

Les ballasts d'allumage électroniques sont plus efficaces. Pour les lampes à décharge

Dans le cas des LEDs on utilise les drivers.

I.5.6 Heures de fonctionnement et Consommation d'énergie :

La déconnexion ou la réduction de l'intensité d'éclairage permet des économies d'énergie considérables. Il s'agit généralement de diminuer la puissance aux heures de faible fréquentation.

Prévoir une connexion et une déconnexion via un détecteur crépusculaire.

Utilisation des photocellules.

I.5.7 Énergies renouvelables :

Couvrir le besoin en électricité pour l'éclairage public avec du courant issu de sources renouvelables (étudier plus profondément la faisabilité, le coût d'investissement et d'exploitation, et le temps de retour d'investissement).

Les chemins non électrifiés peuvent être équipés de lampadaires solaires

I.6 Les différentes technologies de lampes :

Pour bien commencer, nous devons faire un petit rappel sur le vocabulaire :

- Une lampe est une source artificielle de lumière qui utilise une énergie électrique.
- Une ampoule est l'enveloppe en verre de cette source.
- Un luminaire est le support de la lampe (que l'on accroche au plafond ou pose sur une table).

Pour mieux comprendre la prolifération d'ampoules existantes, il existe une liste explicative des différentes technologies d'ampoules vendues dans les rayons des magasins.

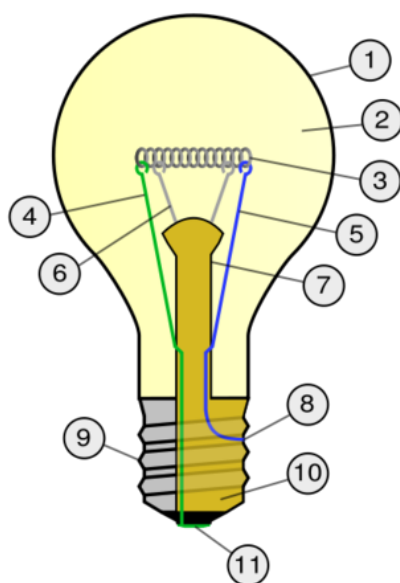
- Lampes à incandescence (les ampoules standards, les ampoules halogènes)
- Les lampes fluorescentes (tubes fluorescentes, lampes compactes)
- Les lampes à décharge (lampes à vapeur de sodium Basse Pression ou Haute Pression, lampes à vapeur de mercure, lampes à halogénure métallique)
- Diodes électroluminescentes ou LED (Light Emitting Diodes)
- Lampes à usages spéciaux

De toutes ces lampes, nous allons nous intéresser plutôt aux lampes à usage éclairage public. Ainsi les lampes à vapeur de mercure haute pression, les lampes à vapeur de sodium haute pression, les lampes à iodure métallique sont utilisées en éclairage public. Aussi un article récent de l'Association Française de l'Éclairage a montré que le développement récent de diodes de couleur blanche ou bleu à haut rendement lumineux ouvre de nouvelles perspectives aux lampes à LED, notamment en éclairage public.

I.7 Caractéristiques des lampes à usage éclairage public :

I.7.1 Les lampes à Incandescence :

L'ampoule classique à incandescence, inventée en 1878 par Thomas Edison, a révolutionné le monde. Mais cette technologie vieille de plus d'un siècle semble aujourd'hui dépassée, car peu économique et gourmande en énergie. 95 % de l'énergie qu'elle consomme est transformée en chaleur, ainsi la température de l'ampoule peut s'élever jusqu'à 150 °C.



- 1- Ampoule de verre ou globe ;
- 2- Gaz inerte ;
- 3- Filament
- 4- Fil conducteur (contact avec le plot central) ;
- 5- Fil conducteur (contact avec le culot) ;
- 6- Fils de support du filament ;
- 7- Monture ou support en verre ;
- 8- Culot (contact électrique) ;
- 9- Culot (pas de vis ou baïonnette) ;
- 10- Ciment
- 11- Plot central.

Figure I.6 : Constitution d'une lampe incandescente

L'énergie restante (5 %) est convertie en lumière. Son efficacité varie en général entre **9 et 17 lumens par Watt** ce qui est faible relativement aux autres technologies d'éclairage. En revanche, elle est celle qui a le meilleur indice de rendu des couleurs. Il est de 100, ce qui équivaut à la lumière du jour.

Comment il fonctionne ?

Enveloppée dans une ampoule en verre sous vide, un filament de tungstène est porté à incandescence par le passage d'un courant électrique. Ce filament chauffe, ce qui produit de la lumière. Certaines ampoules contiennent un gaz inerte (argon, krypton ou xénon) pour augmenter leur durée de vie (maximum 1 500 heures).

Remarque :

- Elles peuvent vite devenir brûlantes.
- Elles ne doivent pas être jetées dans la poubelle à verre, mais avec les déchets ménagers.
- Elles ne présentent pas de danger particulier pour l'environnement.

I.7.2 L'ampoule halogène haute efficacité :

En termes de luminosité, l'ampoule halogène est 20 à 30 % plus efficace qu'une ampoule à incandescence et permet des économies d'énergie de 30 à 50 %.

Sa luminosité (proche de celle du soleil) de 20 lm/W est bien adaptée pour la lecture ou les travaux minutieux. Mais pour cette technologie aussi, 93 % de l'énergie consommée est transformée en chaleur et, à l'usage, son coût est très élevé.



Figure I.7 : l'ampoule halogène

Comment il fonctionne ?

Un gaz de la famille des halogènes (fluor, brome ou iode) présent dans l'ampoule se combine avec le tungstène "**vaporisé**" et se dépose sur le filament. C'est l'augmentation de la température qui améliore le rendement sa durée de vie (2 000 à 4 000 heures).

Remarque :

- Elles peuvent devenir brûlantes ;
- Ne présentant pas de danger particulier pour l'environnement, elles peuvent être jetées avec les déchets ménagers ;
- A partir de 2018, les lampes de classe énergétique C (et inférieures) on était interdites à la commercialisation.

Cette décision repose sur des motivations écologiques : les ampoules halogènes consacrent 90 à 95% d'énergie à la transformation de chaleur et non à la production de lumière. Remplacer ces ampoules par des LED permettra donc une réduction de la consommation d'énergie le **11 aout de 2018**.

Avantage :

- Rendement lumineux 2 fois supérieur à celui des lampes à incandescence classiques
- Durée de vie 2 fois plus longue (2000 – 5000 heures)
- Leur petite taille permet d'utiliser des luminaires plus compacts.
- La qualité de lumière et quantité de lumière identique pendant toute la durée de vie.
- IRC idéal » 99.

Inconvénients :

- Les rayons UV ne sont pas arrêtés par le quartz constituant l'ampoule. Or ces rayonnements sont cancérogènes et il est dangereux de s'y exposer à très courte distance pendant de longues périodes. Une simple paroi en verre arrête ces ultraviolets et écarte tout danger.
- Le quartz de l'ampoule est très fragile et ne supporte pas le contact avec les doigts.
- Leur prix est plus élevé que celui des lampes à incandescence classiques.

I.7.3 L'ampoule fluocompacte, ou lampe fluorescente compacte (LFC) :



Figure 1.8 : L'ampoule fluo compacte

Est une alternative aux ampoules traditionnelles. Elles ont une efficacité lumineuse assez importante, de l'ordre de **60 à 75 lumens par Watt**.

Ce sont les petites sœurs des fameux tubes néon utilisés à grande échelle dans les entreprises depuis les années 1940. Le tube a été réduit et enroulé pour créer les lampes fluo compactes destinées à un usage domestique. Dans les lampes domestiques, un dispositif électronique, appelé **ballast**, est placé dans le culot. Dans les lampes à usage professionnel, il est déporté dans les luminaires. Leur rendement lumineux est largement supérieur et elles ne chauffent presque pas. Par contre, leur qualité lumineuse est souvent inférieure à celle des lampes à incandescence. De plus, elles ne conviennent pas toujours pour une utilisation répétée et/ou immédiate : elles peuvent mettre un certain temps pour être à pleine puissance et ne fonctionnent plus au-delà d'un certain nombre de commutations (allumages).

Remarque :

- Du fait même de leur conception, elles sont plus encombrantes que les modèles précédents
- Certains usagers ont noté qu'elles émettaient un bruit qui peut se révéler désagréable
- Enfin, elles clignotent presque imperceptiblement, ce qui peut perturber la vision oculaire périphérique
- Le mercure utilisé dans leur fabrication est un produit dangereux pour la santé et pour l'environnement, ces lampes doivent ainsi être déposées dans les déchetteries ou les magasins

Deux informations obligatoires sur les étiquettes :

- Le nombre attendu de cycles d'allumage/extinction
- La durée (en secondes) pour atteindre 60 % du flux lumineux indiqué

Avantage :

- Malgré un prix d'achat élevé, elles permettent de faire des économies conséquentes sur leur durée de vie ;
- Leur durée de vie est élevée (interne 6000 – 10000 et externe 8000 à 16000 h) ;
- Leur petite taille permet d'utiliser des luminaires plus compacts ;
- L'indice de rendu des couleurs (IRC) très satisfaisant ;
- Une consommation minimale et 80% de dégagement en chaleur en moins par rapport à une lampe à incandescence.

Inconvénients :

- La montée en puissance n'est pas instantanée. Il faut plusieurs dizaines de secondes avant que la lampe fournisse son éclairage maximal. Ces lampes ne conviennent donc pas pour des éclairages de très courte durée.
- Elle doit donc être traitée comme un déchet dangereux à la fin de sa durée de vie. (Présence de vapeur de mercure)
- Coût élevé à l'achat (amortissable après 3000 heures d'utilisation)
- Rayonnement électromagnétique important 180V/m. Éviter l'utilisation de ces lampes comme lampes de chevet ou de bureau.
- Peuvent rarement être utilisées avec un variateur d'intensité lumineuse classique

I.7.4 Les lampes à LED :

La lampe LED fonctionne comme un condensateur autrement dit elle se charge et se décharge dans le circuit électrique (elle se charge au moment des pics de tensions et se décharge dans les chutes de tension). Ces petites diodes qui émettent de la lumière (**Light Emitting Diode**) ont fait une entrée fulgurante sur le marché des lampes il y a 10 ans. Elles sont toujours en pleine évolution et font encore aujourd'hui des progrès remarquables et constants. Les caractéristiques données ici ont été relevées en Août 2016. Elles doivent être mises à jour constamment, tant ce produit évolue rapidement.

On utilise ces lampes notamment pour des éclairages d'ambiance (grâce à des bandes souples ou rigides, parfois autocollantes) mais aussi pour des éclairages intenses, voire même des éclairages publics. Ces lampes ne dégagent que très peu de chaleur, ce qui permet d'élargir les possibilités de leur utilisation.

Elles sont souvent « **d'immuables** », ou gradables. On peut donc les coupler à un variateur d'intensité. Leur rendement énergétique est le meilleur connu actuellement.



Figure I.9 : La lampe LED

Remarque :

- La fabrication de ces lampes LED nécessite l'utilisation d'indium et de gallium dont les ressources mondiales sont limitées
- Elles doivent être triées dans les magasins spécialisés ou déchetteries

Avantage :

- Très faible consommation électrique
- Durée de vie très longue (environ 50000h).
- De très petite taille, elles permettent beaucoup de fantaisie

Inconvénients :

- Encore coûteuses à l'achat pour un groupe de LED donnant la même lumière qu'une lampe économique. (10 fois plus chères)
- Lumières LED potentiellement nocives.

I.7.5 Les lampes à décharge de mercure :



Figure I.10 Lampe à décharge de mercure

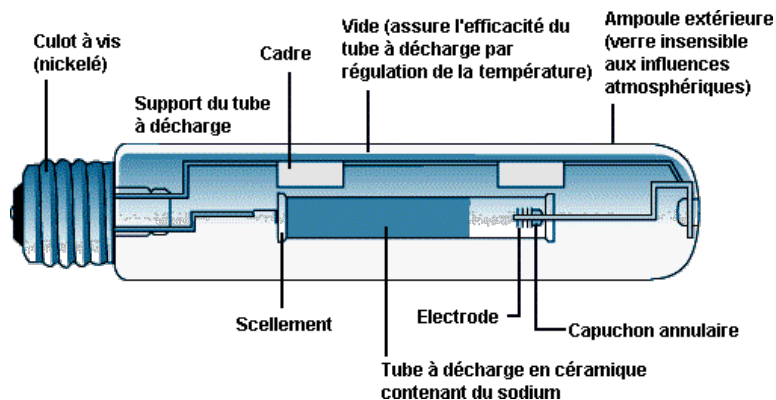


Figure I.11 : Constitution de la lampe à décharge mercure

La lampe à vapeur de sodium fait partie des lampes à décharge. Son principe de fonctionnement est donc identique.

Le tube à décharge contient un amalgame de sodium avec du mercure et du xénon comme gaz d'allumage.

La lumière est émise, en majeure partie sous forme de rayonnements visibles, mais une petite partie est émise sous forme de rayonnements ultraviolets invisibles. Dans les lampes ellipsoïdes, on tente de récupérer ces rayons en tapissant la paroi intérieure de l'ampoule d'une poudre qui absorbe les U.V. et les transforme en rayons visibles. Cette poudre rend l'ampoule opaline.

A l'allumage, le flux lumineux nominal n'est atteint qu'après 2 à 3 minutes. Après extinction ou coupure de courant, le réamorçage ne peut se faire qu'après les 5 à 10 minutes nécessaires à leur refroidissement.

Certains modèles particuliers permettent un réamorçage immédiat. Ces lampes couvrent toute la gamme de puissance. Néanmoins, elles doivent être utilisées avec des accessoires adéquats : l'amorceur doit procurer une tension très élevée pour permettre cet allumage instantané.

I.7.6 Les lampes à vapeur de sodium à basse pression



Figure I.12 : La lampe à vapeur de sodium à basse pression

Le tube est rempli d'un mélange de néon, d'argon et de parcelles de sodium. Une décharge électrique dans ce mélange fournit une lumière orange monochromatique (longueur d'onde 589 nm). Le néon, avec sa couleur rouge caractéristique, sert à démarrer la décharge et à chauffer le sodium. Ces lampes sont surtout utilisées pour l'éclairage des routes. De toutes les sortes de lampes actuellement disponibles, ce sont celles qui ont la plus grande efficacité lumineuse. C'est le type de lampe idéal quand le rendu des couleurs n'est pas important. Dans les régions qui ont établi des règlements sur l'éclairage extérieur, c'est le seul type de lampe autorisé à proximité des observatoires astronomiques, car le rayonnement qu'elles émettent peut facilement être filtré.

Avantage :

- Bonne visibilité pour temps de brouillard ;
- Exploitation économique.

Inconvénients :

- Temps d'allumage et rallumage long (5 mn) ;
- Rendu de couleur médiocre.

I.7.7 Les lampes à vapeur de sodium à haute pression :



Figure I.13 : Lampe à vapeur de sodium à haute pression

Elles ont supplanté les lampes à vapeur de mercure : Durée de vie et flux lumineux supérieur mais d'une couleur jaune-orangé et un mauvais IRC (25) ce qui les cantonne dans l'éclairage public, routier ou parking. Il existe toutefois une exception : La lampe sodium blanche qui a un IRC de 80 à 85 au détriment de son rendement lumineux 50 lm/W.

I.7.8 Les tubes fluorescents:

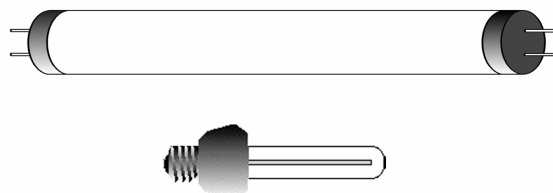


Figure I.14 : Les tubes fluorescents

Appelés couramment "néons", ils renferment un mélange d'argon et de vapeur de mercure très raréfié ; une décharge électrique au travers de ce gaz, d'un bout à l'autre du tube, fait briller le mercure d'un rayonnement ultraviolet, qui excite une substance fluorescente (composés phosphorés) déposée sur la paroi interne du tube ; cette substance émet en retour une lumière blanche.

Les lampes dites économiques, qui se substituent de plus en plus aux lampes à incandescence, sont également des tubes fluorescents, dits compacts.

Avantage :

- Prix peu élevé à l'achat
- Bon rendement énergétique : 30% de conversion lumineuse).
- Durée de vie 6 à 8 fois plus longue qu'une lampe classique (6000 à 8000 heures)
- Faible consommation (4x moins que l'incandescence)

Inconvénients :

- Lumière relativement froide.
- Nécessité d'un ballast et starter
- La longévité dépend du nombre d'allumages

I.7.8.1 Les lampes aux iodures métalliques :

Elles constituent une possibilité rentable et à bon rendement énergétique si un programme de remplacement ou de remise à neuf est pris en considération. Dans certains cas, il est possible de remplacer les lampes à vapeur de mercure directement par des lampes aux halogénures enfichables. On considère un remplacement de ce type si le remplacement par des lampes à vapeur de sodium (dont l'efficacité est meilleure) est impossible.

Avantage :

- Bonne efficacité pour temps de brouillard ;
- Bon rendu de couleur ;
- Durée de vie élevée.

Inconvénients :

- Temps d'allumage et rallumage de quelques minutes.

I.8 Les tableaux des nouvelles technologies des lampes :

Famille	Puissance (W)	Flux lumineux	Efficacité énergétique.	Classe énergétique.	IRC	Temp. de couler	Durée de vie (h)
Incandescente	8 – 14	500 - 1500	10 - 15	E, F, G	95-100	2700 – 6000 k	1000-1500
Halogène	13 – 20	50 - 1000	50 - 110	C, D	100	3000 k	2000-5000
Fluo compacte	60 – 75	100 - 6000	35 - 50	A, B	60 - 90	2700 – 6000 k	6000-12000
LED	1.5 – 100	300 - 1000	80 - 100	A ⁺ , A ⁺⁺	80 - 100	2700 – 7000	15000-50000
Vapeur de Sodium basse pression	26 – 180	200	100 - 180	Non significat	20 - 60	1800	12000-14000
Vapeur de Sodium haute pression	50 -1000	150	50 – 140	Non significat	65 – 80	2200 – 2500	6000-12000
Fluorescente	5 – 55	89	40 - 100	A, B	65 - 90	3900-4300	6000-8000

I.8.1 Les domaines applications :

Famille	Domaine d'application
Incandescente	Usage domestique, Éclairage localisé décoratif
Halogène	Comme lampes de projecteur de cinéma.
Fluo compacte	Tunnel, passage inferieur, ponts, éclairages décoratifs.
LED	Balisage parcs et jardins, illuminations, signalisations.
Vapeur de Sodium basse pression	Routier, tunnel, passage inferieur, balisage, illuminations.
Vapeur de Sodium haute pression	Urbain, routier, autoroutiers, grands espaces illuminations.
Fluorescente	Éclairage général des commerces et bureaux, éclairage industriel, sportif.

I.9 Appareils d'éclairage :

En fonction des dispositions constructives, on peut être conduit à choisir un type d'appareil à encastrer, fixé au plafond ou à suspendre.

Selon la nature de l'activité, certains règlements relatifs aux locaux spécialisés sont à prendre en compte : indice de protection, classe d'appareillage électrique, température ambiante, luminance acceptable, ...

I.9.1 Les économiseurs de l'énergie :

Le problème fondamental de l'économie d'énergie en éclairage public est lié à la surpuissance des points lumineux et la mauvaise utilisation de l'éclairage public. « Éclairer juste c'est aussi consommer moins, affirme l'ADEME ». Ainsi, il faudra réaliser des économies d'énergies, tout en "éclairant mieux" et assurant la sécurité des habitants. D'après l'Association de l'Éclairage Public, l'économie énergétique passe par la suppression des sur-éclairnements (> 30 lux), mais aussi l'utilisation de luminaires haute performance et de lampes basse consommation, des réducteurs de puissance ou des ballasts électroniques, souligne la société ETDE. Selon la filiale de Bouygues, le remplacement des sources lumineuses, l'abaissement des hauteurs de feux, le rabattement des flux lumineux vers le sol limitent les déperditions et diminuent les puissances installées.

Pour parvenir à un éclairage optimisé, ETDE recommande également la modernisation des installations et la baisse du niveau d'éclairement.

Les économies d'énergies sont possibles grâce à l'installation des économiseurs d'énergie utilisés en éclairage public. Sur le site internet de l'économiseur mention d'une série d'économiseurs d'énergie que nous décrivons ci- après.

I.9.2 Les variateurs :

Le variateur est un montage électronique que permet d'assurer ce qu'on appellent le découpage de phase. Lorsqu'une diminution du flux lumineux est envisageable, ces systèmes électroniques, installés à l'armoire ou au point lumineux, peuvent être utilisés pour économiser de 30 à 45 % de la facture énergétique.

Les variateurs sont surtout à envisager sur des installations prévues pour rester en fonctionnement toute la nuit. Les LEDS peuvent être gérées en variations de puissance, entre 10 % et 100 % de leur puissance nominale, permettant d'enregistrer d'importantes économies d'énergie aux heures creuses de nuit, tout en assurant la sécurité des usagers.

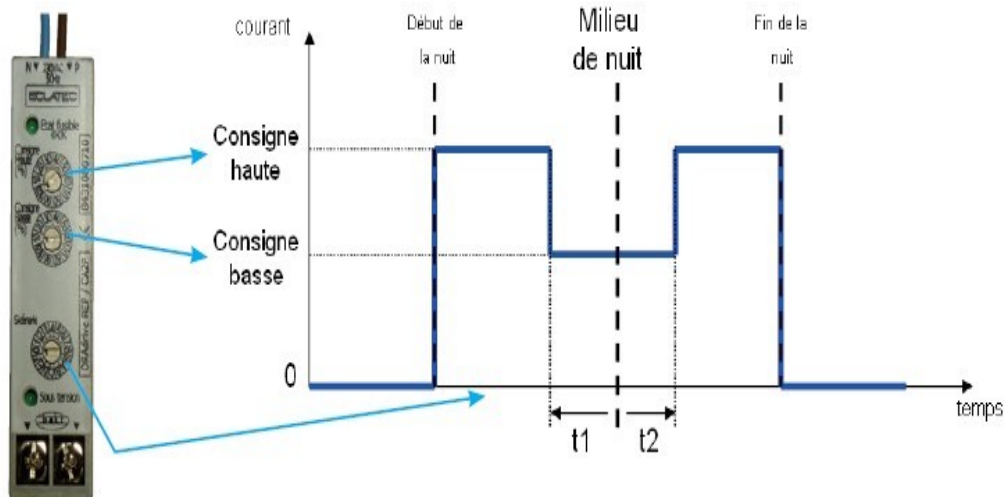


Figure I.15 : Le variateur

I.9.3 Les interrupteurs horaires :

Les interrupteurs horaires sont des systèmes à extinction beaucoup utilisés de nos jours sur les réseaux EP pendant les périodes de faible fréquentation des usagers. Ils sont moins onéreux à l'investissement et s'adaptent plus facilement aux systèmes lumineux. Ils permettent de réduire la consommation énergétique d'au moins 30%.

Conclusion :

L'éclairage public est un aspect primordial et extrêmement familier de notre vie quotidienne. Le fait de n'avoir pas un département responsable pour le contrôle continu et rigoureux de sa qualité, fait réaliser à chacun à quel point notre société n'est pas consciente des dépenses qu'elle pourrait éviter. Par cette proximité, l'étudier, appréhender ses plusieurs mécanismes de la concevoir tout en tenant compte, connaître son mode de fonctionnement constituent une approche très instructive.

Le chapitre suivant entame de manière progressive « Le dimensionnement de tout un Project » qui est une étape primordiale pour notre étude d'un réseau de l'éclairage public.

II. Chapitre :
Dimensionnement du réseau
d'éclairage public

Introduction :

L'analyse de la réalisation d'un Project d'éclairage public consiste à déterminer l'éclairage artificiel qu'il faut installer dans un lieu donné. Cette analyse est indispensable car elle joue un rôle clé dans la planification et l'optimisation afin de l'adapter à une activité donnée, tout en tenant compte du confort visuel que requiert cette activité (suivant les réglementations en vigueur). Pour traiter ces analyses on part d'un lieu à éclairer dont on connaît les dimensions, la couleur des murs et la nature des tâches qui y seront accomplies.

Dans ce chapitre, nous allons continuer notre étude sur les aspects/grandeurs photométriques on entame directement le dimensionnement que peut comporter notamment : déterminer le type, le nombre et la disposition des luminaires nécessaires pour réaliser un éclairage convenable.

II.1 Méthode de dimensionnement :

Le calcul de base des installations d'éclairage (le dimensionnement proprement dit) est essentiel. Ce calcul fait appel à des méthodes plus ou moins complexes, qui ont un peu évolué au cours du temps. Aujourd'hui il existe deux normes de dimensionnement des installations d'éclairage (la norme NFC 40-001 et la norme NFC 71-121).

II.2 La méthodologie de calcul comporte les étapes suivantes :

- Détermination du niveau d'éclairement nécessaire pour le local étudié.
- Calcul de l'indice du local K.
- Calcul du facteur de suspension J.
- Détermination du facteur de réflexion.
- Détermination du facteur de dépréciation.
- Recherche de la courbe photométrique du constructeur pour déterminer la classe photométrique.
- Relevé du facteur d'utilance.
- Calcul du flux total Détermination du nombre de luminaires N Emplacement des luminaires pour que le flux soit équitablement réparti.
- Détermination du facteur de dépréciation

II.2.1 Détermination du niveau d'éclairement

L'éclairement est la quantité de flux lumineux éclairant une surface. La grandeur la plus représentative de la qualité de l'éclairage est la luminance. C'est en effet la lumière réfléchie que perçoit l'œil humain.

Cependant celle-ci étant difficilement mesurable, ce sera l'éclairement, représentant la lumière incidente, qui sera dans la pratique considéré. Des éclairagements moyens sont recommandés par l'Association Française de l'Éclairage (AFE).

II.2.1.1 Méthode classique :

Le niveau d'éclairement dans un local n'est pas constant dans le temps. Il diminue progressivement en raison de différents phénomènes. Son équation est donnée par la formule suivante :

$$D = \frac{1}{F_e} * \frac{1}{F_l} * \frac{1}{F_a} \quad (\text{II.1})$$

Avec :

F_e : Facteur d'empoussièrément.

F_l : Facteur de vieillissement de lampes.

F_a : Facteur d'altération du luminaire.

Le tableau ci-dessous regroupe les différents facteurs qui sont responsable à la détermination du facteur de dépréciation.

Tableau II.1 : facteur de dépréciation

Facteur d'empoussièrément	Faible 0.95		Moyen 0.85	Fort 0.75
Facteur de vieillissement des lampes	Incandescence 0.9	Halogène 0.95	Fluorescence 0.85	Décharge 0.9
Facteur d'altération du luminaire	Luminaire courant 0.85		Luminaire spécial 0.95	

II.2.1.2 Méthode simplifiée :

Il peut être simplifié en prenant en compte un premier coefficient de dépréciation D_1 lié à l'empoussièrément et d'un deuxième coefficient qui est lié à la diminution du flux lumineux en fonction du temps.

$$D = D_1 * D_2 \quad (\text{II.2})$$

Avec

D_1 : Premier facteur dépréciation

D_2 : Deuxième facteur dépréciation

Les valeurs de ces facteurs sont regroupées dans le tableau suivant :

Tableau II.2 : Facteurs de dépréciation

Facteur de dépréciation D_1	Facteur de dépréciation D_2	
	Faible : 1,1	Incandescence courante
Moyen : 1,25	Incandescence aux halogènes	1
Fort : 1,4	Tube fluorescent	1,2
	Vapeur de mercure ballon fluorescent	1,2
	Halogènes métalliques	1,35
	Vapeur de sodium	1,1

II.2.2 Détermination du facteur du local et du facteur de suspension :

Un local, en général de forme parallélépipédique, est caractérisé par le rapport de ses dimensions. On appelle plan utile un plan fictif couvrant toute la surface de la pièce et situé par convention à 0,85 m du sol.

II.2.2.1 Facteur du local :

Le facteur du local est calculé à partir des dimensions du local. Sa formule est :

$$K = \frac{A * B}{(A+B) H_3} \quad (\text{II.3})$$

A : longueur du local

B : largeur du local

H_3 : hauteur de la lumière au-dessus du plan utile

On arrondit les valeurs de K aux nombres suivants : 0,6 ; 0,8 ; 1 ; 1,25 ; 1,5 ; 2 ; 2,5 ; 3 ; 4 ; 5.

II.2.2.2 Facteur de suspension :

L'équation qui permet de déterminer le facteur de suspension est donné par la formule suivante :

$$J = \frac{H_2}{H_2 + H_3} \quad (\text{II.4})$$

H_2 : Hauteur du plan utile (en générale 0,85m)

H_3 : Hauteur du luminaire par rapport au plan utile

Remarque :

On ne retient que les deux valeurs suivantes $J=0$ et $J= 1/3$

On ne considère jamais la hauteur totale d'un local mais la hauteur des luminaires au-dessus du plan utile.

II.2.3 Détermination du facteur de réflexion :

On a caractérisé en pourcentage les facteurs de réflexion du plafond, des murs et du plan utile. Pour éviter une surcharge des tableaux, ces facteurs ne sont pas donnés en pourcentage, mais en fonction du chiffre des dizaines de ces valeurs. Le tableau ci-dessous nous donne le coefficient à appliquer :

Tableau II.3 : Facteurs de réflexion

	Très clair	Clair	Moyen	Sombre	Nul
Plafond	8	7	5	3	0
Murs	7	5	3	1	0
Plan utile	3	3	1	1	0

Plafond blanc mat 70%

Mur de couleur jaune vif 30% indice est 731

Sol en carrelage foncé 10%

II.2.4 Recherche de la classe et courbe photométrique

La courbe photométrique permet de savoir la classe photométrique du luminaire. En effet, la norme NFC 71-121 donne pour les luminaires, une répartition en 20 classes repérées de A à T. La classe photométrique hiérarchise les luminaires d'après leur rendement en service c'est-à-dire leur capacité à restituer le flux initial et leur diffusion lumineuse dans les 5 régions de la sphère (figure ci-dessus).

La catégorie du luminaire est définie par la répartition du flux lumineux sur une sphère selon 5 cônes repérés F1 à F5.

Tableau II.4 : Catégorie de luminaire en fonction de la classe

Classe	Catégorie de luminaire
A,B,C ,D,E	F1 direct intensif
F,G,H,I,J	F2 direct extensif
K,L,M,N	F3 semi direct
O,P,Q,R,S	F4 mixte
T	F5 indirect

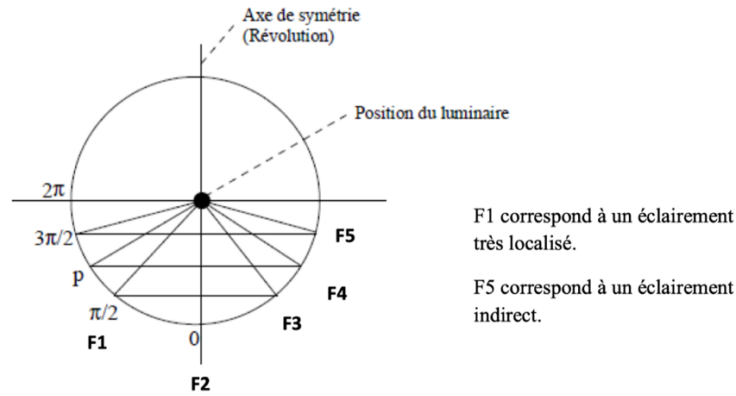


Figure II.1 : Répartition photométrique

En milieu industriel, on utilise essentiellement direct de plus intensif au plus extensif, classé de A à J selon les normes UTE 71-120 et UTE 71-121.

L'équation photométrique du luminaire est donnée par le constructeur. Elle est de la forme suivante :

$$PH = (n_i * X) + (n_s * T) \quad (\text{II.5})$$

Avec

n_i : Rendement du luminaire vers le bas (partie inférieure).

n_s : Rendement du luminaire vers le haut (partie supérieure).

X : Classe photométrique pour l'éclairage direct.

T : Classe photométrique pour l'éclairage indirect.

II.2.5 Détermination du facteur d'utilance :

C'est le rapport du flux utile (reçu par le plan utile) au flux total sortant des luminaires. On détermine ce facteur à l'aide de tableaux comportant trois variables :

La valeur de J (facteur de suspension)

La valeur de K (indice du local).

Les facteurs de réflexion des parois.

II.2.6 Détermination du flux lumineux total :

Le flux lumineux est la puissance lumineuse émise par une source lumineuse. Il permet de comparer l'efficacité lumineuse des différentes lampes, exprimée en lumens.

Pour éclairer la totalité du plan utile d'une pièce rectangulaire au niveau d'éclairage avec des lampes, il faut installer des lampes donnant au total un flux ϕ_t . L'expression de ce dernier est :

$$\phi_t = \frac{E * S * D}{\eta_i * U_i + \eta_s * U_s} \quad (\text{II.6})$$

Avec

E : Niveau d'éclairage (en lux).

S : Surface du local à éclairer (en m²).

D : Facteur de dépréciation total

U_i et U_s : Facteurs d'utilité

η_i et η_s : Rendements de la partie inférieure et supérieure

II.2.7 Détermination du nombre de luminaires :

Connaissant le flux lumineux total, et le flux lumineux produit par chaque luminaire, on en déduit le nombre de luminaires à installer (N).

$$N = \frac{\Phi_t}{\Phi_{app}} \quad (II.7)$$

Avec :

Φ_t : Flux lumineux total à produire

Φ_{app} : Flux lumineux produit par l'appareil

Le flux lumineux Φ_{app} est donné par le constructeur

II.2.8 Implantation des luminaires :

La répartition des luminaires peut être fonction :

- De l'emplacement des postes de travail.
- De la constitution du plafond.
- De la présence d'obstacle.
- Du nombre de points lumineux.

Les valeurs des distances entre luminaires dépendent de la classe des luminaires et de la hauteur utile H₃.

Le tableau ci-dessous donne des coefficients δ de distance maximale entre deux luminaires, en fonction de la classe de ce dernier. Selon le constructeur, il peut arriver que le coefficient δ soit différent dans le sens longitudinal et dans le sens transversal. La distance entre les luminaires (figure b)) est donnée par la formule suivante :

$$DM = H_3 * \delta \quad (II.8)$$

Avec

H₃ : hauteur entre le plan de luminaire et le plan utile

δ : coefficient de distances entre les luminaires

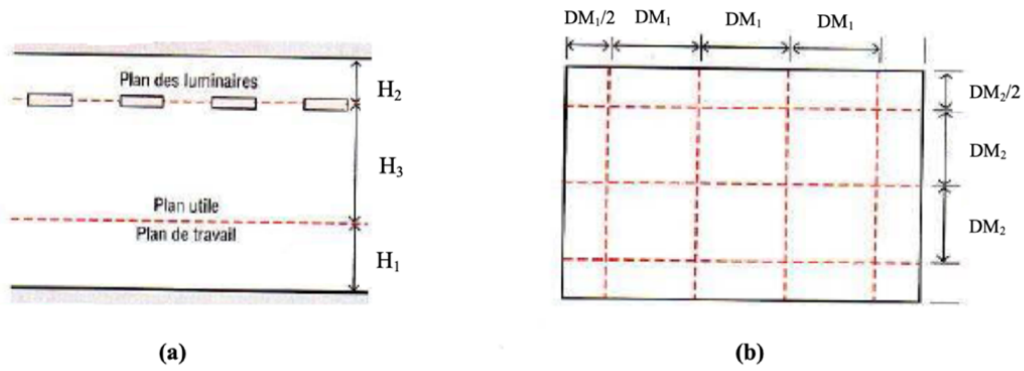


Figure II.2 : Disposition des luminaires

Tableau II.5 : Coefficient d'interdistance des luminaires

Classe	Distance maximale entre deux luminaires
A	H3
B	1,1 *H3
C	1,3 *H3
D	1,6 *H3
E	1,9 *H3
F	2 *H3
G	2* H3
H	1,9 *H3
I	2 *H3
J	2,3 *H3

On calcule ensuite le nombre de luminaires dans la longueur et dans la largeur :

Nombre de luminaire dans la longueur

(N_{Lon})

$$N_{Lon} = \frac{A}{DM} \quad (II.9)$$

Nombre de luminaire dans la largeur

(N_{Lar})

$$N_{Lar} = \frac{B}{DM} \quad (II.10)$$

Avec

A : Longueur du local

B : Largeur du local

DM : Distance maximale entre les deux luminaires

II.3 Constitution du réseau éclairage public

II.3.1 Équipements de base

- Le réseau d'éclairage public est principalement composé :
- Des armoires ou coffret d'électricité servant à commander et de protéger le réseau

- Des câbles électriques servant à transporter l'électricité à partir des sources d'alimentation
- Des points lumineux/ lampadaires qui éclairent l'espace public
- Les câblages de liaison

II.3.2 Des armoires ou coffret d'électricité servant à commander et protéger le réseau :

Également appelé Coffret de commande et de protection (CCP), l'armoire d'éclairage public permet l'alimentation du réseau d'éclairage public à partir du réseau public de distribution d'énergie. Il renferme des équipements ou dispositifs de comptage, de commande et de protection.

Une armoire est généralement constituée d'une partie pour le comptage de la consommation électrique (en cas de branchement au réseau national dans le cas de l'Algérie c'est la SONELGAZ), une partie de commande d'allumage des points lumineux contenant des composants telles que les détecteurs crépusculaires ou horloges et les contacteurs, comportant tous les appareils de protection (disjoncteur, fusible...).

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.

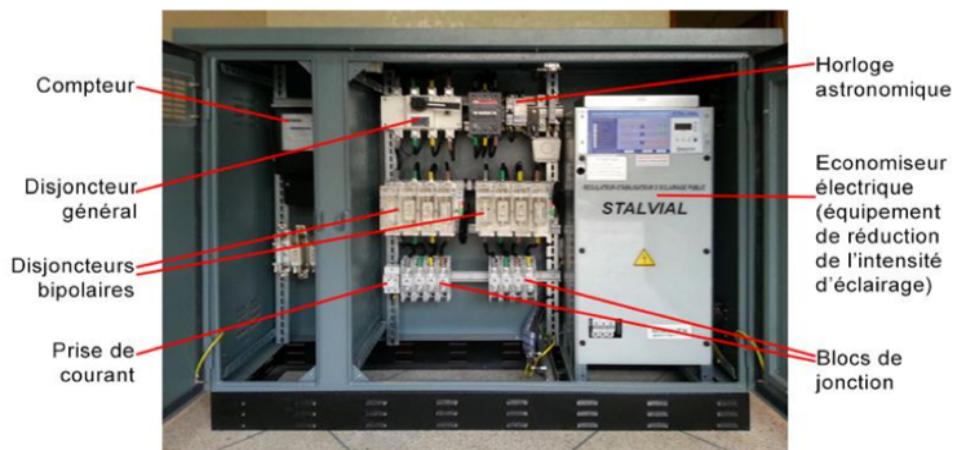


Figure II.3 : Des armoires ou coffret d'électricité
<https://www.mekkoudi.com>

Un **compteur électrique** est un organe électrique servant à mesurer la quantité d'énergie électrique consommée...Il est utilisé par les fournisseurs d'électricité afin de facturer la consommation d'énergie au client. À l'origine ces appareils étaient de

conception électromécanique, ils sont remplacés dorénavant par des modèles électroniques. Les nouvelles versions de compteurs électriques sont des compteurs communicants appelés parfois « compteurs intelligents »

II.3.3 Fusible

Le coupe-circuit à fusible, par abréviation fusible, est un appareil de connexion dont la fonction est d'ouvrir, par la fusion d'un ou plusieurs de sections éléments conçus et calibrés à cet effet, le circuit dans lequel il est installé et interrompre le courant, lorsque celui-ci dépasse pendant un temps déterminé une valeur donnée (surintensité).

II.3.3.1 Disjoncteur

Un disjoncteur est un appareil mécanique de connexion capable d'établir, de supporter et d'interrompre des courants dans les conditions normales du circuit, ainsi que d'établir, de supporter pendant une durée spécifiée et d'interrompre des courants dans des conditions anormales spécifiées telles que celles du court-circuit.

Le **disjoncteur** électrique **général** joue un rôle très important : il coupe l'alimentation électrique en cas de surcharge ou de court-circuit, et donc de danger.

Le **disjoncteur** électrique **général** est aussi appelé « **disjoncteur** de branchement »

Le **disjoncteur bipolaire**, quant à lui, contrôle le courant sur les deux conducteurs en même temps : la phase et le neutre. Cette protection renforcée est particulièrement adaptée aux environnements exigeants des secteurs tertiaires et industriels.

II.3.3.2 Bloc de jonction

Les **blocs de jonction** permettent le raccordement de plusieurs conducteurs dans un seul point de connexion. Raccordez des fils en cuivre jusqu'à une section de 240 mm² sans aucun prétraitement.

Un **bloc de jonction** se clipse sur un rail DIN, il est souvent installé dans un tableau ou coffret **électrique** fermé, afin de le protéger des poussières et de l'humidité. Il existe plusieurs largeurs de bornes de **jonction** permettant d'accueillir des fils entre 0.5mm² à 10 mm²

II.3.3.3 Économies d'énergie

L'espace des points lumineux permet de diminuer leur nombre et donc :

- Le montant de l'investissement ;
- La consommation électrique ;
- Les coûts de maintenance.

Attention toutefois à conserver une uniformité d'au moins 0,4.

II.3.3.4 Les horloges astronomiques

Seule une horloge astronomique de bonne qualité permet de suivre parfaitement les heures d'éclairement naturel.

Installées dans les armoires d'éclairage public, les horloges astronomiques calculent la position du soleil et déterminent les instants de commutation de l'éclairage public, à partir d'informations géographiques et temporelles.



Figure II.4 : horloge astronomique

Avantage des horloges astronomiques :

- Prise en compte des changements d'heure ;
- Programmation hebdomadaire et annuelle ;
- Maîtrise de la durée d'éclairage annuelle ;
- Synchronisation des horloges.

Les horloges astronomiques sont pour la plupart éligibles aux Certificats d'Économies d'Énergie.

II.4 Dimensionnement des câbles

II.4.1 Principe de la méthode

Les câbles sont considérés comme les piliers d'une installation électrique, en outre un surdimensionnement engendre des surcoûts dans la réalisation du projet, par contre un sous dimensionnement peut engendrer des échauffements et causer un dysfonctionnement de l'installation électrique, d'où la nécessité d'un dimensionnement optimal.

En gros le principe de la méthode qui peut être décrite par les étapes suivantes :

- **1^{ère} étape**

Connaissant la puissance d'utilisation, on détermine le courant maximal d'emploi I_B et on en déduit le courant assigné I_n du dispositif de protection.

On calcule le courant de court-circuit maximal I_{cc} à l'origine du circuit et on en déduit le pouvoir de coupure PdC du dispositif de protection.

Installations électriques

- **2^{ème} Étape**

Selon les conditions d'installation :

- Le **mode de pose** et la nature des milieux traversés
- La **température** extrême du milieu ambiant
- La **tension** et la nature du **courant**
- L'**intensité** à transporter

- La **nature** de l'âme
- La **longueur** de la liaison
- La **chute de tension** admissible
- La **valeur du courant** de court-circuit et le temps de coupure sur défaut on détermine le facteur global de correction K.

En fonction de In et K, on choisit la section adéquate du conducteur.

- **3^{ème} Étape**

Vérification de la chute de tension maximale.

Vérification de la tenue des conducteurs à la contrainte thermique en cas de court-circuit.

Pour les schémas TN et IT, vérification de la longueur maximale relative à la protection des personnes contre les contacts indirects.

La section du conducteur satisfaisant toutes ces conditions est alors retenue.

II.5 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 et 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 éclairage 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'éclairage.

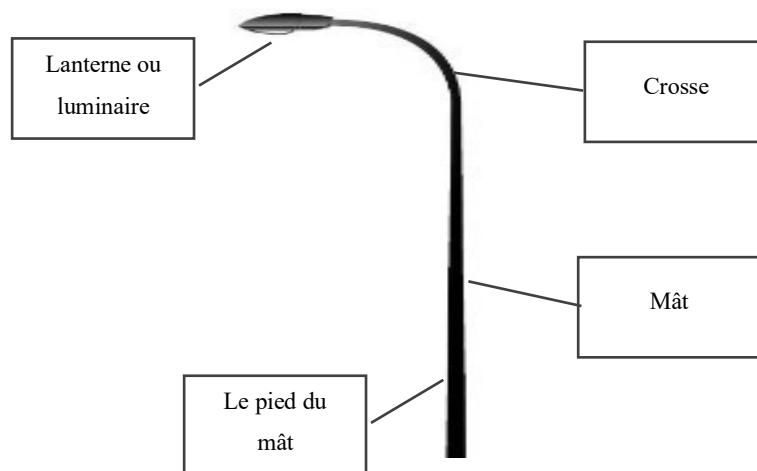


Figure II.5 : Constitution complet d'un poteau électrique

II.6 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.

II.6.1 Quels types de lampadaires ?

Utiliser uniquement des réflecteurs

À haut rendement

Sans émission lumineuse au-dessus de l'horizon

L'utilisation de réflecteurs dirigeant la lumière seulement vers les zones où elle est nécessaire autorise l'emploi de lampes d'une puissance électrique moins élevée. De plus, toute émission vers l'horizon, est éblouissante, et au-dessus de l'horizon, inutile, éclairant le ciel (pollution lumineuse).

Si de plus, du fait de l'inclinaison de la crosse, le luminaire n'est pas orienté horizontalement, son efficacité énergétique est réduite très significativement, et contribue de nouveau à une émission horizontale, motif principal des intrusions de lumières dans les propriétés et les habitations.





On peut faire un tri parmi les lampadaires en fonction de leur architecture.

Certains disposent de réflecteurs efficaces qui dirigent la lumière là où elle est nécessaire, et d'autres pas. Le meilleur type – c'est celui que nous préconisons – est celui des lampadaires à « défilement absolu » dit « Full Cut Off ».

De tels lampadaires n'envoient aucune lumière au-dessus de l'horizontale et seulement 10% de candelas par rapport aux 1000 lumens produits par l'ampoule (c'est-à-dire 100 cd pour une ampoule de 1 000 lumens) dans l'espace compris entre 80° et 90°.

On voit que pour le « défilé » ou « Cut Off » et le « semi défilé » ou « Semi Cut Off », il peut y avoir 25 cd, respectivement 50 cd, au-dessus de l'horizontale et 100 cd, respectivement 200 cd, entre 80° et 90°.

Les luminaires « non défilé » ou « Non Cut Off » sont à proscrire absolument.

OPTIQUES	ROUTIERE	URBAINE	CIRCULAIRE	LONGITUDINALE
UTILISATIONS	Configuration standard. Permet d'espacer les candélabres tout en concentrant le flux lumineux sur la chaussée.	Chaussées larges (avec pistes cyclables, places de stationnements...)	Places, parkings, trottoirs, inter-distances limitées.	Grandes inter-distances avec faibles largeurs (pistes cyclables par exemple)
SCHEMAS				
TYPES DE LUMINAIRES	FONCTIONNEL	FONCTIONNEL	AMBIANCE, STYLE	LUMINAIRES LED EXCLUSIVEMENT

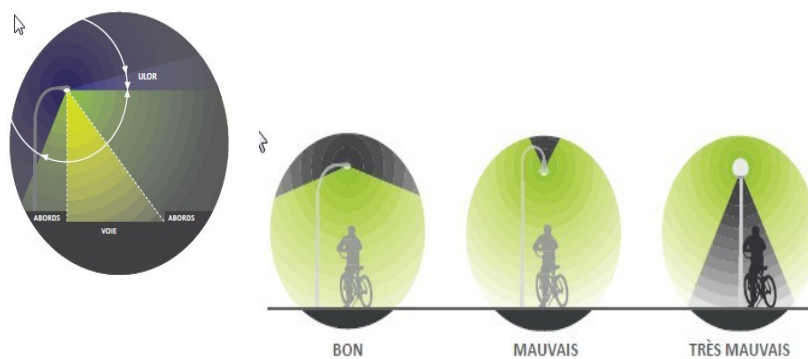


Figure II.6 : L'exemple de l'URL des luminaires inadéquats

L'exemple le plus flagrant de luminaires présentant un ULOR déplorable est celui des luminaires boules qui sont désormais bannis par la plupart

Bon :

- Le plus efficace
- 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

- Gaspille l'énergie vers le ciel
- Provoque l'éblouissement
- Intrusion sur le voisinage
- Lumière "dure"

Très mauvais

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

Les lampadaires que nous ne pouvons pas les utiliser sur l'éclairage public



Figure II.7 : Les luminaires déconseillés
[https : www.ascen.be](https://www.ascen.be)

Il est fréquent de subir, à son domicile ou sur une zone de circulation, le flux lumineux très agressif émis depuis le parking d'un supermarché, d'une zone industrielle ou d'un stade. Dans ce dernier cas, l'éclairage n'est que temporaire, mais lorsqu'il fonctionne toute la nuit, la gêne est permanente sur une grande distance, et la consommation d'énergie est excessive.

Il faut privilégier les installations qui comportent des luminaires bien conçus - et donc efficaces qui minimisent les pertes de lumière vers le ciel ainsi que les débordements de lumière hors des surfaces à éclairer.

On peut placer du nouveau matériel intégrant un réglage d'intensité ou doté de réflecteurs permettant une orientation précise du faisceau. Les luminaires entièrement capotés, dits « Full Cut Off » (ou « entièrement défilés ») réduisent à zéro les émissions de lumière vers le ciel.

Les bons modèles disposent d'un verre plat permettant de limiter les déperditions de lumière. L'éclairage recommandé est de 10 lux sous mât, 1 lux entre mâts.

Évitons en tout cas l'utilisation de lampadaires boules qui sont certes peu chers à l'achat, mais qui renvoient 50% de la lumière vers le ciel et sont donc coûteux en termes de consommation mais également d'entretien.

Les démarches doivent cependant conserver toutes les garanties d'entretien et de maîtrise des coûts : à moins d'opérations de grande envergure, le choix d'appareils ou d'ampoules produits en série trop limités ne s'inscrit pas durablement dans un programme de maintenance.

Pour ces améliorations, il existe des opportunités de recherche développement pour les sociétés de production de matériel, qui pourront proposer dans leur gamme des solutions souples, voire de nouvelles pistes, tout en veillant à la maîtrise des coûts.

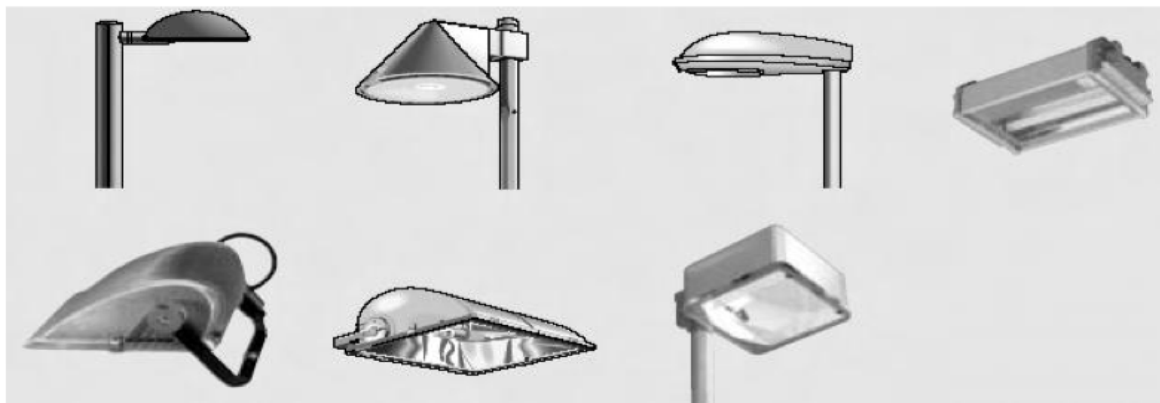


Figure II.8 : Les luminaires conseillés
[https : www.ascen.be](https://www.ascen.be)

II.7 Les éléments d'un lampadaire :

II.7.1 Lanterne :

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

II.7.2 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.

II.7.3 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.

Le luminaire, c'est-à-dire la lampe ou source lumineuse

II.7.4 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.

Définition : Auxiliaires d'alimentation interposés entre le réseau électrique et la lampe, les ballasts (ferromagnétiques ou électroniques) adaptent le courant nécessaire au fonctionnement des lampes selon leur type et leur puissance.

II.7.4.1 Ballasts ferromagnétiques :

Les ballasts ferromagnétiques nécessitent l'utilisation :

- D'un condensateur pour limiter l'énergie réactive ;
- D'un amorceur pour allumer la lampe.

La présence d'un condensateur et/ou d'un amorceur demande une vérification et un remplacement périodique afin d'éviter surconsommations et dysfonctionnements.



Figure II.9 : Les ballasts électroniques

Ballasts électroniques	
Avantages	Inconvénients
<p>Ils augmentent la durée de vie des lampes (grâce à un allumage progressif et une régulation de la tension d'alimentation).</p> <p>Ils assurent une lumière constante.</p> <p>Lorsqu'ils sont gradables, ils permettent de faire varier le niveau d'éclairage.</p>	<p>Leur installation n'est guère compatible avec la présence de ballasts ferromagnétiques.</p> <p>Ne comportant pas de dispositif de protection intrinsèque, ils nécessitent en parallèle l'installation de parasurtenseurs pour les protéger des surtensions du réseau de distribution.</p> <p>Leur durée de vie est incertaine.</p>

II.7.5 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.

II.7.6 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.

Selon la fonction, l'aspect esthétique, l'espace et l'environnement, on peut identifier plusieurs types de supports, par exemple un poteau en acier, en aluminium, en fonte, en béton, en bois et de forme tubulaire, cylindro-conique, octogonale avec ou sans embase, un mât décoratif, un caténaire, un candélabre traditionnel, une console sur façade ; on peut l'encastrer au sol, etc.

II.8 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. Des technologies appropriées pouvant être proposées pour la gestion automatique de l'éclairage public, comme par exemple :

II.8.1 Les détecteurs de présence :



Figure II.10 : Les détecteurs de présence

Les détecteurs de présence commandent l'allumage et l'extinction de l'éclairage. Sur des axes peu fréquentés, ils permettent de faire des économies d'énergie substantielles.

Ces détecteurs trouvent donc particulièrement leur place dans des zones piétonnes ou cyclistes peu fréquentées.

Ils sont à installer sur des luminaires LED car incompatibles avec des lampes à décharge (inertie à l'allumage, détérioration suite aux extinctions répétées).

II.8.2 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.

Pour assurer la fiabilité et la précision de l'interrupteur, il est essentiel de positionner et d'orienter correctement le capteur de sorte à ne pas subir l'effet des sources lumineuses aléatoires ou ne pas être perturbé par des ombres. Il faut en outre le contrôler et le nettoyer régulièrement afin d'empêcher l'accumulation de poussière.

Les interrupteurs crépusculaires peuvent être associés à des horloges afin de couper la commande pendant une partie de la nuit.

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.



*Détecteur crépusculaire
intégrable
Source : www.canac.ca*



*Détecteur crépusculaire
expos
Source :
www.energical.com*



*Horloge programmable
numérique
Source :
www.batiproduits.com*



*Horloge programmable
mécanique
Source : www.topelec.fr*

Figure II.11 : Les appareils de commande

Conclusion

Pour la réalisation de notre projet d'éclairage il nous faut savoir que l'éclairage artificiel pour être faite/réalisable il faut installer dans un lieu afin de l'adapter à une activité donnée, en tenant compte du confort visuel que requiert cette activité (suivant les réglementations).

Partant d'un local à éclairer dont on connaît les dimensions (à l'intérieur des villes et ou communes) et la nature des tâches qui y seront accomplies, le projet consiste à déterminer le type, le nombre et la disposition des luminaires nécessaires pour réaliser un éclairage convenable.

7 étapes vers un éclairage extérieur à impact environnemental maîtrisé, avec 3 points de vigilance pour lesquels il faut être particulièrement attentif :

- Plafonner la température de couleur des lampes,
- Plafonner la puissance lumineuse moyenne des installations,

- Plafonner la consommation énergétique des installations.

	Recommandations
1. Besoins	Clarifier les besoins en matière d'éclairage des routes et trottoirs. Toutes les voies ne doivent pas obligatoirement être éclairées.
2. Types de lampes	Utiliser des Lampes ayant des très bonnes efficacités lumineuses
3. Luminaires	Utiliser des réflecteurs à haut rendement. Éviter toute émission lumineuse au-dessus de l'horizon (pollution lumineuse) : <ul style="list-style-type: none"> • Due aux propriétés photométriques des lampadaires • Ou due à l'orientation de la crose
4. Ballasts d'allumage Ou drivers	Préférer les ballasts électroniques à faible consommation et longue durée de vie (dans le cas des lampes à décharge) Les drivers pour les lampes LEDs
5. Puissance lumineuse linéaire	Pour des rues d'une largeur de moins de 10 mètres : <ul style="list-style-type: none"> • Valeur cible 75 kilolumens/kilomètre • Valeur limite 150kilolumens/kilomètre Pour des rues d'une largeur de plus de 10 mètres : <ul style="list-style-type: none"> • Valeur cible 150 kilolumens/kilomètre • Valeur limite 300 kilolumens/kilomètre
6. Horaires de fonctionnement	Allumage le soir : quand la lumineuse descend sous 20 lux pendant plus de 10 minutes Extinction durant la nuit Réduction de l'intensité lumineuse la nuit si une extinction n'est pas possible (variation de la puissance lumineuse ou extinction partielle)
7. Consommation d'énergie	Valeur cible 3000 kWh/km/an Valeur limite 7000 kWh/ km/an

**III. Chapitre: Éclairage public
d'une route et son trottoir en
Algérie**

Introduction

La bonne performance de l'éclairage public dans les routes et trottoirs dépend de sa capacité de fournir une bonne illumination lorsque c'est nécessaire (pendant la nuit) le niveau d'éclairement demandé dans les conditions de qualité satisfaisantes, en maintenant les niveaux de consommation, et de photométries dans des limites acceptables.

A l'époque, les villes ont employé l'éclairage public pour des raisons de sécurité et aussi pouvoir distinguer les obstacles rencontrés, ou simplement créer un confort visuel. Cependant, la priorité et la dynamique ont changé à cause de l'évolution de la technologie, des besoins de la population en général et même des propres lampes. Le développement de l'industrie et les nouveaux chercheurs ont vraiment contribuent à toute cette diversité des luminaires que nous entoure de nos jours tout en prenons en compte le milieu climatique et ses impacts par exemple dans l'environnement. L'utilisation des détecteurs de présence par exemple pour réduire la consommation énergétique est devenue l'outil idéal pour le développement d'une bonne commande du réseau EP.

L'exigence de faire fonctionner un réseau d'éclairage public des routes et trottoirs en Algérie parfaitement dimensionné que ça soit au niveau de l'efficacité énergétique ainsi que sa propre consommation a engendré une importance capitale à l'analyse de tout le réseau d'éclairage public national dans l'actualité. C'est en trouvant un tas de choses qui n'était pas en conformité qui a motivé les chercheurs de la câblerie national Sidi Bendehiba à faire des partenariats avec plusieurs organismes comme l'UMAB dans le but de donner vie à un outil de guide que tout le pays peut utiliser *pour un éclairage public beaucoup plus fiable, efficace, moderne, économique et d'une très bonne qualité », tout en éclairant mieux et assurant la sécurité des habitants.*

Dans ce chapitre, nous allons continuer à décrire des points très important dans la conception d'une installation d'éclairage public qu'on n'a pas peut mentionner dans le chapitre précédent notamment : L'implantation, commande, maintenance de l'éclairage de routes et trottoirs et pour clôturer notre chapitre on va faire une installation complet d'un cas réel d'une petite route *la boulevard Amirouche apartir du rondpoint de Kharouba jusqu'à Aïn Salam.*

III.1 Éclairage public d'une route et son trottoir en Algérie

Cette partie est intéressante pour les cadres techniques des Communes et les Bureau d'études ou Ingénieurs conseils impliqués dans la planification et l'amélioration des réseaux d'éclairage public.

III.2 Types d'implantation sur l'espace public

Pour identifier l'implantation appropriée à un espace public, il est primordial de tenir compte des paramètres suivants :

- L : largeur de la chaussée à éclairer
- a : avancement du feu par rapport au bord de la chaussée
- h : hauteur du feu
- e : espacement entre deux foyers lumineux

Il existe 4 types principaux d'implantation des points lumineux dans l'éclairage public.

III.2.1 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.

III.2.2 Implantation bilatérale en quiconque

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 constituant une chaussée simple à double sens de circulation.

III.2.3 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 15 fois la hauteur des candélabres. Ce type d'installation est habituellement utilisé pour une route constituant une chaussée simple à double sens de circulation

III.2.4 Implantation axiale (rétro-bilatérale)

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

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

Tableau IIII-I.1 : Synthèse sur les types d'implantation en fonction la hauteur des feux et la largeur de la chaussée

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

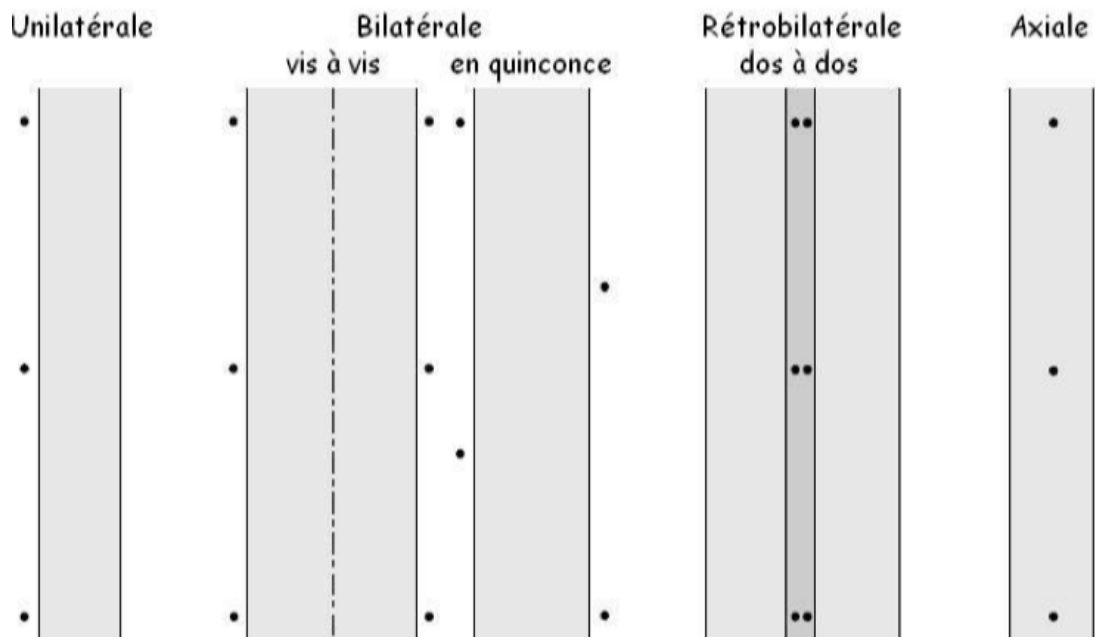
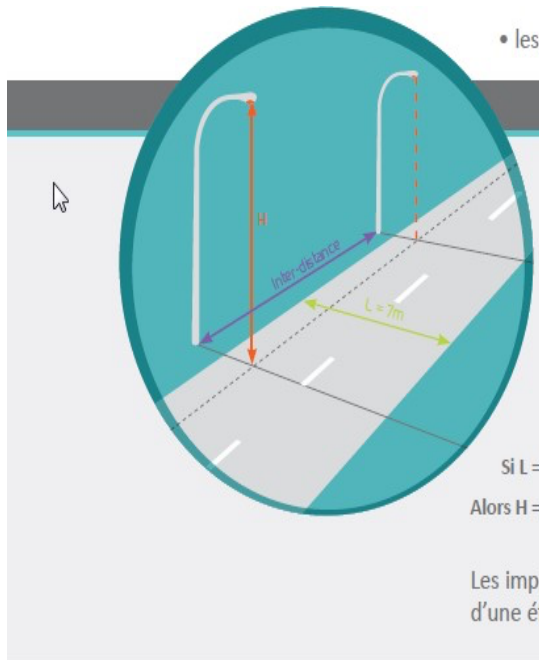


Figure III.I.1 : Types d'implantation

- les types et puissances de lampes.

Calcul d'inter-distance



La largeur de la chaussée (L) peut être égale à la hauteur de feux (H).

Donc $L = H$

Inter-distance mini = $H \times 3,5$

Inter-distance maxi = $H \times 4$

Certains luminaires LED permettent d'atteindre des inter-distances allant jusqu'à 6 fois la hauteur de feux.

Si $L = 7$ mètres Inter-distance mini = $7 \times 3,5 = 24,5$ mètres
 Alors $H = 7$ mètres Inter-distance maxi = $7 \times 4 = 28$ mètres

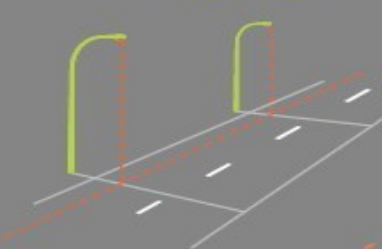
Les implantations et hauteurs de feux sont à préciser sur la base d'une étude photométrique lors du choix du matériel.

Figure III.2 : Exemple d'un calcul d'interdistance

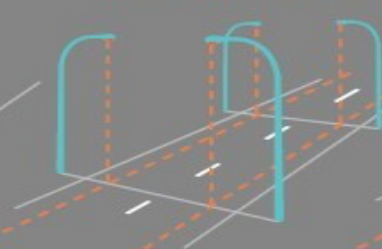
Schémas d'implantation des candélabres

IMPLANTATIONS	UNILATÉRALE	BILATÉRALE EN VIS-À-VIS	AXIALE
AVANTAGES	Investissement moins lourd. Encombrement réduit des trottoirs.	Répond aux profils de chaussée importants. Éclairage identique sur toute la chaussée.	Pas d'encombrement des trottoirs. Adapté aux chaussées doubles.
INCONVÉNIENTS	Ne convient pas à des profils importants (chaussée et/ou trottoir larges). Éclairage faible sur la chaussée et le trottoir opposé.	Investissement plus lourd (double mobilier d'éclairage). Encombrement des trottoirs.	Intervention sur la chaussée pour la maintenance. Éclairage réduit sur le côté opposé.
APPLICATIONS	Voies urbaines Pistes cyclables Chemins piétons	Voies urbaines Chaussées doubles	Voies importantes et mixtes (ex : voirie avec transport en commun)

Unilatérale



Bilatérale en vis-à-vis



Axiale

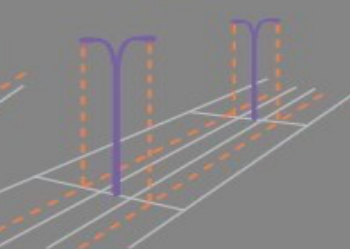


Figure III.3 : Les avantages et inconvénients des implantations

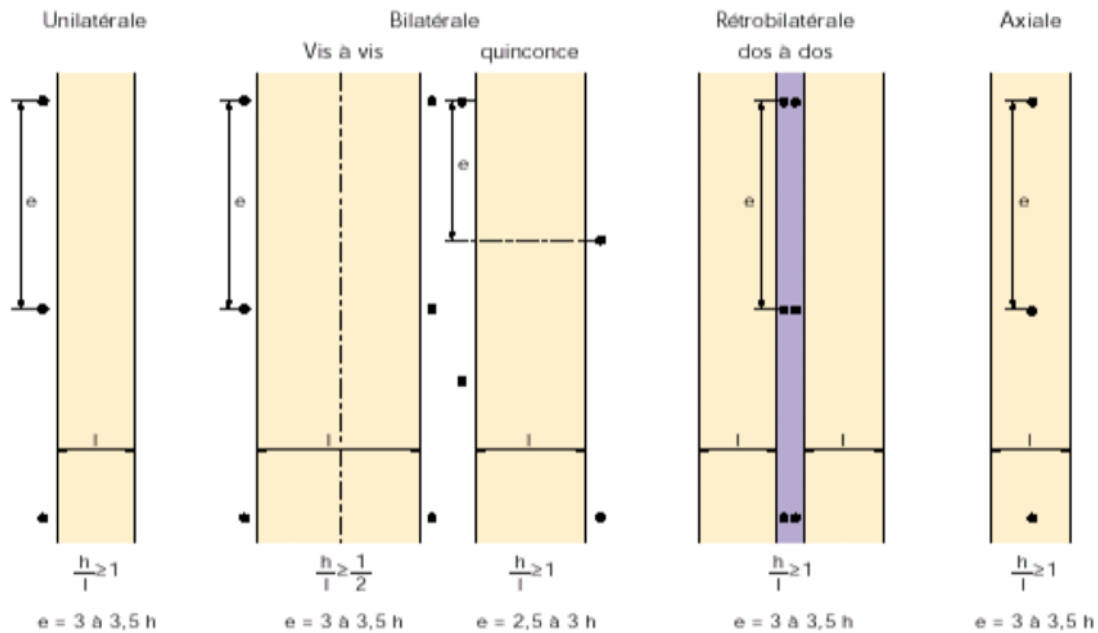


Figure III.4 : Illustration des distances à prendre lors de l'implantation

Tous les types d'implantation doivent obligatoirement respecter les aspects règlementaires concernant les trottoirs selon la norme Européenne EN 13201- 1 :

- Le trottoir, le cheminement doit être aisément identifiable
- Le trottoir ne doit pas être confondu avec la piste cyclable ou la chaussée
- Les piétons souhaitent un éclairage différencié des autres parties de la voirie
- Les traversées piétonnes doivent être visibles même à distance
- La lisibilité du parcours doit contribuer à dissuader les mauvais usages de l'espace du piéton

III.3 Calcul des inter-distances et hauteurs de feu

Les hauteurs de feux sont à préciser sur la base d'une étude photométrique lors du choix du matériel. Les distances inter-luminaires nommées inter-distances dépendent également de la hauteur.

Ordres de grandeur possibles :

- La largeur de la chaussée (L) peut être égale à la hauteur de feux (H). Donc $L = H$
- L'interdistance est comprise entre $3,5 \times H$ et $4 \times H$.

III.4 Méthode du rapport R

La méthode qu'on va utiliser ne donne pas les valeurs ponctuelles d'éclairement de luminance. Elle est basée sur des règles empiriques d'implantation et sur le calcul du flux à installer.

Dans cette méthode du point de vue de l'uniformité, il est recommandé de respecter certaines relations, établies empiriquement, entre ces différents paramètres de l'installation :

L : largeur de la chaussée H : hauteur de feu E : espacement des foyers

- Uniformité transversale de luminance
- Implantation unilatérale, axiale et en quinconce
- Implantation bilatérale vis à vis
- Uniformité longitudinale de luminance

On prendra un rapport e/h au plus égal à 3,5 pour des implantations unilatérale, axiale et bilatérale, et un rapport e/h au plus égal à 3,2 pour des implantations en quinconce.

Les rapports e/h pour les deux cas d'implantation ci-dessus, seront au plus égaux à 3 et 2,7.

Le choix des implantations est fonction essentiellement :

- de la largeur à éclairer et donc des « hauteurs de feu »
- de la configuration de la voirie (trottoirs, pistes cyclables, couloirs bus...)
- des aménagements (plantations, mobilier urbain...)
- des réseaux souterrains existants
- de l'image diurne souhaitée (perspective de la rue – encombrement...)
- de l'ambiance nocturne est compté

III.5 Ce choix conditionne la configuration du luminaire :

- Avancée (saillie)
- Inclinaison (0° à 15°)

Il est à noter que certains luminaires LED permettent d'atteindre des inter-distances allant jusqu'à 6 fois la hauteur de feux, ce qui contribue à la diminution du nombre de points lumineux et par conséquent ce qui réduit les frais d'exploitation, de maintenance et de la facture énergétique.

Les objectifs d'éclairage précisés, le projet doit désormais définir :

- Le type d'éclairage : fonctionnel (à systématiser sur les voies structurantes) ou d'ambiance (envisageable sur les trottoirs, places, parkings, lotissements, espaces verts) ;
- L'implantation sur l'espace public : unilatérale ou bilatérale ;
- Les hauteurs de mâts ;
- Les distances inter-luminaires (inter-distances) ;
- Les types et puissances de lampes.

III.6 Moderniser l'éclairage routier

Note sur le remplacement des anciennes lampes par des LED pour l'éclairage routier Si une Commune, ville ou wilaya envisage de remplacer les anciennes lampes avec des LED afin de réduire la consommation électrique, elle doit prendre en compte les aspects suivants :

La puissance des lampes à LED dépend de la distance entre chaque luminaire, la hauteur d'installation, le volume de trafic maximal ainsi que le type de revêtement de la route

La faisabilité du remplacement est largement due à la longévité des LED. La durée de vie dépend à son tour des facteurs suivants :

- Qualité de la lampe à LED
- Gestion de la chaleur / dissipation thermique qui dépend de la qualité d'installation de la lampe et de la confection du luminaire
- Alimentation électrique / tension de service
- La température de couleur idéale de la lampe à LED est de 4000 Kelvin et l'indice de rendu des couleurs (IRC) doit être supérieur à 60
- La modularité du système : Est-ce que la lampe à LED peut être remplacée séparément ou est-ce qu'elle est intégrée au luminaire sans possibilité de la retirer ?
- La disponibilité des pièces de rechange et existence d'un réseau de service après-vente local ou régional
- La garantie sur le système du fabricant ainsi que du vendeur et de l'installateur
- La nécessité d'assurer la compatibilité de la lampe avec les régulateurs variateurs de puissance, le courant de démarrage et la tension d'alimentation (230V, 24V, 12V,)

La nécessité de veiller à une protection de surtension (sensibilité ≥ 4 kV, 10 kA).

Dans les spécifications techniques, il faut mentionner au minimum :

- La puissance électrique
- L'efficacité lumineuse
- La température de couleur et l'indice de rendu des couleurs de la lampe à LED (normalement 3000 Kelvin ou 4000 Kelvin)
- La durée de vie minimale (pour les LED normalement 35.000 heures de fonctionnement)
- La substituabilité et contrôlabilité de l'installation
- Les instructions de montage

- La certification de la lampe à LED, par exemple par le Centre Technique des Industries Mécaniques et Électriques (CETIME) ou selon les Normes européennes ainsi qu'une certification de performance

III.7 Les principales classes d'éclairage:

Classes M = véhicules motorisés pour conduite sur route, vitesses moyennes ou élevées (Lmoy, Uo, Ul, fTI, REI),

Classes C = véhicules motorisés pour zones de conflit telles que giratoires, rues commerçantes. En éclairage horizontal (Emoy, UOE),

Classes P = piétons et cyclistes sur chemins piétonniers, pistes cyclables, BAU, zones disposées séparément le long de la chaussée. En éclairage horizontal (Emoy, Emin, Ehs, UOE),

Classes SC = classes complémentaires pour les zones piétonnes pour reconnaissance des visages. En éclairage semi-cylindrique vertical (ESC min à 1.50 m au-dessus de la zone de chaussée),

Classes EV = visibilité des surfaces verticales comme les aires de péage, les giratoires, les échangeurs. Classe complémentaire. Éclairage vertical (ESC min et EV min).

Classes G = classes d'intensités lumineuses. Limitation de l'éblouissement perturbateur et contrôle de la nuisance lumineuse. Annexe informative.

Classes D = classe d'indice d'éblouissement pour la limitation de l'éblouissement d'inconfort principalement destinées à des zones de la route éclairée pour piétons et cycles.

fTI : évaluation de l'éblouissement d'incapacité. Valeurs maximales à ne pas dépasser pour les classes C et P. Annexe informative.

III.8 Influence des revêtements

L'œil est sensible à la luminance des objets, laquelle s'exprime en candélas par mètre carré (cd/m²). Celle-ci traduit la quantité de lumière réfléchi par le revêtement vers l'œil de l'observateur : elle dépend donc des caractéristiques propres de réflexion du revêtement.

La norme définit notamment des niveaux de luminance à respecter pour les chaussées circulées. Or la luminance dépend du revêtement.

Deux paramètres principaux caractérisent la réflexion de la lumière sur un revêtement de chaussée et interviennent dans le calcul de la luminance :

- Le coefficient de clarté Q_0 qui traduit la proportion d'énergie lumineuse réfléchi par le matériau : il augmente proportionnellement au pourcentage de lumière reçue qui est réémise.

- Le coefficient de spécularité SI qui traduit le caractère spéculaire du revêtement (effet miroir) : il correspond à la proportion d'énergie lumineuse réfléchie dans une direction privilégiée (celle de l'automobiliste).

Le revêtement standard R1 correspond à un matériau de chaussée clair et diffusant.

Le revêtement R4 correspond à un matériau sombre très spéculaire.

III.9 Commande de l'éclairage

Allumer et éteindre des lampadaires selon le besoin réel est une mesure excellente afin d'économiser la consommation énergétique. Néanmoins, les divers systèmes ne sont pas également adaptés à cette technologie en évolution rapide. Elle est particulièrement intéressante pour les espaces publics utilisés peu fréquemment, comme des toilettes publiques, points publics de collecte des déchets, routes rurales peu fréquentées. Pour les espaces avec une sensibilité à la sécurité élevée, elle est déconseillée (par exemple pour les routes fréquentées, les espaces de circulation routière ou piétonne importants, et les espaces qui demandent une surveillance pendant toute la nuit).

Trois stratégies possibles existent :

- Programmer les horaires d'allumage et/ou de réduction d'intensité d'éclairage. Pour un système avec illumination diminuée, il est nécessaire d'installer des lampes graduables ou deux lampes non-graduables par lampadaire.
- Allumage des lampadaires individuels géré par des détecteurs de mouvement ou détecteurs de présence et avec un délai d'extinction programmable.
- Combinaison entre allumage programmé, fonction de lumière naturelle et/ou détection de mouvement. Cette option peut être utile par exemple si on souhaite diminuer l'intensité d'éclairage durant la nuit ou uniquement sur demande.

Il est intéressant d'intégrer des détecteurs de mouvement ou détecteurs de présence dans les systèmes d'éclairage branchés au réseau public mais cela dépend fortement du type de luminaire utilisé. Des interruptions irrégulières sont facilement possibles avec des luminaires LED. Les lampes sodium à haute pression, utilisées souvent pour les lampadaires routiers et espaces publics, nécessitent une décharge assez régulière. En conséquence, les horloges programmables sont conseillées pour régler les heures de fonctionnement. En revanche, ne sont pas conseillées les détecteurs de mouvement.



Figure III.1.5 : Fonctionnement d'un détecteur de présence

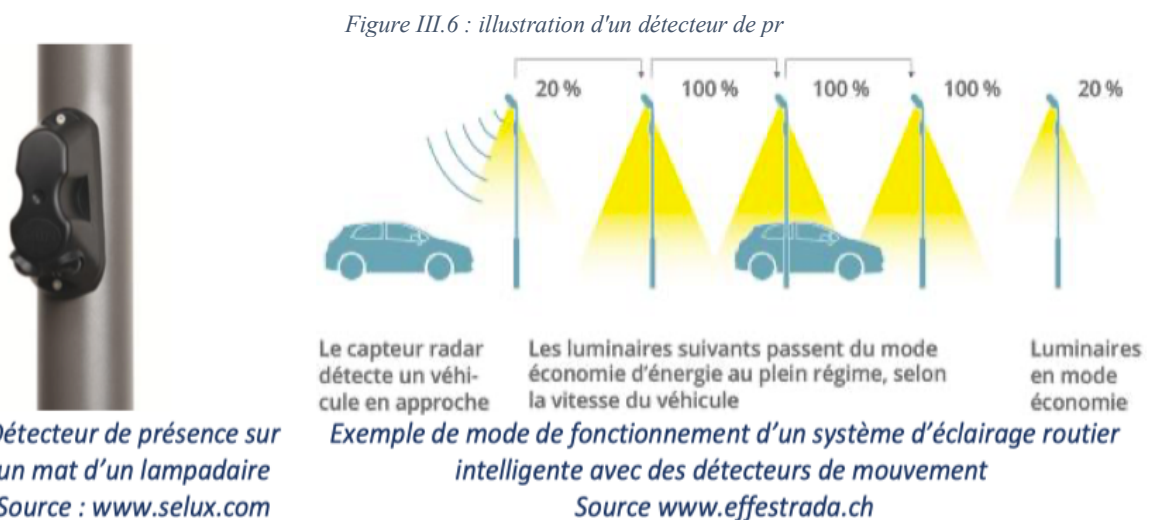


Figure III.6 : illustration d'un détecteur de présence et son mode fonctionnement

En revanche, concernant les systèmes d'éclairage solaires isolés, un cycle de consommation régulier et homogène est idéal. Une décharge des batteries inégale à cause des interruptions erratiques entraîne leur dégradation rapide et la nécessité de les remplacer avant la fin de leur durée de vie normale. Par conséquent, les mesures visant à interrompre la durée d'éclairage nocturne de ces systèmes ne conviennent que dans une mesure limitée. Pour les systèmes solaires, sont faisables les interruptions régulières de longue durée, à gérer à travers des horloges astronomiques programmables. Des détecteurs de mouvement sont uniquement conseillés pour les petits projecteurs isolés.

III.10 Maintenance de l'éclairage public

Définition d'après la norme NF X 60-010

La maintenance recouvre toutes les activités destinées à maintenir dans un état de fonctionnement un bien destinée à accomplir une fonction d'usage requise.

Le réseau d'éclairage nécessite des travaux d'entretien pour garantir sa fonctionnalité à tout moment. Sinon, la performance des installations d'éclairage public diminue, et il en résulte un affaiblissement de la qualité d'éclairage ainsi que des inconvénients et risques potentiels liés (réduction de la fréquentation des espaces publics, accidents, sécurité réduite, etc.).

Généralement la maintenance est exécutée en amont ou en aval d'une défaillance. Trois types de maintenance existent :

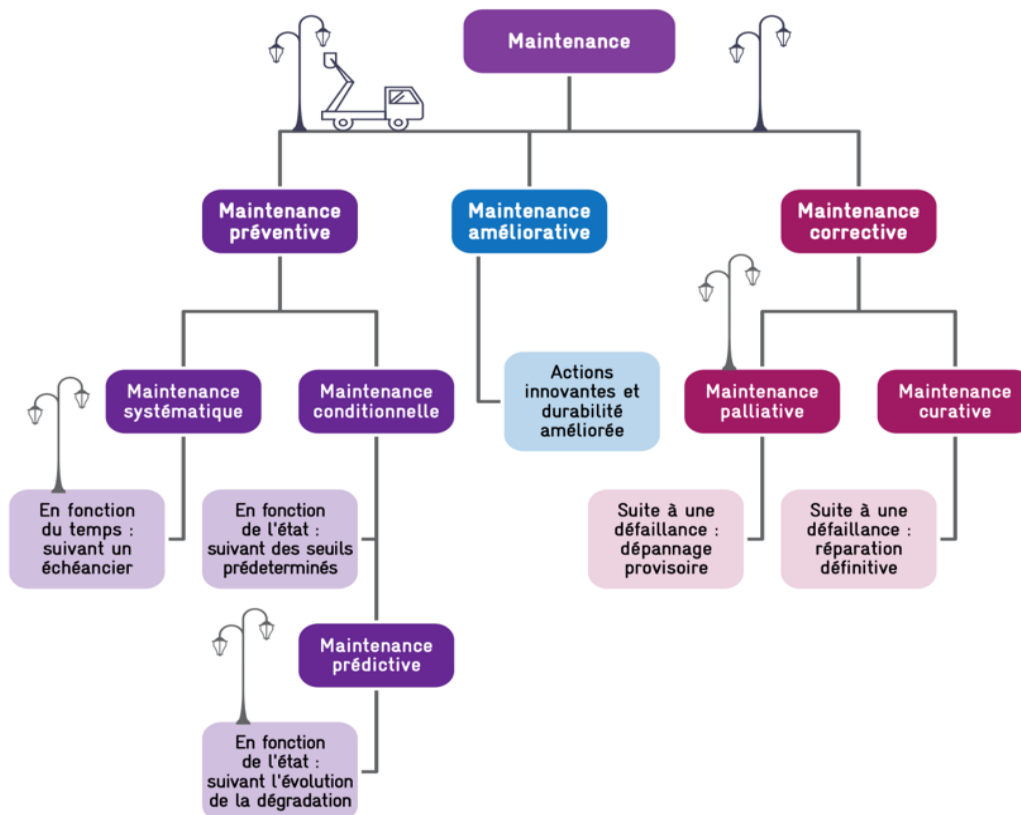


Figure III.7 : Les principaux types de maintenance ; Source le Livre blanc du Maroc

En général, sont essentiels pour assurer la bonne performance des installations éclairage public :

- La main d'œuvre formée
- Les véhicules de transport et de travail
- L'outillage approprié
- Le nettoyage régulier des appareils
- Le changement des ampoules, des lampes et des équipements obsolètes ou endommagés

- Le contrôle de la conformité des installations
- Un manuel d'entretien et de maintenance (soit uniquement pour l'éclairage public, soit pour l'ensemble des biens de la Commune)
- La vérification régulière des installations à travers des fiches de vérification (check-lists) la mise à jour des plans des réseaux et de l'inventaire des équipements. L'optimisation de la maintenance dépend de plusieurs facteurs qui ont un impact sur la performance, la longévité, les coûts de réalisation et les frais de fonctionnement des installations d'éclairage public. Ces facteurs sont :

III.10.1 Équipement sélectionné / installé

Le choix des composantes d'une installation éclairage public a un impact significatif sur les coûts d'installation et les frais de fonctionnement du système ainsi que sur la longévité et la complexité de maintenance du système. Le concepteur du système doit veiller à un bon rapport qualité-prix en tenant compte de certains facteurs spécifiques aux lieux d'installation, comme par exemple :

- Conditions climatiques (températures, pluviométrie, humidité, vents, etc.)
- Présence de facteurs nuisibles (air marin agressif, poussière, émissions, vandalisme, etc.)
- Présence de végétation
- Il est recommandé d'intégrer l'accessibilité et la simplicité dans la conception pour une maintenance plus efficace, plus rapide et moins chère. Les caractéristiques qui facilitent la maintenance sont définies comme suit :
- Un indice de protection convenable réduisant le taux d'encrassement des luminaires
- Un mode d'ouverture et de fermeture rapide
- Une conception et forme adéquate de l'appareillage facile à démonter et manipuler : une vasque en verre se nettoie mieux qu'une autre en polycarbonate
- Une gestion centralisée informatisée des réseaux d'éclairage public avec une liaison entre chaque point lumineux et le système de gestion.
- Les luminaires LED nécessitent une maintenance réduite sur la source. Mais la surface éclairage et le dessus du capot requièrent un nettoyage fréquent.

III.10.2 Préservation du débit lumineux requis

La fonctionnalité du système doit toujours être garantie, en particulier aux endroits où la sécurité est un facteur important. Les considérations budgétaires ne doivent pas servir d'excuse à la négligence.

III.10.3 Exécution de la Maintenance préventive

La maintenance des réseaux d'éclairage public doit être une priorité pour la commune. Elle est responsable de la planification et de la mise en œuvre des travaux de maintenance préventive qui est la solution la plus efficace pour garantir le bon fonctionnement des réseaux d'éclairage. Pour cela, il faut garder un manuel d'entretien et de maintenance avec une planification prédéfinie (calendrier) des activités de maintenance préventive.

Pendant l'exécution du diagnostic et des travaux de la maintenance, il faut veiller à la sécurité des travailleurs. Il est essentiel que les procédures de sécurité soient observées rigoureusement et que le personnel chargé des activités soit protégé par des équipements de protection efficace.

III.10.4 Gestion du budget

La Commune doit approuver un budget annuel dans lequel doivent obligatoirement figurer les frais liés au fonctionnement et la maintenance des réseaux d'éclairage public. Ces frais doivent être suffisants pour financer toutes les activités nécessaires pour entretenir et améliorer les installations mais aussi payer les factures d'électricité et/ou des prestations liées. La budgétisation doit être en harmonie avec le planning annuel des activités et des dépenses qui concernent l'éclairage public. Durant la phase nécessaire de la gestion (annuel ou pluriannuel), il faut prendre en considération :

- Coûts de fonctionnement et amortissement des installations d'éclairage public, notamment les frais d'électricité en cas de branchement au réseau SONEGAS
- Coûts de fonctionnement et d'amortissement des véhicules et des équipements utilisés, principalement pour la maintenance des réseaux d'éclairage public (par exemple camion nacelle), et notamment le carburant requis et la maintenance des équipements
- Coûts d'investissements dans les réseaux d'éclairage public (extensions, améliorations,
- Remplacements et dans les équipements de maintenance du réseau (véhicules, engins, outillages, vêtements de protection, etc.)
- Coûts des réparations à cause des accidents, vandalisme ou similaire
- Coûts de réapprovisionnement du stock des pièces de rechange et des matériels (fournitures)
- Coûts d'entretien de la végétation à proximité des points lumineux

- Coûts de personnel de la Commune impliqué principalement dans les activités de maintenance des réseaux d'éclairage public ou un calcul au prorata du temps alloué à ces activités
- Le cas échéant, les coûts liés à l'engagement des prestataires extérieurs / marchés cadres.

III.10.5 Gestion des informations

Tout d'abord, la Commune doit obligatoirement disposer d'un inventaire des points lumineux et des autres équipements qui est lié à un outil cartographique (plan physique, plan numérique, plan) de leurs lieux d'emplacement. Cet inventaire doit être consultable à tout moment et contenir les données essentielles pour faciliter la maintenance et l'amélioration des installations.

La Commune doit également faire une planification :

- Des activités de maintenance préventive selon un calendrier prédéterminé en utilisant les feuilles de vérification et des activités de maintenance curative selon les besoins actuels
- Des équipements nécessaires pour effectuer la maintenance
- Des dépenses annuelles prévues
- Du réapprovisionnement du stock des pièces de rechanges et des outillages de maintenance.

La Commune doit également assurer le suivi de statut :

- Des dépenses réalisées notamment par rapport au budget disponible
- De l'achèvement des travaux de maintenance selon la planification faite en comparaison avec les feuilles de vérification (numériquement mais aussi avec des listes de contrôles placées dans les armoires électriques des divers réseaux)

III.10.6 Évaluation des actions

Afin d'améliorer les activités et procédures qui concernent la maintenance, une évaluation régulière est nécessaire. Cette évaluation est habituellement faite à travers une liste de vérification du succès, d'efficacité et de coûts des actions.

Ensuite, la planification, la gestion et la gestion du budget des activités de maintenance seront améliorées selon les leçons tirées de l'évaluation.

III.11 Lutte contre la pollution lumineuse

III.11.1 Quelle « puissance lumineuse linéaire » ?

Pour des rues d'une largeur ≤ 10 mètres :

- Valeur cible < 75 kilo lumens/km
- Valeur limite < 150 kilo lumens/km

Pour des rues d'une largeur > 10 mètres :

- Valeur cible < 150 kilo lumens/km
- Valeur limite < 300 kilo lumens/km

La fixation de valeurs plafond de puissance lumineuse émise au km (lumen/km), constitue la garantie de la maîtrise des émissions de lumière artificielle dans l'environnement nocturne, et du contrôle de la pollution lumineuse.

Des « étiquettes énergie » es définies. Elles proposent un classement des installations d'éclairage extérieur par le niveau de pollution lumineuse associée.

Les valeurs plafond prescrites, associées à l'utilisation de luminaires efficaces, sont aisément atteintes. Elles assurent des éclairagements conséquents : des valeurs moyennes de 10 lux.

Les valeurs limites de puissances lumineuses sont souvent respectées par des installations, soit anciennes, héritage d'une énergie plus rare, soit récentes, lorsque des critères environnementaux sont intégrés.

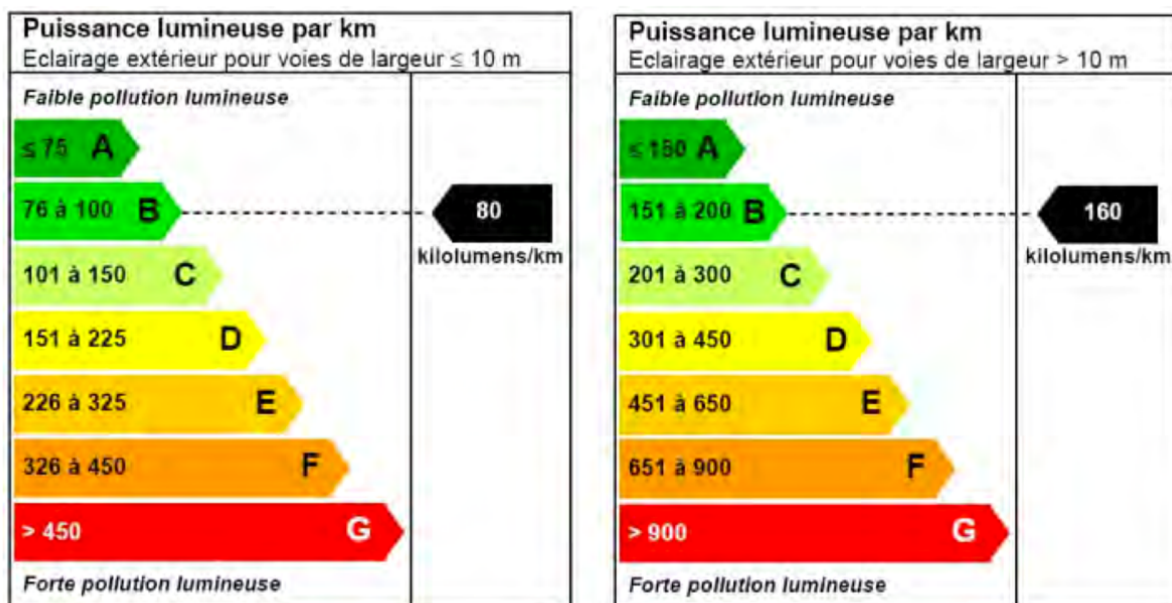


Figure III.8 : Les étiquettes d'énergie pour les chaussées

Explication

Le halo lumineux au-dessus d'une ville ou d'un village est un premier signe permettant de localiser une pollution lumineuse. La pollution lumineuse peut se caractériser par :

- Un éclairage artificiel, brisant l'alternance entre le jour et la nuit, perturbant ainsi tout un écosystème avec des conséquences non négligeables sur le vivant

- Une lumière artificielle, mal orientée, souvent dirigée vers le ciel, non concentrée sur la zone à éclairer, ne rabattant pas convenablement le rayonnement vers le sol
- Une lumière intrusive, débordant vers des zones inutilement éclairées (façades de bâtiments, intérieurs des bâtiments et en particulier les logements...)
- Une lumière éblouissante, préjudiciable aux conducteurs
- Un sur-éclairage (puissance des lampes et éclairage inadaptés aux besoins)
- Un gaspillage énergétique.

III.11.2 Impacts de la pollution lumineuse

La pollution lumineuse a un impact sur :

Le vivant (faune-flore-santé humaine)

Les ressources énergétiques (gaspillage énergétique) et donc l'environnement en générale)

III.11.3 Impact sur la faune et la flore

L'environnement nocturne est essentiel pour toutes les espèces, notamment parce qu'il contribue à leur bon fonctionnement physiologique et à leur rythme biologique. L'environnement nocturne constitue presque un écosystème à part entière. Il est un habitat, une ressource, une condition de vie ou de survie. En effet, la plupart des espèces animales sont nocturnes et ont besoin du noir pour s'alimenter, se reproduire et se reposer.

La lumière a deux effets impactant majeurs :

- Un pouvoir attractif : elle attire certaines espèces animales et les désoriente (souvent vers des zones dangereuses comme les routes fréquentées)
- Un effet répulsif en créant une barrière artificielle et morcelant ainsi certains habitats naturels

Les insectes sont attirés par la lumière, ils tournent autour, meurent d'épuisement, finissent par griller par la chaleur de la lampe ou deviennent une proie facile pour les prédateurs tels que les chauves-souris et les oiseaux.

Les Chiroptères (chauves-souris) sont les mammifères qui semblent les plus affectés par la pollution lumineuse. Certaines espèces sont repoussées par l'éclairage ; c'est notamment le cas du petit rhinolophe. D'autres, au contraire se retrouvent en compétition alimentaire autour des luminaires qui attirent les insectes. Ce phénomène génère des exclusions et la disparition localisée de certaines espèces.

III.11.4 Impact sur la santé humaine

L'homme est un être diurne, qui a un rythme biologique bien défini : actif le jour et se reposant la nuit. La nuit est un moment particulièrement important, car nous synthétisons alors de la mélatonine, hormone régulant d'autres hormones, le système immunitaire, la protection des cellules (antioxydant aux propriétés anticancéreuses), mais aussi surtout notre rythme biologique, plus communément appelé « horloge interne ».

La sécrétion débute en moyenne 2-3 heures avant l'heure du coucher (responsable d'une sensation de fatigue, de froid : prélude du sommeil), s'élève durant la nuit (entre 1 heure et 5 heures) et redevient plus basse, 2-3 heures après le réveil.

La lumière a un effet inhibiteur sur cette sécrétion, perturbant les rythmes de l'organisme et toutes les fonctions liées, provoquant par exemple des troubles du sommeil.

III.11.5 Impact sur nos ressources énergétiques

Le fonctionnement de cet éclairage nécessite de l'électricité, principalement produite à partir d'énergies fossiles (charbon, gaz, fioul). L'utilisation de ces énergies n'est pas sans conséquences pour l'environnement : émissions de CO₂ et dérèglements climatiques liés.

L'éclairage public contribue également à l'appel de puissance hivernal (besoin d'éclairage principalement en hiver) et donc à l'émission de dioxyde de carbone par la mise en route de centrales thermiques à flamme (charbon, fioul, gaz). Il convient de maîtriser ces consommations électriques en évitant les lumières inutiles, surpuissantes ou inadaptées.

III.11.6 Impact économique

L'éclairage public pèse aussi de plus en plus sur la facture énergétique d'une Commune. Il représente 56-59 % de sa consommation d'électricité et environ 27000000DA de son budget énergie. C'est donc un secteur intéressant, sur lequel il vaut la peine de se pencher pour réaliser des économies d'énergie. Chaque action a son importance pour réduire le gaspillage énergétique, faire face à l'épuisement des ressources, lutter contre le changement climatique, anticiper l'augmentation du coût de l'énergie.

III.12 Les solutions pour diminuer la pollution lumineuse

Pour diminuer la pollution lumineuse, il faut adapter l'éclairage aux usagers et besoins réels. En effet la consultation du plan d'éclairage public de la Commune et une visite sur le terrain vont permettre de :

- Cerner les mauvais luminaires à remplacer (mauvaise orientation, émissions au-dessus de l'horizontal)

- Repérer les lampes énergivores (par exemple les lampes à vapeur de mercure) ayant un mauvais rendement et une faible efficacité lumineuse
- Identifier le nombre de lampes blanches et oranges (les lampes blanches par rapport aux jaunes multiplient par deux à la fois l'impact sur l'observation des étoiles et sur le vivant) ;
- Néanmoins, il faudra harmoniser la couleur des lampes par zone (notamment pour les routes) et prendre en considération l'efficacité énergétique des luminaires
- Localiser les éclairages surpuissants et éblouissants, donc non adaptés à la situation
- Connaître le nombre de kilomètres et les différents types de voies éclairées.

Ainsi, après avoir pris connaissance de son patrimoine, la Commune pourra réduire la puissance des lampes en fonction des besoins, mettre des lampes plutôt orange (car elles attirent moins les insectes et engendrent moins de pollution lumineuse), remplacer les mauvais luminaires en les remplaçant par d'autres plus performants (bonne orientation, aucune émission au-dessus de l'horizontal).

III.13 Étude d'un cas réelle

III.14 Description de notre réseau d'étude d'éclairage public

III.14.1 (Modèle complet autrement dit une route avec des trottoirs à l'intérieur d'un quartier)

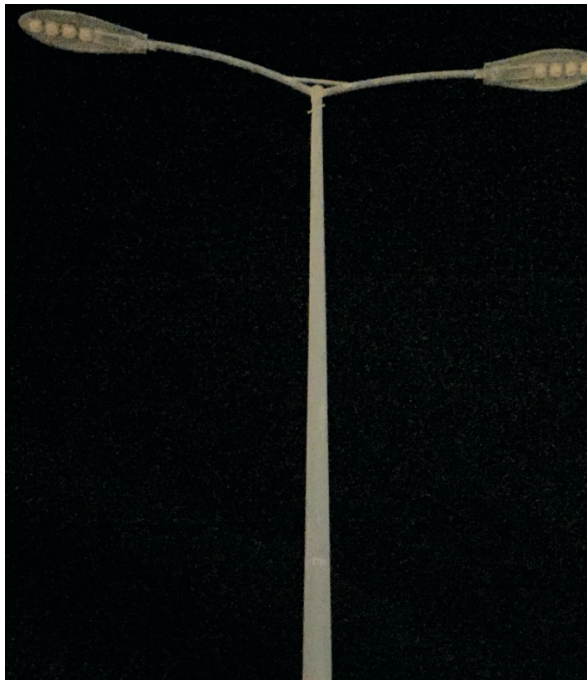
Le réseau de notre étude (une petite route qui est à Kharouba) la **Boulevard A**, illustré par les figures ci-dessus comporte deux chaussées (avec deux voies chacune...), une médiane (en même temps sert de trottoir central/commun) que sépare les deux chaussées et chaque chaussée avec son trottoir respectivement.



Figure III.9 : L'image de notre route d'études

Les images ci-dessous de notre route et son état actuel





III.14.2 Données nécessaires pour notre étude

Classe d'éclairage : M4 ou C3 à C4

Il s'agit d'une route secondaire (rue commerçante), Elle comportant de larges trottoirs mais ne nécessite pas des points lumineux supplémentaires parce que les magasins assurent rôle en quelque sorte, donc l'éclairage est d'une bonne qualité et arrive à différencier les zones de

circulation. Elle (la route) comporte de nombreuses intersections apportant une complexité moyenne ou élevée au trafic.

III.15 Les caractéristiques géométriques de l'installation

La chaussée est définie en renseignant les paramètres suivants :

- Est une chaussée (Double) ;
- Terre-plein central ;
- Largeur de chaussée ;
- Nombre de voies ;
- Le facteur de clarté Q_0 de la chaussée.
- Type d'installation (Axiale)
- Type de luminaire
- Puissance et type de lampe à utiliser

III.16 Les caractéristiques photométriques du revêtement

Les paramètres photométriques prennent en compte la géométrie des voies, les aménagements connexes (terre-plein central, trottoirs, voies de sécurité) et le type de revêtement. Ainsi donc le dimensionnement de l'éclairage public consistera à calculer les paramètres photométriques suivants :

- La luminance moyenne (L)
- Le facteur d'uniformité générale (U_0)
- L'indice de confort visuel (G)
- Le facteur d'uniformité longitudinale (UI)
- Calcul de l'éblouissement perturbateur (TI)

L'obtention des paramètres photométriques nous permettra de juger la qualité de l'installation selon les résultats attendus de l'installation de l'éclairage public indiqués dans les « Recommandations relatives à l'éclairage des voies publiques » de l'Association Française de l'Éclairage ».

Désignation	Symbole	Valeur de consigne
Luminance moyenne	L_{moy}	$\geq 1,5 \text{cd/m}^2$
Facteur d'uniformité générale	$U (L_{min}/L_{max})$	$\geq 0,4$
Facteur d'uniformité longitudinale	UI	$\geq 0,7$
Taux d'éblouissement perturbateur	TI	$\geq 15\%$
Indice de confort visuel	G	> 5
Éclairage moyen	$E_{h_{moy}}$	$\geq 20 \text{lux}$

III.16.1 Données du terrain

Les données qu'on va prendre en compte pour le présent dimensionnement sont conformes à ceux de notre chaussée d'étude puisque cette étude consiste à faire une simulation d'un cas réel.

Chaussée	Largeur de la route	Nombre des voies	Q_0	Type de lampe	Hauteur	Espacement	avancé	inclinaison
Double	14	2	0.1	LED 200w	8m	25 m	1m	15°

D'après les données, nous avons remarqué qu'il y a une mixité de trafic à un rythme plus lent autrement dit : automobiles (vitesse $< 60 \text{km/h}$), aux cyclistes et piétons se déplaçant à allure réduite.

On a remarqué qu'il y a un problème de gestion de la maintenance (des luminaires vandalisés ainsi que certains mats).

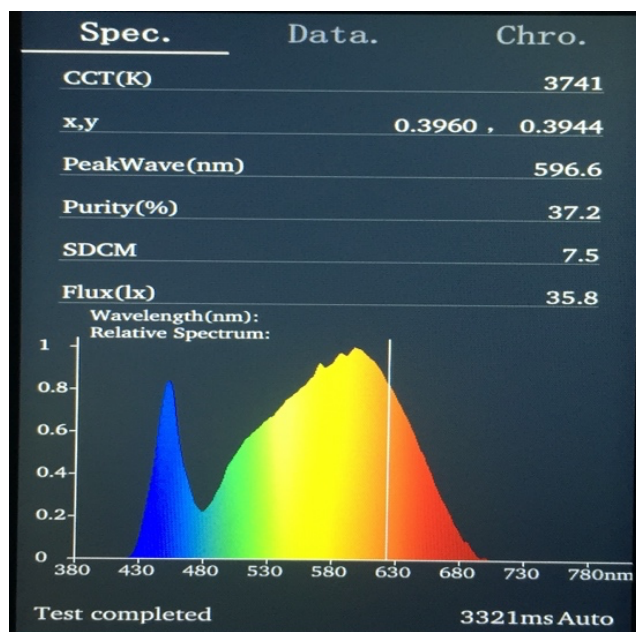


Figure I.10 : Spectrum des couleurs ainsi que la valeur de l'éclairage

La rue est un petit peu sur éclairée parce que son éclairage est supérieur à 30 lux.

Dans la ville de Mostaganem il est à noter que certaines rues sont éclairées avec des lampes différentes.

Manque de contrôle rigoureux sur l'état de m'installation (des points lumineux vandalisés).



Figure III.1.11 : Les données de l'observateur

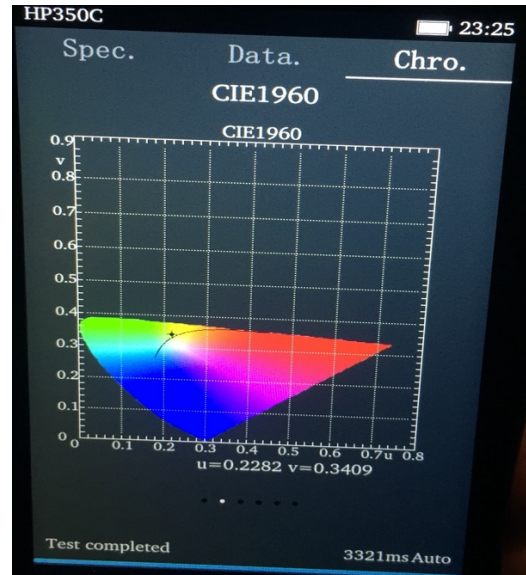


Figure III.1.12: Dispersion de la lumière

III.17 Description du Logiciel (DIALUX)

III.17.1 Présentation de logiciel

Le logiciel **DIALUX Evo** permet de simuler l'éclairage à l'intérieur et à l'extérieur des pièces, de calculer et de vérifier de façon professionnelle tous les paramètres des installations d'éclairage, (gymnases, ateliers, entrepôts,) fournissant des résultats précis selon les dernières réglementations.

Éclairage routier révisé, pour **Dialux Evo 9.2** et supérieur

Dans Dialux Evo 9.2, la section "Éclairage routier" a été révisée.

Cette section apporte un soutien à la planification des installations d'éclairage pour les routes en Europe :

- EN 13201 :2004
- EN 13201 :2015
- ROVL 2011

Démarrage d'application en cliquant sur "**Street Lightning**" sur l'écran de démarrage.

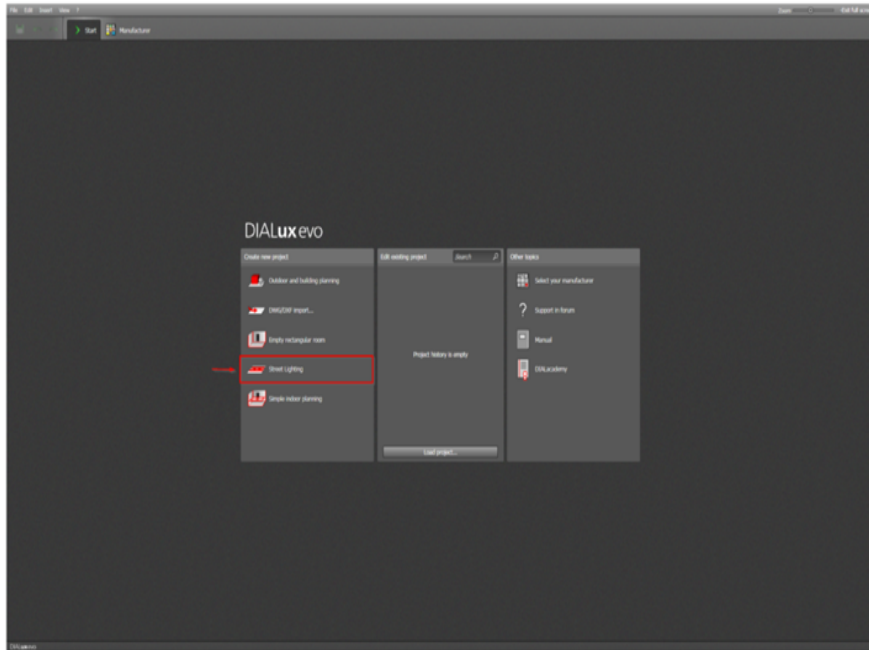


Figure III.1.13 : Choix du domaine à travailler dans le Dialux

Le mode de planification se compose de trois parties principales :

- Le champ de saisie à gauche ;
- Une liste sous forme de tableau de tous les profils routiers ;
- Un aperçu de la route sélectionnée sur le bord inférieur de l'écran.

La planification comprend cinq étapes :

- Sélection de la norme et description du profil routier
- Configuration de l'installation d'éclairage
- Optimisation de l'installation d'éclairage
- Exportation de tous les résultats sous forme de fichier .csv (facultatif)
- Documentation du plan

Étape 1 : Sélection de la norme et description du profil routier :

Dans cette étape, Evo crée automatiquement un modèle de planification. Il s'agit d'une route de 7 mètres de large avec 2 voies et une chaussée sèche.

Une installation d'éclairage n'est pas présélectionnée. La norme de planification est initialement fixée à EN 13201 :2015.

Sélection de la norme :

Pour modifier la norme de planification sous « **Route active** » dans le menu déroulant « Norme ».

Les normes disponibles sont :

- EN 13201 :2004

- EN 13201 :2015
- ROVL 2011.

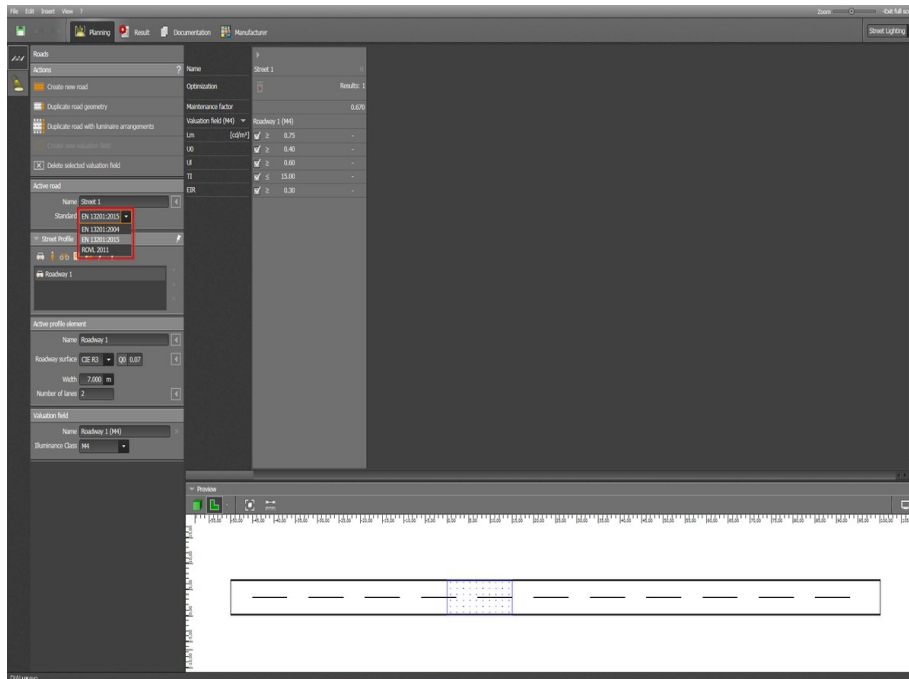


Figure III.I.14 : Comment choisir la norme ainsi que sa version

Description du profil de la route :

- Les éléments de profil suivants sont disponibles pour décrire une route.
- Chaussée ;
- Sentier pédestre ;
- Vélo ;
- Voie de stationnement ;
- Bordure d'herbe ;
- Voie d'urgence ;
- Centrale de réservation.

Sélection de la classe d'éclairage :

Afin de planifier une installation d'éclairage, nous devons indiquer la classe d'éclairage pour le champ d'évaluation. Une classe d'éclairage contient un ensemble de paramètres photométriques ainsi que des tolérances à respecter.

L'installation d'éclairage doit répondre à ces exigences. Lorsqu'on ajoute des éléments de profil, Dialux Evo crée automatiquement des champs de valorisation sur les éléments de profil.

La sélection des classes d'éclairage peut varier d'un pays à l'autre et doit donc être vérifiée dans les normes nationales. Au démarrage d'un projet, **Dialux Evo** sélectionne automatiquement une classe d'éclairage. Cela peut être modifié dans le menu déroulant.

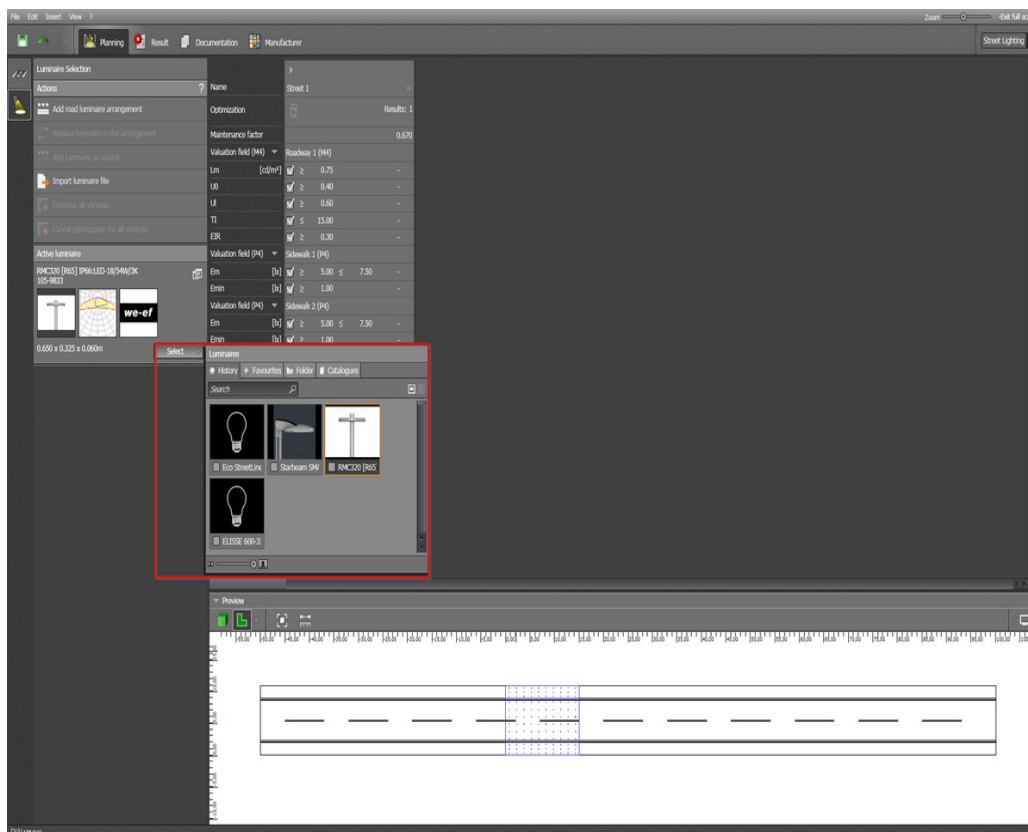
Parfois, Dialux Evo peut ne pas créer de champs de valorisation pour certains éléments de profil. En effet, dans les normes, aucune classe d'éclairage n'est requise pour certains éléments de profilé (par exemple, sur un bord d'herbe).

Étape 2 : Configuration Of installation d'éclairage :

Sélection et importation de luminaires :

Pour configurer l'installation d'éclairage, passez en mode planification dans l'outil de sélection de luminaires.

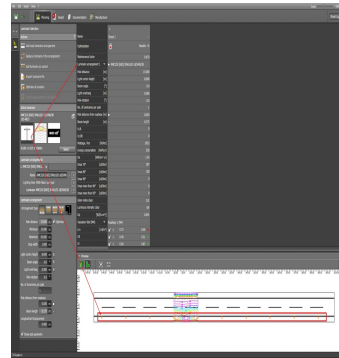
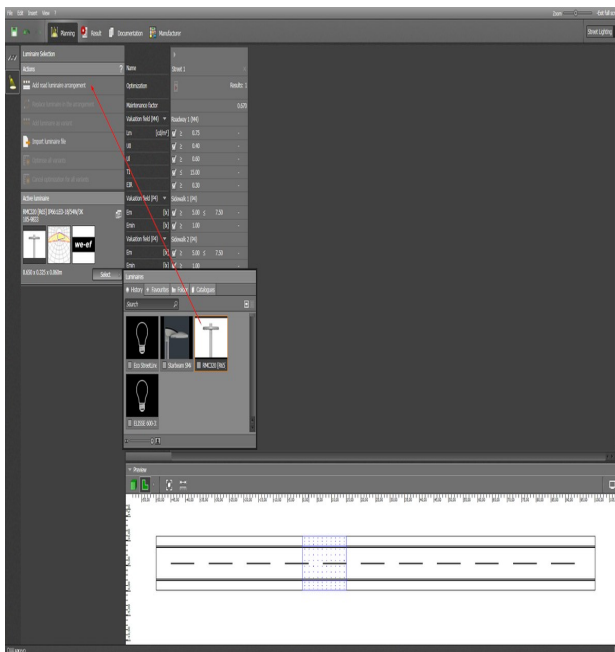
Insertion et réglage d'un agencement de luminaires :



Sur le côté gauche, vous pouvez placer une disposition de luminaires sur la route actuellement sélectionnée.

Dialux Evo crée une disposition de luminaires unilatérale en standard pour le luminaire actif.

Les résultats directs pour le tracé et les champs de valorisation sont calculés pour la route.



You can change the luminous flux, the power supply or the lamp luminaire. for the

En règle générale, Dialux Evo place toujours les luminaires d'un groupe sur une chaussée. Si vous n'avez pas prévu de chaussée comme élément de profil, Dialux Evo utilise le premier et le dernier élément de profil comme lignes directrices.

Une rotation du pôle sur son propre axe

- Le nombre de luminaires par pôle
- Soit la distance du poteau à la chaussée, soit la longueur de la rampe.
- Un ajustement longitudinal de l'ensemble du dispositif par rapport au champ de valorisation

Ajoute d'alternatifs luminaires :

Nous avons la possibilité de calculer plusieurs alternatives de luminaires pour chaque disposition de luminaires. Pour ce faire, nous pouvons ajouter d'autres luminaires comme alternatives. Dans le catalogue de luminaires, nous pouvons effectuer une sélection multiple de luminaires en cochant les cases des luminaires souhaités. Les luminaires marqués sont ensuite ajoutés à la disposition des luminaires en cliquant sur "**Ajouter un luminaire comme alternative**".

Étape 3 Optimisation de l'installation d'éclairage :

Une fois le profil de la route et le tracé définis, l'optimisation peut commencer. Sous les types d'arrangement, vous trouverez les options de saisie.

Les paramètres suivants de l'installation d'éclairage peuvent être optimisés :

- Optimiser l'espace entre poteau ;
- Hauteur du point d'éclairage ;
- Inclinaison du bras ou Angle des rampes
- Léger surplomb

La case Options ou bien optimisé sert à demander le logiciel de calculer la meilleure combinaison possible (dans un projet neuf, sans rien installé).

Si le paramètre est désélectionné, la valeur respective est fixée pour tous les calculs.

Si, toutefois, il est sélectionné, une valeur de départ, une valeur cible et un incrément peut être saisi.

Dialux Evo crée ensuite en arrière-plan une scène de calcul pour chaque combinaison. Le calcul de ces scènes se fait via le bouton "**Options**".

Le nombre de scènes à calculer dépend des paramètres d'optimisation actifs, de la résolution des incréments et du nombre d'alternatives de luminaires. Dialux Evo indique le nombre de résultats à calculer.

Plus le nombre de résultats à calculer est grand, plus le calcul sera long.

Dialux Evo calcule ces scènes en parallèle. Plus il y a de cœurs de processeur disponibles pour le calcul, plus le processus de calcul est rapide.

Par profil de route, il y a une limite de 30995 résultats. Si ce chiffre est dépassé, les alternatives de luminaires doivent être supprimées ou les réglages des paramètres d'optimisation doivent être moins précis.

Affichage des résultats d'optimisation :

Si aucune optimisation n'est active, on passe en mode résultat. Juste à gauche, nous trouverons une entrée dans la liste pour chaque profil de route.

Un résultat par scène de calcul se compose toujours de :

- Informations sur le luminaire
- Paramètres d'optimisation valables pour le résultat
- Résultats de tous les champs de valorisation
- Paramètres photométriques avancés pour la disposition des luminaires

Étape 4 Exportation de tous les résultats (facultatif) :

En règle générale, Dialux Evo ne stocke qu'un seul résultat par route. Pour ce faire, nous sélectionnons la route souhaitée dans le mode "**Résultats**" sous "**Alternative**", Dialux Evo listera alors tous les résultats dans un tableau.

Si aucun résultat valide n'est disponible, le tableau est vide. Via la coche pour "Afficher les résultats insuffisants", nous pouvons lister puis exporter les résultats non valides.

Les résultats répertoriés dans le tableau de droite sont toujours les résultats exportés.

Étape 5 Documentation des plans :

La dernière étape est la documentation des plans. Cela s'effectue en mode "**Documentation**".

L'arborescence répertorie toutes les routes qui ont été prévues dans le projet.

Par rue, il y a un aperçu "Données de planification". Nous trouverons un résumé des dispositions des luminaires et des paramètres pour la construction de la route.

Conclusion

L'éclairage public doit être étudiée attentivement car elle représente une partie importante de la consommation énergétique du réseau électrique Algérien. Cela dit, l'éclairage public des routes et trottoirs dépend du type d'implantation, type des composants, des systèmes de protection et des caractéristiques dynamiques des éléments du réseau en général.

Dépendant des techniques de simulation utilisées, l'éclairage public peut être analysé et évaluée en déterminant divers paramètres notamment qui ont été étudiées dans ce chapitre.

Les critères pris en compte par le logiciel

- Éclairement adéquat
- Distribution harmonieuse de la luminosité
- Contrôle de la lumière éblouissante
- Bonne interprétation des contrastes
- Bonne direction d'angle d'incidence de la lumière
- Gestion agréable des reflets
- Rendus des couleurs
- Interprétation de la lumière naturelle
- Ambiance d'éclairage optimisée
- Bonne gestion de la consommation d'énergie

**IV. CHAPITRE: Simulation,
interprétation des résultats et étude
technico-économique**

Introduction

Ce chapitre présente les différents résultats obtenus lors la simulation du dimensionnement et l'analyse de toute une installation de l'EP de notre route en utilisant l'environnement « DIALUX ». Nous décrivons les résultats de la simulation du Boulevard Amirouche c'est à dire à partir du rondpoint Médecine jusqu'à la Ai-Salam la chaussée et ses respectives trottoirs. Malgré qu'on a étudié un petit tronçon et en plus secondaire, est suffisamment grande pour nous permettre de juger la pertinence de l'installation de l'éclairage public et faire des propositions ci- possibles et pour finir le chapitre on va essayer de faire un petit étude technico-économique.

IV.1 La route boulevard Amirouche

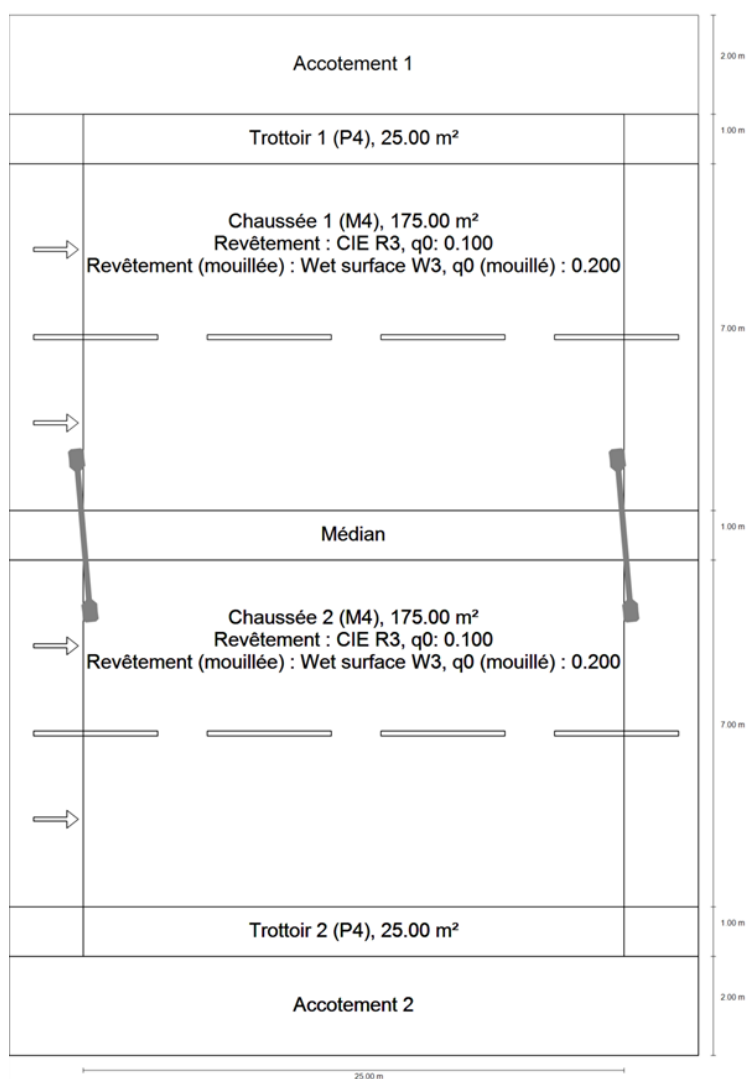


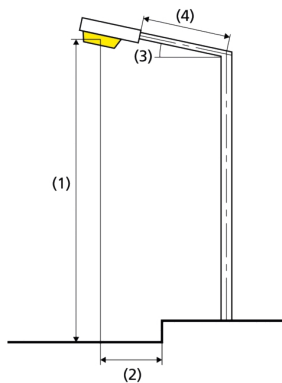
Figure IV.1 : Description de la route Boulevard Amirouche

(1) Hauteur point d'éclairage	8.000 m
(2) Saillie au point lumineux	1.000 m
(3) Inclinaison de bras	15.0°
(4) Longueur de bras	1.210 m
Heures de services annuelles	4000 h : 100.0 %, 110.0 W
Consommation	4400.0 W/km
ULR / ULOR	0.00 / 0.00
Intensités lumineuses max.	$\geq 70^\circ$: 610 cd/klm $\geq 80^\circ$: 320 cd/klm $\geq 90^\circ$: 18.7 cd/klm

Dans chacune des directions qui, pour les luminaires installés et utilisables, forment avec la verticale inférieure l'angle indiqué.

Catégorie, intensité lumineuse -
 Les valeurs d'intensité lumineuse en [cd/klm] destinées au calcul de la classe d'intensité lumineuse se réfèrent au flux lumineux des luminaires conformément à EN 13201 :2015.

Catégorie, index d'éblouissement D.6



Espacement poteau 25.000

Tableau IV.1 : Résultats pour le champ d'évaluation

Trottoir 1 (P4)	E_{moy}	11.56 lx	[5.00 - 7.50] lx	✗
	E_{min}	10.24 lx	≥ 1.00 lx	✓
	$E_{v,min}$	2.92 lx	≥ 1.50 lx	✓
	$E_{sc,min}$	4.65 lx	≥ 1.00 lx	✓
Chaussée 1 (M4)	L_{moy}	1.44 cd/m ²	≥ 0.75 cd/m ²	✓
	U_o	0.55	≥ 0.40	✓
	U_l	0.81	≥ 0.60	✓
	TI	7 %	≤ 15 %	✓
	R_{Ei}	0.98	≥ 0.30	✓
	U_{ow}	0.15	≥ 0.15	✓
Chaussée 2 (M4)	L_{moy}	1.21 cd/m ²	≥ 0.75 cd/m ²	✓
	U_o	0.62	≥ 0.40	✓
	U_l	0.74	≥ 0.60	✓
	TI	5 %	≤ 15 %	✓
	R_{Ei}	0.98	≥ 0.30	✓
	$U_{ow}^{(2)}$	0.21	≥ 0.75	✗
Trottoir 2 (P4)	E_{moy}	11.56 lx	[5.00 - 7.50] lx	✗
	E_{min}	10.24 lx	≥ 1.00 lx	✓
	$E_{v,min}$	3.61 lx	≥ 1.50 lx	✓
	$E_{sc,min}$	5.27 lx	≥ 1.00 lx	✓

Tableau IV.2 : Résultats pour les indicateurs de rendement énergétique

	Taille	Calculé	Consommation
Route Kharouba	D_p	0.020 W/lx*m ²	-
DYANA LED 36L50 NR 740 CL2 HT MLE60 [STD] (Terre- plein central)	D_e	1.1 kWh/m ² an,	440.0 kWh/an

IV.1.1 Pour le trottoir 1 (P4)

Tableau IV.3 : Résultats pour champ d'évaluation

	Taille	Calculé	Consigne	Contrôlé
Trottoir 1 (P4)	E_{moy}	11.56 lx	[5.00 - 7.50] lx	✗
	E_{min}	10.24 lx	≥ 1.00 lx	✓
	$E_{v,min}$	2.92 lx	≥ 1.50 lx	✓
	$E_{sc,min}$	4.65 lx	≥ 1.00 lx	✓



Figure IV.4 : Valeur entretien intensité d'éclairage horizontal (lignes isolux)

	E_{moy}	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2
Valeur d'entretien intensité d'éclairage horizontale	11.6 lx	10.2 lx	13.6 lx	0.886	0.751

Tableau IV.4 : Les valeurs d'entretien intensité d'éclairage horizontal

Tableau IV.5 : Pour la chaussée 1 (M4)

	Taille	Calculé	Consigne	Contrôlé
Chaussée 1 (M4)	L_{moy}	1.44 cd/m ²	≥ 0.75 cd/m ²	✓
	U_o	0.55	≥ 0.40	✓
	U_l	0.81	≥ 0.60	✓
	TI	7 %	≤ 15 %	✓
	R_{Et}	0.98	≥ 0.30	✓
	U_{ow}	0.15	≥ 0.15	✓

Tableau

IV.6 : Résultats pour l'observateur

	Taille	Calculé	Consigne	Contrôlé
Observateur 1 Position: -60.000 m, 12.750 m, 1.500 m	L_{moy}	1.44 cd/m ²	≥ 0.75 cd/m ²	✓
	U_o	0.55	≥ 0.40	✓
	U_l	0.86	≥ 0.60	✓
	TI	7 %	≤ 15 %	✓
	U_{ow}	0.15	≥ 0.15	✓
	Observateur 2 Position: -60.000 m, 16.250 m, 1.500 m	L_{moy}	1.56 cd/m ²	≥ 0.75 cd/m ²
U_o		0.57	≥ 0.40	✓
U_l		0.81	≥ 0.60	✓
TI		6 %	≤ 15 %	✓
U_{ow}		0.16	≥ 0.15	✓

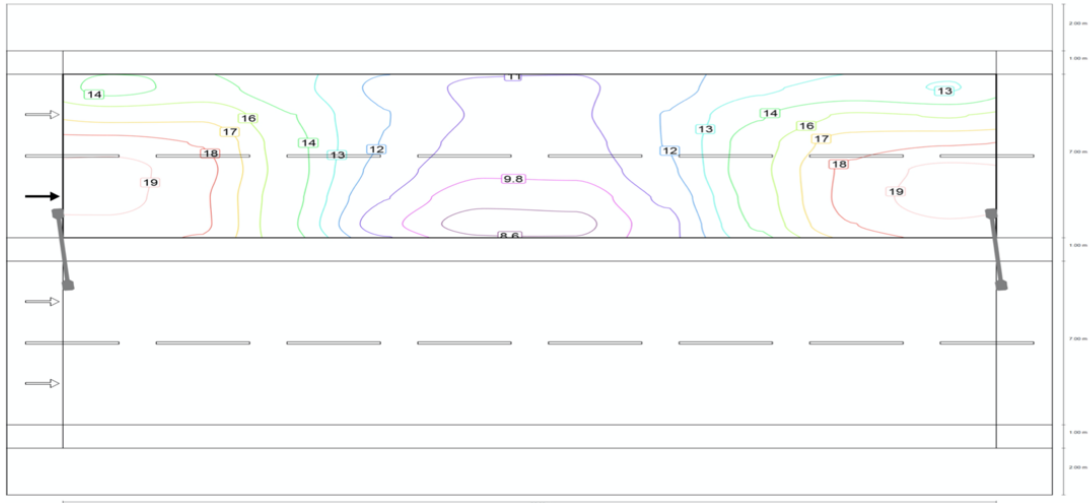


Figure IV.5: Valeur d'entretien intensité d'éclairage horizontale (lignes isolux)

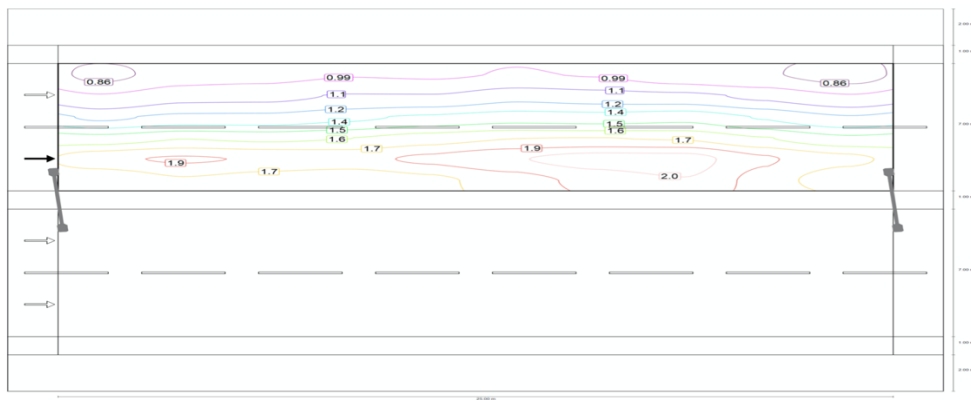


Figure IV.6 : Valeur d'entretien densité d'éclairage avec chaussée sèche - cd/m^2

Tableau IV.7 : Valeur d'entretien

	L_{moy}	L_{min}	L_{max}	g_1	g_2
Observateur 1: Valeur d'entretien densité d'éclairage avec chaussée sèche	1.44 cd/m^2	0.80 cd/m^2	2.06 cd/m^2	0.553	0.388

Chaussée 1

Résultats pour champ d'évaluation

	Taille	Calculé	Consigne	Contrôlé
Chaussée 1 (M4)	L_{moy}	1.44 cd/m^2	$\geq 0.75 \text{ cd/m}^2$	✓
	U_o	0.55	≥ 0.40	✓
	U_1	0.81	≥ 0.60	✓
	TI	7 %	$\leq 15 \%$	✓
	R_{EI}	0.98	≥ 0.30	✓
	U_{ow}	0.15	≥ 0.15	✓

Résultats pour l'observateur

	Taille	Calculé	Consigne	Contrôlé
Observateur 1 Position : -60.000 m, 12.750 m, 1.500 m	Lmoy	1.44 cd/m ²	≥ 0.75 cd/m ²	✓
	U _o	0.55	≥ 0.40	✓
	U _l	0.86	≥ 0.60	✓
	TI	7 %	≤ 15 %	✓
	Uow	0.15	≥ 0.15	✓
Observateur 2 Position : -60.000 m, 16.250 m, 1.500 m	Lmoy	1.56 cd/m ²	≥ 0.75 cd/m ²	✓
	U _o	0.57	≥ 0.40	✓
	U _l	0.81	≥ 0.60	✓
	TI	6 %	≤ 15 %	✓
	Uow	0.16	≥ 0.15	✓

Tableau IV.8 : Chaussée 1 Résultats pour champ d'évaluation

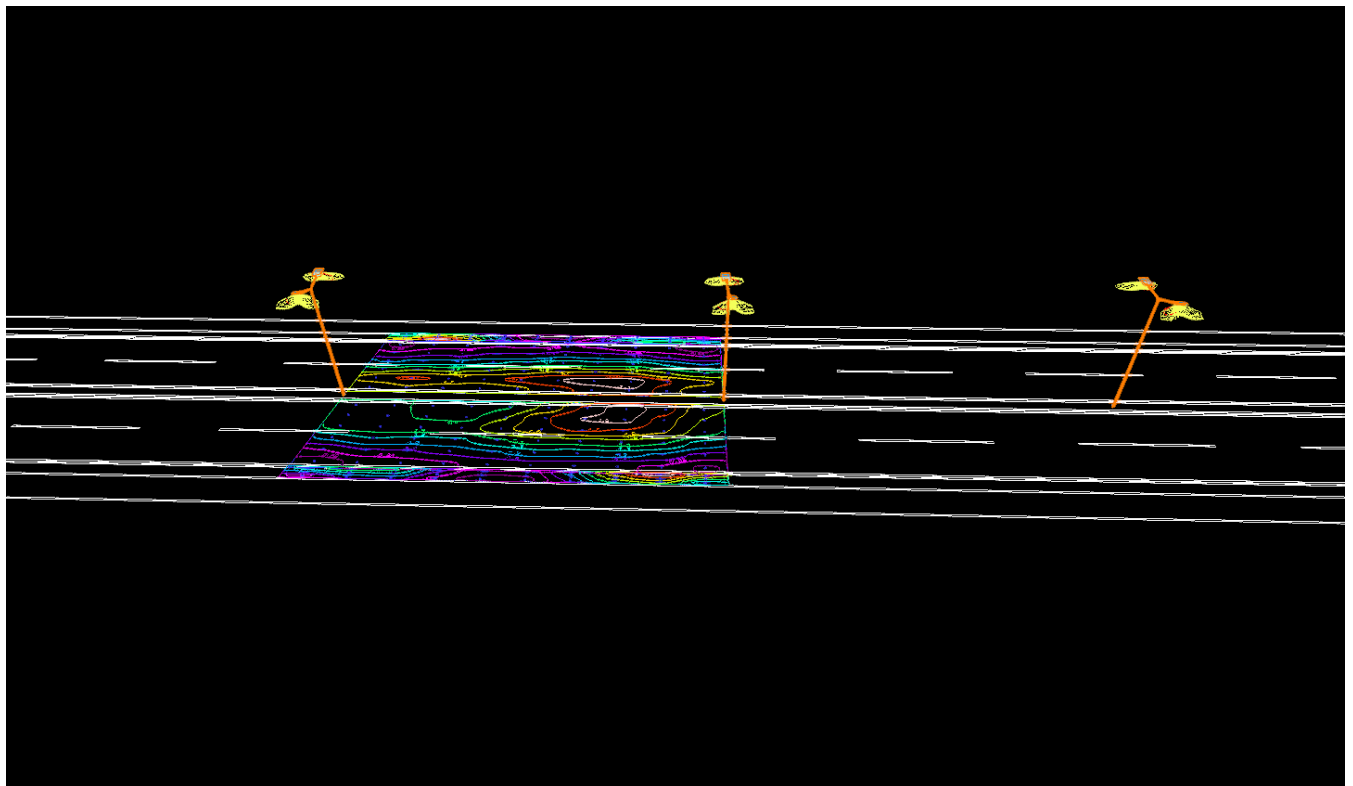


Figure IV.7 : Coubes de concentration de la lumière et la différence d'éclairage entre chaque partie

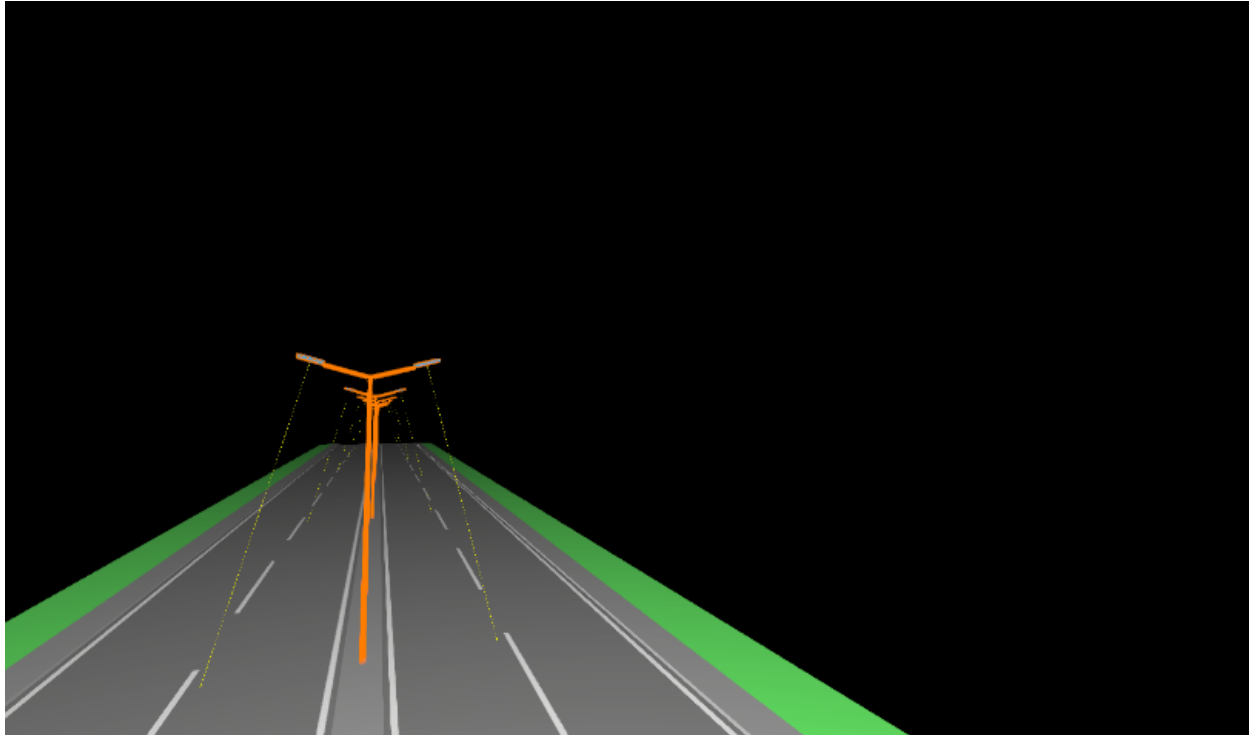


Figure IV.8 : orientation objet de la lumière

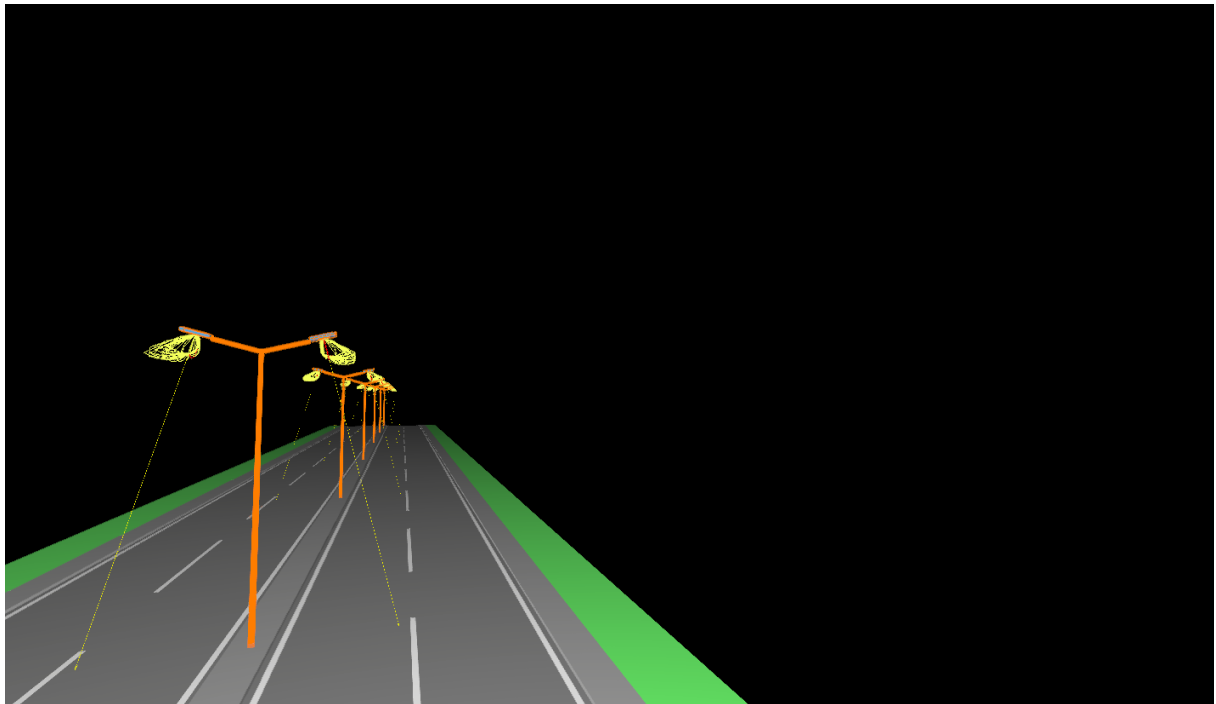


Figure IV.9 : Courbes de répartition de la lumière et orientation objet émetteur de lumière

IV.2 Interpretation

Nous avons constaté aussi que les niveaux d'éclairage sont généralement inférieurs à ceux demandés pour les routes principales (c'est point n'est pas respecté), mais il y a des exigences que sont très bien respectées :

- Les piétons peuvent très bien voir correctement lors de leurs déplacements et d'être vu par les automobilistes.
- La lumière va au-delà de la route pour éclairer les trottoirs les chemins piétonniers.
- Il y a un bon éclairage vertical que facilite la reconnaissance faciale, et permet de réduire le sentiment d'insécurité, tout en offrant aux conducteurs la possibilité de lire le langage corporel des autres usagers de la route et de prévoir ce qu'ils sont susceptibles de faire.
- La lumière est de couleur chaude (tirant vers l'orange) donc l'usage de températures de couleurs trop froides a été évitée
- On a conclu aussi que le confort visuel des usagers obtenu à une bonne uniformité de l'éclairage, un bon rendu des couleurs et un faible éblouissement. Tous les résultats montrent que c'est grâce à ses critères que permettent de renforcer le sentiment de sécurité pour les usagers, en particulier les piétons.

Si seulement si une route de ce genre traverse des zones rurales, il se peut qu'elles ne soient plus éclairées. Dans ce cas, des systèmes de détection avec radar peuvent être utilisés pour détecter les véhicules approchants et maximiser ainsi les économies d'énergie.

IV.3 Solutions

En ce que concerne *l'amélioration de la qualité de l'éclairage public* il n'y a pas grandes choses à changer à par le fait qu'on peut diminuer la puissance de nos lampes (parce qu'il y a des bonnes installations avec beaucoup moins).

La proposition d'amélioration et de réduction de la consommation énergétique se fera en jouant sur les heures de fonctionnement de l'éclairage public. La saison aussi contribue parce que chaque saison a ses propres caractéristiques.

Investir dans les équipements modernes comme ça le cout de la maintenance sera réduit.

Par exemple :

Le constat est que de 18h à 24h l'influence de la circulation est dense tandis qu'à partir de 24h jusqu'au matin (6h), elle est moindre.

Pendant cette période (24h-6h), il faut néanmoins assurer le minimum d'éclairage pour des raisons de sécurité de quelques personnes qui fréquentent la route en ce moment-là.

En d'autres termes, il s'agira pour nous de proposer des systèmes d'économie d'énergie pouvant diminuer la puissance à ces heures de faible fréquentation A ce titre nous mettrons des économiseurs d'énergie pour déconnecter certains points lumineux ou réduire la puissance des

lampes car l'état de l'art a déjà montré que la déconnexion ou la réduction de l'intensité d'éclairage permet des économies d'énergie considérables.

A cet effet, dans notre proposition d'économie d'énergie, nous optons pour des Interrupteurs Horaires (IH) et les radars ou détecteurs de présence deux économiseurs d'énergie les plus efficaces et utilisés en éclairage public.

IV.4 Étude technico-Économique

IV.4.1 Caractéristiques

Une route 1km avec implantation Axiale

Largeur 10m

Distance entre les poteaux 30m

33 unités

Section de câble :

Nous avons :

33 luminaires de 50w. ; $50 \times 33 = 1650$

Un poteau chaque 30m et 33poteaux ; $30 \times 33 = 990m$.

$P = \sqrt{3} * U * I * \cos\phi$ implique que $I = P / \sqrt{3} * U * \cos\phi = 1650 / \sqrt{3} * 380 * 0.8 = 3.14A$

On a $1mm^2$

IV.4.2 Dimensionnement des câbles

Câble 4G25 mm^2 souple, prix 1420.55 DA TTC sur 400m

Câble 4G16 mm^2 souple, prix 917 DA TTC sur 245m

Câble 4G6 mm^2 souple, prix 373.85 DA TTC sur 245m

Product	Description
iQuick PRD40r (*)	Parafoudre débrochable 3P+N (Type 2)
iQuick PRD8r	Parafoudre débrochable 1P+N (Type 2)
iC60N	Disjoncteur 3P+N C40 A
iC60N	Disjoncteur 1P+N C40 A
iCT+	Contacteur 1P+N 20 A avec commande manuelle

iCT	Contacteur 3P 25 A
iPRI	Parafoudre pour réseau de communication
iMSU	Déclencheur à seuil de tension

Table IV.1 : Dimensionnement des câbles

L'utilisation de l'iCT+ permet de réduire le courant de pointe lors de la mise sous tension et d'utiliser les disjoncteurs sans déclassement. L'usure des appareillages est donc limitée et leur durée de vie maximisée.

Les parafoudres iQuick PRD protègent les circuits de puissance.

Les parafoudres iPRI protègent les circuits de communication sensibles aux surtensions.

IV.4.3 Avantages pour les utilisateurs :

Concepteurs : solution complète, simple, intégrée, évolutive.

Facilité d'installation : cette solution permet la rénovation des installations existantes, son encombrement est réduit, sa mise en œuvre aisée, mise en service simplifiée.

Maintenance optimisée : protection contre les effets de la foudre.

Maximisation du retour sur investissement en optant pour la meilleure solution technicoéconomique.

	Prix unite (DA)	Quantité	Prix total (DA)
Luminaire 200W	10400	66	686 400
Poteau galvanise simple crosse avec socle de fixation	15000	33	495 000
Armoire de Commande et protection	1200000	1	1 200 000
Câble 4*25mm ² a de la source	1420.55 TTC	400m	568 220
Câble 4*16mm ²	917 TTC	245m	224 665
Câble 4*6mm ²	373.85 TTC	245m	91 593.25
Prix totaux de l'installation			3 265 879.25

Table IV.2 IV.4.3 Avantages pour les utilisateurs

Durant 5 ans :

On suppose que la LED fonctionne 10h par jour, donc la consommation dans 5ans est :

$$40 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \cdot 365 \cdot 5 \cdot 33 = \mathbf{240\ 990KW}$$

Le prix de 1KW est de 8DA avec toutes les taxes comprises

Conclusion

Dans ce chapitre nous avons simulé notre installation sur le logiciel DIALUX afin de vérifier et tester si les exigences imposées par l'AFE et aussi la norme **NF EN 13201** sont respectées ou pas et comment l'installation se comporte.

Le logiciel DIALUX est un outil performant pour les simulations des installations sur l'éclairage public en général étant donné qu'à travers ça on peut toujours savoir si on est dans les conformités parce que à la base il impose l'utilisation des normes et ça nous facilite à avoir une solution beaucoup fiable et pour finir on essaye de faire une petite estimation du coût d'un Project d'éclairage public de notre étude de cas réelle.

Conclusion générale

Au terme de notre Project, il ressort que :

L'éclairage public des routes et trottoirs en Algérie est d'une importance primordiale car est grâce à son aptitude à assurer un sentiment de « confort », que c'est vraiment incontournable que ses performances photométriques permettent d'accéder de nuit aux exigences indispensables à l'accomplissement des différentes tâches visuelles de chaque catégorie d'utilisateurs. Et c'est lorsque la norme 13201 a vu le jour que le monde s'est rendu compte de l'importance de l'éclairage, raison pour laquelle la notion « d'éclairer juste » s'impose et se décline au travers de valeurs d'éclairages et de luminances minimales à maintenir.

Plus que donner un sentiment de sécurité et contribuer à la prévention des accidents dans les routes/trottoirs notre objectif principale c'est montrer au peuple algérien une maîtrise de l'éclairage extérieur, invitant à des pratiques plus sobres en matière de consommation énergétique : « ***pour un éclairage public beaucoup plus fiable, efficace, moderne, économique et d'une très bonne qualité*** », tout en éclairant mieux et assurant la sécurité des habitants.

L'analyse des résultats du diagnostic de l'éclairage montre que certaines des rues en Algérie sont mal éclairées (peut-être parce que la majorité n'ont pas suivi aucun aspect réglementaire, les installations ont été faites anarchiquement d'où au fait de n'avoir pas un département responsable et ou un cahier de recommandations) à l'exception de quelques rues principales et d'autres Rues qui sont sur-éclairées.

Aussi l'analyse de la consommation énergétique de l'Algérie montre que l'éclairage public fait des frais énergétiques énormes à ne pas négliger (Par exemple la consommation dont 56-59% est destinée à l'éclairage énergétiques de l'éclairage public).

Ces deux paragraphes précédents justifient clairement la problématique et la nécessité du sujet. Notre étude de cas menée sur les Interrupteurs Horaires et des détecteurs de présence, deux économiseurs d'énergie déjà en utilisation sur certaines rues de la ville de Mostaganem (en particulier), montre que l'utilisation des capteurs de présence économise deux fois plus l'énergie que les Interrupteurs Horaires sauf si on essaye de les programmer selon la saison. Ainsi l'installation des détecteurs de présence sur l'ensemble du réseau éclairage public ferait à peu près d'économie d'énergie à la wilaya de Mostaganem.

Une autre étude de cas conformément à la proposition du type d'installation d'éclairage public le mieux adapté pour la ville de Mostaganem a montré que le renouvellement des installations ferait beaucoup d'économie.

Ainsi pour l'amélioration de la qualité de l'éclairage public et la réduction de la consommation énergétique et des gaz à effet de serre nous recommandons formellement aux autorités et décideurs de l'Algérie c'est à dire la Société Nationale d'Électricité et Gaz en Algérie (SONELGAZ) :

- La suppression et le remplacement systématique de toutes les lampes par des lampes avec un bon rendement que peut représenter jusqu'à 70% d'économie.
- Avant de définir l'équipement, il est essentiel de définir les classes d'éclairage de l'espace à éclairer afin de prévoir un niveau d'éclairement satisfaisant les besoins visuels des usagers.
- Le choix des équipements s'établit en tenant compte non seulement des coûts initiaux d'acquisition, mais aussi des coûts d'exploitation et de maintenance, d'où la nécessité de prêter une attention particulière aux caractéristiques des différentes composantes d'un réseau d'éclairage public.
- L'entretien périodique du réseau EP.
- Le remplacement systématique des lampes avariées.
- Le remplacement systématique des lampes ayant plus de 110% de durée de vie.
- La suppression et remplacement des lampes dont l'éclairement dépasse 30 lux.
- L'utilisation des systèmes à extinction (interrupteurs horaires) avec de photocellules sur l'ensemble du réseau EP.
- L'utilisation de capteurs de présence et création d'un département responsable pour tous les aspects sur l'éclairage public en générale.

Comme perspectives nous estimons qu'une étude complémentaire sur la modernisation des interrupteurs horaires est nécessaire ainsi que l'utilisation des capteurs de présence. Cette étude pourra porter sur le coût d'investissement et le temps de retour sur investissement de l'emploi de cet économiseur d'énergie en vue de juger sa rentabilité et donc la pertinence de notre étude

Références Bibliographiques :

Lexies, « guide pratique de l'éclairage public, » l'association des petites villes de France, France, 2014.

Guides techniques d'éclairage « Comment commander et protéger des circuits d'éclairage ? », schneider-electric.com

« Guides technique module 3 Éclairage public », guide technique des collectivités locales en Tunisie

« Fondamentaux de l'éclairage public », la gouvernance locale et participative du Maghreb-Maroc,

« Manuel technique de l'éclairage, » Agence national pour le développement des énergies renouvelable et de l'efficacité énergétique.

Rezini S « schéma et appareillages électriques », cours donné UMAB – FST, Mostaganem, 2019

Dominique Birrien. Les impacts énergétiques de. Des rencontres de l'éclairage public « Pour protéger l'environnement et maîtriser l'énergie », ADEME, Angers, 1 er mars 2005.

T. Gallauzaux, D. Fedullo, « L'installation électrique », Éditions Eyrolles, 2012. J.J. Hardy, A. Cahier des Clauses Techniques Particulières - Éclairage Public - Modèle pour les Communes et Communautés de Communes - ANPCEN (Association Nationale pour la Protection du Ciel et de l'Environnement Nocturnes) – www.anpcen.fr - 5 novembre 2010.

« Recommandations relatives à l'éclairage des voies publiques » de l'Association Française de l'Éclairage (AFE) ,6 e édition-février 1988 et du Cours EFI&M2, Électrification Rurale, Tome7 : Éclairage public, de Michel Diebolt et Jean-Jacques Graff, mise à jour du 29/12/2006.

Bianciotto, P. Boye, « Installations électriques. Conception, réalisation, entretien, mise en conformité », Edition CSTB, 2007.

Dossiers « La Lumière Durable » et « L'Éclairage Public au Cœur »

<http://www.afe-eclairage.com.fr>

<http://schneider-eclairage-electric.com>

<http://www.eclairage-public-a-led.com>

http://www.energie-cities.eu/db/svitstov_576fr.pdf

<http://www.abeclairage.fr>

<http://eclairagepublic.free.fr>

<http://energies-nouvelles-entreprises.fr>

<http://solutionsnouvelles.ex-flash.com>