

وزارة البحث العلمي والتعليم العالي

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPEREUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE



جامعة عبد الحميد بن باديس مستغانم

Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem

كلية العلوم والتكنولوجيا



Faculté des Sciences et de la Technologie
DEPARTEMENT DE GENIE DES ELECTRONIQUE

N° d'ordre : M/GE/2021

MEMOIRE

Présenté pour obtenir le diplôme de

MASTER EN ELECTROTECHNIQUE

Option : Energies Renouvelables en Electrotechnique

Par :

- **CHERIGUENE Mohammed Younes**
- **KHOUSSA Abderrazzaq**

Etude de l'éclairage public des parcs et jardins en Algérie

Devant le jury composé de :

Soutenu le : 07/07/2021

Président :	Mr. OMARI hamza	Professeur	Université de Mostaganem
Examineur :	Mr. SOUAG Slimane	Professeur	Université de Mostaganem
Encadreur :	Mme. NEDDAR Houaria	Professeur	Université de Mostaganem
Co-encadreur :	Mr. ABBES Wassim	Ingénieur	E3C ELECTRIC (Control And Conformity Center)

Année universitaire 2020/2021



Remerciements

En premier nous remercions le DIEU tout puissant de m'avoir donné le courage, la force et la patience d'achever ce modeste travail.

*Nous remercions notre encadreur Madame **NEDDAR HOUARIA** **maitre de conférence** au département Génie Electrique, Faculté des sciences et Technologie à l'Université Abd El Hamid Ibn Badis Mostaganem, pour avoir acceptés de diriger ce travail, pour ses encouragements et ses conseils judicieux tout le long de la réalisation de ce mémoire. Qu'elle trouve ici le témoignage de ma profonde reconnaissance.*

*Nous remercions énormément Monsieur **ABBES Wassim** pour avoir accepté d'être nos Co-encadreur et pour l'aide précieuse qu'il nous apportée.*

Nous tenons à remercier les membres de jury pour avoir accepté d'examiner le travail.

*Monsieur **OMARI hamza** Professeur à l'Université Sciences et Technologie de Mostaganem, pour avoir accepté de présider le jury.*

*Monsieur **SOUAG Slimane** enseignant au département Génie Electrique à l'Université des Sciences et Technologie de Mostaganem, recevront notre reconnaissance pour nous avoir enseigné, tout en leur exprimant notre profond respect et pour avoir accepté d'examiner ce travail.*

Nous tenons à remercier profondément tous les enseignants et Administrateurs du département Génie Electrique et Sans oublier bien évidemment mes camarades de promos (2020-2021) qu'ils ont démontré à nos égard durant ces deux années. Nos vifs remerciements d'un grand de personnes (nos parents, nos sœurs, et nos amis proches).

Nous remercions toute personne ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

DEDICACE

Je dédie ce mémoire en priorité à ma mère et mon père qui sont les plus chers au monde car ils ont sacrifié toute leur vie pour faire de moi ce que je suis aujourd'hui. Je les remercie pour leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études,

À mon cher frère et ma chère sœur : Iliés, Mounia ;

*À tous les membres de ma famille qui me sont très chères
surtout mon oncle Abderrahim.*

Ainsi qu'à tous mes amis (e) et toutes personnes qui tiennent une place importante dans mon cœur. En Spécial mes amis A. Hassan, A. Abdelkader, B.Feth Allah, B.Abelkader, R.Ahmed El.Redouane et sans oublier mon binôme KHOUSSA abderrazzaq

Et la liste est longue.

Younes ;

Je tiens à remercier chaleureusement, mon binôme CHERIGUENE Mohammed Younes et mes proches Mohammed, Ayoub et Abderrahmane à mes frères et sœurs Souad, Fethi, Soulef, Asma et Sirin tous ceux qui, de près ou de loin, qui m'ont apporté leurs sollicitudes pour accomplir ce Travail. A ma Chère Mère Aicha surtout qui m'a encouragée tout en long de mon parcours A mon Père KHOUSSA Bendhiba que J'espérais que ce serait là où je suis maintenant, Que Dieu lui fasse miséricorde, les sacrifices et les qualités humaines m'ont permis de vivre ce jour.

Abderrazzaq ;

Résumé :

L'éclairage public permet de mettre en valeur le patrimoine architectural des collectivités publiques ou des espaces. La lumière contribue en grande partie à l'attractivité des territoires.

L'éclairage public nécessite encore de grandes améliorations en Algérie. L'efficacité laisse à désirer tant au niveau du nombre de lampadaires, de la qualité des luminaires, au choix des types de lampes ainsi que la qualité de la maintenance qui reste encore largement insuffisante.

Certaines améliorations ponctuelles ont été enregistrées, sous la houlette de l'APRUE, nous citerons en exemple la généralisation de l'utilisation progressive des lampes à LED dans certaines communes ainsi que l'utilisation de l'énergie solaire.

Mots clé : Pars et Jardins, éclairage public, Lampes, DIALUX 92.

Abstract :

Public lighting makes it possible to highlight the architectural heritage of public authorities or spaces. Light contributes in large part to the attractiveness of territories.

Public lighting still needs major improvements in Algeria. The efficiency is poor in terms of the number of streetlights, the quality of the luminaires, the choice of lamp types and the quality of the maintenance which is still largely inadequate.

Under the leadership of the APRUE, certain specific improvements have been recorded, such as the widespread use of LED lamps in some municipalities and the use of solar energy instead of fossil energy.

Keywords: Parks and Garden; Public lighting; Lamps; DIALUX 9.2.

ملخص

الإضاءة العامة تجعل من الممكن تسليط الضوء على التراث المعماري للسلطات العامة أو المساحات. يساهم الضوء إلى حد كبير في جاذبية الأراضي.

لا تزال الإضاءة العامة بحاجة إلى تحسينات كبيرة في الجزائر. الكفاءة تترك الكثير مما هو مرغوب فيه سواء من حيث عدد المصابيح، ونوعية الإنارة، واختيار أنواع المصابيح، فضلا عن نوعية الصيانة التي لا تزال غير كافية إلى حد كبير.

وقد سجلت بعض التحسينات المحددة، تحت قيادة المجلس، وسنذكر كأمثلة تعميم الاستخدام التدريجي لمصابيح الليد في بعض البلديات، فضلا عن استخدام الطاقة الشمسية.

الكلمات الرئيسية: المنتزهات والحدائق، الإضاءة العامة، المصابيح، ديلوكس 9.2

Table des matières

Remerciements	I
DEDICACE	II
Résumé.....	III
Abstract	III
ملخص.....	III
Liste de figure	IV
Liste de tableau.....	VI
Introduction générale :.....	1
Chapitre I :	3
Principe de base et généralités sur l'éclairage public	3
I.1. Introduction	3
I.2. Historique de l'éclairage public.....	3
I.3. Grandeurs photométriques.....	4
I.3.1. La lumière :	5
I.3.2. Le flux lumineux :	5
I.3.3. L'efficacité lumineuse :	6
I.3.4. L'intensité lumineuse :	6
I.3.5. L'éclairement :	6
I.3.6. La luminance :	6
I.3.7. L'éblouissement :	7
I.3.8. L'indice de rendu couleur	8
I.3.9. Le diagramme photométrique :	8
I.4. Moyen d'éclairage public.....	9
I.4.1. Les lampes :	9
I.4.1.1. Les lampes à incandescence	9
I.4.1.2. Les lampes à incandescence halogéné.....	11
I.4.1.3. Lampe à décharge basse pression :	12
I.4.1.4. Lampe à décharge haute pression :	12
I.4.1.5. Les lampes LED :	12
I.4.2. Le lampadaire	14
I.4.3. Le luminaire.....	14
I.4.4. Les différents modes d'éclairage	14
I.4.4.1. Eclairage direct :.....	14
I.4.4.2. Eclairage indirect :	14

I.4.4.3. Eclairage diffus :.....	15
I.4.5. Le lampadaire solaire :.....	15
I.4.6. Types d'implantation :	15
I.4.6.1. L'implantation unilatérale :.....	15
I.4.6.2. L'implantation bilatérale en vis-à-vis :	16
I.4.6.3. L'implantation bilatérale alternée.....	16
I.4.6.4. L'implantation axiale :.....	16
I.5. La température des couleurs pour les parcs et jardins.....	16
I.6. Types d'éclairage public	17
I.6.1. Eclairage routier.....	17
I.6.2. Eclairage des espaces publics	17
I.6.3. Eclairage des espaces sportifs.....	17
I.6.4. L'éclairage des espaces verts dont fait l'objet de notre travail.....	17
I.7. Les normes de l'éclairage.....	18
I.7.1. Les normes européennes de l'éclairage.....	18
I.7.2. Les normes de base	19
I.7.3. Eclairage extérieur et sportif.....	19
I.7.4. Eclairage très basse tension.....	19
I.7.5. Eclairage de sécurité.....	20
I.7.6. Normes techniques.....	20
I.8. Les paramètres qui influent sur l'éclairage	20
I.9. L'éclairage pour les personnes à mobilité réduite	20
I.10. Conclusion	21
Chapitre 2 : Eclairage des parcs et jardins	21
II.1. Introduction	21
A)-l'éclairage pour Le jardin	21
B)-L'éclairage public pour les parcs	23
II.2. Les différents éléments de l'éclairage pour les parcs et les jardins	26
II.2.1. Armoire de commande :	26
II.2.2. Câbles réseau électrique :	26
II.2.3. Point lumineux :	26
II.2.4. Appareillage ou ballast	27
II.2.5. Détecteurs crépusculaires	27
II.2.6. Interrupteurs horaires programmables	28
II.3. Durée de vie	28
II.4. Connaître les normes, recommandations et l'indicateur principal	28

II.5. Pour optimiser les consommations.....	29
II.5.1. Les appareillages d'alimentation et les systèmes de commande.....	29
II.6. Normes techniques.....	29
II.6.1. Du côté de la norme : accessibilités handicapés	30
II.7. Effets d'éclairage sur les végétaux	31
II.7.1. Éclairage du feuillage :	31
II.7.2. Éclairage rasant	32
II.7.3. Eclairage par l'extérieur	32
II.7.4. Éclairage par l'intérieur	32
II.7.5. DU CÔTÉ DE LA NORME.....	33
II.8. L'impact de la pollution lumineuse sur la biodiversité	33
II.9. Conclusion	34
Chapitre 3 :.....	36
Conception et recommandations pour l'éclairage des parcs et jardins en Algérie	36
III.1. Introduction	36
III.2.1. Lumière bleue	37
III.2.2. Quel éclairage prévoir ?	37
III.2.2.1. Niveaux d'éclairage	37
III.2.2.2. Uniformité d'éclairage.....	38
III.2.2.3. Confort des usagers.....	38
III.2.2.4. Éblouissement.....	39
III.2.2.5. Schémas d'implantation des candélabres.....	39
III.3. L'étude d'un cas réel d'un parc à MAJDOUBLAND et parc MOSTALAND	40
III.3.1. Côté branchement comptage et protection	40
III.3.2. La fonction CCPI.....	40
III.3.3. La fonction support compteur / disjoncteur	41
III.3.4. Appareillage général coupure et protection de tête d'installation	41
III.3.5. Quels sont les équipements d'un branchement à puissance limitée ?	42
III.4. Armoire de commande pour éclairage : parc (MOSTALAND MOSTAGANEM)	42
III.4.1. Recommandations	44
III.4.2. Dans quels cas l'installation doit-elle être conforme la norme NF C 17-200	45
III.5. Les câbles d'alimentation	45
III.6.Choix des dispositifs de distribution électrique	46
III.6.1. Principes de choix des câbles et des canalisations préfabriquées	46
III.6.1.1.Courant nominal des circuits.....	46
III.6.1.2. Longueur des liaisons électriques	46

III.6.1.3. Matériau conducteur.....	46
III.6.1.4. Valeurs usuelles.....	46
III.6.1.5. Principes de pose de câblage.....	47
III.7. Liaison (câble) :.....	47
III.8. Les Point Lumineux.....	48
III.9. Autres recommandations.....	50
III.9.2. Adapter l'intensité aux besoins	51
III.9.3. Les outils pour améliorer l'efficacité d'une installation d'éclairage	52
III.9.3.1. Maîtriser les temps de fonctionnement avec l'horloge astronomique.	52
III.9.4. Adapter les niveaux d'éclairement avec les systèmes de régulation-variation de puissance (centralisés à l'armoire ou installés au point lumineux, type ballast électronique).....	53
III.9.5. Améliorer le rendement des installations en choisissant des luminaires performants.	53
III.10. Conclusion	55
Chapitre 4 : Simulation avec logiciel « DIALUX EVO 9.2 »	56
IV.1. Introduction.....	56
IV.2.	56
IV.3. Etude par spectromètre	58
IV.4. Le luxmètre.....	59
IV.5. L'étude avant l'optimisation.....	59
IV.5.1. Les valeurs obtenues par luxmètre pour les grandeurs suivantes	60
IV.6. Etude de l'éclairage au parc « MAJDOUB LAND » (MOSTAGANEM).....	60
IV.6.1. Etude par DIALUX EVO 9.2	61
IV.6.2. Le schéma architecturale parc (MAJDOUB LAND MOSTAGANEM).....	61
IV.6.3. Plan d'emplacement des luminaires : le nombre des luminaires est de 18	63
IV.6.4. Calcul d'éclairement : les calculs sur le terrain.....	63
IV.6.4. Objets de calcul.....	63
IV.6.5. Surfaces de calcul.....	65
IV.6.6. Remarque.....	66
IV.6.7. Optimisation d'éclairage : parc (MAJDOUBLAND MOSTAGANEM).....	66
IV.6.8. Type de projecteur recommandé	66
IV.7. 2 ème étude avant l'optimisation : (jardin ROYAL MOSTAGANEM).....	67
IV.7.1. Les valeurs obtenues par luxmètre pour les grandeurs suivantes	68
IV.7.2. Etude par DIALUX EVO 9.2 : (Jardin ROYAL).....	68
IV.7.3. Le schéma architecturale jardin (ROYAL MOSTAGANEM)	69
IV.7.4. Plan d'emplacement des luminaires : notre jardin se compose de 13 luminaire	70
IV.7.5. Calcul d'éclairement.....	71

IV.7.5.1. Objets de calcul	71
IV.7.6. Surfaces de calcul.....	74
IV.7.7. Remarque	74
IV.7.8. Optimisation d'éclairage : jardin (ROYAL).....	75
IV.7.9. Type de lampe recommandé : Le Sun Parc 20	75
IV.8. Conclusion	75
Concluions générale	76
Recommandations	77

Liste de figure

Figure I.1: Les grandeurs photométriques de base.....	5
Figure I.2 : Quantités photométriques de la lumière.....	7
Figure I.3 : diagramme photométrique.....	9
Figure I.4 : Lampe incandescence classique.....	10
Figure I.5 : Lampe à incandescence halogéné.....	11
Figure I.6 : Lampes LED.....	13
Figure I.7 : Lampadaire solaire.....	15
Figure I.8 : Différents types d'implantations.....	16
Figure I.9 : Éclairage des espaces verts.....	18
Figure II.1 : Eclairage des jardins (jardin ROYAL, MOSTAGANEM)	23
Figure II.2 : Exemple de modèle de luminaire pour jardin ALPHA LED 150W.....	23
Figure II.3 : Eclairage en LED de parc de jeux (parc MAJDOUBLAND, MOSTAGANEM).....	24
Figure II.4 : Mât utilisé sur les parcs.....	24
Figure II.5 : Mât.....	25
Figure II.6 : Eclairage en LED de parc de jeux non couverte (MOSTALAND).....	25
Figure II.7 : Armoire de commande et de protection.....	26
Figure II.8 : composition essentielle d'un luminaire.....	27
Figure II.9 : Détecteur crépusculaire.....	27
Figure II.10 : Horloge programmable numérique.....	28
Figure II.11 : Horloge programmable mécanique.....	28
Figure II.12 : Borne à éclairage.....	31
Figure II.13 : Éclairage du feuillage.....	31
Figure II.14 : Éclairage rasant du feuillage.....	32
Figure II.15 : Eclairage par l'extérieur du feuillage.....	32
Figure II.16 : Éclairage par l'intérieur du feuillage.....	33
Figure II.17: éclairage du jet d'eau.....	33
Figure III.1 : éclairage des parcs et jardins.	37
Figure III.2 : l'uniformité d'éclairement.....	38
Figure III.3 : exemple d'Éblouissement.....	39

Figure III.4 : Schémas d'implantation des candélabres.....	40
Figure III.5 : Schématique branchement comptage et protection.	41
Figure III.6 : armoire d'alimentation (parc MOSTALAND)	42
Figure III.7 : Armoire de commande pour éclairage.....	43
Figure III.8 : Sectionneur pour éclairage 250 A.....	43
Figure III.9 : détecteur crépusculaire.....	43
Figure III.10 : Les composantes d'un CCP (Coffret de Commande et de Protection)	44
Figure III.11 : Détecteur de présence sur un support fixé sur le mât.	45
Figure III.12 : Eclairage avec électrique aérien Source.	47
Figure III.13 : Eclairage avec réseau électrique enterré.....	47
Figure III.14 : luminaire à flux dirigé ou « full cut_off »	54
Figure IV.1 : luminaire émettant vers le ciel.....	55
Figure IV.2 : étude de l'éclairage du parc MAJDOUBLAND avec DIALUX EVO 9.2.....	57
Figure IV.3 : étude de l'éclairage du jardin ROYAL avec DIALUX EVO 9.2.....	57
Figure IV.4 : Spectromètre.....	59
Figure IV.5 : luxmètre.....	59
Figure IV.6 : Les mesures obtenues par spectromètre (parc MAJDOUBLAND).....	60
Figure IV.7 : Diagramme photométrique de l'optique.....	61
Figure IV.8 : Fiche technique du luminaire.....	61
Figure IV.9 : schéma architecturale parc (MAJDOUB LAND MOSTAGANEM)	61
Figure IV.10 : Aperçu 3D pour le parc MAJDOUBLAND.....	62
Figure IV.11 : Aperçu 3D du parc avec éclairage.....	62
Figure IV.12 : Plan d'emplacement des luminaires.....	63
Figure IV.13 : calcul d'éclairage sur toute la surface du parc MAJDOUBLAND et fausses couleurs	63
Figure IV.14 : les Surface de calcul.....	64
Figure IV.15 : Surface de calcul 1.....	64
Figure IV.16 : surface de calcul 2.....	64
Figure IV.17 : surface de calcul 3.....	65
Figure IV.18 : surface de calcul 4.....	65

Figure IV.19 : niveau d'éclairage sur différentes surfaces du parc MAJDOUB LAND.....	66
Figure IV.20 : MPE LED flood light 150W 6500 K.....	67
Figure IV.21 : Les mesures obtenues par spectromètre (jardin ROYAL)	67
Figure IV.22 : Fiche technique du luminaire utilisé.....	68
Figure IV.23 : Diagramme photométrique de l'optique.....	68
Figure IV.24 : Le schéma architecturale jardin (ROYAL MOSTAGANEM).....	69
Figure IV.25 : Aperçu 3D pour le jardin ROYAL MOSTAGANEM.....	69
Figure IV.26 : Aperçu 3D pour le jardin ROYAL MOSTAGANEM avec éclairage.....	70
Figure IV.27 : Plan d'emplacement des luminaires sur le jardin ROYAL.....	71
Figure IV.28 : les Surface de calcul.....	72
Figure IV.29 : calcul d'éclairage sur toute la surface 1.....	72
Figure IV.30 : calcul d'éclairage sur toute la surface 2.....	73
Figure IV.31 : calcul d'éclairage sur la surface 3.....	74
Figure IV.32 : niveaux d'éclairage sur les surfaces 1,2 et 3.....	74
Figure IV.33 : borne à énergie solaire.....	75
Figure IV.34 : luminaire à flux dirigé ou « full cut_off ».....	79
Figure IV.35 : luminaire émettant vers le ciel.....	79

Liste de tableau

Tableau 1 : récapitulatif	13
Tableau 2 : exemples des cables de liaisons utilisés	47
Tableau 3 : Critères et exigences pour les luminaires.....	49
Tableau 4 : Les caractéristiques des différents luminaires utilisés	49

Liste des équations

Équation 1 : $\lambda = c/f$	5
Équation 2 : $E = \varphi/S$	6
Équation 3 : $L = I / \alpha$	7

Introduction générale :

L'éclairage public (EP) permet d'illuminer l'espace public, principalement le long de la voirie et sur les places publiques afin de se repérer dans l'espace, se mouvoir ou encore sécuriser les personnes et les biens pendant les heures où la lumière naturelle du soleil est absente ou insuffisante.

Il permet également de continuer l'activité même après le coucher du soleil.

L'éclairage public permet aussi de mettre en valeur le patrimoine architectural des collectivités publiques ou des espaces. La lumière contribue en grande partie à l'attractivité des territoires.

Cependant, il n'est sans impact négatif sur l'environnement comme il sera explicité plus loin dans le document. ; Notamment, sur la biodiversité ainsi que sur les animaux et sur la santé de l'homme.

L'éclairage public nécessite encore de grandes améliorations en Algérie. L'efficacité laisse à désirer tant au niveau du nombre de lampadaires, de la qualité des luminaires, au choix des types de lampes ainsi que la qualité de la maintenance qui reste encore largement insuffisante

Certaines améliorations ponctuelles ont été enregistrées, sous la houlette de l'APRUE, nous citerons en exemple la généralisation de l'utilisation progressive des lampes à LED dans certaines communes ainsi que l'utilisation de l'énergie solaire au lieu de l'énergie fossile.

Nous nous intéresserons spécialement dans notre mémoire à l'étude de l'éclairage des parcs et jardins.

Notre travail se subdivise en 4 parties :

Dans la partie 1 on a parlé de l'éclairage public d'une façon générale en entamant notre étude avec l'historique et comment ce dernier est apparu ; puis on a cité les différents types d'éclairage ainsi que son utilité. On a évoqué les paramètres pouvant avoir une influence sur l'éclairage public et consacrer une partie importante (partie lumière) sur les grandeurs photométriques. Nous avons cité les normes et réglementations en rapport avec notre sujet.

Aussi nous avons mentionné quelques outils pouvant améliorer l'efficacité d'une installation d'éclairage, adapter le niveau d'éclairement avec les systèmes de régulation, améliorer le rendement des installations.

On a évoqué les généralités sur le matériel d'éclairage public.

L'éclairage des espaces verts dont fait l'objet de notre travail.

Et enfin, pour clore ce premier chapitre on a conclu on se posant 2 questions : comment faire pour réduire l'éclairage public inutile ? Et est-ce possible à court terme ?

Dans le 2^{ème} chapitre on a développé notre thème qui est l'éclairage des parcs et jardins en Algérie, en introduisant les photos et des expériences faisant partie de notre étude réelle sur le terrain. On a défini ce que c'est l'espace vert. Nous avons détaillé les différents éléments constituant l'installation pour les parcs et les jardins (armoires de commande, câbles de réseaux, point lumineux, mat...etc.)

La réduction du coût a été mentionnée et comment bien choisir une LED performante et plus intelligente. Nous avons détaillé les normes et les réglementations ainsi que les décrets en relation avec l'éclairage des parcs et jardins. Et les effets de l'éclairage sur végétaux, sur les bassins, et sur les fontaines.

Nous avons cité Les différents éléments de l'éclairage pour les parcs et les jardins

En l'avant dernière étape de ce chapitre nous avons consacré une partie pour l'impact de la pollution lumineuse sur la biodiversité.

Dans le 3^{ème} chapitre on a continué à détailler notre travail en parlant sur tout ce qui concerne l'éclairage des parcs et jardins et notre visite au parc MOSTALAND et MAJDOUB LAND (étude expérimental) ainsi qu'au jardin ROYAL (armoires de commande, type de câblage utilisé, point lumineux, uniformité, inter-distance entre candélabres, hauteur des candélabres...etc.) .On a parlé ainsi sur l'uniformité et le niveau d'éclairage

Le contexte de l'éclairage des parcs et jardins constitue l'essentiel de ce chapitre.

Des photos réelles ont été apposées pour illustrer notre étude et des astuces et solutions pour économiser l'énergie.

On a parlé sur Les outils pour améliorer l'efficacité d'une installation d'éclairage et comment Adapter les niveaux d'éclairage avec les systèmes de régulation-variation de puissance ainsi que comment Améliorer le rendement des installations en choisissant des luminaires performants.

Des recommandations et des solutions ont été proposées qui pourraient faire évoluer l'éclairage des parcs et jardins dans notre pays.

Dans la 4^{ème} partie de notre étude nous avons fait une simulation avec le logiciel DIALUX EVO 9.2 en l'appliquant cas réel du jardin royal et parc MAJDOUB LAND. En comparant les résultats obtenus. Nous avons proposé des solutions pour améliorer l'éclairage. Des types de luminaires et de bornes ont été proposées pour faire évoluer l'éclairage des parcs et jardins dans le futur.

Et nous avons terminé notre travail avec une conclusion générale concernant le choix de l'éclairage public des parcs et jardins en Algérie.

Chapitre I
Principe de base et généralités sur
l'éclairage public

Chapitre I : Principe de base et généralités sur l'éclairage public

I.1. Introduction :

Tant qu'il y'a la lumière du jour le problème ne se pose pas, cependant dès que l'obscurité s'installe ; l'homme a besoin d'un éclairage. Pour cela il a besoin d'une source d'éclairage que ce soit à l'intérieur ou à l'extérieur.

Concernant l'éclairage extérieur, communément appelé, éclairage public les exigences de la vie moderne en font une nécessité absolue.

Les espaces à éclairer devenant de plus en plus grands ; l'énergie nécessaire augmente crescendo d'autant plus que le temps d'éclairage est très important. Le présent chapitre résume une étude théorique bibliographique approfondie sur l'éclairage public en général et plus précisément les parcs et les jardins.

L'éclairage permet d'Augmenter la sécurité et la fluidité de la circulation sur la route, et réduire la gravité et le nombre d'accidents la nuit. Des études ont montré que l'éclairage public peut réduire de 30% les accidents de la route la nuit.

I.2. Historique de l'éclairage public :

Dès l'Antiquité, au coucher du soleil l'homme a cherché une solution pour la lumière en allumant un feu. POUR sa sécurité d'une part et, pour pouvoir vaquer à ses occupations.

Depuis, les choses ont évolué. La lampe est en effet un moyen d'éclairage qui fait l'objet de plusieurs innovations technologiques.

Depuis, l'éclairage à l'intérieur comme à l'extérieur est devenue une nécessité absolue.

Depuis l'époque préhistorique (450 000 avant JC) ; l'être humain a trouvé le moyen d'allumer du feu en frottant deux silex sur des brindilles, les étincelles produites enflamment le tas.

La bougie a été inventée au milieu du Moyen âge, Elle a été utilisée jusqu'au 18ème siècle

La lampe à pétrole est une sorte d'illuminateur apparu vers 1853 est l'évolution de la lampe à huile.

La lampe à incandescence est sortie en 1879, inventée par Joseph Swan et améliorée grâce au travail de Thomas Edison. Elle consiste en un filament de tungstène porté à incandescence par un courant électrique dans une ampoule sous vide.

Le tube fluorescent est un type spécial de lampe électrique qui génère de la lumière par décharge dans un tube sous vide. La lumière peut être blanche (utilisée pour l'éclairage) ou colorée (utilisée pour la fabrication d'enseignes), et est apparue en 1901.

La lampe fluorescente compacte est une modification du tube fluorescent. C'est un tube fluorescent qui a été miniaturisé apparu en 1980.

Pendant des milliers d'années, l'éclairage a été un problème pour l'humanité. Mais ce n'est qu'en l'an 1000 que le premier éclairage public a vu le jour à Cordoue en Andalousie.

De la lampe à huile aux lampes à LED, les lampadaires ont connu plusieurs innovations et inventions.

Les lampes à huile du 18ème siècle ont été conçues pour améliorer l'éclairage et stabiliser la flamme.

Depuis 1860, les lampes à pétrole connaissent un grand succès grâce à la découverte d'un grand nombre de puits de pétrole.

En 1879, Edison utilise le principe de l'incandescence. La lampe à incandescence d'Edison, introduite en Europe en 1882 permet à l'électricité de pénétrer les foyers et les commerces.

A partir de 1930, il y'a eu les lampes à décharge qui ont un spectre de raies discontinues. Ces lampes ne possèdent plus de filament, mais deux électrodes placées dans une enveloppe remplie d'un gaz ou d'une vapeur métallique.

En 1970 la LED a commencé à se développer d'un point de vue industriel dans un premier temps dans la signalétique, et s'est vraiment diffusée dans l'éclairage général depuis les années 2000/2010.

Pour pouvoir définir les types de lampes utilisées dans l'éclairage public, il est nécessaire de définir les grandeurs utilisées dans les caractéristiques d'éclairage.

I.3. Grandeurs photométriques :

Le schéma ci-dessous résume les grandeurs photométriques utilisées dans l'éclairage

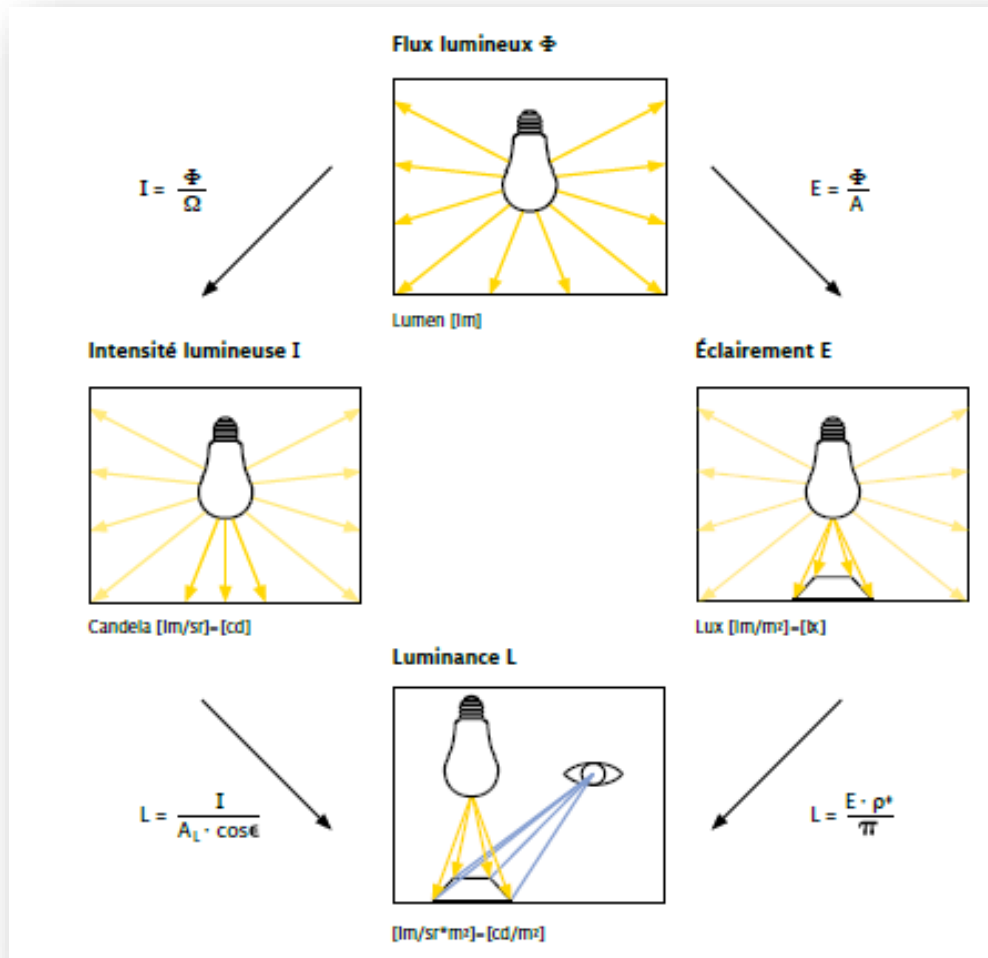


Figure I.1: Les grandeurs photométriques de base.

I.3.1. La lumière :

C'est le Rayonnement électromagnétique dont la longueur d'onde, comprise entre 400 et 780 nm, est perceptible par l'œil humain, entre l'ultraviolet et l'infrarouge et caractérisée par sa fréquence f et sa longueur d'onde λ pendant une durée T . Elle est régie par l'équation [1,2].

$$\text{Équation 1 : } \lambda = c/f$$

Où : c désigne la : célérité de la lumière dans le vide soit environ : 3×10^8 .m/s.

I.3.2. Le flux lumineux :

Le flux lumineux est la grandeur photométrique qui caractérise la puissance lumineuse d'une source, telle qu'elle est perçue par l'œil humain. Le flux lumineux est le flux énergétique, c'est-à-dire la puissance électromagnétique rayonnée, pondérée par la sensibilité de l'œil humain, normalisée par la fonction d'efficacité lumineuse spectrale, aux différentes longueurs d'onde. [3].

En effet, un rayonnement électromagnétique monochromatique produit une sensation visuelle d'intensité très variable selon la longueur d'onde, et une sensation nulle en dehors du spectre visible. Les rayonnements invisibles pour l'œil humain, tels que les infrarouges et ultraviolets, qui peuvent pourtant cumuler une puissance rayonnée considérable dans de nombreux cas, n'ont aucune influence dans le calcul ou la mesure du flux lumineux.

En général on utilise le symbole φ pour ce paramètre son unité est le **LUMEN (lm)** [4].

I.3.3. L'efficacité lumineuse :

L'efficacité lumineuse d'une lampe ou d'un ensemble est le rapport entre le flux lumineux fourni par une lampe, et la puissance consommée (lampe), ou par la puissance totale (lampe + auxiliaire). Elle est exprimée en LUMEN par Watt (lm/W). [4].

I.3.4. L'intensité lumineuse :

L'intensité lumineuse est une grandeur physique qui correspond à la capacité d'une source ponctuelle de lumière à éclairer dans une direction donnée. Elle quantifie donc la quantité de lumière émise dans cette direction. Son unité de mesure officielle est la candela (**cd**), ce qui signifie « chandelle » en latin. [1,4]

I.3.5. L'éclairement :

L'éclairement lumineux est la grandeur définie par la photométrie correspondant à la sensation humaine sur la manière dont une surface est éclairée

Le lux est une unité de mesure de l'éclairement lumineux (**symbole : lx**). Il caractérise l'intensité lumineuse reçue par unité de surface.

Un lux est l'éclairement d'une surface qui reçoit, d'une manière uniformément répartie, un flux lumineux d'un lumen par mètre carré. [1,4]

Équation 2 : $E = \varphi/S$

Où :

E : Est l'éclairement, son unité est le LUX (lx)

φ : Est la valeur du flux lumineux atteignant la surface réceptrice [4]

LUX : 1 lm/m². [4]

NB : L'appareil de mesure de l'éclairement lumineux est le luxmètre. Il comporte généralement une partie à cellule photosensible et une partie d'affichage.

I.3.6. La luminance :

La luminance est une grandeur correspondant à la sensation visuelle de luminosité d'une

surface. La luminance est la puissance de la lumière visible passant ou étant émise en un élément de surface dans une direction donnée, par unité de surface et par unité d'angle solide

Cette grandeur permet de tenir compte des sources de lumière présentes dans le champ visuel d'un observateur. Son unité est le **CANDELA** par mètre carré (**cd/m²**). La luminance se mesure avec 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. [4]

La luminance en un point d'une surface dans une direction donnée est égale au quotient de l'intensité lumineuse (I dans la direction donnée d'un élément infiniment petit de la surface entourant le point, par l'aire de la projection orthogonale de cet élément sur un plan perpendiculaire à cette direction. (Figure I.2). [1]

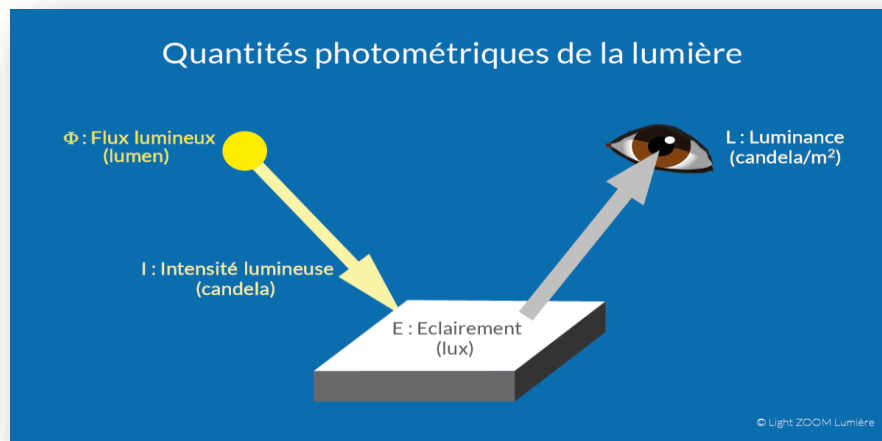


Figure I.2 : Quantités photométriques de la lumière.

I.3.7. L'éblouissement :

Équation 3 : $L = I / \alpha$

L'éblouissement est la difficulté à voir en présence de lumière vive, telle que l'exposition à la lumière du soleil (directe ou indirecte) ou d'une forte lumière artificielle, par exemple les phares d'une voiture dans la nuit.

Il est causé par la différence significative de luminance entre la focalisation visuelle et la source de lumière vive. L'angle entre l'observation et la source lumineuse, ainsi que l'adaptation de l'œil à cette luminosité sont des facteurs pouvant avoir un impact significatif sur le ressenti de cet éblouissement.

L'éblouissement peut limiter la capacité à distinguer des objets ou des obstacles ou créer un inconfort visuel. [5]

I.3.8. L'indice de rendu couleur

L'indice de rendu des couleurs (IRC) représente la qualité de la lumière ; à savoir sa faculté à rendre fidèlement la vraie nature des couleurs telles qu'on peut les voir sous la lumière naturelle du soleil. Normalisé par la Commission internationale de l'éclairage (CIE). Plus cet indice se rapproche de 100, plus la qualité de la lumière est excellente. L'indice de rendu de couleur, ou IRC, rend compte de la capacité d'une source de lumière artificielle à restituer les nuances de couleur d'une surface. [4]

L'indice maximum $R_a = 100$ correspond ainsi, selon la température de couleur, soit à la lumière du jour, soit à une lumière blanche « idéale », celle du corps noir, dont s'approche une lampe à incandescence. Il est établi pour des sources « approximativement blanches » et n'a aucune signification en dessous de 20 et pour des températures de couleur inférieures à 2 300 K. [4]

I.3.9. Le diagramme photométrique :

La photométrie du luminaire définit la manière dont le flux lumineux, créé par la source lumineuse, est réparti dans les différentes directions de l'espace. [6]

Elles permettent de visualiser la répartition, dans l'espace, des intensités lumineuses en candela (cd). Elles sont données pour un flux lumineux de 1000 lumens (lm) [6]

On utilise ce diagramme pour la plupart des luminaires décoratifs. Sur ce diagramme apparaît :

L'angle d'ouverture du faisceau,

Les niveaux d'éclairement dans l'axe de l'appareil,

La dimension des plans éclairés à différentes distances de la source (de 1 à 4 m). [6]

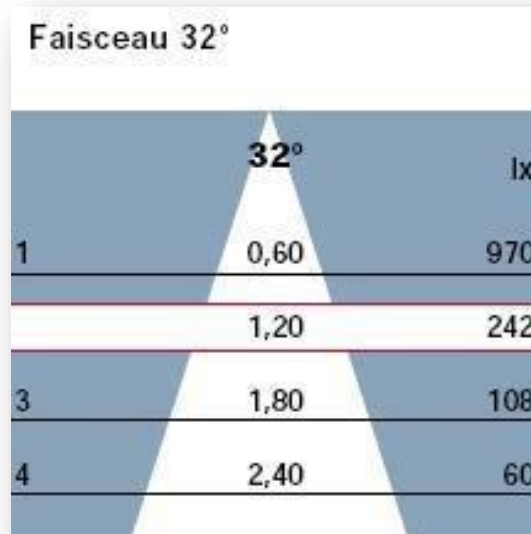


Figure I.1 : diagramme photométrique

I.4. Moyen d'éclairage public :

I.4.1. Les lampes :

Il existe essentiellement 2 types de lampes :

I.4.1.1. Les lampes à incandescence :

L'incandescence consiste à faire chauffer un filament à haute température on distingue notamment. [7]

I.4.1.1.1. Les lampes à incandescence classiques :

Elles sont utilisées pour l'éclairage intérieur. Ces lampes ont un rendement lumineux faible, car la plus grande partie de l'énergie électrique est convertie en chaleur plutôt qu'en lumière. Les lampes « classiques » figure (I.4) sont utilisées pour l'éclairage domestique intérieur

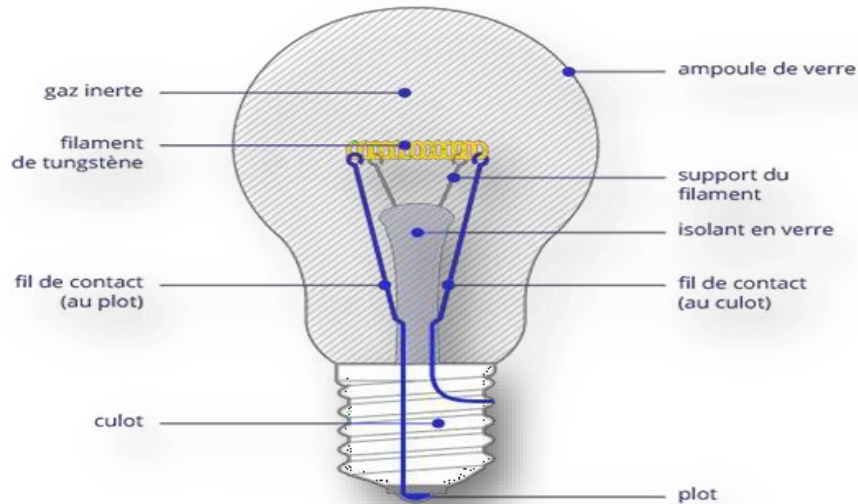


Figure I.2 : Lampe incandescence classique.

L'énergie électrique est convertie en chaleur plus qu'en lumière. [7]

➤ **Les avantages des lampes classiques sont :**

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

➤ **Les inconvénients sont :**

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

I.4.1.2. Les lampes à incandescence halogéné :

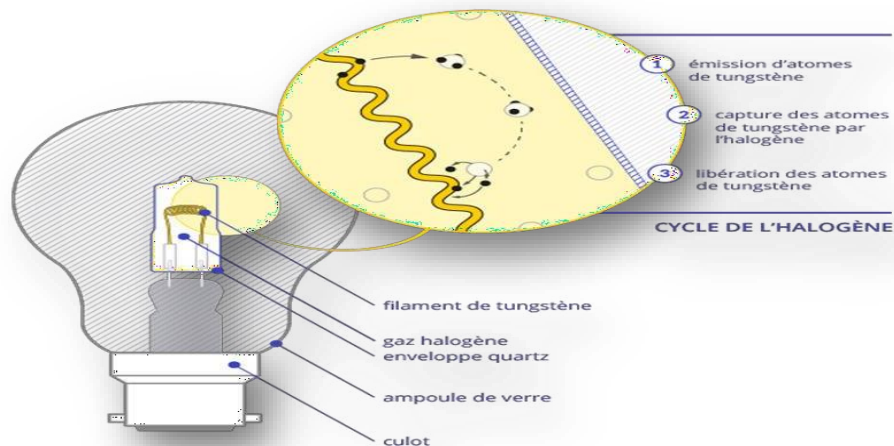


Figure I.3 : Lampe à incandescence halogéné

Les lampes halogènes ont un meilleur rendement que les lampes à incandescence classiques, car elles fonctionnent à plus haute température (environ 2900°C). L'ampoule doit alors être réalisée dans un matériau résistant à ces hautes températures : quartz ou verres spéciaux (d'où l'appellation courante de lampe quartz- iode). A cause de leur température plus élevée, les lampes halogènes émettent plus de rayonnements ultraviolets, qui ne sont pas absorbés par le quartz de l'ampoule ; pour cette raison, on place généralement devant la lampe une fenêtre en matière plastique transparente ou en verre dont la fonction est d'absorber ces radiations nocives. [7]

➤ **Les avantages des lampes à incandescence halogéné sont :**

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

➤ **Leurs inconvénients sont :**

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

Les tubes fluorescents

Appelés couramment "néons"

Les lampes à vapeur de mercure

Autrefois utilisées en abondance pour l'éclairage public, elles sont de plus en plus remplacées par les lampes au sodium, qui ont un meilleur rendement lumineux.

I.4.1.3. Lampe à décharge 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. [7]

I.4.1.4. Lampe à décharge haute pression :

Également des lampes à décharge, elles émettent une lumière jaune-orange, plus éblouissante que les lampes au sodium à basse pression, et elles donnent un rendu des couleurs un peu meilleur que ces dernières. Actuellement, c'est ce type de lampes qui est le plus couramment installé pour l'éclairage public, bien que son efficacité lumineuse soit moins bonne que celles des lampes au sodium à basse pression. [7]

Et la couleur de la lumière émise par cette lampe dépend du gaz utilisé :

- Le néon donne une couleur rouge.
- Le mercure s'approche du bleu.
- Le sodium rayonne dans le jaune.
- Le xénon est le gaz qui permet de s'approcher du blanc pur.

Les lampes à halogénures métalliques. [7]

Elles forment un arc électrique (d'une dizaine de mm) dans une ampoule renfermant des halogénures métalliques et des vapeurs de mercure à haute pression. Les métaux vaporisés émettent une lumière blanche vive, avec une grande efficacité 5 fois meilleure qu'une lampe à incandescence) ; ces lampes sont donc intéressantes quand on désire un bon rendu des couleurs. Ces lampes sont utilisées dans les vitrines commerciales, les terrains de sport, ...

I.4.1.5. Les lampes LED :

La LED est un composant électronique qui émet de la lumière lorsqu'il est traversé par de l'électricité

Les ampoules LED ont une consommation d'électricité bien moindre que celle des ampoules à incandescence, des halogènes ou encore des lampes fluo-compactes. L'indication « 9 W = 60 W » par exemple, montre que la puissance consommée n'est que de 9 Watts pour une puissance restituée

de 60 Watts.

Les ampoules LED sont aujourd'hui les ampoules recommandées car elles consomment très peu d'électricité pour un excellent rendement lumineux. Leur prix d'achat est plus élevé que celui des lampes fluo compactes mais leur durée de vie bien plus longue. Elles sont donc plus rentables.

La lumière produite tire souvent vers le bleu, ce qui, selon les utilisateurs de ce type d'ampoules, confère une atmosphère assez froide aux intérieurs. [8]



Figure I.4 : Lampes LED [8]

Le tableau suivant représente les caractéristiques des différents types de lampes [7]

Tableau 1: récapitulatif des lampes [7]

	Les lampes				
	Incandescence		Luminescence		
	Classique	Halogène	A décharge		LED
			Basse pression	Haute pression	
Durée de vie (H)	1 000	2 000	6000 à 16000	6000 à 22000	25000 à 100000
Efficacité L (Lm/W)	3 à 17	12 à 25	30 à 180	40 à 130	80 à 100
Flux L(Lm)	21 à 4850	60 à 9900	120 à 32000	1300 à 225000	140 à 950

IRC	100	100	20 à 85	20 à 95	80 à 90
Puissance(W)	7 à 300	5 à 500	4 à 1000	20 à 2100	1 à 18

I.4.2. Le lampadaire :

Lampadaire est un dispositif d'éclairage public placé en périphérie des voies de circulation publiques, des parcs et des jardins, etc. Un lampadaire est constitué principalement par : le mât et le luminaire. [7,9]

Le mât est une pièce généralement verticale fixé au sol ; il permet de placer un ou plusieurs luminaires dans la position désirée dans l'espace.

-Le mât doit pouvoir :

-Résister au vent, aux chocs et aux vibrations.

-Résister aux intempéries (pluie, vents, températures, neige) et à la corrosion.

-Être ancré solidement au sol (massif en béton) ou sur un mur.

-Disposer d'une trappe de visite pour les besoins de maintenance. [7]

I.4.3. Le luminaire :

Le luminaire contient la source lumineuse ainsi que les éventuels auxiliaires. Son rôle est multiple :

- Dirige, la lumière fournie par la source lumineuse vers l'espace à éclairer ;
- Protège la lampe et les éventuels auxiliaires contre les influences externes (coups, eau, poussières, etc.) ;
- Joue un rôle esthétique de par sa forme, ses couleurs et ses matériaux. [10]

I.4.4. Les différents modes d'éclairage :

Il existe plusieurs types d'éclairage :

I.4.4.1. Eclairage direct :

Ce mode d'éclairage est obtenu lorsque la lumière éclaire directement, sans rencontrer d'obstacle. La lumière est directement projetée sur une surface à éclairer. De ce fait, les puissances installées nécessaires au confort visuel sont généralement faibles [11].

I.4.4.2. Eclairage indirect :

Le rayonnement lumineux est réfléchi une première fois sur un autre plan avant de parvenir à la surface à éclairer. Cette lumière assure un bon confort visuel. [11]

I.4.4.3. Eclairage diffus :

Les rayons lumineux sont transmis à travers un matériau translucide. La lumière diffuse est douce. [11]

I.4.5. Le lampadaire solaire :

Le lampadaire solaire ou candélabre solaire est un type de lampadaire qui est alimenté par l'énergie solaire, c'est-à-dire qu'il est équipé de panneaux solaires. La journée, le module photovoltaïque capte l'énergie du soleil et la stocke dans la batterie. La nuit, la batterie libère l'énergie stockée durant la journée pour alimenter le bloc LED. Il est équipé d'un ou des modules photovoltaïques qui convertissent pendant le jour, la lumière du soleil en électricité. L'électricité produite est stockée dans une batterie d'accumulateurs électrochimiques pour être restituée à la lampe pendant la nuit. (Figure I.7). [7]



Figure I.5 : Lampadaire solaire

I.4.6. Types d'implantation :

Selon les différentes voiries et espaces public, il y a différents types d'implantation des lampadaires. [11].

I.4.6.1. L'implantation unilatérale :

Ce type est constitué d'une seule rangée de lampadaires du même côté de la route. [11].

il est caractérisé par :

- Investissement limité
- Encombrement limité à un seul trottoir, il est adapté aux chaussées de largeur limitée].

I.4.6.2. L'implantation bilatérale en vis-à-vis :

Ce type est constitué de deux rangées de lampes des deux côtés de route. Ce schéma est avantageux pour les chaussées de largeur plus importante. Mais il nécessite un Investissement plus important. [11]

I.4.6.3. L'implantation bilatérale alternée :

Ce type est constitué de deux rangées dans les deux côtés de la route, mais en décalage par rapport au poteau d'en face.

Avantageux par son esthétique, mais l'uniformité de luminance est plus complexe à obtenir,

Il peut être utilisé pour les voiries de desserte. Les parcs et les jardins [11].

I.4.6.4. L'implantation axiale :

Ce type est constitué d'une rangée de lampes au milieu de la route (axe) Figure (I.8) [11].

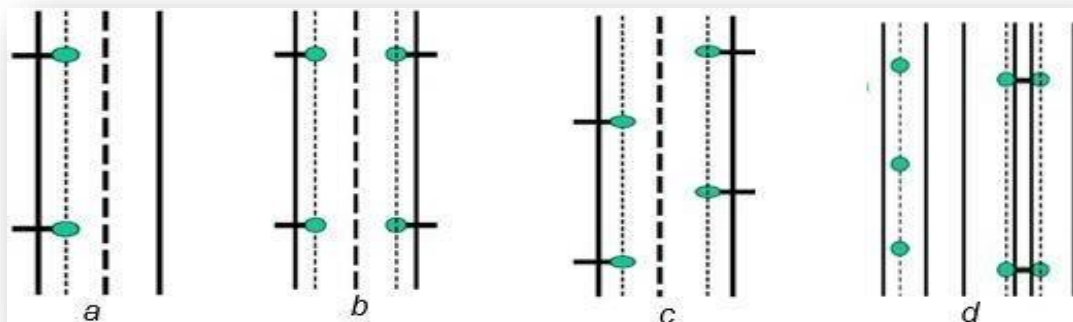


Figure I.6 : Différents types d'implantations

I.5. La température des couleurs pour les parcs et jardins :

Loin de vouloir éclairer la totalité du parc, le concept lumière crée des repères nocturnes visibles dans le quartier et des ambiances lumineuses, agréables ou surprenantes, qui répondent aux différents espaces. Cette mise en lumière relie visuellement les accès majeurs et offre au parc une image nocturne à la fois attractive et diverse, facilement identifiable dans les perspectives, appropriable de près dans les usages et les déambulations de proximité, et agréable de loin depuis les immeubles riverains. Les accès au parc sont

éclairés par des colonnes lumineuses légèrement colorées, tandis que des mâts, équipés de 4 modules à LED de 17 W, en blanc 3 600 K ou rouge, signalent et signent le faisceau d'échanges des rails de chemin de fer.

I.6. Types d'éclairage public :

Même lorsqu'il s'agit d'un éclairage qui n'a rien à voir avec la sécurité, chaque lampadaire doit être soigneusement étudié. L'objectif des experts dans ce domaine est de construire un réseau adapté à ses fonctions, qui puisse répondre aux normes en vigueur en veillant à maintenir une faible consommation d'énergie et une faible pollution lumineuse, tout en assurant une intégration harmonieuse avec l'environnement.

I.6.1. Eclairage routier :

En conséquence, la réglementation sur l'éclairage routier est stricte et la planification et l'exécution du projet nécessitent une attention particulière.

I.6.2. Eclairage des espaces publics :

L'éclairage de l'espace public facilite sa surveillance pendant une nuit pour prolonger son utilité et prévenir les accidents et les crimes et crée une atmosphère détendue.

I.6.3. Eclairage des espaces sportifs :

Pour permettre les activités sportives pendant les heures d'obscurité, il est nécessaire d'illuminer les arènes sportives en utilisant des projecteurs spécialisés.

L'éclairage des bâtiments et des monuments intéressants doit être conçu de façon à souligner son importance et créer une atmosphère agréable.

I.6.4. L'éclairage des espaces verts dont fait l'objet de notre travail :

Un jardin bien entretenu fait partie des lieux de vie, voire même constitue le cœur du foyer. Un bon éclairage dans les jardins privés réunit la pièce de vie et le jardin. Il est conseillé ici de créer des îlots - par exemple un éclairage autonome de plans d'eau, de massifs, de groupes d'arbres ou de sculptures. Idéalement la couleur de lumière est ici de 3000 K ou moins. Pour répondre à tout moment à chaque besoin, l'éclairage du jardin doit être commutable de diverses façons. Nous privilégions les luminaires à intensité variable pour un éclairage d'ambiance sur mesure.

De plus des luminaires mobiles conviennent particulièrement bien aux jardins privés pour adapter l'éclairage en fonction de la végétation. Il est ainsi possible de réaliser aussi bien des modifications mineures que des aménagements saisonniers. En matière de réhabilitation, les systèmes mobiles s'intègrent particulièrement facilement à l'existant.

Afin de mettre en valeur le jardin privé également dans l'obscurité, nous travaillons en combinant luminaires à diffusion libre, à éclairage dirigé et à éclairage défilé. [12]

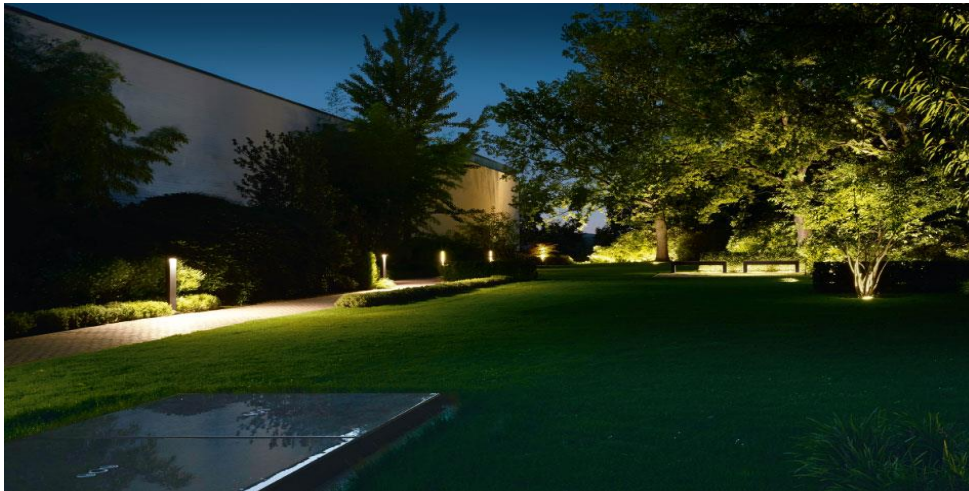


Figure I.7 : Éclairage des espaces verts

I.7. Les normes de l'éclairage :

“Sans norme, il ne peut y avoir ni qualité ni sécurité”

I.7.1. Les normes européennes de l'éclairage :

-Ils servent de référentiel pour le développement des spécifications, les tests de conformité à effectuer et le contrôle des projets d'éclairage.

-Les spécifications d'éclairage pour gérer les installations de maintenance.

Deux classes principales de normes sont existantes :

L'installation doit être conforme aux normes de sécurité et, en particulier, à celles qui figurent dans la norme NF C 15-100 des installations électriques à basse tension (ou NF C 17 200 pour les espaces publics). Pour la sécurité des personnes, des animaux et des biens, il est indispensable de faire appel à des installateurs professionnels pour l'exécution de l'installation. De plus, toutes les précautions de sécurité doivent être prises pour les opérations de remplacement des lampes et d'entretien des équipements. Une attention particulière doit être accordée à la maintenance des équipements et des performances pour conserver l'ouvrage en question le plus longtemps possible dans les meilleures conditions de fonctionnement.

Outre la norme NF EN 12665 évoquée ci-dessus, de nombreuses normes liées à l'éclairage ont également été publiées. Voici la liste :

I.7.2. Les normes de base :

-NF EN 12464-1 (juin 2003) : Lumière et éclairage - Éclairage des lieux de travail - Partie 1 : lieux de travail intérieur.

-NF EN 12193 (mars 2008) : Lumière et éclairage - Eclairage des installations sportives.

-NF EN 15193 (novembre 2007) : Performance énergétique des bâtiments Exigences énergétiques pour l'éclairage.

-NF EN 13032-1 (octobre 2004) : Lumière et éclairagisme - Mesure et présentation des données photométriques des lampes et des luminaires - Partie 1 : mesurage et format de données

-NF EN 13032-2 (avril 2005) : Lumière et éclairage - Mesure et présentation des caractéristiques photométriques des lampes et luminaires

- Partie 2 : présentation des données utilisées dans les lieux de travail intérieurs et extérieurs

-NF EN 13032-3 (décembre 2007) : Lumière et éclairage - Mesurage et présentation des données photométriques des lampes et des luminaires

-Partie 3 : présentation des données pour l'éclairage de sécurité des lieux de travail

-NF EN 15251 (août 2007) : Critères d'ambiance intérieure pour la conception et évaluation de la performance énergétique des bâtiments couvrant la qualité de l'air intérieur, la thermique, l'éclairage et l'acoustique

-NF X35-103 (octobre 1990) : Ergonomie - Principes d'ergonomie visuelle applicables à l'éclairage des lieux de travail

-NF EN 12464-1 (juin 2003) : Lumière et éclairage - Éclairage des lieux de travail - Partie 1 : lieux de travail intérieur

I.7.3. Eclairage extérieur et sportif :

-NF C17-200 (mars 2007) : Installations d'éclairage extérieur

-NF EN 12193 (mars 2008) : Lumière et éclairage - Eclairage des installations sportives

I.7.4. Eclairage très basse tension :

UTE C15-559 (novembre 2006) : Installations électriques à basse tension - Guide pratique - Installation d'Éclairage en Très Basse Tension

I.7.5. Eclairage de sécurité :

-NF EN 50172 (décembre 2004) : systèmes d'éclairage de sécurité (Indice de classement : C71-822)

-UTE C71-804 (août 2006) : Guide pratique - Éclairage de sécurité par blocs autonomes dans les établissements recevant du public comportant des locaux à sommeil ne disposant pas d'éclairage de remplacement.

NF C71-830 (août 2003).

I.7.6. Normes techniques :

- Norme européenne NF EN 13201 relative à l'éclairagisme Les recommandations de la norme pour assurer la sécurité des usagers, la fluidité des déplacements et la protection des biens et des personnes,

- Norme européenne NF EN 60598 relative aux luminaires Les luminaires doivent répondre aux normes européennes harmonisées de la série NF EN 60598. Ces normes visent essentiellement la sécurité électrique du luminaire La marque de qualité européenne « ENEC », facultative, garantit au consommateur que la conformité aux normes de sécurité du produit est contrôlée par un laboratoire indépendant.

- Norme française NF XP X 90-013 relative aux nuisances lumineuses. Cette norme a été élaborée afin de donner un référentiel normalisé pour évaluer et mesurer les nuisances lumineuses.

- Norme française NF C 15-100 : Installations électriques à basse tension (230 V).

- Norme française NF C 17-200 : Installations d'éclairage extérieur - Règles.

I.8. Les paramètres qui influent sur l'éclairage :

Les paramètres ayant une influence sur la dépréciation d'une installation :

- Diminution de la lumière émise par une lampe au cours de sa vie (facteur intrinsèque lié au type de lampe)

- Degré de pollution de l'air ambiant (encrassement des vasques et des réflecteurs)

- Degré de protection du luminaire (indice IP caractérisant le degré d'étanchéité à l'eau et à l'air du luminaire)

- Nature de la vasque (le verre est plus stable que le plastique qui s'opacifie)

I.9. L'éclairage pour les personnes à mobilité réduite :

Il est important de faire tester les propositions d'installations d'éclairage dans les espaces publics par les associations de personnes malvoyantes.

I.10. Conclusion :

-L'éclairage public représente aujourd'hui un challenge pour les gestionnaires d'installation, tant en termes de restrictions de maintenance, de coûts de maintenance et de consommation d'énergie, qu'en termes de service offert aux utilisateurs de l'espace public (confort, sécurité).

Chapitre 2
Eclairage des parcs et jardins

Chapitre 2 : Eclairage des parcs et jardins

II.1. Introduction :

L'espace vert est un lieu de détente. Il devient d'autant plus nécessaire pour permettre à l'humain de garder contact avec la nature, contribuant ainsi à son équilibre. La lumière des espaces verts est d'une grande utilité, elle permet de répondre à de nouveaux besoins sociaux en améliorant l'esthétique par la valorisation du site, en créant le confort tout en veillant à la sécurité des personnes. Il faut en outre veiller à limiter les nuisances et limiter l'impact sur la biodiversité tout en préservant ces espaces naturels.

Les solutions proposées aujourd'hui pour la mise en valeur par la lumière des espaces végétalisés sont d'une grande diversité. Elles permettent de répondre à ces nouveaux besoins sociaux en respectant les exigences de maîtrise des consommations et de gestion des déchets, d'allier l'esthétique et la valorisation du site au confort et à la sécurité des personnes, de répondre aux exigences de réduction des nuisances lumineuses, de limitation de l'impact sur la biodiversité et de préservation des espaces naturels.

La multiplication des lieux à éclairer est devenue synonyme de consommation élevée de l'énergie électrique. Par conséquent, il est vital de rechercher des solutions économiques aussi bien budgétaires que pour la préservation des ressources ainsi que la préservation de l'environnement.

L'objectif est de pouvoir profiter des espaces verts sans nuire gravement à la biodiversité ni consommer trop d'électricité.

Les jardins et les parcs font l'objet de notre travail :

A)-l'éclairage pour Le jardin :

Le jardin est souvent considéré comme une extension de l'habitat, une pièce à vivre supplémentaire, et, en ville, la densification de l'habitat vertical rend encore plus nécessaire l'accès à des jardins publics et privés, même en soirée, pour permettre à l'humain de garder contact avec la nature, contribuant ainsi à son équilibre on site quelques exemples des jardins qui existent en Algérie :

- ✓ Le jardin d'essai du Hamma, situé dans le quartier du Hamma à Alger, est un jardin luxuriant, de la rue Mohamed-Belouizdad à la rue Hassiba-Ben-Bouali, sur une superficie de 32 hectares.
- ✓ Jardin Citadin Méditerranéen situé à Oran

✓ Jardin de Prague situé à Bab El Oued

-Pour l'éclairage des parcs et jardins, la lumière joue un triple rôle :

-Fonctionnalité : pour assurer les activités et les déplacements des personnes, et améliorer la perception de l'environnement.

-Décorative : elle aide à mettre en valeur ses caractéristiques et la beauté des plantes.

-Sécurité : Identifier les obstacles et les changements de direction et de niveau pour éviter les zones grises.

Les LED offrent une créativité illimitée. Différentes de certaines technologies (Par exemple : lampes fluorescentes compactes), elles fonctionnent également bien à des températures très froides avec des changements de couleur et d'intensité.

Une fonction utilitaire :

Côté jardin ou parc, l'éclairage permet de se déplacer sans piétiner les massifs de fleurs et sans se cogner dans les branches basses ou un objet oublié.

Une fonction sécuritaire :

L'éclairage du jardin présente un autre avantage non négligeable, qui peut être son objectif principal : il sécurise les lieux. Une présence lumineuse joue en effet un rôle de dissuasion.

Inutile, par exemple, de vouloir éclairer le jardin avec un seul luminaire puissant pour remplacer le Soleil : l'effort serait vain et le résultat désastreux !



Figure II.1 : Eclairage des jardins (jardin ROYAL, MOSTAGANEM)



Figure II.2 : Exemple de modèle de luminaire pour jardin ALPHA LED 150W

B)-L'éclairage public pour les parcs :

Qu'il s'agisse de parcs, places, zones piétonnes ou fronts de mer, les espaces extérieurs sont des lieux de rassemblement essentiels pour les communautés. Un éclairage adapté à ces zones permet de créer des expériences visuelles uniques. Accueillant, divertissant et stimulant, l'éclairage LED contribue à instaurer une atmosphère rassurante et agréable dans les espaces publics. Grâce aux solutions d'éclairage innovantes, on peut créer des zones urbaines favorisant le tourisme et le développement économique tout en économisant de l'énergie et en réduisant votre impact environnemental.



Figure II.3 : Eclairage en LED de parc de jeux (parc MAJDOUBLAND, MOSTAGANEM)



Figure II.4 : Mât utilisé sur les parcs



Figure II.5 : Mât



Figure II.6 : Eclairage en LED de parc de jeux non couverte (MOSTALAND)

II.2. Les différents éléments de l'éclairage pour les parcs et les jardins :

II.2.1. Armoire de commande :

Il permet l'alimentation de l'éclairage public à partir du réseau de distribution d'énergie. Le coffret comprend généralement une partie pour le comptage de la consommation électrique, une partie pour la commande d'allumage des points lumineux .Il contient des composants tels que les horloges et les contacteurs, ainsi que les appareils de protection (disjoncteur, fusible...).

II.2.2. Câbles réseau électrique :

On distingue deux types principaux de réseaux dans l'éclairage public : le réseau alimenté en câbles souterrains qui est recommandé, parce qu'il offre plus de sécurité et permet un éclairage plus approprié et le réseau mixte sur poteaux et sur façade. Ce dernier continue à être utilisé en éclairage public. Néanmoins, l'éclairage public sur un réseau aérien ne permet pas d'obtenir un éclairage conforme aux normes. L'espacement entre supports est imposé par le réseau de distribution et non en fonction des besoins d'éclairage.

II.2.3. Point lumineux :

Le point lumineux constitue l'une des parties les plus importantes et les plus sensibles du réseau d'éclairage public. En effet, c'est la partie qui porte la source lumineuse et qui est la plus exposée aux pannes et aux aléas. Elle nécessite une attention particulière, tant au niveau conception qu'au niveau maintenance (figure ci-dessous). Un point lumineux est composé essentiellement d'un luminaire, d'une crosse et d'un mât.



Figure II.7 : Armoire de commande et de protection

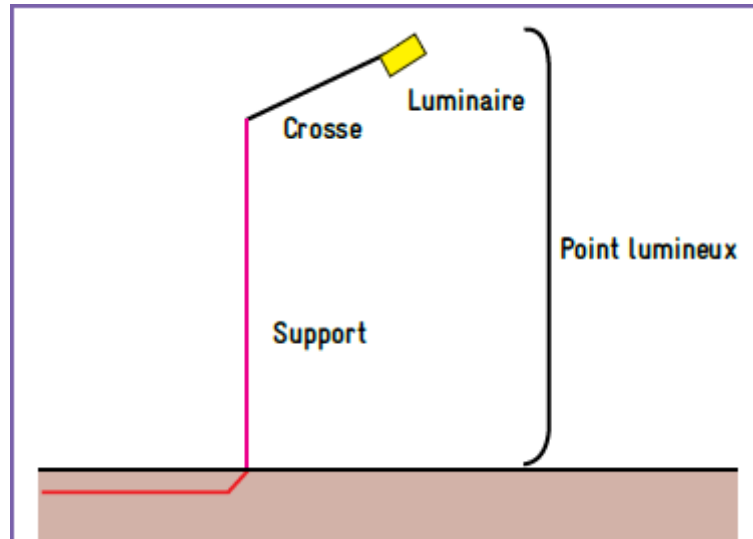


Figure II.8 : composition essentielle d'un luminaire

II.2.4. Appareillage ou ballast :

Permettant l'allumage et le fonctionnement des lampes, il peut être ferromagnétique ou électronique.

II.2.5. 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. Les interrupteurs crépusculaires peuvent être associés à des horloges afin de couper la commande pendant une partie de la nuit.



Figure II.9 : Détecteur crépusculaire

II.2.6. Interrupteurs horaires programmables : 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. [13]



Figure II.10 : Horloge programmable numérique

Figure II.11 : Horloge programmable mécanique

II.3. Durée de vie :

Par ailleurs, « la durée de vie des LEDs à bain d'huile est meilleure que celle des luminaires à vapeur de sodium ou de mercure : 50 000-60 000 heures contre seulement 15 000 ». Ces nouvelles LEDs coûtent deux à trois fois plus chères à l'unité que les ampoules à vapeur de sodium « comme il faut les changer quatre fois moins, cela coûte beaucoup moins cher sur le long terme. [14]

II.4. Connaître les normes, recommandations et l'indicateur principal :

L'arrêté du 27 décembre 2018 relatif à la prévention, à la réduction et à la limitation des nuisances lumineuses. Il vient se substituer à un arrêté de 2013 et le complète. Les principales implications sont :

- les lumières éclairant le patrimoine et les parcs et jardins accessibles au public devront être éteints au plus tard à 1 h du matin ou 1 h après la fermeture du site.

L'arrêté fixe également des normes techniques à respecter en agglomération et hors agglomération. Ces valeurs sont obligatoires et s'expriment en densité surfacique maximale de flux lumineux installé (flux lumineux total des sources rapporté à la surface destinée à être éclairée, en lumens par mètre carré) :

- les parcs et jardins : 25 lm/m² en agglomération et 10 lm/m² hors agglomération ;

Pour les cheminements extérieurs accessibles aux personnes à mobilité réduite ainsi que les parcs de stationnement extérieurs et leurs circulations piétonnes accessibles aux personnes à mobilité réduite, la densité surfacique de flux lumineux n'excède pas 20 lux.

Les luminaires installés après le 1er janvier 2020 devront être conformes à l'ensemble des dispositions. Pour les luminaires existants, l'entrée en vigueur varie selon la disposition et le type de luminaire.

La norme européenne NF EN 13 201 – d'application non obligatoire – et les recommandations relatives à l'éclairage des voies publiques de l'Association française de l'éclairage (AFE) donnent des indications sur les valeurs d'éclairement et de luminance à maintenir en fonction de la nature des sites et des voies.

Le principal indicateur d'efficacité énergétique correspond à la puissance installée pour éclairer à une certaine intensité lumineuse une surface de voirie donnée. L'installation est performante lorsque la puissance est faible et le résultat fixé obtenu.

II.5. Pour optimiser les consommations :

II.5.1. Les appareillages d'alimentation et les systèmes de commande :

Des systèmes de commande autonomes et centralisés permettent de contrôler les durées d'allumage et de moduler les valeurs d'éclairement selon les besoins définis. [15]

L'évolution du rapport durée de la nuit/durée du jour influe sur la germination. Il est aussi responsable des phénomènes d'étiollement (plante qui devient grêle, décoloration, perte prématurée des feuilles, dessèchements, etc.). [15]

II.6. Normes techniques :

Il s'agit des normes européennes NF EN 310201

Norme européenne NF EN 60598 relative aux luminaires

- Norme européenne NF EN 13201 relative à l'éclairagisme
- Norme européenne NF EN 60598 relative aux luminaires

Les luminaires doivent répondre aux normes européennes harmonisées de la série NF EN 60598. La marque de qualité européenne « ENEC », facultative, garantit au consommateur que la conformité aux normes de sécurité du produit est contrôlée par un laboratoire indépendant.

La norme EN13201 n'est pas d'application obligatoire mais elle constitue un repère pour les maîtres d'ouvrage. Les valeurs d'éclairage préconisées sont considérées comme excessives par les associations de protection de l'environnement et du ciel nocturne.

EN 13201-3 – Calcul des performances donnent les procédures et les méthodes de calcul nécessaires à l'expression des performances photométriques des installations d'éclairage public (éclairages, luminances, maillage de points de calcul et de mesure, calcul de l'éblouissement et du rapport de contiguïté).

Les éclairages de mise en lumière du patrimoine et des parcs et jardins sont allumés au plus tôt au coucher du soleil et sont éteints au plus tard à 1 heure du matin où, s'agissant des parcs et jardins, au plus tard 1 heure après leur fermeture.

Les prescriptions des paragraphes peuvent être adaptées lorsque ces installations sont couplées à des dispositifs de détection de présence et des dispositifs d'asservissement à l'éclairage naturel. Les dispositifs de détection de présence ne génèrent qu'un éclairage ponctuel.

II.6.1. Du côté de la norme : accessibilités handicapés

- Prévoir le repérage des cheminements et guidage des allées vers les entrées des bâtiments.
- Niveau d'éclairage : 20 LUX en tout point du cheminement extérieur accessible.
- Extinction progressive lorsque que la durée du fonctionnement d'un système d'éclairage est temporisée et/ou pilotée.
- Les zones de détection doivent se chevaucher.
- PMR : Hauteur de borne > 1,20m



Figure II.12 : Borne à éclairage

II.7. Effets d'éclairage sur les végétaux :

En jouant sur la disposition des points lumineux par rapport au site ou à l'objet à éclairer, on obtient des effets différents.

II.7.1. Éclairage du feuillage :

Par devant pour un effet écrasant.

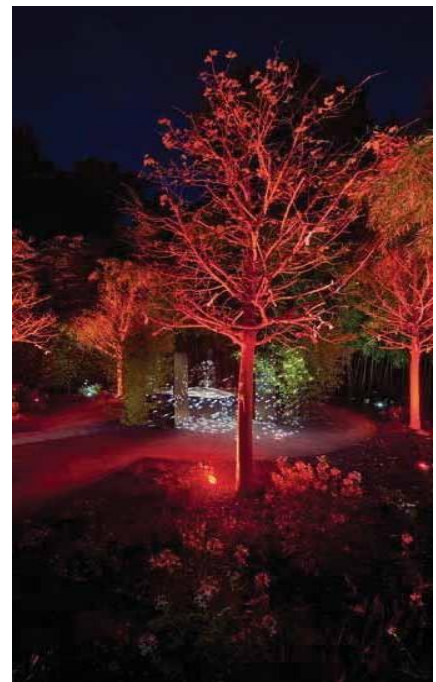


Figure II.13 : Éclairage du feuillage

II.7.2. Éclairage rasant :

Avec accentuation forte sur le tronc, pour un effet dramatique.

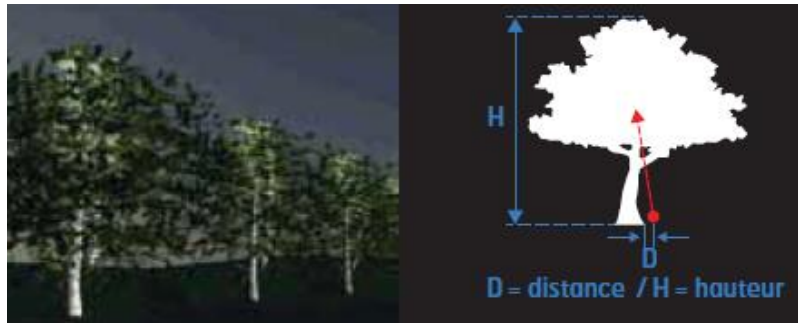


Figure II.14 : Éclairage rasant du feuillage

II.7.3. Eclairage par l'extérieur :

Pour un éclairage uniforme et doux mais écrasant le massif

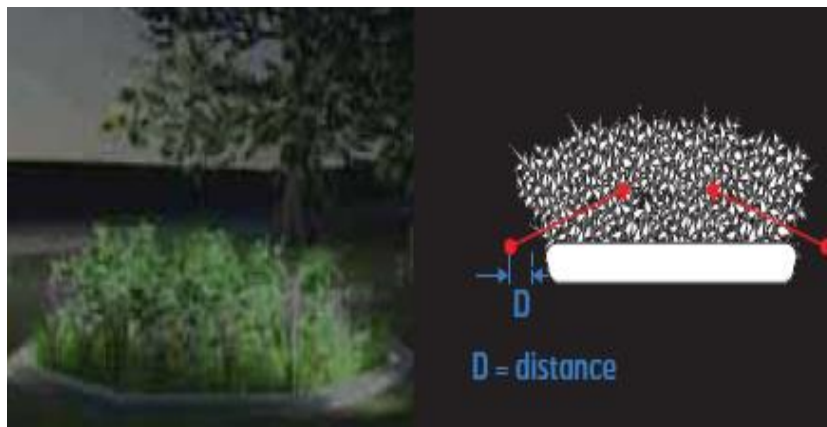


Figure II.15 : Eclairage par l'extérieur du feuillage

II.7.4. Éclairage par l'intérieur :

Pour une sensation de relief, de matière.

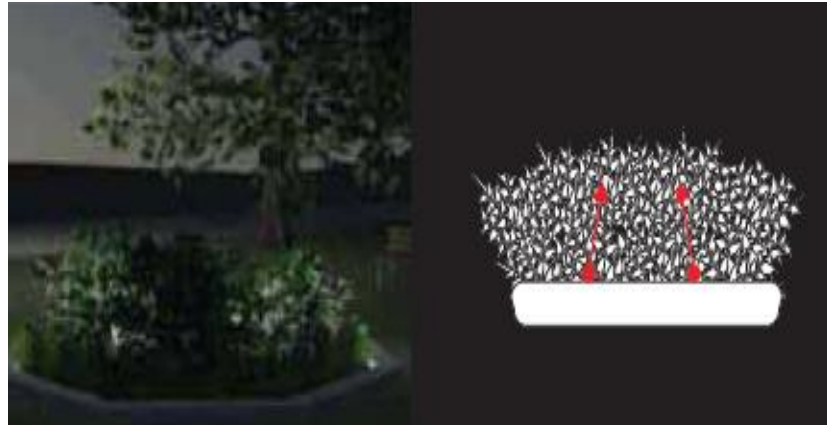


Figure II.16 : Éclairage par l'intérieur du feuillage

Le Taux de bulle est important pour optimiser les effets lumière.



Figure II.17 : éclairage du jet d'eau

II.7.5. DU CÔTÉ DE LA NORME :

- pour les câbles immergés (temporairement) : prévoir du câble de type AD7.
- pour les câbles submergés (totalement et tout le temps) : prévoir du câble de type AD8.

II.8. L'impact de la pollution lumineuse sur la biodiversité :

L'excès d'éclairage artificiel est une source de perturbations pour la biodiversité (modification du système proie-prédateur, perturbation des cycles de reproduction, des migrations...).

Certains insectes vont être attirés par les points lumineux qui vont constituer de véritables pièges. L'insecte peut voler directement vers la lampe chaude et mourir instantanément, soit il peut tourner autour de la lumière jusqu'à épuisement ou jusqu'à ce qu'il soit capturé par un prédateur.

D'autres espèces animales vont au contraire fuir les sources lumineuses. La lumière artificielle dégrade et fragmente la qualité des habitats nocturnes et peut générer un stress important et affecter la survie de certaines espèces qui pour accomplir leurs besoins vitaux (alimentation, reproduction, migration, etc.) sont obligées de réaliser de plus longues distances. [16]

L'éclairage de ces espaces doit être en cohérence avec cette typologie en préservant au maximum de l'éclairage artificiel les espaces les moins gérés.

Lorsqu'il est nécessaire d'éclairer des cheminements au sein d'un parc, il est souhaitable d'utiliser des luminaires qui ciblent le flux lumineux vers la zone à éclairer. Pour éviter la dispersion latérale de lumière, la lampe doit être à l'intérieur d'un capot et les mâts doivent être de faible hauteur.

II.9. Conclusion :

L'intensité lumineuse des cheminements doit pouvoir permettre aux piétons de se déplacer en visualisant les obstacles éventuels

On a remarqué que l'éclairage du parc était un peu faible et qu'il faut ajouter des luminaires pour fournir le bon éclairage

On a remarqué l'absence des bornes à éclairage sur les espaces verts

Les éclairages de « mise en valeur » qui éclairent les végétaux sont à proscrire

Sur nos deux études des parcs et jardins

Il faut choisir l'emplacement adéquat des lampadaires et en nombre suffisant.

L'éclairage sur le parc est trop fort cela pourra provoquer l'éblouissement et le gaspillage d'énergie

Sur le parc et le jardin l'absence des détecteurs crépusculaires ou horloges programmables a été remarqué pour permettre d'allumer la lumière à des heures précises.

Sur le chapitre qui va suivre « le chapitre 3 » on va entamer une étude expérimental qui va nous permettre d'approfondir notre étude sur l'éclairage des parcs et jardins.

Les parcs et jardins sont des zones d'un intérêt particulier pour la biodiversité (cours d'eau, zones à végétation spécifique, faune à protéger, etc.). Il faut tenir compte pour le choix des modes et durées d'éclairage artificiel (températures de couleur adaptées, durées et zones limitées d'éclairage). L'éclairage public doit être partie intégrante de la gestion optimale des espaces naturels.

L'objectif est de pouvoir profiter des jardins publics sans nuire gravement à la biodiversité ni consommer trop d'électricité pour préserver l'environnement et économiser l'énergie.

Chapitre 3 :
Conception et recommandations pour
l'éclairage des parcs et jardins en
Algérie

Chapitre 3 : Conception et recommandations pour l'éclairage des parcs et jardins en Algérie

III.1. Introduction :

L'impact de l'éclairage ne se limite pas à la dégradation de la biodiversité. Les différentes étapes du cycle de vie de l'éclairage ; pour sa mise en œuvre et les ressources qu'il nécessite, (production du matériel, consommation électrique, recyclage etc..., induit d'autres facteurs tels que l'artificialisation des sols, rejet des gaz à effet de serre et divers polluants. Ces différentes nuisances contribuent aussi, à dégrader le climat et l'équilibre des écosystèmes.

Aujourd'hui, l'éclairage public représente 70 à 80 % de la facture d'électricité des communes en Algérie selon « l'APRUE ». Il représente divers enjeux majeurs pour la communauté ; il s'agit :

- De diminuer les dépenses publiques,
- de réduire la consommation d'électricité,
- de respecter la réglementation,
- prendre en compte la biodiversité.

Tout ceci, doit aussi être concilié avec les objectifs de confort et de sécurité pour les citoyens, entre autres grâce aux technologies modernes.

III.2. L'étude d'éclairage :

Après avoir défini les besoins en éclairage extérieur, il est indispensable, en neuf ou en rénovation, de réaliser une étude photométrique. Seul un bureau d'études ou un concepteur compétent et équipé des outils nécessaires peut réaliser cette étude.

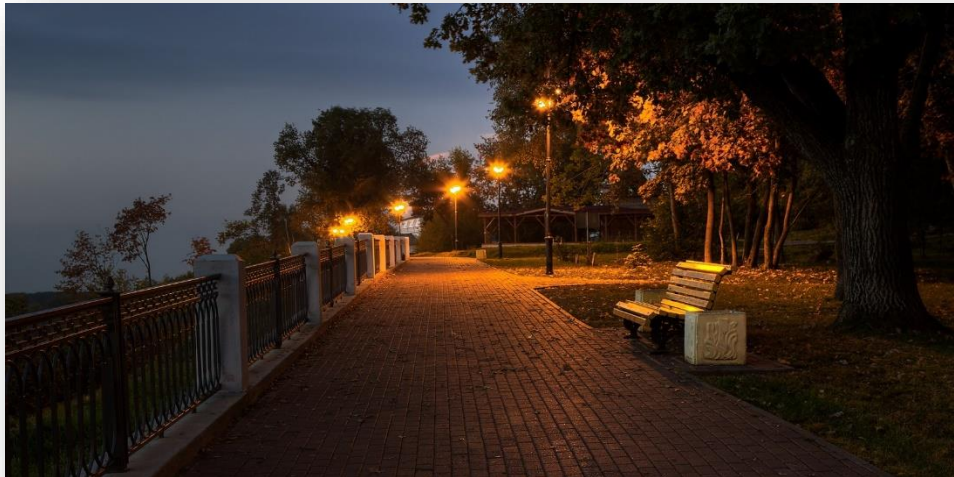


Figure III.1 : éclairage des parcs et jardins.

L'urgence d'un plus grand respect de l'environnement, la nécessité d'économiser l'énergie doivent nous guider vers une nouvelle manière de concevoir l'éclairage.

Les effets de la lumière artificielle sur la faune sont "très diversifiés et très présents" même à de faibles niveaux, ont constaté les scientifiques.

Des changements sur le corps et le comportement des animaux, en particulier les niveaux d'hormones et les modes d'éveil et de sommeil, ont été systématiquement constatés. Les niveaux de mélatonine - une hormone régulant les cycles de sommeil - ont été réduits par une exposition à un éclairage artificiel la nuit chez toutes les espèces animales étudiées.

III.2.1. Lumière bleue :

Les LED sont-elles dangereuses pour les yeux ?

La lumière bleue, émise entre autres par certaines LED, endommage notre rétine selon certains chercheurs. Aujourd'hui, nous sommes continuellement exposés à la lumière bleue. Une exposition contre laquelle plusieurs spécialistes mettent en garde. Car elle est dangereuse pour nos yeux.

III.2.2. Quel éclairage prévoir ?

III.2.2.1. 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 (cf. partie 1.1) 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.

III.2.2.2. Uniformité d'éclairage :

Des luminaires trop espacés, un flux mal dirigé ou des optiques non adaptées 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.

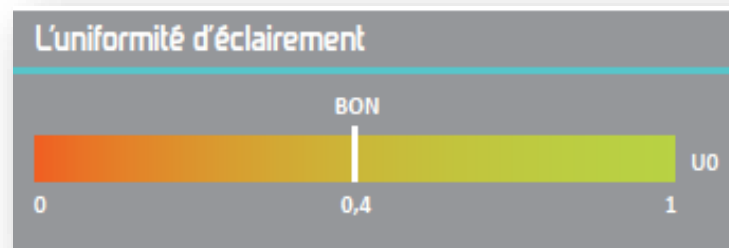


Figure III.2 : l'uniformité d'éclairage

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).

III.2.2.3. Confort des usagers :

Les études photométriques sont à généraliser autant que possible en amont des décisions politiques pour définir les projets d'éclairage public.

Elles permettent d'optimiser l'implantation des luminaires, de choisir des systèmes optiques et des sources adaptées aux besoins.

Ces études ne sont pas forcément complexes ni onéreuses ; les fournisseurs de matériel d'éclairage public peuvent les réaliser gratuitement.

III.2.2.4. Éblouissement :

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

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.



Figure III.3 : exemple d'Éblouissement

III.2.2.5. Schémas d'implantation des candélabres :

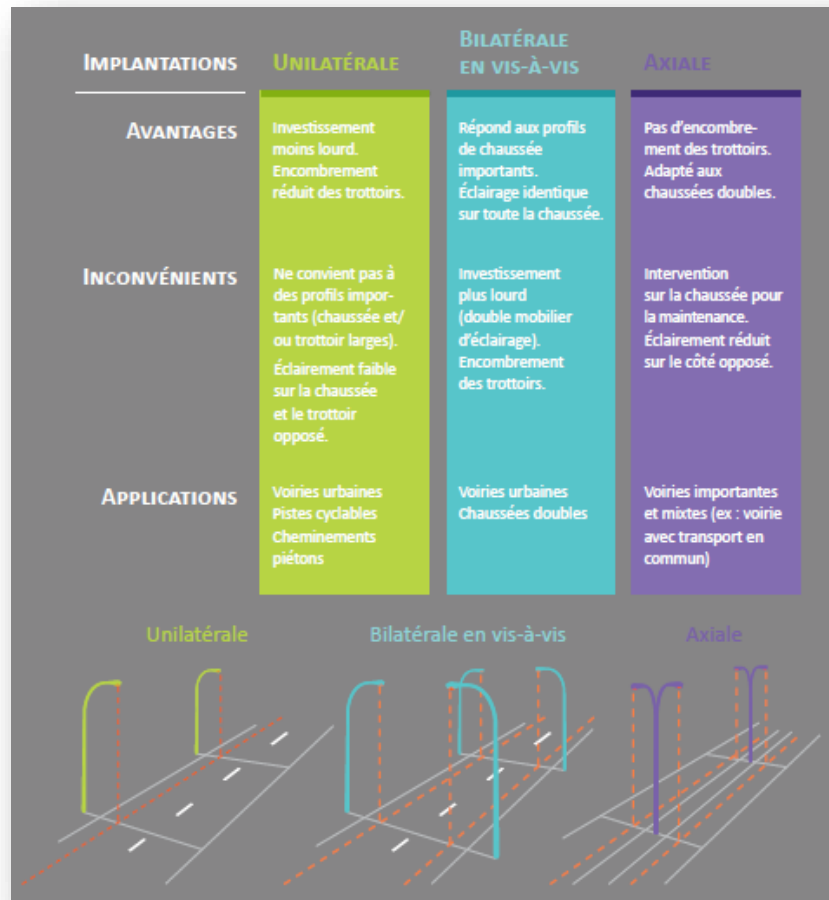


Figure III.4 : Schémas d'implantation des candélabres [17]

III.3. L'étude d'un cas réel d'un parc à MAJDOUBLAND et parc MOSTALAND :

III.3.1. Côté branchement comptage et protection :

Les matériels utilisables pour les branchements doivent répondre aux exigences normatives de la norme NF C 14-100 et amendements en vigueur, et à celles du gestionnaire local du réseau de distribution. Il appartient à l'installateur de s'assurer de la nature de ces exigences.

De façon générale, les différentes fonctions électriques se décomposent ainsi :

- Liaison et branchement au réseau électrique :

III.3.2. La fonction CCPI (Coupe-Circuit Principal Individuel) :

Son mode de réalisation est soumis aux règles en vigueur du gestionnaire de réseau public de distribution et il doit être adapté aux différents cas d'installation : par un coffret type CIBE®, S20, REMBT ou

S22 placé à proximité ou intégré à l'armoire d'Éclairage Public. Les CCPI doivent accueillir des coupe-circuits de type AD taille 00 (60A maxi).

- Alimentation par un câble de branchement souterrain : l'enveloppe est posée au sol, la fonction CCPI est généralement assurée par un matériel de la gamme CIBE®, placé à proximité ou intégré à l'armoire d'éclairage public. [19]

- Alimentation par un câble de branchement aérien : l'enveloppe posée sur support, la fonction CCPI peut être assurée par un matériel de la gamme CIBE® ou par un panneau de contrôle avec CCPI (monophasé ou triphasé) intégré à l'enveloppe, avec accès permanent au gestionnaire de réseau.

• Matériels pour le comptage et disjoncteur : [19]

III.3.3. La fonction support compteur / disjoncteur : (AGCP) sera assurée par des panneaux synthétiques à double fond répondant aux spécifications Enedis-CDCMC K.8.4-06 en monophasé ou triphasé + neutre sans CCPI, en panneau type 2 (monophasé ou triphasé + neutre). [19]

III.3.4. Appareillage général coupure et protection de tête d'installation : Cette fonction est assurée par un disjoncteur de branchement de type différentiel 500mA sélectif ou non différentiel. [19]

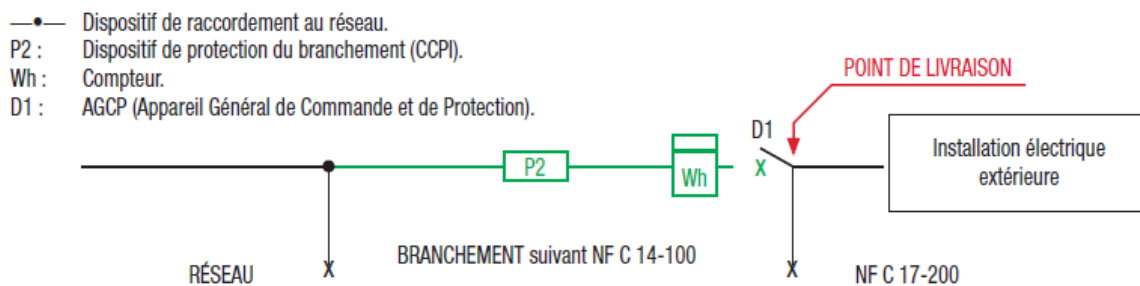


Figure III.5 : Schématisation branchement comptage et protection. [18]



Figure III.6 : armoire d'alimentation (parc MOSTALAND)

III.3.5. Quels sont les équipements d'un branchement à puissance limitée ?

L'armoire de commande est équipée d'un sectionneur principal 400 A et un sectionneur pour éclairage 250 A Et des disjoncteurs unipolaires et contacteur NC1_9511 la section des câbles est de 60 mm².

III.4. Armoire de commande pour éclairage : parc (MOSTALAND MOSTAGANEM) :

L'armoire de commande pour l'éclairage est reliée à un détecteur crépusculaire dont le rôle est d'actionner un contacteur pour allumer ou éteindre la lumière. La section des câbles pour l'éclairage des parcs et jardins est de 35 mm² en cuivre et le câblage est sous-terrain.



Figure III.7 : Sectionneur pour éclairage 250 A



Figure III.7 : Armoire de commande pour éclairage



Figure III.8 : détecteur crépusculaire

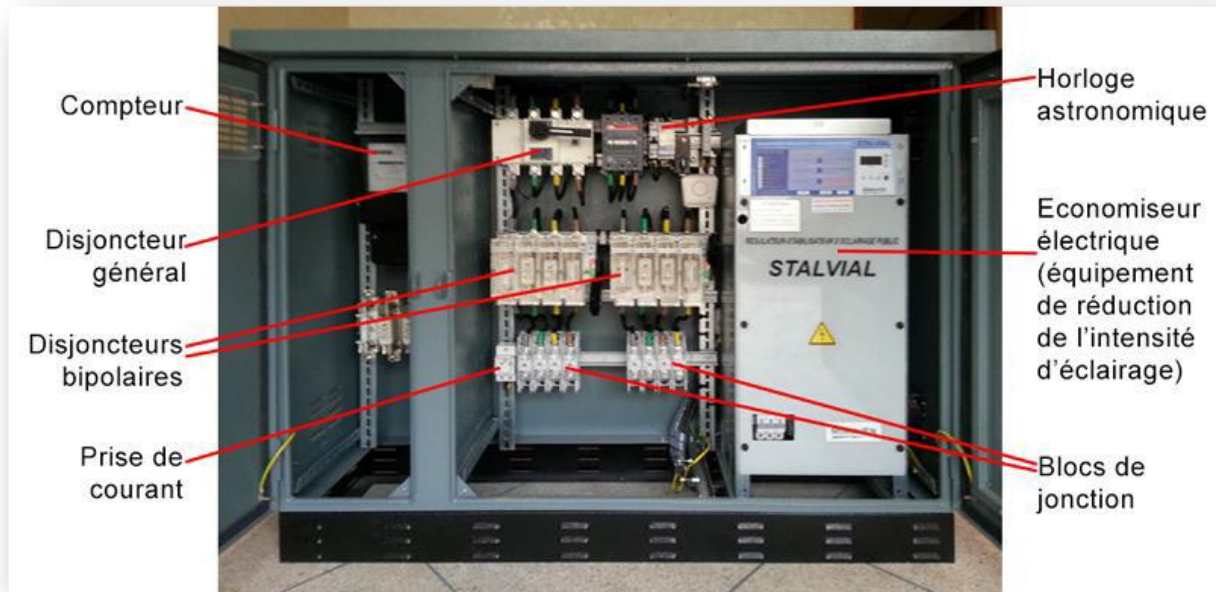


Figure III.9 : Les composantes d'un CCP (Coffret de Commande et de Protection) [19].

III.4.1. Recommandations :

On recommande d'utiliser les horloges 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.

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.

2) Allumage des lampadaires individuels géré par des détecteurs de mouvement ou détecteurs de présence et avec un délai d'extinction programmable.

3) 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.



Figure III.10 : Détecteur de présence sur un support fixé sur le mât.

Il est recommandé d'adapter les niveaux d'éclairage avec les systèmes de régulation-variation de puissance (centralisés à l'armoire ou installés au point lumineux, type ballast électronique).

Ils permettent d'abaisser l'intensité lumineuse des lampes aux heures creuses de la nuit, sans que cela ne soit réellement perceptible par l'utilisateur. Ainsi, une réduction de la tension d'alimentation de la lampe de 26 % (170V) permet de réduire de 45% sa puissance et donc le flux lumineux émis.

Les matériels les plus évolués permettent également d'ajuster les niveaux d'éclairage dès l'allumage, pour pallier au surdimensionnement fréquent des installations.

III.4.2. Dans quels cas l'installation doit-elle être conforme la norme NF C 17-200 :

- Installations nouvelles,
- Rénovation complète,
- Installations existantes lorsque des extensions ou des modifications impliquent :
 - Le changement du calibre minimal des dispositifs de protection contre les surintensités à l'origine du ou des circuit(s) concerné(s) ;
 - Le changement du schéma des liaisons à la terre.

III.5. Les câbles d'alimentation : des câbles électriques servant à transporter l'électricité à partir des sources d'alimentation.

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.

III.6.Choix des dispositifs de distribution électrique :

III.6.1. Principes de choix des câbles et des canalisations préfabriquées :

III.6.1.1.Courant nominal des circuits :

Un bilan de la puissance totale du circuit doit être calculé : la puissance consommée par les lampes les pertes éventuelles dans les ballasts ou transformateurs des lampes

En fonction du type de charge et d'une éventuelle compensation, un facteur de puissance doit être pris en compte. Un mauvais facteur de puissance peut ainsi doubler le courant circulant dans les circuits.

Pour dimensionner les liaisons électriques, Il faut prendre en compte que les lampes consomment 1,5 à 2 fois leur courant nominal : en fin de vie pour toutes les lampes lors de la longue phase de démarrage des lampes à décharge haute intensité.

III.6.1.2. Longueur des liaisons électriques :

La résistance des câbles induit une chute de tension proportionnelle à leur longueur des dysfonctionnements à l'allumage des lampes ou une baisse de luminosité en régime établi. La longueur des circuits et la puissance distribuée imposent une section des câbles adaptée.

III.6.1.3. Matériau conducteur

Le cuivre est moins résistif mais plus onéreux que l'aluminium.

L'utilisation de liaisons électriques en aluminium est réservée aux liaisons de forte intensité.

III.6.1.4. Valeurs usuelles

Puissance utile par phase d'un circuit d'éclairage : valeurs courantes : de 0,3 à 0,8 kW valeurs maximales :

- 110 V : jusqu'à 1 kW

- 220 à 240 V : jusqu'à 2,2 kW.

Facteur de puissance :

> 0,92 (circuit compensé ou ballast électronique)

Chute de tension (ΔU) maximale admissible en régime établi :

3 % pour les circuits de moins de 100 m

3,5 % toléré au-delà de 200 m.

Section de câbles :

Cas le plus courant (< 20 m) : 1,5 ou 2,5 mm²,

Circuit de grande longueur (> 50 m) et de forte

Puissance pour limiter les chutes de tension : 4 à 6 mm²,

Voire 10 mm² (> 100 m).

III.6.1.5. 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 éclairement conforme aux normes en vigueur. En effet, l'inter-distance entre supports est imposée par le réseau de distribution desservant les habitations et non en fonction des besoins d'éclairage.



Figure III.11 : Eclairage avec réseau



Figure III.12 : Eclairage avec réseau électrique enterré

III.7. Liaison (câble) :

Tableau 2 : exemples des cables de liaisons utilisés

Type de câble	Usage
câble souple HO 7 V-R	Ce câble mono conducteur est utilisé pour le câblage des platines d'appareillage d'alimentation et des armoires. Le rayon de courbure admissible en permanence sur ce type de câble est supérieur à 5 fois son diamètre extérieur
câble souple HO 7 RN-F	Ce câble multiconducteur est utilisé pour les liaisons suivantes :

	_ entre luminaires et les borniers, _ entre les luminaires et les appareillages d'alimentation, Pour cet usage, le câble comporte 3 conducteurs (brun, bleu, vert/jaune) _ type A
câble rigide U 1000 R2V	Conducteur de neutre 1 - Ame : circulaire massive en aluminium. 2 - Isolation : Polyéthylène réticulé bleu clair. Conducteurs de phase 1 - Ame : circulaire massive en aluminium. 2 - Isolation : Polyéthylène réticulé noir pour le monophasé ; noir, brun, crème (ou gris) pour le triphasé. 3 - Bourrage : PVC écru. 4 - Gainé : PVC noir sans plomb , traitement anti-termites possible.
câble rigide U 1000 R2V	_ comme câble principal d'alimentation, dans ce cas il sera multiconducteur et posé sous fourreau, sa section ne sera pas inférieure à 6 mm² du fait des efforts exercés lors du tirage et pour conserver une bonne tenue mécanique. _ entre luminaires et les borniers, _ entre les luminaires et les appareillages d'alimentation, _ type « A » (avec conducteur « vert-jaune ») ou « B » (sans conducteur « vert-jaune »).

III.8. Les Point Lumineux :

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

Les parcs dont on a fait l'étude (Parcs MAJDOUBLAND et MOSTALAND) réelle sont équipés essentiellement des luminaires LED 150 W, projecteurs LED 400, Lampadaire solaire LED, projecteurs LED 300 W avec une longueur des mâts entre 3 à 8 mètres (3, 4, 6, 8 mètres) selon les besoins.

La distance entre les mâts est de 20 mètres.

Le nombre total des lampes est de 552 lampes.

Le jardin dont on a fait l'étude (jardin ROYAL MOSTAGANEM) réelle est équipé essentiellement des luminaires LED 150 W avec une longueur des mâts de 6 mètres

La distance entre les mâts est de 15 mètres. Le nombre total des luminaires est de 13.

Tableau 3 : Critères et exigences pour les luminaires

Critère	Exigences
L'efficacité lumineuse	Plus de 100 lm/w
le facteur de puissance	Plus de 90 % un facteur de puissance PF > 0,9.
l'indice de protection	IP 65 au minimum IK 08 au minimum
Température de couleur	3000 K au maximum 6500 K au minimum
L'indice de RENDU DE COULEUR	Plus de 50 pourcent jusqu'au 99 %
Refroidissement	non obligatoire (aération naturelle)

Tableau 4 : Les caractéristiques des différents luminaires utilisés

Source lumineuse	luminaire LED 150 W	projecteur LED 400	Lampadaire solaire LED	projecteurs LED 300 W
L'efficacité lumineuse	100 lm/w	120 lm/w	> 150 lm/w	>120lm/W
Le flux lumineux (lm)	15000 lm	48000 lm	5000-5600 lm	36000lm
le facteur de puissance	> 0,9	≥0,95	≥0,95	≥0,95
La puissance (w)	150 W	400 W	40 W	300 W
l'indice de protection IP	65	65	65	65

l'indice de résistance aux chocs	09	08	/	/
Température de couleur	6500 K	6000 k	3000-6500K	5000°K
Classification	<u>Lampe LED</u>	<u>Lampe LED</u>	<u>Lampe LED</u> SOLAIRE	<u>Lampe LED</u>
L'indice de RENDU DE COULEUR	90	≥80	≥75	>70, >80, >90

III.9. Autres recommandations :

En ce qui concerne le jardin, d'un point de vue pratique, nous recommandons de diriger le flux lumineux vers un point précis, de rester à l'intérieur de la surface à éclairer, en évitant de « déborder ».

Il suffit parfois de privilégier un spot encastré orientable plutôt qu'un appareil à optique fixe ou un projecteur plutôt qu'un spot encastré.

L'utilisation de la lumière rasante le long des murs ou du sol peut contribuer à réduire la dispersion.

Mais parfois cela ne suffit pas et les performances de l'appareil ne peuvent être ignorées, comme dans le cas des bornes de jardin.

La fiabilité d'une borne réside avant tout dans la qualité des optiques qui véhiculent le flux lumineux là où il est nécessaire, minimisant voire annulant la dispersion ascendante et les reflets incontrôlés.

Un spot encastré très puissant installé dans le gazon, pointant directement vers le ciel ... peut sûrement être utilisé de manière plus judicieuse

L'utilisation de la lumière : heures différentes, lumières différentes

La personnalisation de l'allumage des appareils en fonction de l'heure d'utilisation des espaces nous amène tout d'abord à économiser sur la consommation d'énergie et nous aide à penser à la lumière sous d'autres perspectives, c'est-à-dire non seulement à l'endroit où elle est nécessaire, mais aussi au moment où elle est nécessaire.

Les systèmes de contrôle permettent de régler l'éclairage scénographique du jardin résidentiel le soir et d'assurer un éclairage de sécurité minimum pendant la nuit.

III.9.1. Biodiversité :

Les parcs et jardins sont des zones d'un intérêt particulier pour la biodiversité (cours d'eau, zones à végétation spécifique, faune à protéger, etc.). Il faut tenir compte pour le choix des modes et durées d'éclairage artificiel (températures de couleur adaptées, durées et zones limitées d'éclairage). L'éclairage public doit être partie intégrante de la gestion optimale des espaces naturels.

L'objectif est de pouvoir profiter des jardins publics sans nuire gravement à la biodiversité ni consommer trop d'électricité.

III.9.2. Adapter l'intensité aux besoins :

L'intensité lumineuse des cheminements doit pouvoir permettre aux piétons de se déplacer en visualisant les obstacles éventuels. Il n'est pas souhaitable que l'éclairage soit trop fort car cela augmenterait le contraste avec les zones non éclairées et donc le sentiment d'insécurité. 7 lux, au plus, permettent d'éclairer suffisamment un cheminement piétonnier dans un parc.

Il est possible également de baisser l'intensité en milieu de nuit, lorsque l'extinction n'est pas souhaitée, ou d'installer des systèmes à détecteurs de présence.

Les parcs et jardins sont fréquentés principalement de jour et en début de soirée comme lieux de détente ou de passage.

Au regard de ces usages, l'éclairage doit être limité aux lieux de circulation fonctionnels en préservant certaines zones de la lumière artificielle.

Les communes mettent en place de plus en plus fréquemment la gestion différenciée de leurs espaces verts en établissant une gradation d'intervention allant des espaces à gestion intensive (plates-bandes fleuries...) jusqu'aux espaces semi-naturels.

L'éclairage de ces espaces doit être en cohérence avec cette typologie en préservant au maximum de l'éclairage artificiel les espaces les moins gérés.

Lorsqu'il est nécessaire d'éclairer des cheminements au sein d'un parc, il est souhaitable d'utiliser des luminaires qui ciblent le flux lumineux vers la zone à éclairer. Pour éviter la dispersion latérale de lumière, la lampe doit être à l'intérieur d'un capot et les mâts doivent être de faible hauteur.

Les éclairages de « mise en valeur » qui éclairent les végétaux sont à proscrire.

Les cheminements peuvent également être matérialisés par des plots lumineux bas.

Pour obtenir un bon éclairage et le maintenir en état, il faut la combinaison des actions en amont et après la mise en service.

1. Il faut choisir l'emplacement adéquat des lampadaires et en nombre suffisant ;
2. Le choix des lampes : Opter pour les LED. Cette ampoule s'allume immédiatement et diffuse une lumière agréable et surtout consomme moins d'électricité. Sa durée de vie est également importante.
3. La puissance d'éclairage installée doit être suffisante : Eviter les zones d'ombre ;
4. Pour éviter l'influence des conditions météorologiques et la dépréciation des installations l'étanchéité, des vasques et des réflecteurs doit être adaptée à l'environnement pour éviter l'encrassement ;
5. Opter pour le verre au détriment du plastique pour éviter l'opacification dans le temps des réflecteurs ;
6. Opter pour une maintenance préventive, pour éliminer toute imperfection et garder les conditions d'exploitation optimales. [20].

Lorsqu'il est nécessaire d'éclairer des cheminements au sein d'un parc, il est souhaitable d'utiliser des luminaires qui ciblent le flux lumineux vers la zone à éclairer. Pour éviter la dispersion latérale de lumière, la lampe doit être à l'intérieur d'un capot et les mâts doivent être de faible hauteur.

Les éclairages de « mise en valeur » qui éclairent les végétaux sont à proscrire.

Les cheminements peuvent également être matérialisés par des plots lumineux bas.

Les parcs et jardins sont fréquentés principalement de jour et en début de soirée comme lieux de détente ou de passage.

Au regard de ces usages, l'éclairage doit être limité aux lieux de circulation fonctionnels en préservant certaines zones de la lumière artificielle.

Les communes mettent en place de plus en plus fréquemment la gestion différenciée de leurs espaces verts en établissant une gradation d'intervention allant des espaces à gestion intensive (plates-bandes fleuries...) jusqu'aux espaces semi-naturels.

L'éclairage de ces espaces doit être en cohérence avec cette typologie en préservant au maximum de l'éclairage artificiel les espaces les moins gérés.

III.9.3. Les outils pour améliorer l'efficacité d'une installation d'éclairage

III.9.3.1. Maîtriser les temps de fonctionnement avec l'horloge astronomique.

Ce système de commande est parmi les plus fiables pour maîtriser les temps d'allumage de l'éclairage public. Le moment optimum de l'allumage et de l'extinction de l'éclairage public est calculé en fonction du lieu, de la date et de l'heure. C'est une excellente alternative pour remplacer les détecteurs

classiques (capteurs photoélectriques), qui ont tendance à dériver dans le temps à cause de l'encrassement et du vieillissement.

III.9.4. Adapter les niveaux d'éclairage avec les systèmes de régulation-variation de puissance (centralisés à l'armoire ou installés au point lumineux, type ballast électronique).

Ils permettent d'abaisser l'intensité lumineuse des lampes aux heures creuses de la nuit, sans que cela ne soit réellement perceptible par l'utilisateur. Ainsi, une réduction de la tension d'alimentation de la lampe de 26 % (170V) permet de réduire de 45% sa puissance et donc le flux lumineux émis.

Les matériels les plus évolués permettent également d'ajuster les niveaux d'éclairage dès l'allumage, pour pallier au surdimensionnement fréquent des installations.

III.9.5. Améliorer le rendement des installations en choisissant des luminaires performants.

Le choix d'un luminaire influe sur la lumière parasite émise vers le ciel et les façades, ainsi que sur l'encrassement et la dépréciation du flux lumineux dans le temps.

Pour réduire la pollution lumineuse, le luminaire doit présenter un coefficient ULOR inférieur à 1% en éclairage routier et de 10 à 15% au maximum en éclairage d'ambiance. L'ULOR représente le pourcentage du flux de lumière émis par le luminaire vers le ciel. Pour limiter l'ULOR, l'ampoule doit être à l'intérieur du capot, lui-même positionné le plus proche possible de l'horizontal : lampadaires full cut-off (voir schémas).

Un bon luminaire doit avoir également un indice de protection IP élevé contre la pénétration des poussières (1er chiffre) et des liquides (2eme chiffre). Il ne doit pas être inférieur à IP55 et tendre vers IP66 pour le bloc optique. Plus il est élevé, moins l'encrassement est rapide, ce qui permet de réduire le surdimensionnement des lampes, nécessaire pour compenser la perte de flux lumineux et maintenir les performances photométriques dans le temps. En milieu urbain, il est ainsi possible de réaliser jusqu'à 20% d'économie entre un luminaire IP55 et un modèle IP66 sur un cycle de maintenance préventive de 3 ans, grâce à la réduction des puissances installées.

Le choix d'une vasque en verre est également préférable en ce sens.

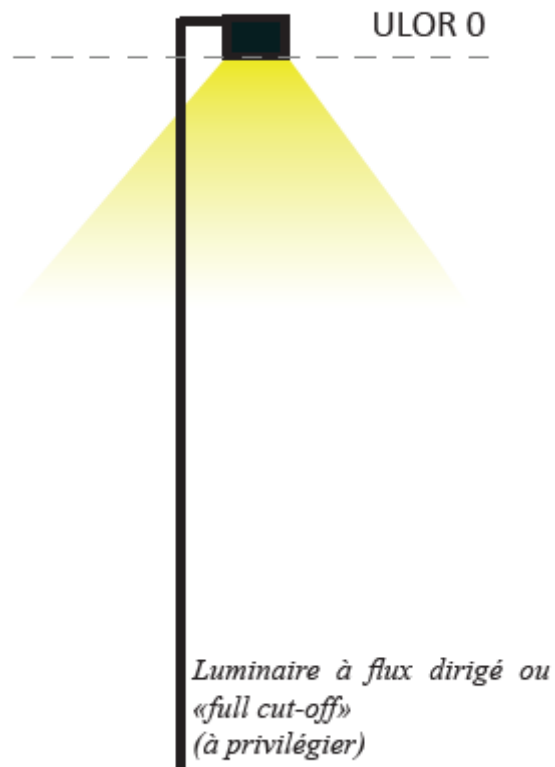


Figure III.13 : luminaire à flux dirigé ou « full cut_off »

« L'esprit de la réglementation est de supprimer le plus grand nombre possible d'obstacles au déplacement et à l'usage des bâtiments et de leurs équipements pour des personnes qui, bien qu'ayant une déficience motrice, sensorielle ou intellectuelle, sont capables de vivre de façon indépendante et autonome. Les exigences d'accessibilité n'intègrent donc pas les besoins spécifiques des personnes non autonomes tributaires d'un accompagnement humain permanent. » (Extrait de la circulaire interministérielle)

Les obstacles éventuels le long des cheminements doivent être signalisés par un contraste visuel ou par un éclairage.

Les parties du cheminement qui peuvent être source de perte d'équilibre pour les personnes handicapées, les dispositifs d'accès et les informations fournies par la signalétique font l'objet d'une qualité d'éclairage renforcée » (article 14 de l'arrêté du 1er août 2006 relatif à l'accessibilité aux personnes handicapées des établissements recevant du public)

Il est obligatoire de maintenir 20 lux en tout point du cheminement extérieur accessible.

L'arrêté précise également que « lorsque la durée de fonctionnement d'un système d'éclairage est temporisée, l'extinction doit être progressive ».

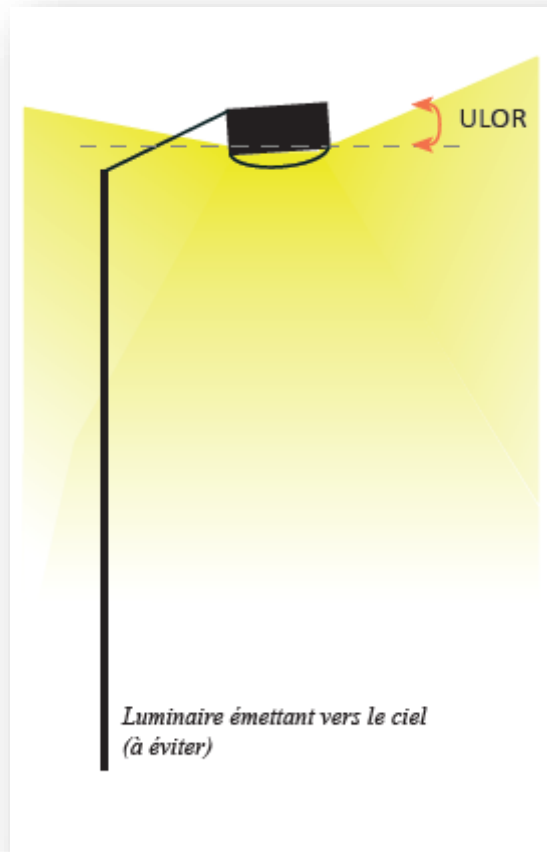


Figure III.14 : luminaire émettant vers le ciel

Ces différentes options sont possibles, dont la plupart ont été adoptées ces dernières années. Minimiser l'impact écologique de l'éclairage public est nécessaire, ce qui est essentiel. Ces solutions d'avenir sont plus importantes que jamais.

On propose qu'il faut généraliser l'utilisation des détecteurs de mouvements pour éviter le gaspillage de l'énergie.

III.10. Conclusion :

Un éclairage public bien conçu doit intégrer tous les concepts énoncés dans la présente étude sans exclusive. On doit tenir compte de toutes les recommandations suivant le lieu et l'espace à éclairer. Certaines exigences seront plus importantes dans un lieu sans l'être dans un autre lieu à éclairer.

- Respecter le cahier des charges dans tous les cas de figure ;
- Veiller au choix judicieux des solutions à adopter suivant l'environnement à éclairer ;
- L'économie de l'énergie doit être présente dans toutes les solutions adoptées en recherchant l'efficacité ;

- L'aspect sécurité ne doit pas être occulté également ;
- Le respect de l'environnement et de la biodiversité doit rester une préoccupation majeure.

Chapitre 4
Simulation avec logiciel « DIALUX
EVO 9.2 »

Chapitre 4 : Simulation avec logiciel « DIALUX EVO 9.2 »

IV.1. Introduction :

Dans ce chapitre nous allons mettre en pratique notre étude du parc MAJDOUBLAND et du jardin ROYAL et procéder grâce au logiciel DIALUX EVO 9.2 à des simulations pour la conception d'un cas concret d'éclairage d'un jardin et d'un parc public (simulation de l'éclairage des parcs MAJDOUBLAND et jardin ROYAL MOSTAGANEM).

La simulation inclut l'emplacement des lampadaires ; les types de lampes utilisées ainsi que les puissances d'éclairage mises en œuvre et l'uniformité. . [21]

IV.2. Logiciel d'éclairage DIALUX :

L'éclairage représente un poste de dépense majeur pour les architectes et entreprises tertiaires et industrielles. Toutefois, un éclairage efficace et adapté aux besoins réels permettrait de réaliser d'importantes économies d'énergie. En effet, la maîtrise des énergies consommées passe nécessairement par des études d'éclairage, étapes essentielles d'un projet d'éclairage. Et pourtant, elles sont bien trop souvent oubliées ce qui peut engendrer des surconsommations pour les bâtiments, et donc, une hausse de la facture énergétique. Pour éviter cela, il faut optimiser les systèmes d'éclairage industriel (luminaires, alimentation...), les systèmes de gestion et de régulation de puissance en fonction des besoins. Nous allons travailler sur les niveaux d'éclairage des différentes surfaces des parcs et jardins MAJDOUBLAND et ROYAL et de leurs conformité et compatibilité avec réglementations. . [21]

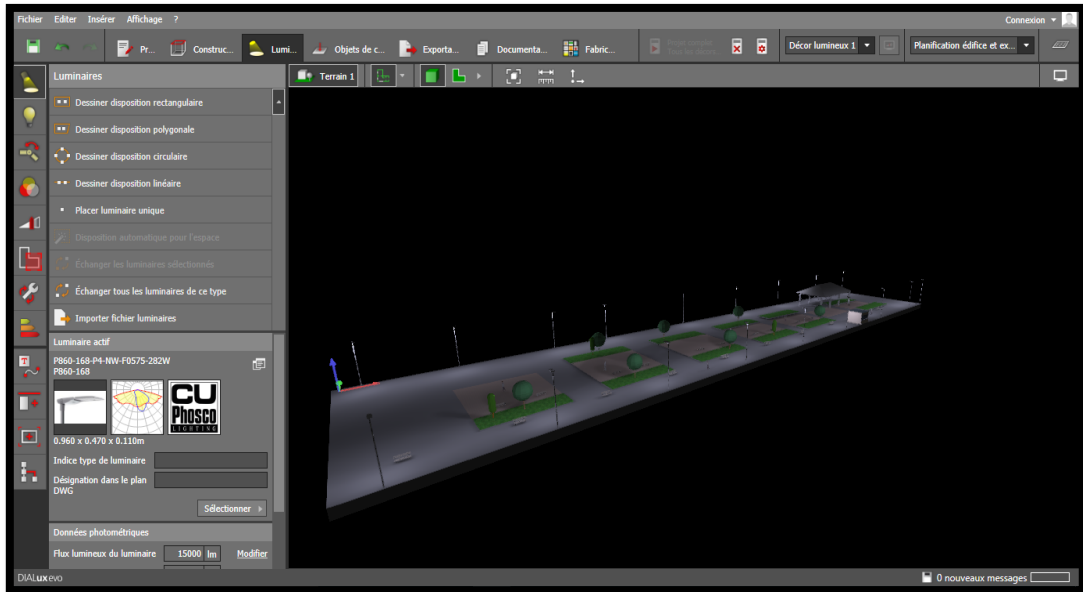


Figure IV.1 : étude de l'éclairage du parc MAJDOUBLAND avec DIALUX EVO 9.2

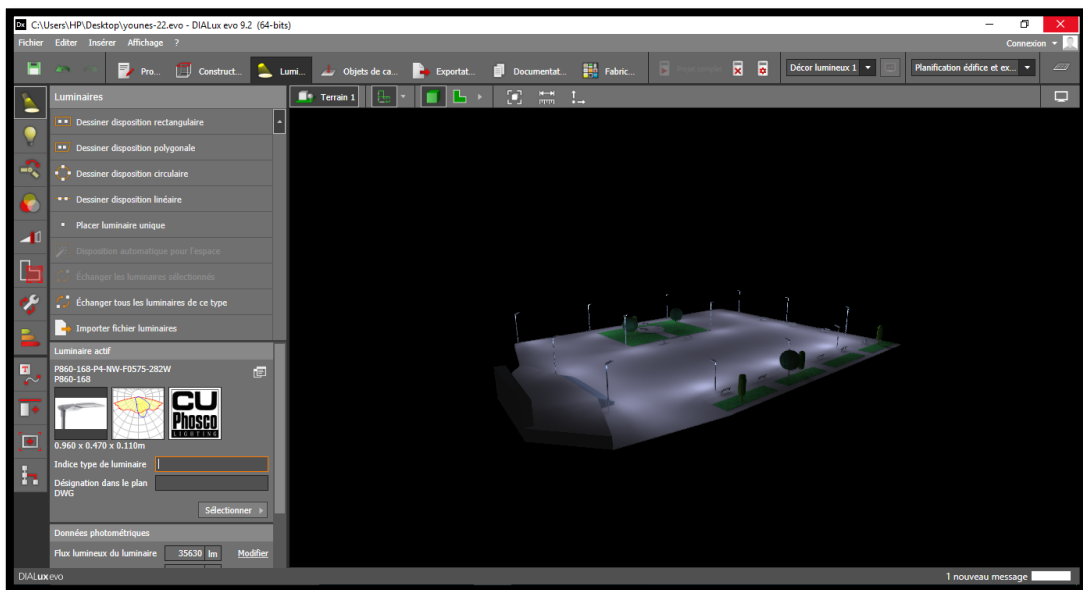


Figure IV.2 : étude de l'éclairage du jardin ROYAL avec DIALUX EVO 9.2

Parce que les enjeux et les contraintes de chaque projet d'éclairage sont différents, seul un bureau d'études en électricité expérimenté sera en mesure d'optimiser vos systèmes d'éclairage en fonction de vos besoins. Il est en effet indispensable d'avoir une parfaite connaissance des locaux et du type de travail à réaliser pour effectuer un audit adapté et définir précisément les produits d'éclairage à solliciter. [21]

Durant cette phase, de nombreux points doivent être pris en compte :

- niveau d'éclairage ;

- distribution homogène de la luminosité ;
- gestion des reflets ;
- rendus des couleurs ;
- lumière naturelle ;
- ambiance d'éclairage ;
- gestion de la consommation d'énergie ;
- contrôle de la lumière éblouissante ;
- angle d'incidence, etc.

DIALUX nous permet d'importer des plans et de connaître ainsi les différents encombrements qui peuvent avoir une influence directe sur l'éclairage (escaliers, zones d'ombre, machines...).

Dans le cadre d'une construction, l'étude d'éclairage naturel doit être effectuée le plus en amont possible du projet pour orienter les choix constructifs. Elle doit ensuite être mise à jour tout au long du projet. [21]

IV.3. Etude par spectromètre :

Un spectromètre est un appareil de mesure permettant de décomposer un faisceau lumineux en des éléments simples qui constituent son spectre. En optique, il s'agit d'obtenir les longueurs d'onde spécifiques constituant le faisceau lumineux (spectre électromagnétique).

En pratique les longueurs d'ondes sont observées sous forme de raies spectrales. Généralement un appareil ne fonctionnera que sur une petite partie du spectre en raison de la variété des techniques employées pour mesurer chaque bande du spectre. [22]

Le spectromètre mesure les :

- longueur d'onde (230-780nm)
- Spectrum PC
- Eclairement E (lx)
- CCT (K)
- Coordonnées (x, y) W
- UVA, UVB, UVC irradiance (mW/cm²)

Le principe de la spectrophotométrie est simple : l'appareil réalise une mesure de l'intensité de la lumière qu'il reçoit, une fois celle-ci passée à travers un récipient transparent (cuvette dont la matière doit être adaptée à la longueur d'onde), contenant la solution à étudier. [23]



Figure IV.3 : Spectromètre

IV.4. Le luxmètre :

Le luxmètre est un appareil qui permet de mesurer l'éclairement lumineux reçu par unité de surface et donné en lux (lx). Un lux correspond à l'éclairement d'une surface qui reçoit un flux lumineux d'un lumen par mètre carré. Le luxmètre est principalement utile aux professionnels de l'éclairage, quel que soit leur domaine de prédilection : cinéma, éclairage d'extérieur ou intérieur, ergonomie du poste de travail, etc. [22]



Figure IV.4 : luxmètre

IV.5. L'étude avant l'optimisation : (parc MAJDOUBLAND)

À l'issue de notre visite au parc MAJDOUBLAND à MOSTAGANEM en nuit, nous avons pris quelques mesures d'éclairage (par spectromètre) comme montré ci-dessous :

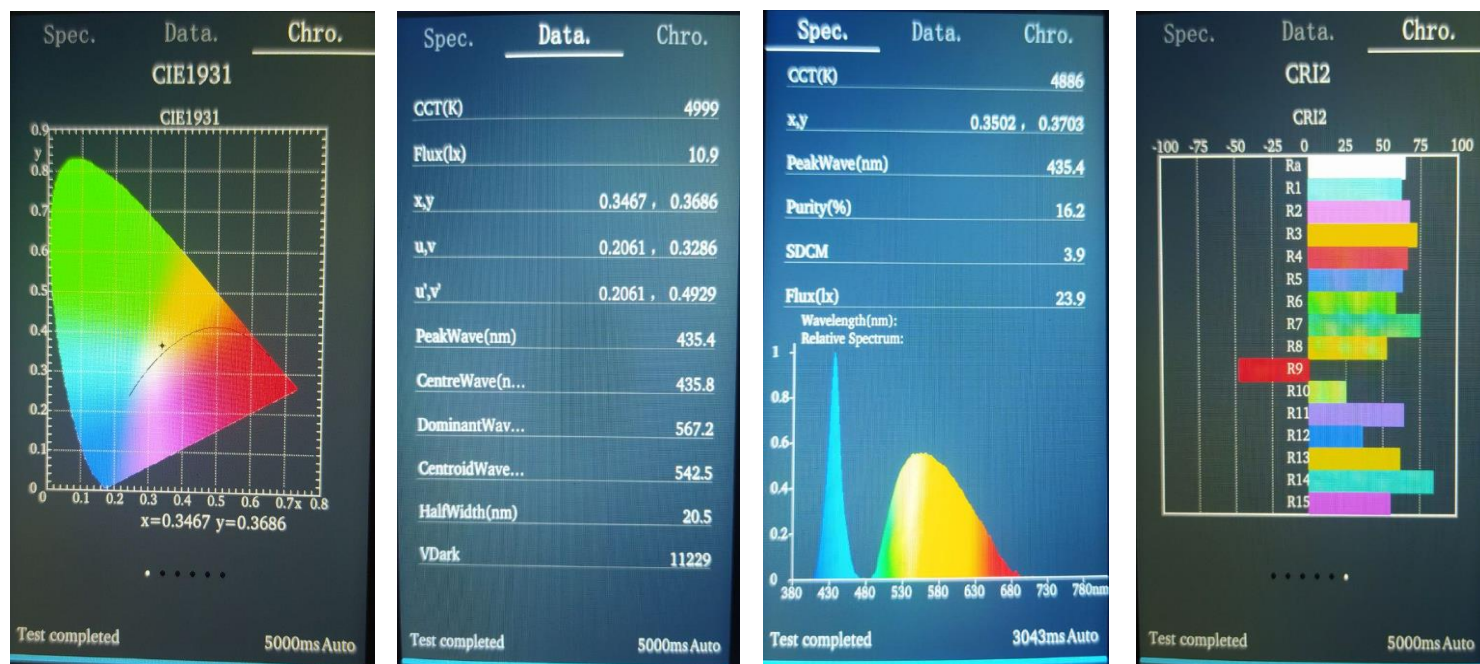


Figure IV.5 : Les mesures obtenues par spectromètre (parc MAJDOUBLAND)

IV.5.1. Les valeurs obtenues par luxmètre pour les grandeurs suivantes :

- Le flux =23.9
- Indice rendu de couleur IRC=80
- Température de couleur CCT=5000 K

Après avoir mesuré l'éclairage au parc MAJDOUBLAND et obtenu ces valeurs on remarque que le flux (23.9 lux) et l'indice du rendu de couleurs IRC=80 ainsi que la température de couleur CCT= 5000 K sont conformes et compatibles comparant aux réglementations.

La réglementation PMR fixe un éclairage moyen de 20 lux sur les circulations en extérieur pour l'accès aux établissements publics

Un bon indice des couleurs et supérieur ou égal à 80

La température des couleurs des LEDs est de 3000 à 6000 K [23].

IV.6. Etude de l'éclairage au parc « MAJDOUB LAND » (MOSTAGANEM) :

IV.6.1. Etude par DIALUX EVO 9.2 :

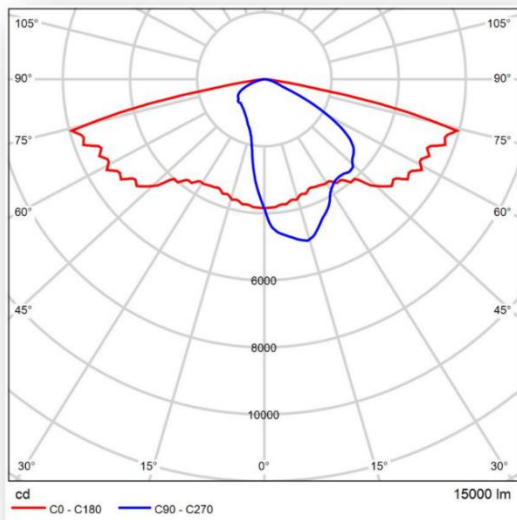
L'éclairage de ce parc se constitue de 18 candélabres chacun contient un luminaire de 150 Watts ci-joint la fiche technique de ses luminaires :

Fiche technique du luminaire :

Fabriquant : CUPHOSCO

Article n° : P860-168-P4-NW-F0575

Puissance : 150 W.



CU Phosco LIGHTING		
Article n°	P860-168	
P	150.0 W	
Φ _{Luminaire}	15000 lm	
Rendement lumineux	100.0 lm/W	
CCT	6500 K	
CRI	85	

Figure IV.6: Diagramme photométrique de l'optique

Figure IV.7 : Fiche technique du luminaire

IV.6.2. Le schéma architecturale parc (MAJDOUB LAND MOSTAGANEM) :

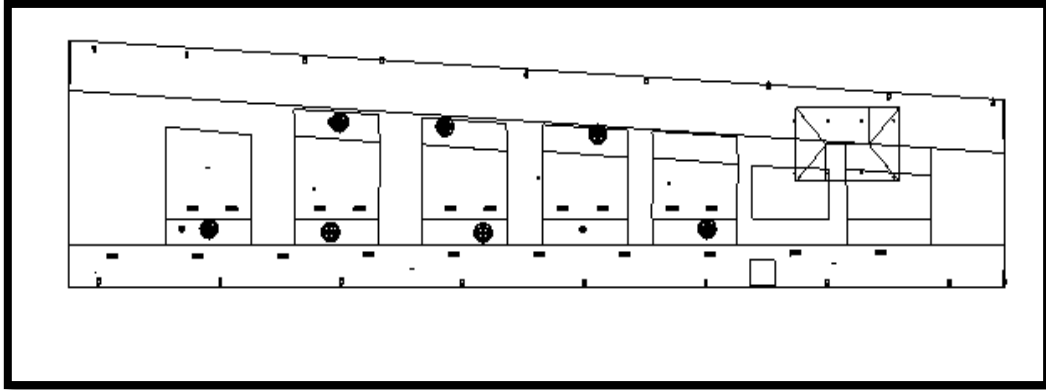


Figure IV.8 : schéma architecturale parc (MAJDOUB LAND MOSTAGANEM)

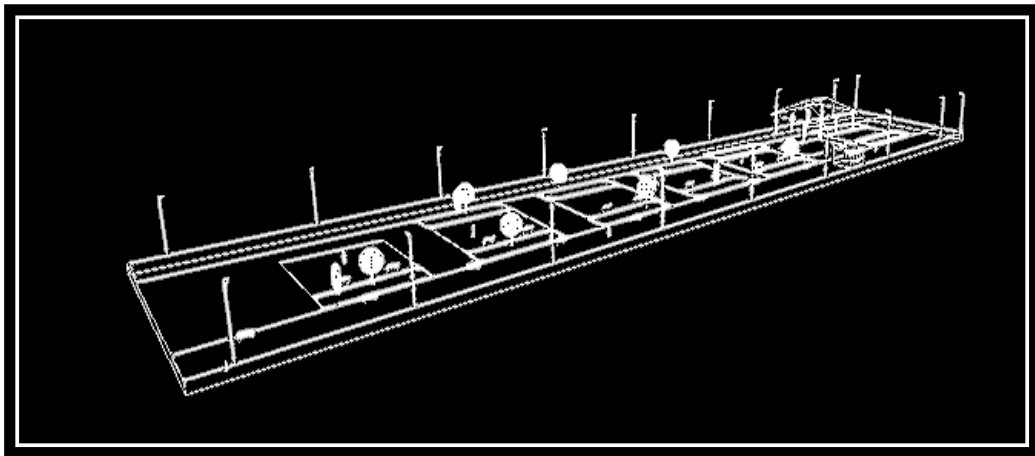


Figure IV.9 : Aperçu 3D pour le parc MAJDOUBLAND

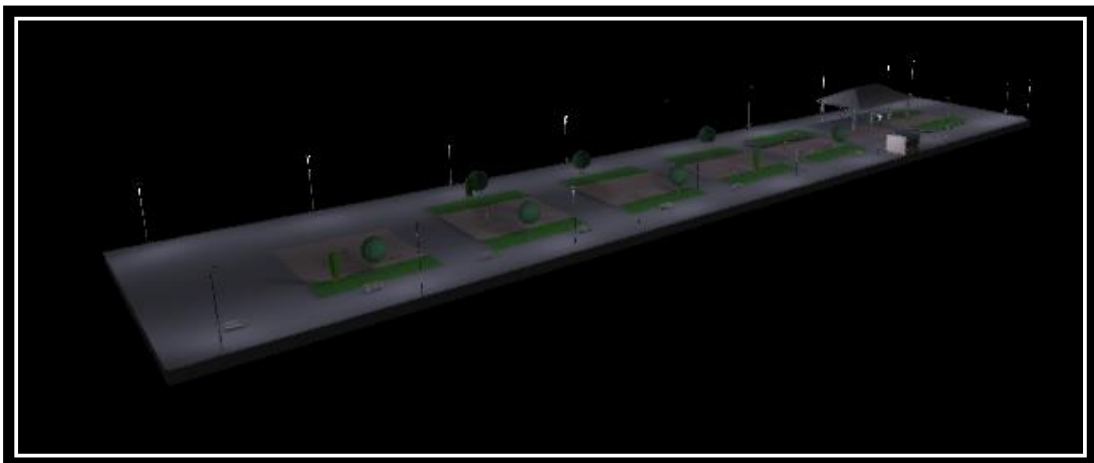


Figure IV.10 : Aperçu 3D du parc avec éclairage

Le parc dont on a fait notre étude (parc MAJDOUBLAND) se constitue de 18 luminaires la hauteur des candélabres est de 8 mètres la distance entre les candélabres est de 20 mètres

IV.6.3. Plan d'emplacement des luminaires : le nombre des luminaires est de 18.

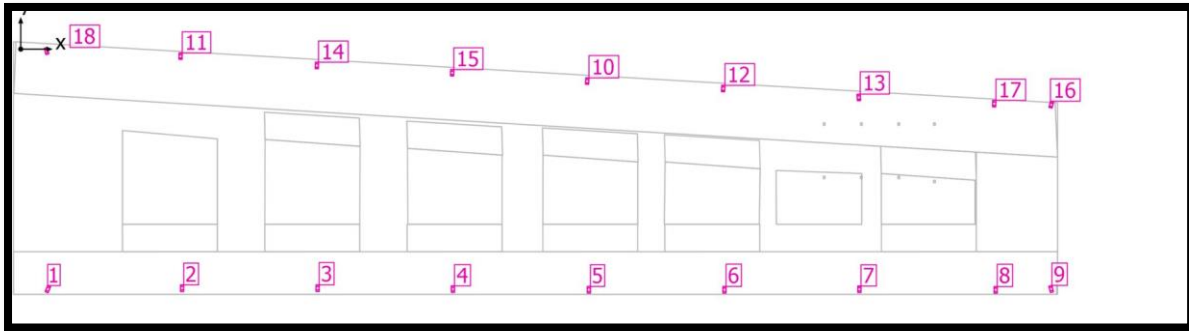


Figure IV.11 : Plan d'emplacement des luminaires

-la hauteur du luminaire $H=8\text{m}$

-la distance entre les luminaires $D=20$ mètres

IV.6.4. Calcul d'éclairage : les calculs sur le terrain :

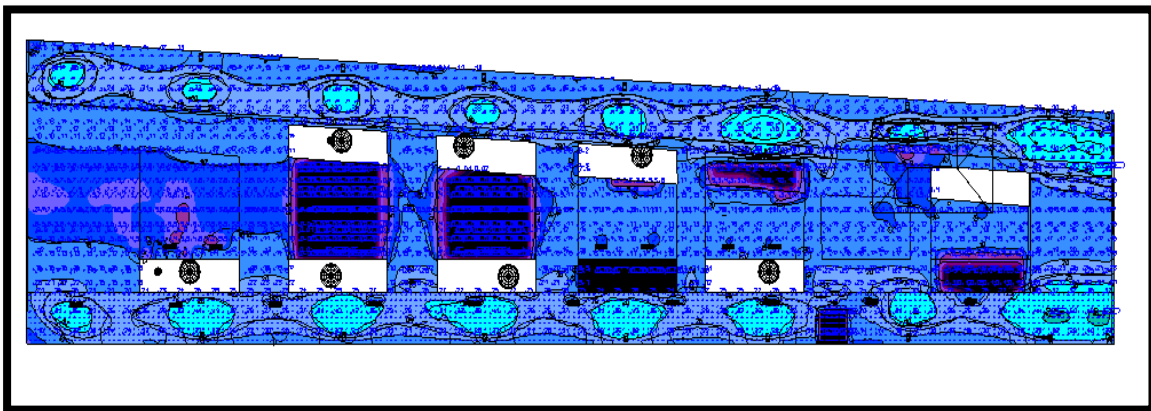


Figure IV.12 : calcul d'éclairage sur toute la surface du parc MAJDOUBLAND et fausses couleurs

IV.6.4. Objets de calcul :

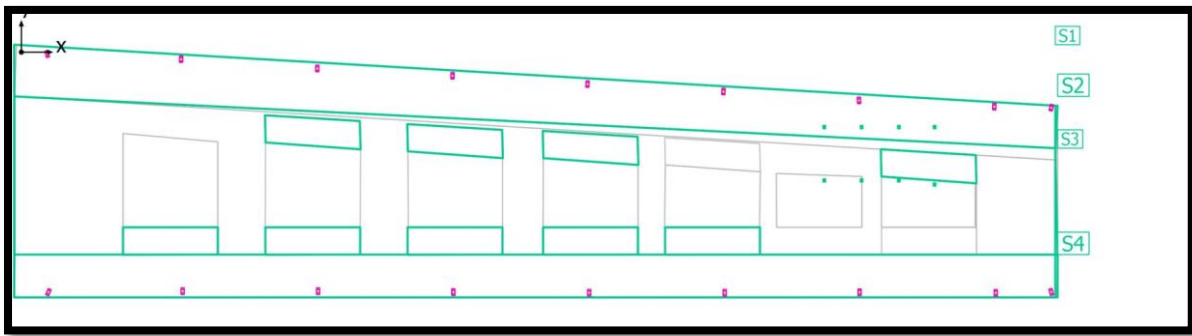


Figure IV.13 : les Surface de calcul

Sur cette étape on a divisé notre parc en 4 surfaces et calculer le niveau d'éclairage moyen sur chaque surface comme sera montré ci-dessous :

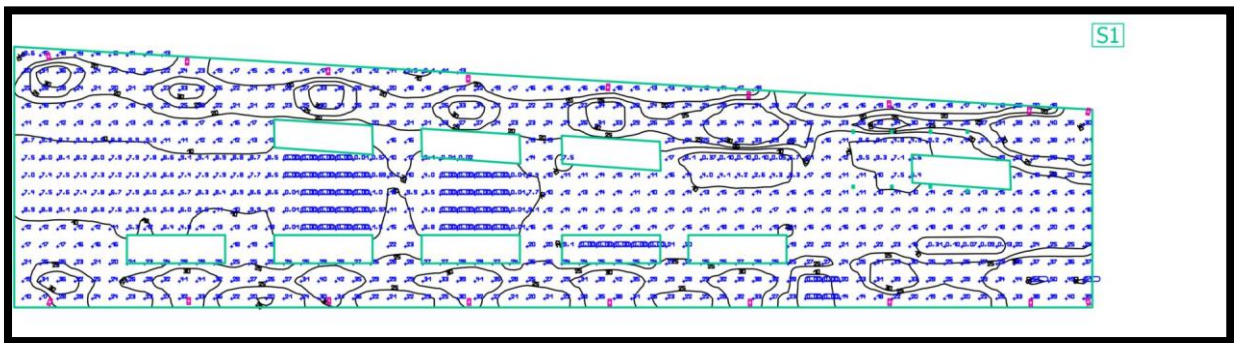


Figure IV.14 : Surface de calcul 1

- La surface 1 (s1) : sur la surface 1 le niveau d'éclairage est de :
 - Emoy =18.1 lux
 - Emin =00 lux
 - Emax =51.2 lux

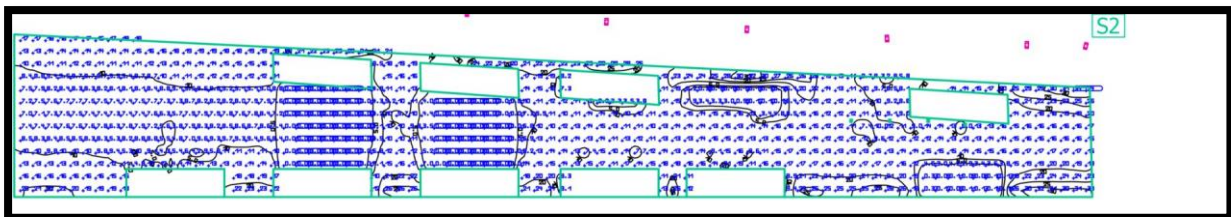


Figure IV.15 : surface de calcul 2

- La surface 2 (s2) : sur la surface 1 le niveau d'éclairage est de :
- $E_{moy}=11.7$ lux
- $E_{min}=00$ lux
- $E_{max}=33.8$ lux

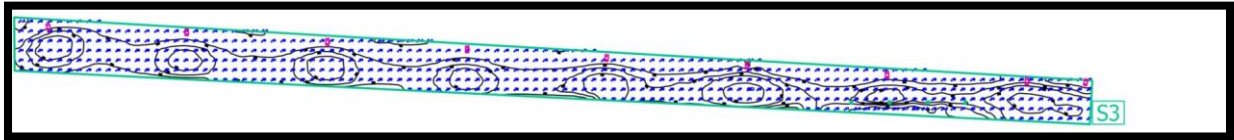


Figure IV.16 : surface de calcul 3

- La surface 3 (s3) : sur la surface 1 le niveau d'éclairage est de :
- $E_{moy} =23.1$ lux
- $E_{min} =2.53$ lux
- $E_{max} =48.6$ lux

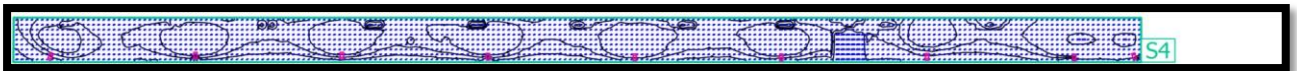


Figure IV.17 : surface de calcul 4

- La surface 4 (s4) : sur la surface 1 le niveau d'éclairage est de :
- $E_{moy} =27.6$ lux
- $E_{min} =00$ lux
- $E_{max} =53.1$ lux

IV.6.5. Surfaces de calcul : niveaux d'éclairage sur les surfaces 1&2&3&4 :

Propriétés	\bar{E}	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2	Index
Surface de calcul 1 Eclairage perpendiculaire Hauteur: 0.000 m	18.1 lx	0.00 lx	51.2 lx	0.00	0.00	S1
Surface de calcul 2 Eclairage perpendiculaire Hauteur: 0.000 m	11.7 lx	0.000 lx	33.8 lx	0.00	0.00	S2
Surface de calcul 3 Eclairage perpendiculaire Hauteur: 0.000 m	23.1 lx	2.53 lx	48.6 lx	0.11	0.052	S3
Surface de calcul 4 Eclairage perpendiculaire Hauteur: 0.000 m	27.6 lx	0.00 lx	53.1 lx	0.00	0.00	S4

Figure IV.18 : niveau d'éclairage sur différentes surfaces du parc MAJDOUB LAND

IV.6.6. Remarque :

Après avoir calculé l'éclairage sur les 04 surfaces les surface 1 et 3 et 4 sont conformes et l'éclairage est suffisant n'empêche que sur la surface 2 l'éclairage n'est pas suffisant et faible

IV.6.7. Optimisation d'éclairage : parc (MAJDOUBLAND MOSTAGANEM) :

Sur la surface 2 l'éclairage n'est pas suffisant .Mais on ne peut pas placer des candélabres au milieu du parc à cause du risque que cela représente pour les enfants étant donné que c'est un lieu de jeux. Cela peut représenter un obstacle pour les enfants). La présence aussi de jeux contenant un éclairage contribue à éclairer l'intérieur. Pour toutes ses raisons on a évité de placer des candélabres au milieu pour éviter l'éblouissement.

Sur le cas réel, pour compenser le manque d'éclairage on peut ajouter des candélabres sur les espaces moins éclairés ou on peut ajouter des projecteurs dans les coins du parc (la lumière peut atteindre le milieu facilement)

IV.6.8. Type de projecteur recommandé :



 	
Article n°	FLD_150T
P	150.0 W
Φ_{Lampe}	12750 lm
$\Phi_{Luminaire}$	12557 lm
η	98.49 %
Rendement lumineux	83.7 lm/W
CCT	6500 K
CRI	83

Figure IV.19 : MPE LED flood light 150W 6500 K

IV.7. 2^{ème} étude avant l'optimisation : (jardin ROYAL MOSTAGANEM)

À l'issue de notre visite au jardin ROYAL à MOSTAGANEM en nuit, nous avons pris quelques mesures d'éclairage (par spectromètre) comme montré ci-dessous :

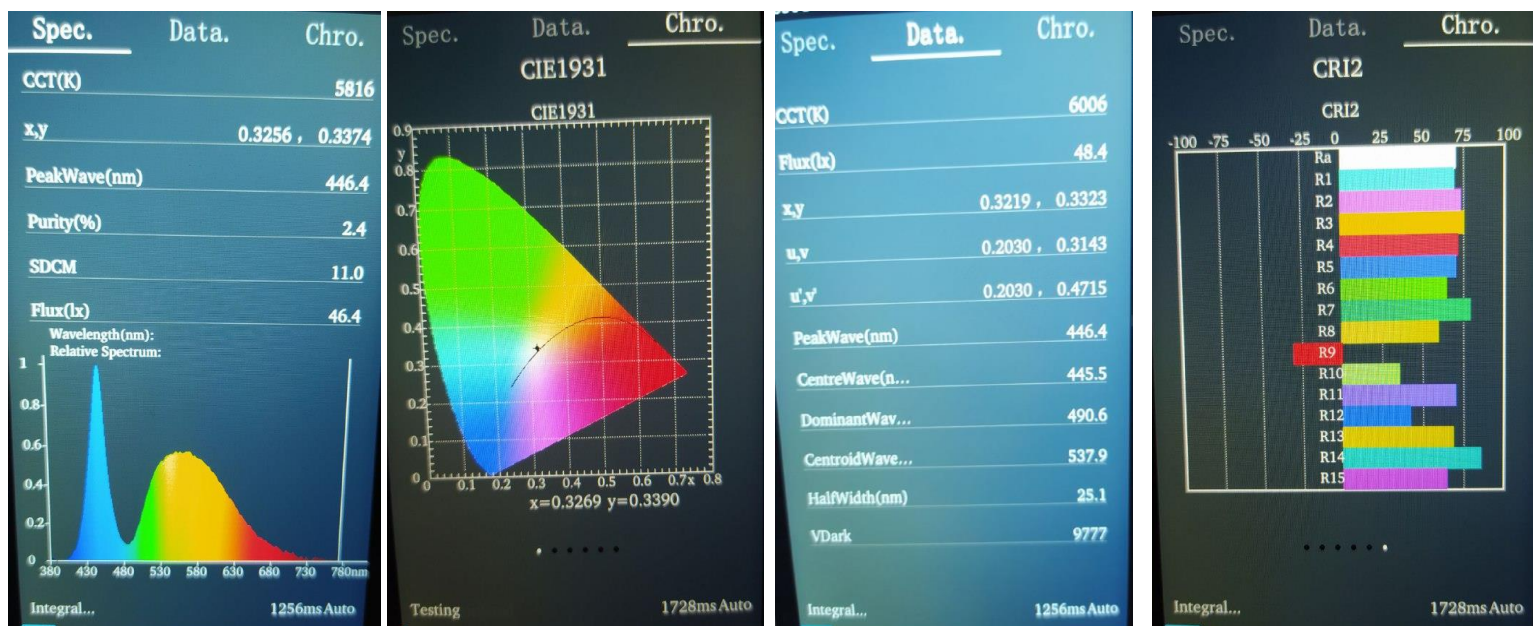


Figure IV.20 : Les mesures obtenues par spectromètre (jardin ROYAL)

IV.7.1. Les valeurs obtenues par luxmètre pour les grandeurs suivantes :

- **Le flux =46.4**
- **Indice rendu de couleur IRC=80**
- **Température de couleur CCT=6000 K**

Après avoir mesuré l'éclairage au jardin ROYAL et obtenu ces valeurs on remarque l'indice du rendu de couleurs IRC=80 ainsi que la température de couleur CCT= 6000 K sont conformes et compatibles comparant aux réglementations n'empêche le niveau d'éclairage moyen est fort pour un jardin.

La réglementation PMR fixe un éclairage moyen de 20 lux sur les circulations en extérieur pour l'accès aux établissements publics

Un bon indice des couleurs et supérieur ou égal à 80

La température des couleurs des LEDs est de 3000 à 6000 K [24]

IV.7.2. Etude par DIALUX EVO 9.2 : (Jardin ROYAL)

L'éclairage de ce parc se constitue de 13 candélabres chacun contient un luminaire de 150 Watts ci-joint la fiche technique de ses luminaires :

Fiche technique du luminaire :

Fabricant : CUPHOSCO

Article n° b : P860-168-P4-NW-F0575

Puissance : 150W

 	
Article n°	P860-168
P	150.0 W
Φ _{Luminaire}	10000 lm
Rendement lumineux	66.7 lm/W
CCT	6500 K
CRI	85

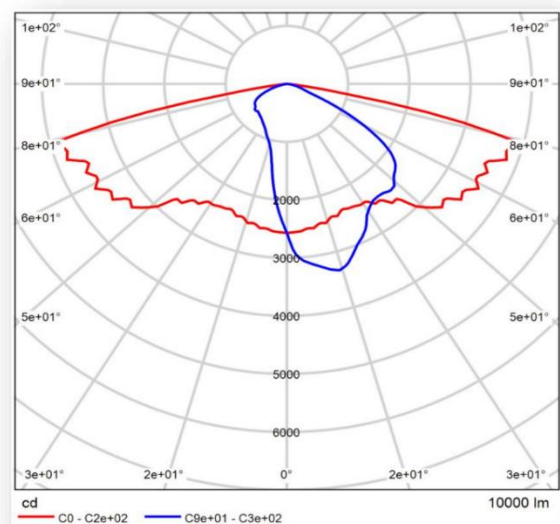


Figure IV.21 : Fiche technique du luminaire utilisé

Figure IV.22 : Diagramme photométrique de l'optique

IV.7.3. Le schéma architecturale jardin (ROYAL MOSTAGANEM) :

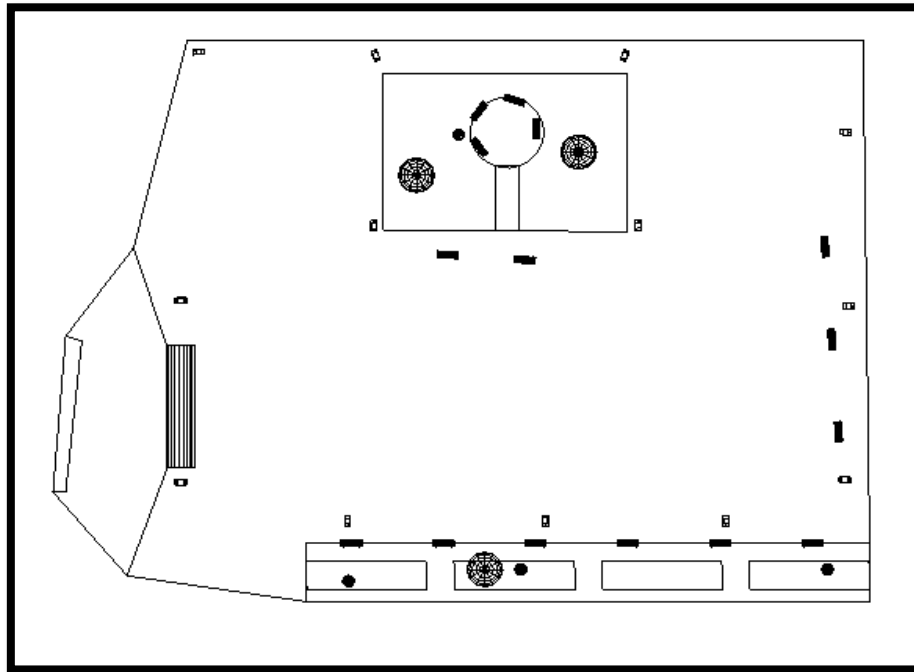


Figure IV.23 : Le schéma architecturale jardin (ROYAL MOSTAGANEM)

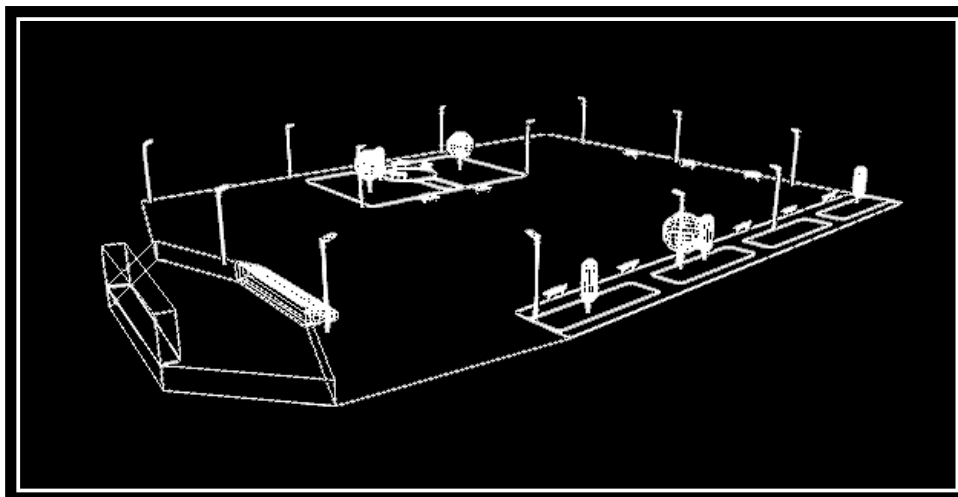


Figure IV.24 : Aperçu 3D pour le jardin ROYAL MOSTAGANEM

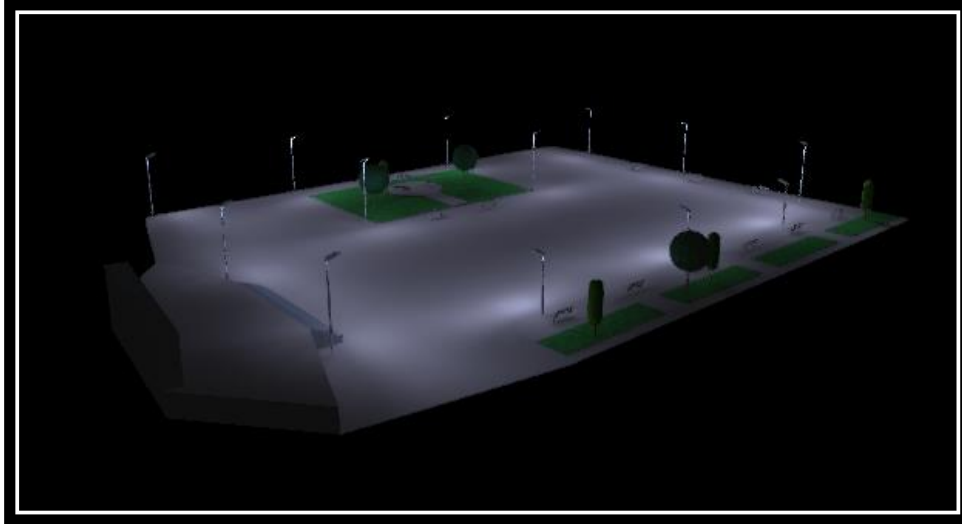


Figure IV.25 : Aperçu 3D pour le jardin ROYAL MOSTAGANEM avec éclairage

Le jardin dont on a fait notre étude (jardin ROYAL) se constitue de 13 luminaires la hauteur des candélabres est de 6 mètres la distance entre les candélabres est de 15 mètres le type de luminaire utilisé sont des LEDs de 150 W.

IV.7.4. Plan d'emplacement des luminaires : notre jardin se compose de 13 luminaire

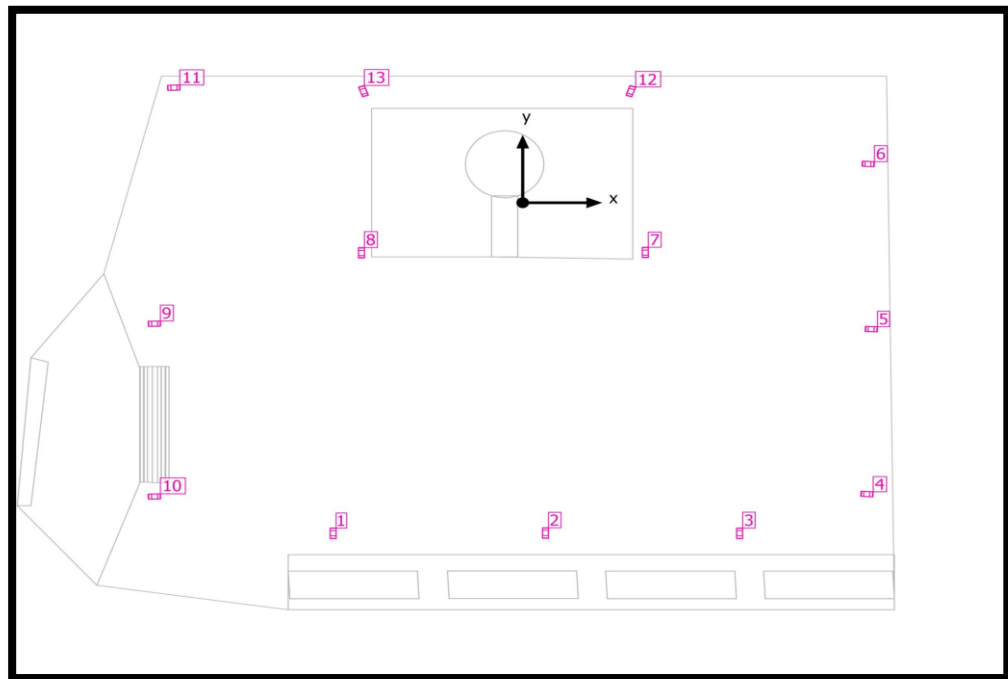


Figure IV.26 : Plan d'emplacement des luminaires sur le jardin ROYAL

- la hauteur du luminaire $H=6\text{m}$
- la distance entre les luminaires $D=15\text{ mètres}$

IV.7.5. Calcul d'éclairément :

IV.7.5.1. Objets de calcul :

Sur cette étape on a divisé notre jardin en 3 surfaces et calculer le niveau d'éclairage moyen sur chaque surface comme sera montré ci-dessous :

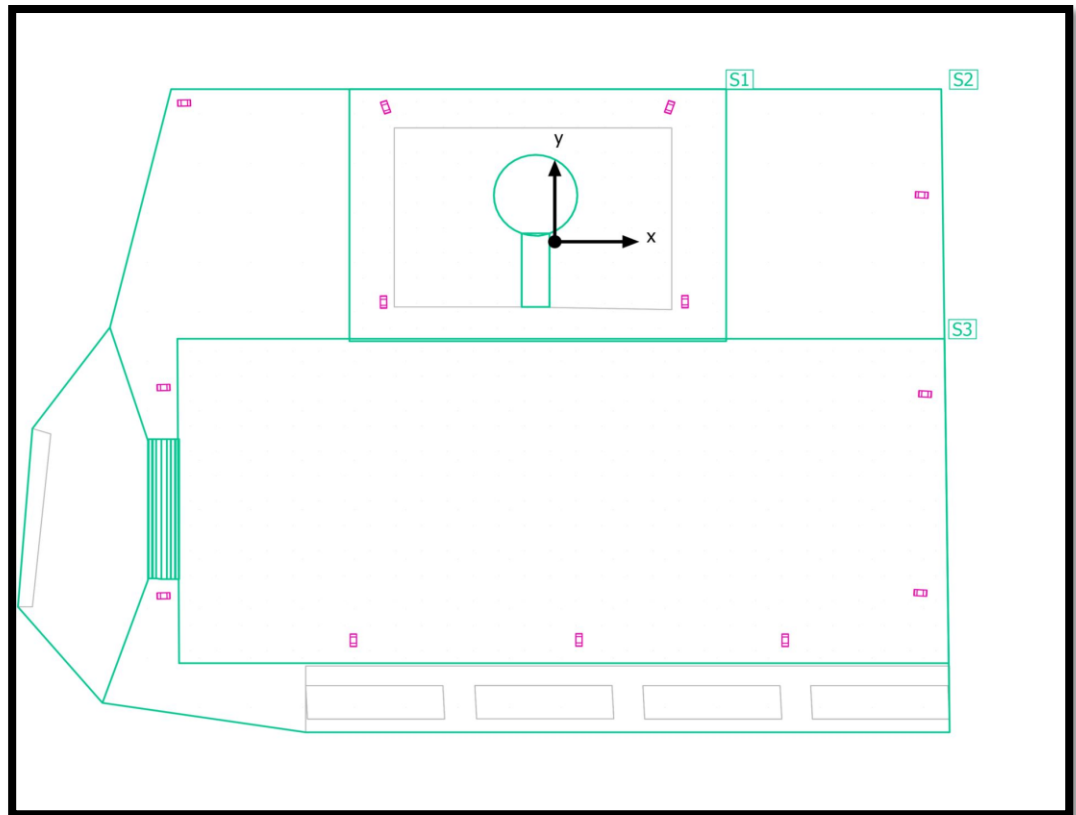


Figure IV.27 : les Surface de calcul

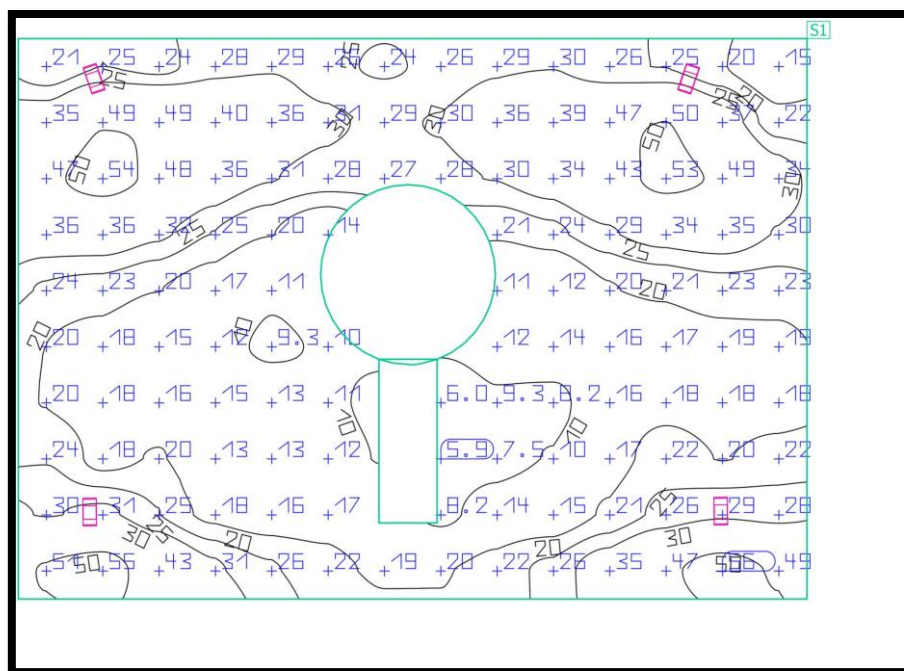


Figure IV.28 : calcul d'éclairage sur toute la surface 1

- La surface 1 (s1) : sur la surface 1 le niveau d'éclairage est de :
 Emoy=25.5lux
 Emin=5.90 lux
 Emax=55.7 lux

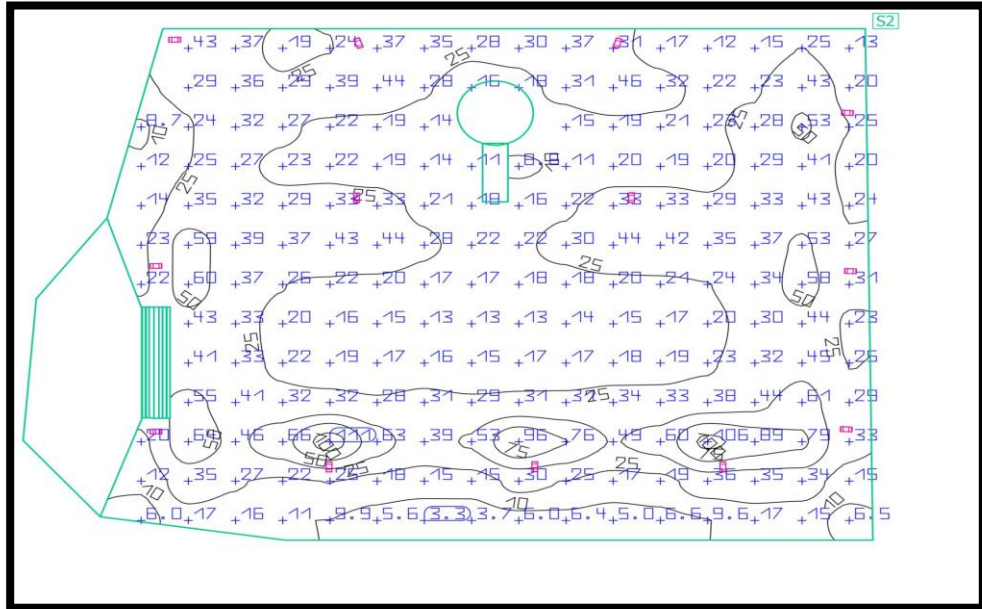


Figure IV.29 : calcul d'éclairage sur toute la surface 2

- La surface 2 (s2) : sur la surface 1 le niveau d'éclairage est de :
 Emoy=28.8 lux
 Emin=3.34 lux

$E_{max}=111 \text{ lux}$

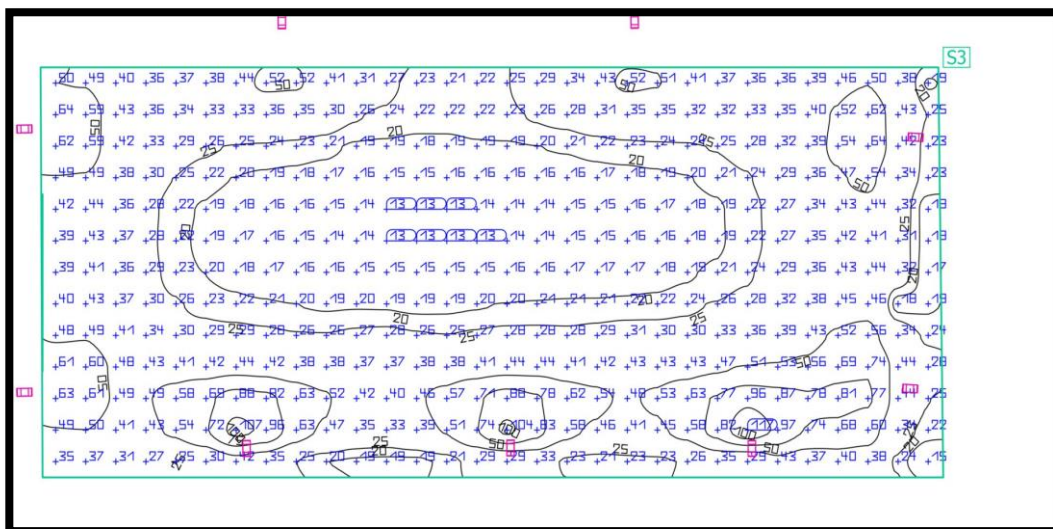


Figure IV.30 : calcul d'éclairage sur la surface 3

- La surface 3 (s3) : sur la surface 1 le niveau d'éclairage est de :
 - Emoy = 34.9 lux
 - Emin = 12.9 lux
 - E_{max} = 117 lux

IV.7.6. Surfaces de calcul : niveaux d'éclairage sur les surfaces 1, 2 et 3 :

Propriétés	\bar{E}	E_{min}	E_{max}	g_1	g_2	Index
Surface de calcul 1 Eclairage perpendiculaire Hauteur: 0.000 m	25.5 lx	5.90 lx	55.7 lx	0.23	0.11	S1
Surface de calcul 2 Eclairage perpendiculaire Hauteur: 0.000 m	28.8 lx	3.34 lx	111 lx	0.12	0.030	S2
Surface de calcul 3 Eclairage perpendiculaire Hauteur: -0.099 m	34.9 lx	12.9 lx	117 lx	0.37	0.11	S3

Figure IV.31 : niveaux d'éclairage sur les surfaces 1, 2 et 3

IV.7.7. Remarque :

Après avoir calculé l'éclairement sur les 03 surfaces de notre jardin la surface 1 est conforme et compatible et l'éclairage est suffisant n'empêche que sur les surfaces 2 et 3 l'éclairage est trop fort il faut réduire la puissance des luminaires pour respecter les réglementations et économiser l'énergie.

IV.7.8. Optimisation d'éclairage : jardin (ROYAL) :

Au vu de ce qui précède il apparaît que les luminaires sont en nombre suffisant ce qui est démontré par le niveau d'éclairement (voir figur73). Les lampes utilisées sont des LEDs de dernière génération ; il y'a aucune amélioration à apporter mais il faut réduire la puissance des luminaires pour obtenir un taux d'éclairement conforme et économiser l'énergie (éviter le gaspillage)

Sur les espaces verts : et, pour pallier à l'absence d'utilisation des bornes à éclairage pour les jardins .Nous proposons l'utilisation de borne à énergie solaire pour l'éclairage des jardins ; pour améliorer l'esthétique sans pour autant augmenter la consommation d'énergie

Installation de bornes d'éclairage solaire professionnelles pour éclairer les jardins d'un parc privé.

Le Sun Parc 20 est totalement autonome. Son utilisation évite de creuser des tranchées et de tirer des câbles d'alimentation sur de longues distances, idéal pour l'éclairage de parcs, zones sauvages et jardins.

L'éclairage est assuré par un luminaire à LEDs basse consommation.

IV.7.9. Type de lampe recommandé : Le Sun Parc 20 :



Figure IV.32 : borne à énergie solaire.

IV.8. Conclusion :

Le logiciel « DIALUX EVO 9.2 » nous a grandement aidés dans la conception de l'éclairage des parcs et jardins. Il nous a permis de visualiser plusieurs vues pour choisir l'implantation la plus adaptée. Le gain de temps est considérable. Il permet également de faire les calculs pour optimiser l'éclairage et choisir la puissance d'éclairement idoine.

Conclusion générale

Concluions générale :

Cette étude nous a permis de découvrir l'utilité de l'éclairage public et les différentes facettes qu'il peut revêtir suivant le cas ainsi que les bienfaits qu'il peut apporter dans le confort et la vie de tous les jours. La recherche bibliographique nous a permis de tracer notre travail.

La connaissance approfondie de l'éclairage public nous a permis de voir comment on peut améliorer la sécurité des personnes ainsi que leur mobilité.

L'étude expérimentale nous a permis de visualiser les concepts théoriques et acquérir une certaine expérience pratique.

La simulation effectuée à l'aide du logiciel sur un cas réel a permis de voir comment on peut améliorer les choses et optimiser l'existant et ouvrir de nouvelles perspectives pour l'avenir.

Les solutions pour le futur doivent inclure les améliorations tant au niveau de l'économie de l'énergie. Les solutions sont même de préserver l'environnement et la biodiversité.

Ce thème est de plus en plus au cœur des préoccupations des acteurs publics et privés en raison des principaux objectifs du domaine de la demande énergétique.

-L'éclairage est une préoccupation écologique majeure.

-La majeure partie de l'électricité utilisée pour l'éclairage public provient de centrales électriques qui utilisent toujours des énergies fossiles non renouvelables.

-Par conséquent, la réduction de l'utilisation de l'éclairage public ou de la consommation d'énergie réduira probablement la demande d'énergie électrique.

-Peser les enjeux écologiques de l'éclairage public peut contribuer dans une certaine mesure à réduire les émissions de gaz à l'origine du réchauffement climatique. C'est donc un pari pour la planète entière

Recommandations

Recommandations :

En ce qui concerne le jardin, d'un point de vue pratique, nous recommandons de diriger le flux lumineux vers un point précis, de rester à l'intérieur de la surface à éclairer, en évitant de « déborder ».

Il suffit parfois de privilégier un spot encastré orientable plutôt qu'un appareil à optique fixe ou un projecteur plutôt qu'un spot encastré.

L'utilisation de la lumière rasante le long des murs ou du sol peut contribuer à réduire la dispersion.

Mais parfois cela ne suffit pas et les performances de l'appareil ne peuvent être ignorées, comme dans le cas des bornes de jardin.

La fiabilité d'une borne réside avant tout dans la qualité des optiques qui véhiculent le flux lumineux là où il est nécessaire, minimisant voire annulant la dispersion ascendante et les reflets incontrôlés.

Un spot encastré très puissant installé dans le gazon, pointant directement vers le ciel ... peut sûrement être utilisé de manière plus judicieuse

L'utilisation de la lumière : heures différentes, lumières différentes

La personnalisation de l'allumage des appareils en fonction de l'heure d'utilisation des espaces nous amène tout d'abord à économiser sur la consommation d'énergie et nous aide à penser à la lumière sous d'autres perspectives, c'est-à-dire non seulement à l'endroit où elle est nécessaire, mais aussi au moment où elle est nécessaire.

Les systèmes de contrôle permettent de régler l'éclairage scénographique du jardin résidentiel le soir et d'assurer un éclairage de sécurité minimum pendant la nuit.

Dans le cas des parcs de villas destinées aux réceptions, l'adoption de décors d'éclairage différents en été et en hiver permet de se concentrer sur les différentes caractéristiques de la végétation en fonction de la période.

Il n'est pas souhaitable que l'éclairage soit trop fort car cela augmenterait le contraste avec les zones non éclairées et donc le sentiment d'insécurité. 7 lux, au plus, permettent d'éclairer suffisamment un cheminement piétonnier dans un parc.

Il est possible également de baisser l'intensité en milieu de nuit, lorsque l'extinction n'est pas souhaitée, ou d'installer des systèmes à détecteurs de présence.

Lorsqu'il est nécessaire d'éclairer des cheminements au sein d'un parc, il est souhaitable d'utiliser des luminaires qui ciblent le flux lumineux vers la zone à éclairer. Pour éviter la dispersion latérale de lumière, la lampe doit être à l'intérieur d'un capot et les mâts doivent être de faible hauteur.

Les éclairages de « mise en valeur » qui éclairent les végétaux sont à proscrire.

Les cheminements peuvent également être matérialisés par des plots lumineux bas.

Les zones naturelles et agricoles doivent rester le plus possible dans le noir pour protéger les espèces sauvages qui y vivent.

Pour obtenir un bon éclairage et le maintenir en état, il faut la combinaison des actions en amont et après la mise en service.

L'indication sur le luminaire du degré de protection contre la pénétration des poussières, de l'eau et de l'humidité (minimum recommandé IP 65, IP 67 si encastré de sol),

L'indication de la protection contre les chocs : code normalisé IK (de IK 08 à IK 10 (anti vandalisme)). Le produit doit pouvoir résister aux ballons, tondeuses, chocs et agressions diverses.

Une très bonne résistance à la corrosion par la qualité des matériaux employés. Lorsqu'il est nécessaire d'éclairer des cheminements au sein d'un parc, il est souhaitable d'utiliser des luminaires qui ciblent le flux lumineux vers la zone à éclairer. Pour éviter la dispersion latérale de lumière, la lampe doit être à l'intérieur d'un capot et les mâts doivent être de faible hauteur. [24]

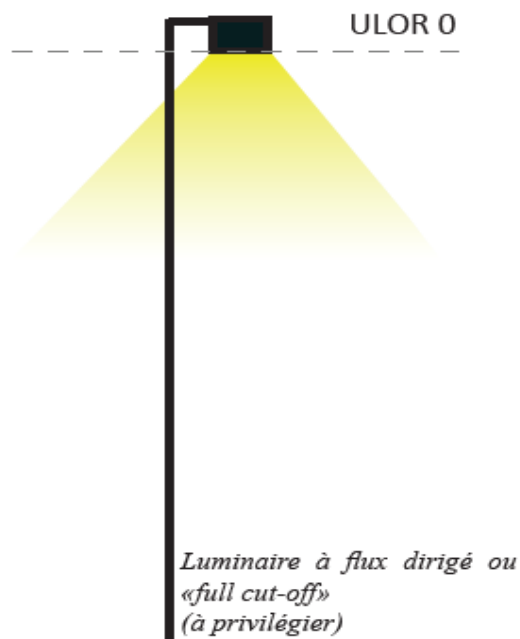


Figure IV.33 : luminaire à flux dirigé ou « full cut_off »

Il est obligatoire de maintenir 20 lux en tout point du cheminement extérieur accessible.

L'arrêté précise également que « lorsque la durée de fonctionnement d'un système d'éclairage est temporisée, l'extinction doit être progressive ».

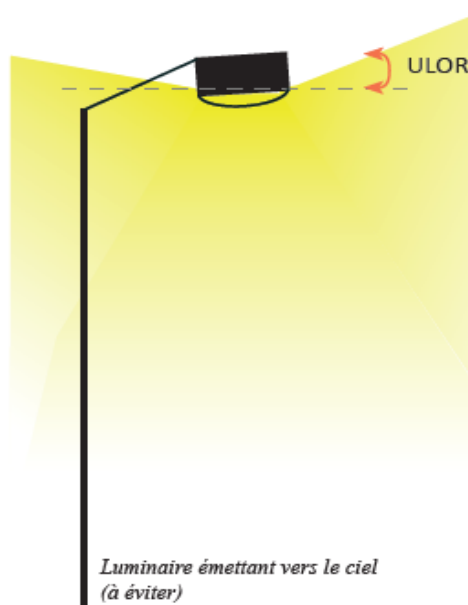


Figure IV.34 : luminaire émettant vers le ciel

Vers un parc d'éclairage public plus intelligent :

L'avènement des LEDs sur le marché de l'éclairage public permet aux collectivités de rénover leur parc avec des économies d'énergie substantielles. Mais cette nouvelle génération électronique favorise également le déploiement de solutions de pilotage intelligentes sur lesquelles il est tentant de greffer de nombreux objets. Avec l'émergence du "Smart Lighting", la mutualisation des réseaux d'éclairage public pour de nouveaux usages est ainsi en pleine réflexion sur les territoires qui expérimentent la rue servicielle de demain. [14]

Bibliographie :

Bibliographie de chapitre 1 :

- [1] J. Jean, "Réseaux d'éclairage public", mémoire Master : formation à distance M1GIES, 2010.
- [2] B. ZERGUINE, «modélisation d'un système de production électrique par cellule photovoltaïque,» Mémoire master, université ANNABA, 2010.
- [3] F. SANDRA, "Eclairage urbain", ENSAG M1CV2.
- [4] G. GUIE BI, «ECONOMIE D'ENERGIE ET ECLAIRAGE PUBLIC DE LA VILLE DE OUAGADOUGOU,» mémoire master, institut international d'ingénierie de l'eau et de l'environnement, 2010.
- [5] L. Cholé, «guide technique et réglementaire sur l'éclairage extérieur».
- [6] CETE, «formation "éclairage public",» DIR centre Est, France, 2007.
- [7] Y. AIT BEN ADDI et H. AMHID, «éclairage photovoltaïque,» dans le cadre de projet professionnel, faculté polydisciplinaire OUARZAZATE, 2013.
- [8] «LED-expliquée simplement,» myclimate, suisse, 2015.
- [9] Lexies, «guide pratique de l'éclairage public,» l'association des petites villes de France, France, 2014.
- [10] «manual technique de l'éclairage,» Agence national pour le développement des énergies renouvelable et de l'efficacité énergétique.
- [11] CETE, «formation "éclairage public",» DIR centre Est, France, 2007.
- [12] NARBONI, Roger. La lumière et le paysage. Paris : Le Moniteur, 2003.

Bibliographie de chapitre 2 :

[13] <http://www.cpscl.com.tn/upload/telechargement/telechargement659.pdf> [consulté le 15 juin]

[14] <https://www.lagazettedescommunes.com/442492/eclairage-public-une-led-performante-et-surtout-intelligente/> [consulté le 17 juin]

[15] DELEUIL, Jean-Michel. Éclairer la ville autrement : innovations et expérimentations en éclairage public. PPUR Presses polytechniques, 2009.

[16] NOBLE, Virgile. Typologie des groupements végétaux des Alpes d'Azur (Préalpes de Grasse–Alpes-Maritimes) Projet pour un futur Parc Naturel Régional. 2008.

Bibliographie de chapitre 3 :

[17] KOVACEK, Tena. Principles of Designing an Experiential Lighting Showroom : Finding the Balance between Demonstrating the Experiential and the Technical-Aesthetical Qualities of Luminaires. 2018.

[18] https://www.seifel.fr/Documents/_Documentation%20compl%C3%A8te/Eclairage%20Public/MKT-D-CA-ECLAIRAGE%20PUBLIC%202016-1.pdf [consulté le 20 juin 2021].

[19]

<https://www.cmimarseille.org/sites/default/files/newsite/library/files/fr/Guide%20REMME%20FONDAMENTAUX%20web.pdf>

[20] DE L'ÉCLAIRAGE, TERTIAIRE ET INDUSTRIEL. VARIATION ET GESTION.

Bibliographie de chapitre 4 :

[21] [https://elearning.univ-](https://elearning.univ-blida.dz/course/info.php?id=2812#:~:text=Le%20logiciel%20DIALUX%20permet%20de,pr%C3%A9cis%20selon%20les%20derni%C3%A8res%20r%C3%A8glementations.)

[blida.dz/course/info.php?id=2812#:~:text=Le%20logiciel%20DIALUX%20permet%20de,pr%C3%A9cis%20selon%20les%20derni%C3%A8res%20r%C3%A8glementations.](https://elearning.univ-blida.dz/course/info.php?id=2812#:~:text=Le%20logiciel%20DIALUX%20permet%20de,pr%C3%A9cis%20selon%20les%20derni%C3%A8res%20r%C3%A8glementations.)

[22] TAKOUACHET, Hiba, MANSOURI, Mounira, et BENHALILOU, Karima. Optimisation de l'éclairage naturel dans les salles de classe. 2017.

[23] PIGENET, Nazim et CARDIA, Jean-Pierre. Éclairage public et maîtrise de la demande en électricité (MDE). 2007.

[24] <https://www.syndicat-eclairage.com/wp-content/uploads/2014/09/SyndEclairage-Paysage-et-Eclairage-2011.pdf>

