



MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPEREUR ET  
DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

جامعة عبد الحميد بن باديس مستغانم

Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem

كلية العلوم و التكنولوجيا

Faculté des Sciences et de la Technologie

DEPARTEMENT DE GENIE ELECTRIQUE

N° d'ordre : M...../GE/2021

**MEMOIRE**

Présenté pour obtenir le diplôme de

**MASTER EN GENIE ELECTRIQUE**

**Filière : Energies renouvelables**

**Spécialité : Energies renouvelables en Electrotechnique**

Par

Lhadj Ahmed Meriem

Larbi Benhadjar Hanane

**Eclairage public dans les autoroutes à base d'énergie  
renouvelable**

Soutenu le 07 / 2021 devant le jury composé de :

Président :	Azzedine Mohammed	MAA	Université de Mostaganem
Examineur :	Omari Hamza	MAA	Université de Mostaganem
Rapporteur :	Ghomri leila	MAC	Université de Mostaganem
Co-encadreur :	Kemmoun reghad		

---

## Remerciement

Arrivées au terme de ce travail, On remercie Dieu le tout puissant de nous avoir donné la santé, la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire.

Nous sommes heureuses de pouvoir remercier toutes les personnes qui ont permis ou facilité la réalisation de ce travail par leur appui scientifique, leur collaboration et leur précieuse assistance.

Nous tenant à remercier sincèrement Mme Ghomri Leila, En tant qu'Encadrant, qui a toujours montré à l'écoute et très disponible tout au long de la réalisation de ce mémoire.

Nous tenons également à exprimer toute nos gratitude à la société GISB Mostaganem pour l'opportunité de stage offerte. Nous adressons nos sincères remerciements à Mr Belaid. S, Mr Abbes. W et Mme kemmoun. R, pour leurs conseils, leurs partages du savoir et la confiance qu'ils ont su nous accorder.

Nos remerciements vont aussi a ceux qui m'ont fait l'honneur de juger mon travail, le président de jury et les examinateurs

Je remercie également tous les enseignants du département de génie électrique pour leurs contributions à ma formation

Enfin, nous adressons nos plus sincères remerciements à tous nos proches et amis, Qui nous ont toujours soutenue et encouragée Au cours de la réalisation de ce modeste travail.

---

## **Dédicace**

Aucune dédicace ne saurait être assez éloquente pour vous exprimer ma Profonde gratitude

### **A ma mère**

La plus belle créature que Dieu a créée sur terre à cette source de tendresse, de patience et de générosité ! Aucune dédicace ne saurait être assez éloquente pour exprimer ce que tu mérites pour tous les sacrifices que tu n'as cessé de me donner depuis ma naissance, durant mon enfance et même à l'âge adulte.

### **A mon père**

À la plus belle créature que Dieu a créée sur terre, Qui peut être fier et trouver ici le résultat de longues années de sacrifices et de privations pour m'aider à avancer dans la vie Merci pour les valeurs nobles, l'éducation et le soutien permanent venu de toi Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours eu pour vous.

Papa ... maman ...Puisse Dieu, le Très Haut, vous accorder santé, bonheur et longue vie et faire en sorte que jamais je ne vous déçoive Soyez sûrs que je continuerai mon chemin.  
Je dédie ce modeste travail à ma sœur et mes frères, à toute ma famille et à mes meilleurs amis.

**Meriem**

## **Dédicace**

Je tiens c'est avec grand plaisir que je dédie ce travail :

A l'être de plus chère de ma vie ma mère, et mon père et mes chères Sœurs et frères.

A tous mes amis, et toutes personnes qui occupent une place dans mon cœur, a tous les nombres de ma famille et tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que ce travail soit possible, je vous dis merci.

**Hanane**

---

## Résumé

Dans ce mémoire, on se propose de faire une étude pratique et une optimisation sur l'éclairage public de l'autoroute et un dimensionnement de systèmes autonomes pour l'éclairage public en utilisant l'énergie solaire photovoltaïque comme source primaire.

Le cas d'étude choisi est l'autoroute de Macta. Après une collecte de données, une simulation de cas réel à l'aide de logiciel DIA Lux a été faite, puis une étude d'optimisation dans le but d'évaluer les performances de l'installation.

Dans la deuxième partie, l'étude commence par une évaluation des besoins en matière de l'éclairage public pour effectuer un dimensionnement d'un mini centrale et des kits autonomes. L'étude comprend, également, une évaluation financière.

### Mots clés :

Eclairage public, Norme, énergies renouvelables, Dimensionnement, énergies solaire

### Abstract

In these paper ,it is proposed to carry out a practical study and optimization on the public lightingof the motorway and a sizing of autonomous systems for public lighting using solar photovoltaic energy as primary source.

The study case chosen is the Macta motorway.After a data collection, a real case simulation using DI Lux software was done ,then an optimization study xas done to evaluate the performance of installation

In the second part, the study begins with an assessment of the needs of the public lighting to perform a sizing of a mini power plant and autonomous kits. The study also includes a financial evaluation.

### Keywords

Public lighting, Standard, renewable energies, Sizing, solar energies

### ملخص

تقترح هذه المذكرة إجراء دراسة عملية لتحسين الإضاءة العامة للطريق السريع وتحديد حجم النظم القائمة بذاتها للإضاءة العامة باستخدام الطاقة الشمسية الضوئية كمصدر أساسي. وبعد جمع البيانات أجريت محاكاة للحالة الفعلية باستخدام برنامج الحالة التي تم اختيارها هي طريق مقطع

السريع DIA Lux ثم أجريت دراسة للتحسين لتقييم أداء المرفق.

وتبدأ الدراسة في الجزء الثاني بإجراء تقييم للاحتياجات من الإضاءة العامة من أجل تغيير حجم محطة صغيرة ووح . وتشمل الدراسة أيضا تقييما ماليا .

#### الكلمات المفتاحية

إنارة عامة ، معيارية ، طاقات متجددة ، مقاسات ، طاقات شمسية

---

# Sommaire

Remerciement

Dédicace

Résumé

Sommaire

Liste des tableaux

Liste des figures

Introduction générale..... 1

## Chapitre I : Etat de l'art de l'éclairage public

I.1 Introduction ..... 4

I.2 L'éclairage..... 4

I.2.1 Définition de l'éclairage..... 4

I.2.2 Le rôle de l'éclairage..... 4

I.2.3 Les types d'éclairages ..... 4

I.3 L'éclairage public ..... 5

L'éclairage au gaz..... 6

I.4 La photométrie..... 6

I.4.1 Définition de la photométrie ..... 6

I.4.2 Les grandeurs photométrique..... 6

I.5 Domaine d'utilisation d'éclairage public..... 9

I.6 Equipement principaux d'un réseau d'éclairage public ..... 11

I.6.1 Des armoires ou Coffret de commande et de protection (CCP) ..... 11

I.6.2 Câblage ..... 12

I.6.3 Moyens d'éclairage public ..... 13

I.7 La consommation électrique d'éclairage public ..... 19

I.8 Conclusion ..... 21

## Chapitre II : Éclairage à base des énergies renouvelables

II.2 L'éclairage des voies rapides..... 23

II.4 le choix d'implantation ..... 23

II.5 Contrôle du temps d'allumage ..... 25

II.6 les nouvelles tendances de l'éclairage public ..... 26

II.7 Sources d'énergie pour l'éclairage public..... 27

II.7.1 Eclairage public autonome solaire..... 27

II.7.1.1 L'énergie solaire photovoltaïque..... 27

II.8 Installation solaire autonome ..... 27

---

II.8.1 Dimensionnement d'une installation solaire autonome .....	27
II.7.8.1. Etapes pour dimensionner l'installation .....	27
II.9 Conclusion.....	37

### Chapitre III : Étude technique économique

III.1 Introduction .....	40
III.3 La norme NF EN 13201.....	40
III.3.1 FD CEN/TR 13201-1 Décembre 2015 .....	41
III.3.2 NF EN 13201-2 Mars 2016 .....	43
III.3.3 NF EN 13201-3 Mars 2016 .....	45
III.3.4 NF EN 13201 Mars -4 2016 .....	46
NF EN 13201-5 Mars 2016 .....	51
III.4 Etude énergétique .....	61
III.5 Etude économique.....	62
III.6 Conclusion .....	64

### Chapitre IV : Dimensionnement d'une installation solaire photovoltaïque

IV.1 Introduction.....	66
IV.2Le site de projet choisi.....	66
IV.3Estimation de l'énergie solaire .....	66
IV.4 Étude Dimensionnement d'un mini central photovoltaïque.....	67
IV.5 Etude de dimensionnement d'un kit solaire .....	75
Batterie solaire Lithium LiFePO4 12V / 250Ah .....	77
MPPT 100/30 (100V).....	77
IV.5 Conclusion .....	79
Conclusion générale .....	82

### Bibliographie

---

## Liste des tableaux

### Chapitre I

Tableau1. 1 : les avantages et les inconvénients des lampes.....	15
Tableau1. 2 : les caractéristiques photométriques des lampes .....	16

### Chapitre II

Tableau2.1 :les caractéristiques du choix du type d'implantation .....	25
Tableau2. 2 : valeurs d'inclinaison en fonction du latitude	29
Tableau2. 3 : les technologies des cellules solaires à base de silicium .....	29
Tableau 2.4 : choix de la tension du module selon la puissance des panneaux.....	31
Tableau2. 5 : les caractéristique des différentes type de batterie solaire.....	34

### Chapitre III

Tableau 3.1 : Relation entre le groupe d'éclairage et la situation d'éclairage .....	42
Tableau 3.2 : paramètre spécifique du Macta.....	43
Tableau 3.3 : Exigences pour les classes d'éclairage M pour les autoroutes.....	45
Tableau 3.4 : les caractéristiques des luminaires étudiés .....	49
Tableau 3.5 : les caractéristiques des luminaires étudiés .....	50
Tableau3. 6 : résultats par champ d'évaluation des luminaires de 215W .....	51
Tableau 3.7 : les indicateurs de rendement énergétique.....	52
Tableau 3. 8: Valeur d'entretien intensité d'éclairage [lx] .....	53
Tableau 3.9: Valeur d'entretien intensité d'éclairage [lx] .....	54
Tableau 3.10 : Valeur d'entretien intensité d'éclairage [lx] .....	55
Tableau 3.11 : Résultats par champ d'évaluation des luminaires 153W.....	56
Tableau 3.12 : les indicateurs de rendement énergétique.....	57
Tableau 3.13 : Valeur d'entretien intensité d'éclairage [lx] .....	58
Tableau 3.14 : Valeur d'entretien intensité d'éclairage [lx] .....	59
Tableau 3.15 Valeur d'entretien intensité d'éclairage [lx] .....	60
Tableau 3.16 : les données prise en compte .....	61
Tableau 3.17:l'économie de consommation annuelle de l'autoroute .....	61
Tableau 3.18 : Estimation du cout par énergie conventionnelle.....	63

### Chapitre III

Tableau 4.1 : coordonnées géographiques de Stidia .....	66
Tableau 4.2 : l'énergie solaire reçu et les heures d'ensoleillement .....	66



Tableau 4.4 : Les Caractéristiques électriques des panneaux solaires .....	68
Tableau 4.5: les caractéristiques des batteries.....	70
Tableau 4.6 : Les câbles .....	73
Tableau 4.7 : Coût global de l'installation de mini centrale photovoltaïque.....	74
Tableau 4.8 : Les Caractéristiques électriques des panneaux solaires .....	76
Tableau 4.9: Les Caractéristiques des batteries.....	77
Tableau 4.10 : les caractéristiques de régulateur.....	77
Tableau 4.11 : les caractéristiques des candélabres.....	78
Tableau 4.11: le cout global de l'installation .....	78

## Liste des figures

### Chapitre I

Figure 1.1: time-line de l'évolution de l'éclairage public au cours du temps.....	6
Figure 1.2: plage de température de couleur .....	9
Figure 1.3: diagramme photométrique .....	9
Figure 1. 4 : éclairage routier .....	10
Figure 1. 5: éclairage des espaces public.....	10
Figure 1.6 : éclairage des espaces sportifs.....	11
Figure 1. 7: éclairage d'ambiance .....	11
Figure 1. 8: un réseau d'éclairage public .....	11
Figure 1. 9: coffret de command et de protection .....	12
Figure 1. 10 : lampe incandescence classique .....	14
Figure 1. 11 : lampe incandescence halogène .....	14
Figure 1. 12: lampe à décharge .....	15
Figure 1.13: lampe LED.....	15
Figure 1. 14: indice IP .....	18
Figure 1. 15: Indice IK .....	19
Figure 1. 16: lampadaire solaire .....	19

### Chapitre II

<i>Figure 2. 1: les caractéristiques de choix de référence .....</i>	<i>24</i>
<i>Figure 2. 2: différents type d'implantation.....</i>	<i>25</i>

### Chapitre III

Figure 3.1: Structure de la route.....	47
Figure 3.2 : Implantation axiale retro-bilatérale des candélabres.....	48
Figure 3.3: espacement de poteau .....	50
Figure 3.4 : structure de la vois étudié .....	50
Figure 3. 5 : intensité d'éclairage [lx](bande d'arrêt d'urgence 215W).....	53
Figure 3.6: intensité d'éclairage [lx] (chaussée « 1 » 215W) .....	54
Figure 3.7 : intensité d'éclairage [lx] (chaussée « 2 » 215W) .....	54
Figure 3.8: espacement de poteau .....	55
Figure 3. 9 : structure de la vois étudié .....	56
Figure 3.10 : intensité d'éclairage [lx] (bande d'arrêt d'urgence 153W).....	58
Figure 3. 11 : intensité d'éclairage [lx] (chaussée « 1 » 153W) .....	59
Figure 3.12 : intensité d'éclairage [lx] (chaussée « 2 » 153W) .....	60

### Chapitre IV

Figure 4.1: consommation horaire.....	68
---------------------------------------	----

---

## Introduction générale

Eclairer est un acte complexe, un compromis entre différentes approches, différentes sources de lumière. Un bon éclairage est un choix économique, ergonomique mais pas que : Ces dernières décennies, le volet social et environnemental ont pris aussi une place prépondérante dans les perspectives des projets des communes..

Les moyens d'éclairage ont connu un grand développement depuis leur apparition en l'an 1000 à Cordoue (Espagne). De la lampe à huile utilisée au XVIIIe siècle aux nouvelles lampes LED, les dispositifs utilisés pour l'éclairage ont connu une progression notable.

L'éclairage public a progressé ces dernières années en raison de l'évolution de la vie urbaine et de sa fonction première, permettre aux usagers de vivre dans de bonnes conditions de confort. Il est clairement un symbole d'une certaine modernité. La lumière, passant par l'éclairage public, répond à un besoin vital pour notre bien-être. Elle apporte à l'organisme des éléments essentiels pour son développement en l'alimentant notamment en vitamines : la vitalité quotidienne dépend donc en grande partie de cette présence d'éclairage naturel.

D'autre part, la lumière revêt un aspect pratique, puisqu'elle nous permet d'appréhender au mieux l'environnement et de nous y repérer plus facilement. Ces deux éléments favorisent ainsi conjointement l'apaisement et le sentiment de bien-être de tous en ville.

Il est bien connu que le secteur d'éclairage public est le premier consommateur d'énergie dans le monde : plus de 15 % de la consommation électrique mondiale et émettant 1150 millions de tonnes de CO<sub>2</sub>. En Algérie, l'éclairage public occupe la première position avec 59% de la consommation électrique globale de l'Algérie. La véritable consommation de ces énergies fossiles conduit à l'augmentation des émissions de gaz à effet de serre comme le dioxyde de carbone, le méthane, et par conséquent, le réchauffement de la planète.

Face à la demande croissante d'énergie, la recherche de sources d'énergie alternatives s'est intensifiée. L'utilisation mondiale de combustibles fossiles a conduit à une situation critique de réchauffement de la planète, qui a un impact important sur notre santé, notre environnement et notre climat.

---

L'accent a été mis dans ce travail sur la mise en œuvre de sources d'énergie renouvelables.

L'énergie solaire est de loin la forme la plus abondante d'énergie renouvelable et a le potentiel de remplacer partiellement les combustibles fossiles. La quantité de rayonnement solaire qui frappe.

La surface de notre terre est environ dix mille fois supérieure à la consommation mondiale d'énergie électrique. Les cellules photovoltaïques (PV) sont l'un des moyens d'exploiter l'énergie solaire. Les cellules photovoltaïques convertissent directement la lumière du soleil en électricité et peuvent influencer la demande énergétique mondiale. Toutefois, l'électricité produite à partir de sources solaires est intermittente et dépend des conditions météorologiques. Pour rendre ces générateurs renouvelables, ils sont généralement couplés à un système de stockage assurant une disponibilité continue de l'énergie.

L'éclairage routier se situe le long des voiries souvent dans un environnement bâti discontinu, hors agglomération : autoroute, route nationale, route départementale, rocade et périphérique. La principale raison d'être de cet éclairage routier est de garantir la sécurité des biens et des déplacements, notamment à grande vitesse.

Dans ce mémoire, on se propose de faire une étude pratique et une optimisation sur l'éclairage public de l'autoroute et un dimensionnement de systèmes autonomes pour l'éclairage public en utilisant l'énergie solaire photovoltaïque comme source primaire. Notre travail se divise en quatre chapitres :

Dans le premier chapitre, nous allons faire un résumé sur les notions ainsi que sur les grandeurs utilisées pour l'étude et l'installation des systèmes d'éclairage public.

Dans le deuxième chapitre nous présenterons les nouvelles tendances de l'éclairage public et la méthode simplifiée de dimensionnement des systèmes photovoltaïques autonomes.

Au chapitre suivant, nous effectuerons une simulation de cas réel de l'autoroute Macta à l'aide de logiciel « DIA Lux » et également un autre cas dans le but d'optimisation de l'installation, et ceci par une étude financière et comparative entre les deux cas.

Le dernier chapitre a inclus de dimensionnement simplifié de la mini centrale et le kit solaire pour déterminer le nombre, le type et la puissance des équipements des chaque cas avec une étude financière.

---

# **Chapitre I : Etat de l'art de l'éclairage public**

## I.1 Introduction

L'obscurité ne chasse pas l'obscurité, seul la lumière peut le faire, de nos jours la lumière représente le savoir et le bien-être, elle offre à l'individu la capacité de percevoir ce qui l'entoure et rend l'environnement immédiat viable, compte tenu de son importance une discipline scientifique dédiée à l'étude des espaces extérieurs publics a été créée cette technologie appelée « l'éclairage public ».

L'éclairage public est en pleine mutation depuis quelques années grâce aux développements de la vie urbaine et sa fonction de base, permettant aux utilisateurs de vivre dans de bonnes conditions de confort.

## I.2 L'éclairage

### I.2.1 Définition de l'éclairage

L'éclairage est un service public exigé par les usagers. Il doit être adapté aux besoins pour aller vers un éclairage plus juste. Les objectifs sont de limiter aux mieux les nuisances et le gaspillage afin de minimiser les pertes d'énergie inutiles.

### I.2.2 Le rôle de l'éclairage

L'éclairage est essentiel car son rôle est d'assurer un éclairage nécessaire pour « bien voir », celui de bien percevoir notre environnement à travers notre sens visuel. Comme il doit être efficace et assez doux pour ne pas éblouir en allumant l'endroit.

### I.2.3 Les types d'éclairages

Il existe différents types d'éclairage :

**I.2.3.1 Eclairage direct** : c'est l'éclairage produit par des luminaires projetée directement vers la zone nécessitant d'être éclairée.

**I.2.3.2 Eclairage indirect** : l'utilisation d'une surface intermédiaire entre la source lumineuse et la zone éclairé comme réflecteur.

**I.2.3.3 Eclairage mixte** : il combine l'éclairage direct et indirect en divisant le faisceau lumineux en deux.

**I.2.3.4 Eclairage générale** : il est pour obtient d'éclairer la globalité d'endroit.

**I.2.3.5 Eclairage d'ambiance** : comme son nom indique, il adoucit l'ambiance d'un endroit où sa lumière est apaisante.

## Chapitre I : Etat de l'art de l'éclairage public

---

**I.2.3.6 Eclairage fonctionnel** : est la lumière adoptée aux activités ou elle devra être ciblée et précise pour offrir le confort et sécurité.

**I.2.3.7 L'éclairage décoratif** : Ils doivent rendre le lieu agréable à vivre, tout en le sécurisant, d'où il participe à l'esthétique urbaine.

### I.3 L'éclairage public

L'éclairage public est défini comme l'ensemble des équipements, articles et dispositifs (lampadaires, lampes, tours d'éclairage, éclairage, etc.) qui composent et fonctionnent ensemble pour fournir un éclairage aux lieux publics.

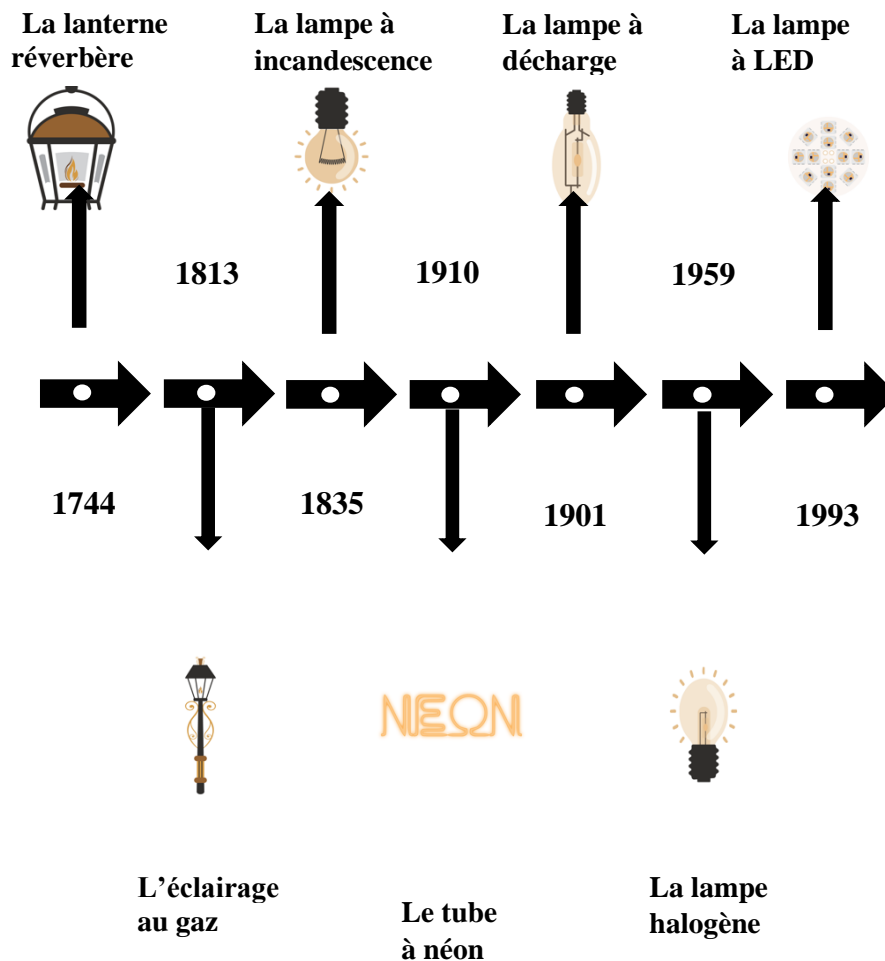
#### I.3.1 L'objectif de l'éclairage public

Dans le développement de nos sociétés, l'éclairage public a été mis en place pour des raisons de sécurité, L'éclairage public offre un certain nombre d'avantages importants :

- une meilleure sécurité du trafic routier
- une meilleure visibilité nocturne, ce qui entraîne une diminution des activités criminelles et un meilleur sentiment de sécurité chez les citoyens.
- Créer une ambiance agréable en harmonie avec les différents espaces.
- Eviter les nuisances lumineuses telles que l'éblouissement et l'effet de zone obscures.

#### I.3.2 L'évolution de l'éclairage au cours du temps

Les moyens d'éclairage ont connu un très grand développement depuis son apparition en l'an 1000 à Cordoba (Al-Andalous). De la lampe à l'huile utilisée au 18<sup>ème</sup> siècle aux nouvelles lampes LED.



*Figure 1.1:* Time-line de l'évolution de l'éclairage public au cours du temps

### I.4 La photométrie

Avant de creuser dans l'éclairage public, il est mieux de définir quelque grandeur qui fait partie des caractéristiques d'éclairage. Dans ce qui suit, on va étudier l'aspect lumineux. donc on a besoin de définir la science de la photométrie.

#### I.4.1 Définition de la photométrie

La photométrie est la science qui consiste à mesurer des intensités lumineuses ou des radiations à l'aide d'un photomètre. [1]

#### I.4.2 Les grandeurs photométrique

Il est mieux de définir quelques grandeurs qui fait une partie de l'éclairage, que nous avons adopté dans notre travail.

##### I.4.2.1 la lumière

La lumière est l'ensemble des propriétés des corps perçus par l'œil et se traduit par les couleurs. D'après les études approfondies des chercheurs sur la proposition de Descart « La lumière était un mouvement ondulatoire dans un milieu particulier ». Ils ont atteint au résultat

admettant que la lumière est due à des ondes excitées dans le fluide et hypothétique nommé éther.

[2]

### I.4.2.1.1 Les sources de la lumière

Une source de lumière est un terme général qui désigne tous ce qu'envoi de la lumière, tous ce qu'on voit et qui n'est pas noir, et elle se devise en deux :

#### a) Les Sources primaires

Ce sont des corps qui produisent leurs propres lumières qu'ils émettent, se sont en fait des convertisseurs d'énergies qui ont transformé une forme d'énergie nucléaire pour le soleil, électrique pour la lampe en énergie lumineuse

#### b) Les sources secondaires

Un objet qui renvoi la partie d'énergie qu'ils reçoivent sans la fabriquer. Parmi ses sources certain renvoi de la lumière dans une direction comme un miroir, on dit qui sont des objets réfléchissants, les autres envois de la lumière dans toutes directions et ils sont des objets diffusant.

### I.4.2.2 Intensité lumineuse

Intensité lumineuse est la quantité d'énergie émis dans une direction donnée. Elle ne dépend pas de la distance d'observation.

En général on utilise le symbole  $I$  pour ce paramètre son unité est CANDELA (cd)

### I.4.2.3 Flux lumineux

Flux lumineux est la quantité de lumière émis par une source lumineuse dans toutes les directions (débit de lumière).

En général on utilise le symbole  $\varphi$  pour ce paramètre son unité est LUMEN (lm) .

### I.4.2.4 L'éclairement

L'éclairement est la densité du flux lumineux en un point d'une surface.

Où :

$$E = \frac{\varphi}{S} \quad (1.1)$$

$E$  : Est l'éclairement son unité est le LUX (L).

$\varphi$  : Est la valeur du flux lumineux atteignant la surface et  $S$  l'aire de cette surface réceptrice.

**LUX** : 1 lm/m<sup>2</sup>.



### I.4.2.5 Luminance

Luminance est l'impression de luminosité donnée d'un côté une source d'éclairage et de l'autre une surface. En général on utilise le symbole L pour ce paramètre son unité est Candela /mètre (Cd /m).

### I.4.2.6 Eblouissement

C'est la sensation désagréable produit dans l'œil lorsqu' on passe d'une zone sombre à une zone très éclairé. Il dégrade les conditions visuelles à long terme et cause des problèmes visuelle, maux de tête .... Il se devise en deux :

#### a) Eblouissement indirect :

L'éblouissement indirect est le reflet de lumières sur des objets, des murs dans les champs de vision d'une personne.

#### b) Eblouissement direct

L'éblouissement direct est une lumière vive se trouve directement dans le champ de vision d'une personne car il provoque une réelle déficience physique à percevoir les personnes, les objets ou l'environnement alentour.

### I.4.2.6 Indice de rendu de couleurs (IRC)

Permet de mesurer la capacité d'une lumière à restituer les couleurs, c'est un nombre compris entre 0 et 100, son unité est le (RA), plus le plus nombre est proche de 100 plus la source de lumière sera à même de reproduire les couleurs naturelles de l'objet éclairé.

Pour l'éclairage des voies publics .On utilise souvent des lampes avec in IRC entre 70et 80 Ra et avec un IRC entre 80et 90 sont utilisés dans les applications générales telles que les locaux et les logements.

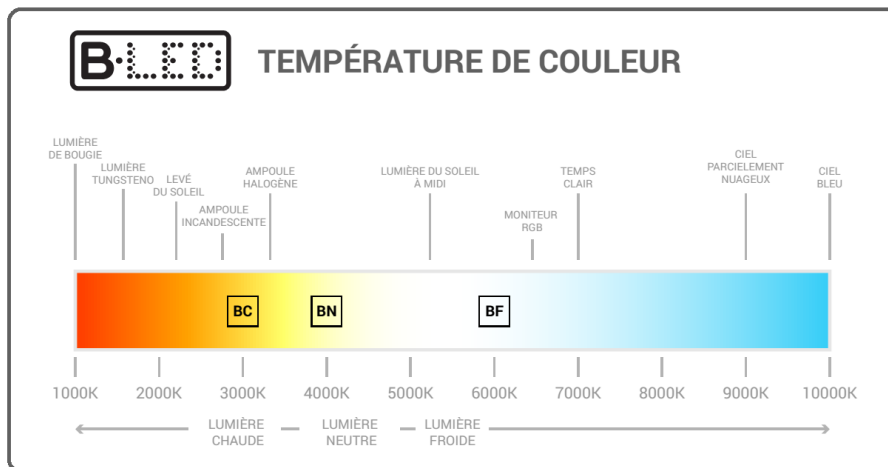
IRC est indiqué dans le code de couleurs d'une lampe, qui est une combinaison d'IRC et la température de couleur.

Le premier chiffre représente l'IRC, le deuxième et les troisièmes chiffres indiquent la couleur de la lumière.

### I.4.2.8 La température de couleur

Caractérise principalement couleur de la lumière émise et donc l'ambiance créée, elle s'exprime en kelvins (k).

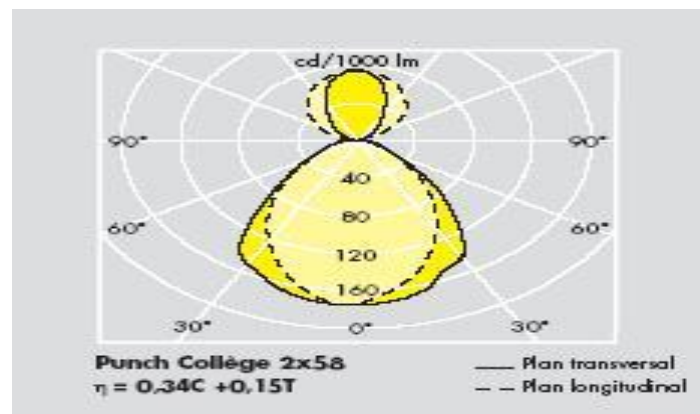
La plage de température de couleur est illustrée par la figure :



**Figure 2.2:** plage de température de couleur

### I.4.2.9 Le diagramme photométrique

C'est une courbe fermée dont le "rayon" dans une direction donnée, elle donne l'intensité de l'émission dans cette direction (en lumen/stéradian/lumen ou candela/lumen) comme la figure ci-contre représente, ce diagramme fixe les valeurs plafond en condition d'installation  $ULR\alpha^1$  et  $ULR^2$ , est une garantie de la maîtrise des émissions de lumière artificielle dans l'environnement et de contrôle de la pollution lumineuse.



**Figure 1.3:** diagramme photométrique

## I.5 Domaine d'utilisation d'éclairage public

Ils existent plusieurs modes pour utiliser l'éclairage public :

### 1. Eclairage routier

L'éclairage nocturne des routes permet de réduire le risque d'accidents des véhicules motorisés qui roulent à grande vitesse .



*Figure1. 4 : éclairage routier*

### **2. L'éclairage des espaces publics**

L'éclairage des espaces publics est pour le but de faciliter la surveillance pendant la nuit, et sécurisent donc les utilisateurs.



*Figure1. 5: éclairage des espaces public*

### **3. Eclairage des espaces sportifs**

L'éclairage sportif est utilisé pour les terrains de football, de rugby ,de basket et de tennis pour permettre les activités sportives dans des heures d'obscurité .Dans la pratique sportive professionnelle, de haut niveau, la lumière blanc froid est souvent la plus utilisé car elle est la proche de la lumière du jour.



*Figure 1.6* : éclairage des espaces sportifs

### 4. Éclairage d'ambiance

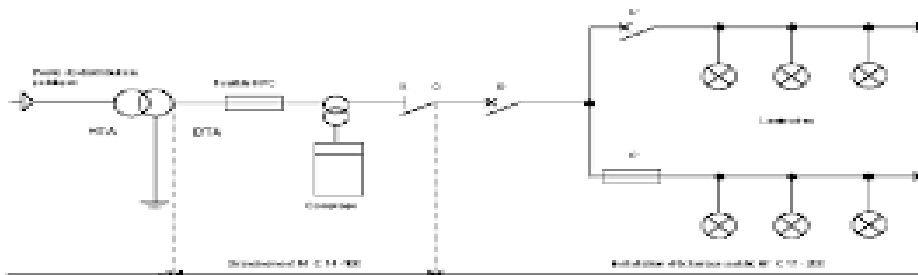
L'éclairage des bâtiments et monuments intéressants souligne leur importance, et crée une atmosphère agréable.



*Figure 1.7* : éclairage d'ambiance

### I.6 Equipement principaux d'un réseau d'éclairage public

Le réseau d'éclairage public est principalement composé de :



*Figure 1.8* : un réseau d'éclairage public

#### I.6.1 Des armoires ou Coffret de commande et de protection (CCP)

Ils permettent l'alimentation du réseau d'éclairage public à partir du réseau public de distribution d'énergie. Il renferme des équipements ou dispositifs de comptage, de commande et de protection. Une armoire est généralement constituée d'une partie pour le comptage de la

## Chapitre I : Etat de l'art de l'éclairage public

consommation électrique, une partie de commande d'allumage des points lumineux contenant des composants telles que les détecteurs crépusculaires (il a pour fonction de commander un circuit lumineux qui lui est dédié en fonction de la luminosité extérieure) ou horloges et les contacteurs, comportant tous les appareils de protection (disjoncteur, fusibles...). [4]



*Figure1. 9:* coffret de commande et de protection

### I.6.2 Câblage

Les câbles servant à transporter l'électricité à partir des sources d'alimentation, en effet la tension et le contrôleur principale du choix de type et taille des câbles utilisé .Il existe deux types principaux de réseau dans l'éclairage public :

- le réseau indépendant en câbles souterrains : il offre un échange plus approprié et sécurisé
- le réseau mixte sur poteaux et sur façade avec des câbles exposés ou partiellement exposés (réseau aérien), il est le plus utilisé parce qu'il est moins coûteux.

#### I.6.2.1 Résistance d'un câble électrique

La résistance d'un câble électrique est la propriété des conducteurs électriques de s'opposer au passage des électrons.et la formule de la résistance écrire comme suite

$$R = \rho * \frac{l}{S} \quad (1.2)$$

Où :

R ( $\Omega$ ) : la résistance du câble

S ( $m^2$ ) : La section du câble

L(m) : de longueur de câble

$\rho$  ( $\Omega m$ ) : résistivité du matériau

### I.6.2.3 Les sections et les pertes de câble électrique

Les sections de câbles (fils) doivent être adaptées aux paramètres de l'installation, On peut calculer la section de câble en appliquant la formule suivant :

$$S = \frac{(R_0 * l * I)}{(V * \varepsilon)} \quad (1.3)$$

$R_0$ = résistivité du cuivre ( $\Omega/m$ )

$L$ =longueur total du câble(m)

$I$ =courant (A)

$V$ =tension origine de câble (V)

$\varepsilon$ =chute de tension (V).

Il faut aussi déterminer la perte engendrée par cette résistance des câbles électriques. Une petite partie de l'électricité transportée par un câble électrique se transforme en chaleur (effet de joule) et pour de calcul cette perte, il y a la relation suivante.

$$P = R * I^2 \quad (1.4)$$

Avec :

$P$ =Pertes joules (W).

$R$ =Résistance ( $\Omega$ ).

$I$ =Intensité (A).

## 6.3 Moyens d'éclairage public

### 6.3.1 Les lampes

Les lampes sont des éléments qui produisent la lumière, Il existe essentiellement deux techniques principales : l'incandescence (classique et halogène), luminescence (décharge et LED).

#### 1. Les lampes à incandescence classiques

Les lampes « classiques » figure (1) sont utilisées pour l'éclairage domestique intérieur, elle est dispositif inventé en 1879 par JOSEPH SWAN et améliorée par les travaux de Thomas Edison, L'ampoule contient un filament de tungstène qui porté à haute température (environ  $2823^\circ K$ ) par le passage d'un courant électrique émet de la lumière. Généralement l'ampoule remplie d'un gaz inerte comme l'argon ou le krypton, qui permet d'éviter la détérioration de filament. Ces lampes ont un rendement lumineux faible à cause de la plus grande partie de l'énergie électrique est convertit en chaleur plus qu'en lumière. [3]



*Figure1. 10* : lampe incandescence classique

### **a) Les lampes à incandescence halogéné**

Une ampoule halogène figure (a) est une ampoule à incandescence dont l'enveloppe est en verre à quartz, remplie d'un gaz diatomique appartenant à la famille des halogènes ou un de leurs dérivés plus résistant aux hautes températures, et dont l'atmosphère interne est constituée de gaz halogénés sous pression.



*Figure1. 11* : lampe incandescence halogène

### **b) Les lampes à décharge**

La lampe à décharge figure(b) est une lampe électrique constituée d'un tube ou d'une ampoule en verre remplie de gaz ou de vapeur métallique sous haute ou basse pression, travers duquel il fait passer un courant électrique il s'ensuit une conversion en photons donc de lumière. [3]





Figure 1. 12: lampe à décharge

### c) Les lampes LED

La LED – light-emitting diode, ou DEL, diode électroluminescente figure (2) – est un composant électronique à semi-conducteur. Lorsqu'un courant traverse la diode dans le sens passant, celle-ci émet de la lumière. Contrairement aux sources lumineuses conventionnelles, les LED sont des composants électroniques, à savoir de minuscules puces électroniques en cristaux semi-conducteurs. Les LED se passent de filtres chromatiques : leur lumière est directement produite en diverses couleurs grâce à différents matériaux semi-conducteurs [3]



Figure 1.13: lampe LED

Le tableau représente les différents avantages et inconvénients des lampes citées au-dessus :

Tableau 1. 1 : les avantages et les inconvénients des lampes

Le type de lampe	Avantages	Inconvénients
<b>Lampe à Incandescence classiques</b>	La lampe à incandescence peut être utilisée dans toutes les pièces de la maison. Elle est actuellement la moins chère du marché. Elle offre également un excellent rendu des couleurs	La lampe à Incandescence produit énormément de chaleur et très peu de lumière. Elle n'est pas du tout économique. Elle a une courte durée de vie.



## Chapitre I : Etat de l'art de l'éclairage public

	Elle s'allume à pleine puissance instantanément.	
<b>Lampe à incandescence halogéné</b>	Rendement lumineux 30% supérieur à celui une ampoule classique. Très bon rendu des couleurs. La gamme des halogènes est très étendue allant de 20 à 500 watts	La lampe halogène produit aussi beaucoup de chaleur. Elle consomme de l'énergie en grande quantité.
<b>Les lampes à décharge</b>	Elle a une grande durée de vie et dégage moins de chaleur. Elle est une lampe puissante et économique.	Elle éblouit et elle émet beaucoup de lumière ce qui provoque une pollution lumineuse (dans le ciel).
<b>Lampe à LED</b>	Sa durée de vie est très longue et sa consommation électrique est faible. La lampe LED ne produit pas d'UV contrairement aux autres lampes.	Le prix de la lampe LED est élevé. Son rendu de couleur est assez décevant.

### Les caractéristiques lumineuses de lampes

La lampe est caractérisée par de nombreux critères :

- La puissance (en Watt).
- L'efficacité lumineuse, en lumens par Watt.
- l'Indice de Rendu des Couleurs « IRC ».
- La durée de vie.
- Rétine de l'œil.

Le tableau ci-dessous représente les caractéristiques photométriques des lampes :

*Tableau1. 2 : les caractéristiques photométriques des lampes*

<b>Lampes</b>	<b>Lampes à sodium basse pression</b>	<b>Lampes à sodium haute pression</b>	<b>LED</b>
<b>Puissance (w)</b>	10 à 30	50 à 500	12 à 190
<b>Efficacité lumineuse (lm/w)</b>	45 à 70	80 à 150	85 à 120

## Chapitre I : Etat de l'art de l'éclairage public

<b>Température de couleur (k)</b>	2500 à 4000	2000 à 2500	2500 à 6500
<b>Indice de rendu de couleur (IRC ou Ra)</b>	60 à 90	25 à 80	75 à 90
<b>Durée de vie moyenne (h)</b>	10000 à 15000	8000 à 24000	50000 à 80000
<b>Applications</b>	Tunnel	Voiries	Eclairage urbain

### I.6.3.2 Des points lumineux/ lampadaires

Le lampadaire est un dispositif d'éclairage public placé en périphérie des voies de circulation publiques, il est l'une des parties les plus importantes et les plus sensibles du réseau d'éclairage public car il est l'élément le plus exposé aux pannes.

#### a. Mat (support)

C'est un élément supportant le luminaire, ils peuvent être tubulaires, octogonaux, cylindro-coniques ou octo-coniques. Il se compose de plusieurs parties :

- **Le fût** : La partie principale du poteau.
- **La plaque d'appui (option)** : Une plaque qui assure la liaison entre le massif de fondation et le fût.
- **Crosse** : Un élément métallique fait pour déporter la lanterne qui se trouve fixée au Mat.

#### b. Les types de mât

- **Poteaux en acier** : Ils constituent la majeure partie des poteaux couramment utilisés. [3]
- **Poteaux en alliage d'aluminium** : Ils ont une excellente tenue à la corrosion même en atmosphère polluée et ne nécessitent aucun entretien. [3]
- **Des poteaux en béton fonte et bois**

### c. Installation des mâts

Deux méthodes sont utilisées pour fixer les mâts et candélabres qu'ils soient en acier, aluminium, inox, fibre de verre.

- Par enfoncement (le mât est directement enfoncé dans le sol),
- Sur semelle de fixation (le mât est soudé sur une semelle de fixation, qui elle-même est fixée sur une fondation en béton qui assure la stabilité de l'ensemble).

### d. Lanterne (luminaire)

Les luminaires sont utilisés pour l'éclairage des voies, sa fonction est de distribuer et contrôler la lumière émise par la lampe. Son rôle est triple :

- Dirige, la lumière fournie par la source lumineuse vers l'espace à éclairer.
- Protège la lampe et les éventuels auxiliaires contre les influences externes.
- Elle a un rôle esthétique important dans les applications résidentielles ou touristiques de par sa forme, ses couleurs et ses matériaux.

Pour protéger le luminaire notamment contre les intempéries, la corrosion. Elle est caractérisée par les indices de protection IP et IK.

- 1- **Indice IP** : Il est caractérisé par l'indice de protection IP à 2 ou 3 chiffres, qui définit le degré de protection contre les corps solides ou liquides.

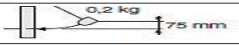
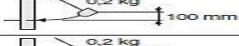
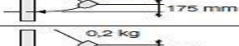
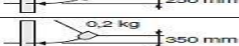

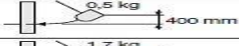



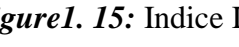
Indice de protection contre la pénétration des corps solides	Indice de protection contre la pénétration des liquides
<b>0</b> Pas de protection	<b>0</b> Pas de protection
<b>1</b> Protection contre les corps solides > 50 mm	<b>1</b> Protection contre les chutes verticales de gouttes d'eau (condensation)
<b>2</b> Protection contre les corps solides > 12 mm	<b>2</b> Protection contre les chutes de gouttes d'eau jusqu'à 15° de la verticale
<b>3</b> Protection contre les corps solides > 2,5 mm	<b>3</b> Protection contre les chutes de gouttes d'eau jusqu'à 60° de la verticale
<b>4</b> Protection contre les corps solides > 1 mm	<b>4</b> Protection contre les projections d'eau de toutes directions
<b>5</b> Protection contre les poussières	<b>5</b> Protection contre les jets d'eau de toutes directions à la lance
<b>6</b> Etanchéité à la poussière	<b>6</b> Totalement protégé contre les projections d'eau assimilables aux paquets de mer
<b>Exemple :</b>	<b>7</b> Protection contre les effets de l'immersion
	<b>8</b> Protection contre les effets de l'immersion prolongée

IP	6	5
----	---	---

Figure 1. 14: indice IP

- 2- **Indice IK** : Il détermine le degré de protection du matériel contre les chocs d'origine mécanique et est défini par un nombre entre 01 et 10 en fonction de l'énergie du choc.

IK	Prueba	Energía en joules
IK 00		0
IK 01		0,15
IK 02		0,2
IK 03		0,35
IK 04		0,5
IK 05		0,7
IK 06		1
IK 07		2
IK 08		5
IK 09		10
IK 10		20

*Figure1. 15:* Indice IK

### Le lampadaire solaire

Le lampadaire solaire est un dispositif composé d'un panneau photovoltaïque qui converti l'énergie solaire reçu pendant le jour en électricité produite et stockée dans une batterie d'accumulation pour être restitué à la lampe pendant la nuit .



*Figure1. 16:* lampadaire solaire

### I.7 La consommation électrique d'éclairage public

L'éclairage public représente plus de 20 % de la consommation totale d'électricité aux États-Unis, une fraction similaire dans l'Union européenne et une fraction encore plus élevée dans de nombreux pays en développement et il occupe 59% de la consommation globale de l'Algérie .Étant donné que de nombreuses technologies d'éclairage actuelles sont très inefficaces, les technologies d'éclairage améliorées offrent un grand potentiel d'économies d'énergie et de réduction des émissions de gaz à effet de serre associées.

- **Dans le monde :**

Selon l'UNEP (United Nations Environment Programme) L'éclairage représentait 19%de la consommation mondiale d'électricité en 2009 .de nos jours après le développement des

## Chapitre I : Etat de l'art de l'éclairage public

---

technologies il évalué à 15% au niveau mondial pour 5% des émissions de gaz à effet de serre, ce qui représente environ 2700TWH de la consommation mondiale, émettant 1 150 millions de tonnes de CO<sub>2</sub>.

Le nombre de lampes d'éclairage public qui sont actuellement en fonction dans le monde est 4 milliards. Avec 670 millions, lampes à combustibles utilisées dans le monde en produisant 74 millions de tonnes d'émissions de carbone par an.

L'utilisation des nouvelles technologies de l'éclairage permettrait au monde d'économiser 140 milliards de dollars et de réduire les émissions de CO<sub>2</sub> de 580 millions de tonnes par an.

### En Europe

L'éclairage public consomme une quantité importante d'électricité qui représente 30% à 50% de leur consommation totale d'électricité, ce qui équivaut 35Twh.

D'après la commission Européenne, **90 millions** de luminaires sont installés et les LED représentaient 4 % des luminaires routiers des 28 pays. Pour le but d'économiser d'énergie jusqu'au 70%.

### Au Etats Unis

La consommation d'énergie électrique pour l'éclairage aux Etats Unis atteignant 659Twh, ce qui représente 6%de la consommation totale d'électricité en Etats Unis, d'où cette énergie équivaut la production d'électricité de deux pays combinée (France, Italie).

### En France

En France, la consommation d'électricité liée à l'éclairage est de 56Twh ce qui représente 12% de la consommation française, émettant 5.6 tonnes de CO<sub>2</sub>.

### En Allemagne

En Allemagne ,9% de l'énergie produite est consommée sur l'éclairage, ce qui équivaut 4 milliards de KWh par an ou elle utilise 9 millions de luminaires.

### En Algérie

En Algérie, l'éclairage public occupe la première position avec 59% de la consommation globale de l'Algérie, ce qui représente 2839 GWhs, l'équivalente à La production annuelle d'une centrale de 328 MW de puissance avec une production à plein charge 24h/24.

Les deux wilayas Alger et Oran totalisent à elles seules 1 089 GWhs, soit 38% de la consommation totale des EP. Pour les pays en voie de développement, l'éclairage représente une

majeure partie de consommation électrique ; 30% pour la Tunisie ,40% pour le Madagascar et plus que 86% pour la Tanzanie (champion de toutes catégories dans le domaine).

### **I.8 Conclusion**

Dans ce chapitre, on a exposé brièvement l'histoire de l'éclairage public, et expliquer le rôle et la fonction du système d'éclairage public ainsi que différents types et moyens (lampe, lampadaire) et certains photométrique, les équipements principaux d'un réseau d'éclairage (armoire de commande et protection, câblage). Nous avons également parlé dans une petite partie de la consommation d'électricité dans l'Algérie par rapport à certains autre pays.

Dans le prochain chapitre nous allons axer notre travail sur l'éclairage des autoroutes à base d'énergie renouvelables.

# **Chapitre II : Éclairage à base des énergies renouvelables**

### II.1 Introduction

La plus grande partie de l'énergie consommée actuellement provient de l'utilisation des combustibles fossiles ou encore l'énergie nucléaire. Par ailleurs, les réserves de ce type d'énergie pour les générations à venir tendent à s'épuiser à cause d'une consommation excessive. La contrainte imposée est d'utiliser une source d'énergie économique et peu polluante car la protection de l'environnement est devenue un point important. À ce sujet, Les énergies renouvelables, comme l'énergie solaire photovoltaïque, éolienne ou hydraulique, apparaissent comme des énergies inépuisables et facilement exploitables

Notons que l'Algérie dispose d'un des gisements solaires les plus importants du monde. La moyenne annuelle d'insolation dépasse les 3000 heures. C'est aussi le plus important de tout le bassin méditerranéen avec 169440TWh/an. Notre pays peut donc couvrir certains de ses besoins en énergie par les systèmes photovoltaïques.

### II.2 L'éclairage des voies rapides

L'éclairage des voies rapides permet aux conducteurs de se rendre à leur destination finale en toute sécurité, en fonction des conditions météorologiques et du trafic. Il est important d'avoir une combinaison de luminaire et de source offrant à la fois un éclairage efficient, une installation simple et rapide, et une maintenance réduite. Le but est d'atteindre les niveaux d'éclairement requis avec une bonne uniformité tout en limitant l'éblouissement, en tenant compte des conditions de circulation et de la géographie.

### II.4 le choix d'implantation

Selon les différentes voiries et espaces public, Il existe différents types d'implantation des lampadaires. Dans ce que suit la présentation de ces différents types :

Pour déterminer l'implantation appropriée à un espace public, il est nécessaire de respecter les critères suivants :

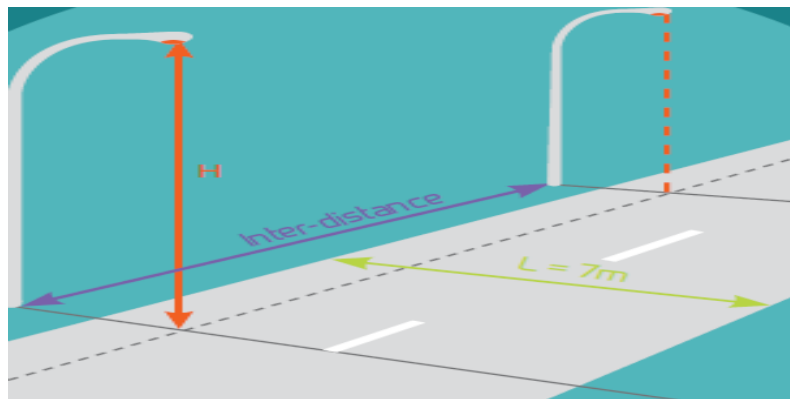
**h** : la hauteur du feu

**a** : avenacée du feu par rapporte au bord de la chaussée

**l** : la larguer de la chaussée à éclairer

**e** : espacement entre deux foyers lumineux





**Figure2. 17** : les caractéristiques de choix de référence

### II.4.1 Les types d'implantation

Il existe 4 types principaux d'implantation des points lumineux dans l'éclairage public. Ces types sont décrits dans les sections qui suivent

#### a) L'implantation unilatérale

Ce type est constitué d'un seul rangé des lampadaires (figure (a)), dans le même côté de route. Avantageux par un investissement limité et l'encombrement limité d'un seul trottoir, mais il est adapté aux chaussées de largeur limitée (Voiries urbaines, Cheminements piétons...) [4]

#### L'implantation bilatérale en vis-à-vis

Ce type constitué de deux rangés des lampes vis-à-vis des deux côtés de route (figure(b)). Avantageux par son adaptation aux chaussées de largeur plus importante, et la limitation possible de la hauteur de feu ( $H=L/2$ ), mais il est un Investissement plus important. [4]

#### b) L'implantation bilatérale en quinconce

Ce type constitué de deux rangés dans les deux côtés de route, mais non vis-à-vis (figure©). Avantageux par son esthétique, mais il a un investissement plus important et l'uniformité de luminance plus complexes à obtenir, il peut utiliser pour les voiries de desserte et les parcs et les jardins. [4]

#### c) L'implantation axiale

Ce type constitué d'un rangé des lampes au milieu de route (axe) (figure(d)). Avantageux par un investissement limité (une seule rangée de mâts), mais l'uniformité de luminance réduite à le côté opposé et la maintenance est difficile. Utilisé dans les voiries mixtes. [4]

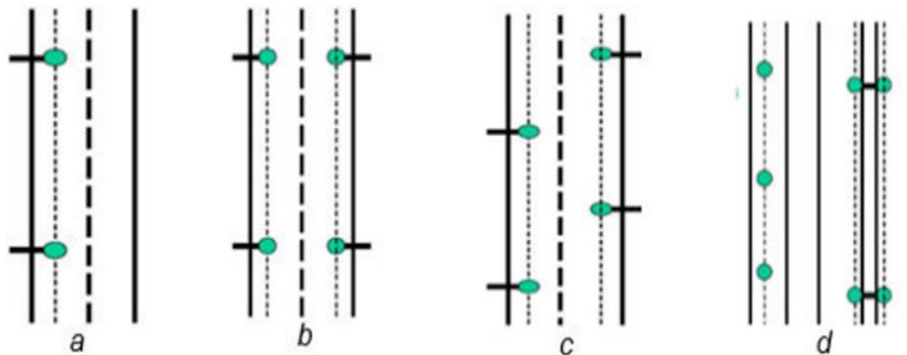


Figure2. 18: différents type d'implantation

Les caractéristiques de chaque type d'implantation sont représentées dans les tableaux ci-dessous :

Tableau2.3 : les caractéristiques du choix du type d'implantation

Type d'implantation recommandé	Rapport entre h et l	Type de chaussée	Observations
Implantation unilatérale	$l \leq h$	Chaussée simple à double sens de circulation	La luminance de la partie de la chaussée située loin des luminaires est plus faible que celle située du même coté
Implantation bilatérale en quinconce	$H < l \leq 1.5 h$		Un Soins particulier doit être apporté à l'uniformité des luminances de la chaussée
Implantation bilatérale vis-à-vis	$1.5 < h$		
Implantation axiale (rétro-bilatérale)	$l \geq h$	Chaussées doubles à deux sens de circulation	

### II.5 Contrôle du temps d'allumage

Pour assurer l'allumage et l'extinction des luminaires d'une façon autonome, on utilisera une de ses appareils :

### II.5.1 Horloges

Horloge ou bien Minuterie elle exerce un contrôle temporel. Est un relais "mémorisant" sa position (contact fermé) pendant un certain temps réglable. Il y a deux types de ce dispositif de contrôle :

- a. **Horloge mécanique**, permet de n'autoriser l'allumage des luminaires seulement pour des horaires déterminés. Ce système n'est pas avantageux puisqu'il ne prend pas en compte la variation de luminosité pendant l'année.
- b. **Horloge astronomique** est très précise et déterminent automatiquement, par des calculs mathématiques, l'heure à laquelle il est nécessaire de déclencher l'allumage de l'éclairage et de l'éteindre. Contrairement aux horloges mécaniques, l'horaire 'allumage varie donc de jour en jour.

### II.5.2 Cellule photoélectrique :

Elle commande l'éclairage en fonction de la luminosité, c'est la commande automatique la plus simple qui prend le mieux en compte les conditions atmosphériques réelles (variations de l'éclairage ambiant détectées par la cellule photo-électrique commandent le fonctionnement du détecteur). Cette appareille doit être orientée de sorte à ne pas subir l'effet de sources lumineuses aléatoires, Toute cellule photoélectrique doit être située hors de la portée du public.

Avantageuse par leur encombrement réduit, et qu'elle est moins chère que l'horloge astronomique

### II.5.3 Détecteurs de présence

Un détecteur de présence allume une lampe uniquement lorsque quelqu'un s'approche de celui-ci. Les avantages de ce type d'appareils sont qu'ils s'adaptent parfaitement aux besoins réels, qu'ils permettent d'éviter tout gâchis énergétique.

### II.5.4 Réducteurs de puissance

Réducteur de puissance permet de réduire l'éclairement en pleine nuit, donc réduire un peu la pollution lumineuse et génère d'importantes économies d'énergie tout en maintenant un niveau d'éclairement suffisant pour les besoins.

## II.6 les nouvelles tendances de l'éclairage public

Compte tenu de l'évolution technologique, la consommation d'énergie électrique utilisée pour l'éclairage public à augmenter, et les taxes de l'EP ont devenu de plus en plus importantes. Les pays optent désormais pour une rénovation de leur éclairage pour lutter contre la pollution lumineuse et économiser l'énergie.

## Chapitre II : Éclairage à base des énergies renouvelables

---

L'éclairage basé sur l'énergie renouvelable est très prometteur en tant qu'une source d'énergie naturelle et quasiment inépuisable. Pour un développement plus durable et une lutte plus active contre le réchauffement climatique.

### II.7 Sources d'énergie pour l'éclairage public

L'énergie conventionnelle est la source d'énergie approuvée pour l'alimentation d'un réseau d'éclairage public. Mais du cours des années récentes l'énergie renouvelable saisie un rôle assez important dans la production d'énergie électrique et il ne faut que l'éclairage public prend sa part. Pour le cas d'éclairage public, on distingue deux systèmes :

- Un système solaire raccordé au réseau (conventionnel).
- Un système autonome solaire ou hybride.

#### II.7.1 Eclairage public autonome solaire

Certaines structures sont difficiles d'accès à raccorder au réseau électrique, c'est le cas pour l'éclairage public dans les zones rurales et les autoroutes. Dans ces cas, il est plus avantageux d'opter pour une installation solaire autonome.

C'est un éclairage public qui fonctionne à partir d'une source d'énergie renouvelable qui est l'énergie solaire, sans le besoin d'être raccordé au réseau électrique. Ce type d'éclairage public se compose d'un générateur photovoltaïque, une batterie d'accumulation et un régulateur.

##### II.7.1.1 L'énergie solaire photovoltaïque

Se trouve installés sur les toits, avec la meilleure orientation possible. Pour qu'ils soient exposés un maximum aux rayonnements du soleil.

### II.8 Installation solaire autonome

L'énergie solaire photovoltaïque est obtenue par la transformation des rayonnements du soleil en courant électrique grâce aux déplacements des photons. Le courant continu obtenu pourra être utilisé directement dans certaines applications.

Dans notre cas, l'éclairage public consomme du courant alternatif (230Vac), alors les modules sont reliés à un régulateur de charge pour protéger les batteries.

#### II.8.1 Dimensionnement d'une installation solaire autonome

Nous allons par la suite, donner une explication détaillée de chaque étape pour dimensionner une installation solaire pour le but d'alimenter un réseau d'éclairage public.

##### II.7.8.1. Etapes pour dimensionner l'installation

Le dimensionnement d'un système PV autonome selon l'approche quasi-statique comprend cinq étapes fondamentales :

## Chapitre II : Éclairage à base des énergies renouvelables

---

- Détermination des besoins de l'utilisateur (Puissance des appareils, Durée d'utilisation, Tension de service du système).
- Energie solaire récupérable selon l'emplacement et la situation géographique
- Dimensionnement du générateur solaire (Tension de fonctionnement, Puissance crête à installer).
- Calculer le parc des batteries pour une autonomie donnée.
- Choix d'un régulateur (Dimensionnement du régulateur de charge/décharge).
- Choix des câbles.
- Déterminer le cout du system.

### II.7.8.2 Estimation des besoins journaliers de l'utilisateur en électricité (Wh/j)

La quantité d'énergie nécessaire chaque jour pour alimenter les charges (les lampes). Nous pouvons connaître la consommation journalière en estimant la valeur de

Puissance totale consommée par tous les récepteurs électriques de l'installation multipliée par la durée  $t$  (h) de son fonctionnement.

$$E = Pc * t \quad (2.1)$$

### II.7.8.3 Estimation de l'ensoleillement sur le site de l'installation du générateur photovoltaïque

Pour faire l'étude, il est nécessaire de connaître des valeurs précises de l'énergie solaire reçu en moyenne par jours ou par mois. On peut les obtenir au niveau Organisme nationaux de météorologie ou à l'aide d'un logiciel informatique d'optimisation (métronome, PVsys) qui exigent les paramètres d'entrées suivants :

Chaque lieu est caractérisé par des paramètres de base fixe :

- **Latitude** : distance angulaire d'un point quelconque du globe par rapport à l'équateur
- **Altitude** : la distance verticale entre ce point et une surface de référence théorique (niveau moyen de la mer).
- **Réfectivité du sol ou albédo.**
- **Irradiation moyenne journalière la plus défavorable dans l'année.**

#### a- Orientation et inclinaison des modules

La position des modules influe directement sur la production énergétique. Il est très important de bien les placer pour avoir un maximum de production

- **L'orientation** : est l'angle entre le panneau solaire et l'axe plein Sud. Pour un cas idéal, le module sera orienté vers le sud dans l'hémisphère nord, et vers le nord pour l'hémisphère sud.
- **L'inclinaison** : est l'angle entre le plan du panneau solaire et le sol. elle est adaptable selon la latitude du lieu et la période d'utilisation. Le Tableau suivant nous donne sa valeur en fonction de la latitude du lieu et sur utilisation annuelle :

Tableau2. 4 : valeurs d'inclinaison en fonction du latitude

Latitude ( $\varphi$ )	Inclinaison ( $i$ )
$\varphi \leq 10^\circ$	$i = 10^\circ$
$10^\circ \leq \varphi \leq 30^\circ$	$i = \varphi$
$30^\circ \leq \varphi \leq 40^\circ$	$i = \varphi + 10^\circ$
$\varphi \geq 40^\circ$	$i = \varphi + 15^\circ$

### II.7.8.4 Estimation du champ photovoltaïque

Le champ photovoltaïque dépend largement sur le choix d'un générateur photovoltaïque.

#### a. Générateur photovoltaïque

Le principe de fonctionnement d'un générateur photovoltaïque est de convertir l'énergie de la lumière solaire directement en énergie électrique par des cellules solaires à cause de l'effet photoélectrique, où la cellule photovoltaïque reçoit la lumière solaire et la transforme en électricité par le biais d'un semi-conducteur.

#### b. Les technologies des cellules solaires

Le silicium et le plus souvent utiliser dans la fabrication de panneau photovoltaïque, alors le tableau ci-dessus représente les différentes technologies des cellules solaires à base de silicium.

Tableau2. 5 : les technologies des cellules solaires à base de silicium

	Le silicium monocristallin	Le silicium poly cristallin	Le silicium amorphe	
<b>Définition</b>	-les cellules sont fabriquées avec du silicium	-les cellules sont fabriquées avec des atomes ne sont pas tous cristallisés.	-les atomes sont disposés de manière désordonnée du	

## Chapitre II : Éclairage à base des énergies renouvelables

	parfaitement cristallisée.		fait que les cellules sont fabriquées par projection de silicium sur un autre matériau (verre, plastique). Constitué des couches très mince.	
<b>Avantages</b>	-le matériau le plus répandu. -Très bon rendement, entre 12% et 16%.	-Prix faible que celle de silicium monocristallin	-Répond néanmoins à de nombreux besoins liés à l'éclairage (extérieur ou intérieur).	
<b>Inconvénients</b>	-Le prix, à cause d'un procédé de fabrication long et énergivore	-Rendement entre 11% et 14%.	-Rendement très faible 5 à 7%	

### c. La puissance crête d'installation

La puissance crête à installer dépend d' $E_p$  et l'irradiation solaire reçue  $E_{sol}$  (Wh/m<sup>2</sup>)

$$P_c = \frac{E_p}{E_{sol}} \quad (2.2)$$

Ainsi :

$$I_m = \frac{E}{N_e * k} \quad (2.3)$$

Pour les systèmes avec parc batterie, le coefficient K est en générale compris entre 0.55 et 0.75. La valeur approchée que l'on utilise pour les systèmes avec batterie sera souvent de 0.65

## Chapitre II : Éclairage à base des énergies renouvelables

Donc il est possible de connaître la production électrique d'un panneau pendant une journée en multipliant le nombre d'heures équivalentes par sa puissance crête  $P_c$ . En prenant compte des pertes électriques qui se produisent tout au long de la production d'électricité, du générateur au récepteur ou au réseau de distribution.

### d. Le choix de la tension

La tension des modules est choisie selon la puissance des panneaux utilisés dédie dans le tableau :

**Tableau 2.6** : choix de la tension du module selon la puissance des panneaux

Puissance du panneau (Wc)	$P_c < 150$	$150 < P_c < 1000$	$P_c > 1000$
Tension de module (v)	12	24	48

### e. Nombre de modules

Ce nombre dépend de la puissance crête à installer  $P_c$  en watt-crête et de la puissance crête unitaire  $P_{c\ unit}$  du modèle de panneau choisi en watt-crête.

$$N = \frac{P_c}{P_{c\ unit}} \quad (2.4)$$

**Rappel** : deux modules photovoltaïques identiques en série permettent de multiplier la tension la tension par deux modules photovoltaïques identique en parallèle permettent de multiplier par deux le courant.

- Le Nombre de modules PV en série par branche  $N_{ms}$

$$N_{ms} = \frac{V_c}{V_{mod}} \quad (2.5)$$

Où :

**$V_c$**  : Tension aux bornes de la charge

**$V_{mod}$**  : Tension maximale d'un seul module (V)

- Le Nombre de modules PV en parallèle par branche  $N_{mp}$

$$N_{mp} = \frac{NT}{N_{ms}} \quad (2.6)$$



### f. Pose des modules

Pour éviter l'effet de masque entre deux rangées consécutives, une distance minimale est nécessaire d'être respecté entre eux :

$$X = l * \left[ \frac{\sin(i)}{\tan(hm)} + \cos(i) \right] \quad (2.6)$$

Avec :

**x** : distance à respecter entre deux rangées en [m].

**l** : largeur d'un module photovoltaïque en [m].

**i** : Inclinaison d'un module photovoltaïque en [°].

**hm** : hauteur minimale du soleil en [°].

### II.7.8.5 Estimation de la capacité de stockage de la batterie

Dans un système photovoltaïque, le rôle des batteries est de pour stocker une quantité d'énergie suffisante pour subvenir à l'absence d'ensoleillement temporaire pendant le soir ou quelques jours. On est à l'aide d'un système de stockage.

Les batteries sont un ensemble d'accumulateurs électrochimiques associés entre eux en série, qui stockent de l'énergie sous forme chimique et la restituent sous forme électrique.

#### II.7.8.1.1 Les batteries

Les batteries sont des accumulateurs électrochimiques. Elles sont capables de convertir de l'énergie électrique en un processus chimique réversible.

#### II.7.8.1.2 Les caractéristiques des batteries

Les caractéristiques d'une batterie pour un système photovoltaïque sont les suivants :

##### a) Durée d'autonomie

La durée d'autonomie de stockage à déterminer correspond à la période au cours de laquelle les batteries doivent alimenter seules l'installation. Pour une utilisation normale en Algérie, on peut admettre une autonomie de 3 à 4 jours.

##### b) Nombre de cycle

Une batterie supporte un nombre limité de cycle charge/décharge qui dépend fortement de la profondeur de décharge que vous utilisez.

### c) Durée de vie

Indépendamment du nombre de cycle la durée de vie d'une batterie est limitée par l'oxydation des électrodes et des bornes. Ce phénomène peut être relativement rapide si la batterie est utilisée à une température élevée, dans ce cas il sera inutile de choisir une batterie possédant un très grand nombre de cycle. [3]

### d) Capacité de batterie

La capacité de la batterie est la quantité d'électricité stockée par l'accumulateur. La capacité nominale de la batterie, noté CN (=C10), Le calcul de la capacité s'effectue en considérant que la batterie doit être capable d'alimenter l'ensemble des équipements électriques pendant une certaine période. La formule suivante permet de calculer la capacité nominale d'une batterie :

$$C = \frac{(Na * Ec)}{(D * Vbat)} \quad (2.7)$$

**Ec** : énergie consommée [Wh].

**Na** : Les jours d'autonomie [jour].

**D** : la profondeur de décharge [de 0.2 à 0.9].

**Vbat** : la tension sous laquelle est installé le parc de batteries [V].

### II.7.8.1.3 Les différents types de batteries

L'utilisation des batteries varie d'un domaine à un autre, et le type de batterie sera adapté selon besoins.

**a. Batterie plomb ouvert** : Les batteries au plomb ouvertes sont des batteries à plusieurs éléments constitués chacun d'un ensemble de couples de plaques de plomb pour le pôle négatif et de plaques d'oxyde de plomb pour le pôle positif baignant dans une solution d'eau et d'acide sulfurique. [20]. Elles ont l'avantage d'être sans entretien, facilement manipulable (pas de fuite) avec une stabilité parfaitement contrôlée par le fabricant. Elles ont les inconvénients d'être plus chères et d'avoir une durée de vie plus courte. Elles fournissent en général environ 400 cycles à 80 % de décharge.

**1. Batterie GEL** : Les batteries Gel sont des batteries plomb-électrolyte dans lesquelles le "liquide" est stocké sous forme de de gel silice. Les plaques sont épaisses, en plomb et en oxyde de plomb, éventuellement tubulaires pour les modèles OPZV. Leur conception les rend totalement étanches et sans entretien. [20]. Elles ont l'avantage d'être sans entretien,

## Chapitre II : Éclairage à base des énergies renouvelables

Compatibles avec une recharge rapide. Elles ont les inconvénients d'être lourdes et encombrantes, Supportent mal les décharges profondes pour certaines.

2. **Batterie AGM** : Le sigle "AGM" est l'acronyme d'Absorbed Glass Matt. Il signifie que l'électrolyte dans lequel baignent les plaques en plomb (+) et oxyde de plomb (-) est "stabilisé" à l'intérieur de sortes d'éponges en fibre de verre (le "glass Matt" bien connu des réparateurs de coques en fibre de verre). [20]. Les avantages de la batterie AGM sont qu'elle ne demande pas d'entretien et Forte capacité de cyclage (jusqu'à 2500 cycles). par contre Peu adaptées aux courants de charge/décharge élevés, Son Prix élevé.

b. **Batteries au Lithium** : Elles sont réservées aux systèmes photovoltaïques portables où leur grande capacité de décharge (six fois mieux que le plomb étanche) est leur grand intérêt. Leur prix est encore prohibitif mais elles fournissent en général, environ 1 300 cycles à 100 % de décharge

Le tableau ci-dessous représente les caractéristiques des différentes batteries définies ci-dessus :

*Tableau2. 7* : les caractéristiques des différents types de batterie solaire

Types de batteries	Batterie au plomb ouverte.	Batterie AGM	Batterie GEL
Capacité(Ah)	220	Max 250	Max 250
Dure de vie	2 à 4	5	10
Nombre de cycle	200 à 400	200 à 900	300 à 1300

Le dimensionnement de la batterie consiste à effectuer deux choix :

- **Choix de la tension de la batterie** : Nous rappelons qu'une batterie est constituée de plusieurs éléments de conversion électrochimique. Chaque élément est considéré comme un générateur de tension de 2V. En empilant ces éléments en série, on obtient des batteries de 6V, 12 V, 24V ou 48V. Ainsi, il convient de choisir une de ses tensions.
- **Choix de la capacité de la batterie.**

- **Nombre totale des batteries**

Il dépend de l'énergie totale consommé multiplie au nombre de jours d'autonomie sur l'énergie totale d'une batterie.

$$Nbt = \frac{Ec*Na}{Eunité} \quad (2.7)$$

- **Nombre des batteries série**

Nombre des batteries série (**Nbs**) dépend de la tension unitaire du modèle de batterie choisie et de la tension d'entrée du parc des batteries.

$$Nbs = \frac{Vsyst}{Vbat} \quad (2.8)$$

- **Nombre de batterie en parallèle**

Il dépend de l'ensemble des capacités **C** calculée et de la valeur de la capacité unitaire selon le type de batterie choisie.

$$Nbp = \frac{Nbt}{Nbs} \quad (2.9)$$

### II.7.8.6 Les régulateurs

Le régulateur de charge /décharge est un élément très efficace dans les installations solaires malgré son faible cout. Son rôle est de contrôler la charge de la batterie et de limiter sa décharge pour maximiser sa durée de vie.

#### a. Régulateur PWM

Le régulateur est inséré entre le champ photovoltaïque et la batterie. Il est composé d'un interrupteur électronique fonctionnant en MLI (Modulation de Largeur d'Impulsion) et d'un dispositif anti-retour (diode).Lorsque la tension batterie est inférieure à la tension de limitation du régulateur, l'interrupteur est fermé. La batterie se charge alors avec le courant correspondant à l'ensoleillement. On est en phase "Bulk". [19]

#### b. Régulateur MPPT

Le régulateur de charge est composé d'un convertisseur DC/DC à découpage de haut rendement, Dans ce régulateur, un circuit mesure en permanence la tension et le courant du panneau pour tirer de l'énergie au point de puissance maximal (MPPT, Maximum Power Point Tracking).

## Chapitre II : Éclairage à base des énergies renouvelables

---

Par conception, le régulateur MPPT permet un gain de production de **5 à 30%** par rapport à un régulateur PWM. Ce gain augmentera en hiver et pendant les périodes de faible ensoleillement.

### II.7.8.6 .1 Choix du régulateur

Le choix du régulateur est défini une fois que le type de régulateur est retenu. Il doit respecter les critères suivants :

- La Tension nominale doit être celle du champ photovoltaïque.
- Le courant d'entrée ou le courant de charge maximal que les modules sont susceptibles de débiter. Il doit être supporté sans problème par le régulateur. Pour estimer ce courant, le plus sûr est de prendre 1,5 fois le courant maximal.

$$I_{max} = \frac{P_c}{V} \quad (2.10)$$

- Le Courant de sortie du régulateur doit être supérieur à la valeur maximale que peuvent tirer les récepteurs simultanément.

**NB :** c'est mieux d'utiliser des régulateurs MPPT

### II.7.8.7 Les Onduleurs

Les onduleurs utilisés dans les installations solaires autonomes sont caractérisés par leur technologie et par la forme d'onde qu'ils génèrent pour convertir l'électricité continue que produisent les capteurs photovoltaïques en électricité alternative utilisable par ses appareils. Les principaux types produisent une onde sinusoïdale, une onde carrée ou une onde dite pseudo-sinusoïdale.

#### II.7.8.7.1 Critères de choix des onduleurs

Le choix de l'onduleur va dépendre des utilisateurs qu'il devra faire fonctionner .ce choix s'appuyant sur des critères valables pour n'importe quelle onde. Les critères principaux sont :

- Puissance nominale de l'onduleur (VA), définie d'après les besoins exprimés. Elle tient compte du nombre d'équipements, et de leurs puissances ou elle doit être supérieure ou égale à la puissance des charges.
- la Tension d'entrée est égale à celle de la batterie ou du régulateur.
- En Algérie nous utilisons du 230 V AC 50 Hz, comme tension de sortie.
- le ratio entre la puissance de l'onduleur  $P_0$  et la puissance du champ photovoltaïque  $P_c$  doit être compris entre  $0.9\% < \frac{P_0}{P_c} < 0.95\%$ .

## Chapitre II : Éclairage à base des énergies renouvelables

---

- Pour obtenir la puissance de l'onduleur, il faut diviser la puissance active du site sur le facteur de puissance ( $\cos \phi$ ), il varie de 0.6 à 1 selon les gammes d'onduleur.

### II.7.8.8 Dimensionnement des câbles

Le câblage est un point critique de toute installation PV. Ils relient électriquement tous les composants du système PV. Le choix des câbles dont l'enveloppe est adaptée aux conditions d'utilisation est nécessaire.

Pour une bonne mesure de la tension batterie par le régulateur, celui-ci doit être placé le plus près possible de la batterie.

La section des câbles se calcule par la formule suivante :

$$S = \frac{\rho * l}{R} \quad (2.11)$$

$\rho$  : Est la résistivité du câble en  $\Omega.m$ , dépend du matériau Elle est de  $0.0171 \Omega.m$  pour le cuivre.

$L$  : La longueur de câble en m.

$R$  : résistance maximale de ligne

Il est primordial que la chute de tension ne doive pas dépasser 3%.

### II.7.8.9 Les pertes électriques

Toutes installation photovoltaïque impliquent des pertes qu'elle sera dissipée par les câbles les batteries et les régulateurs de charge.

## II.9 Conclusion

Dans ce chapitre, on a exposé les différentes nouvelles sources renouvelables utilisées pour alimenter un réseau et on a choisi l'énergie solaire pour l'Algérie comme un remplaçant au système conventionnelle. Comme on a cité. Ainsi les différents types d'implantations et les possibilités de Contrôler le temps d'allumage.

# Chapitre II : Éclairage à base des énergies renouvelables

---

# Chapitre III : Étude technique économique



### III.1 Introduction

L'éclairage des autoroutes est devenu essentiel pour assurer de la sécurité aux usagers et de réduire les risques d'accident et l'insécurité dans les zones sombres. Mais l'éclairage public ne fait pas d'une manière aléatoire, il doit répondre aux conditions permettant d'assurer un confort visuel aux utilisateurs. C'est pour cette raison qu'il faut vérifier les paramètres photométriques causés par les caractéristiques de notre étude s'ils respectent les conditions de la norme.

Cette étude permet de s'assurer de la qualité de l'éclairage et du confort visuel, du respect des normes d'éclairage applicable et du respect des budgets d'investissement et de fonctionnement. Et l'étude d'éclairage permet de :

- **Dimensionner le nombre de luminaire nécessaire** : la distance optimale entre deux pièces, donc l'installer uniquement les luminaires réellement utiles
- **Obtenir le choix des équipements, les techniques d'éclairage** : source luminaire, régulateur (pour diminuer la consommation)
- **Optimiser les performances de l'installation**
- **Calculer les coûts globaux de l'éclairage et réaliser des économies sûres**

**L'éclairage** : le cout de l'investissement de départ, de l'installation, de l'énergie, de L'entretien et la consommation théorique de l'installation contribution à l'efficacité énergétique.

- **De garantir l'accessibilité des lampes et luminaire** : (pour maintenance)
- **De planifier la maintenance** : des équipements et des produits électriques
- **D'optimiser la performance énergétique** : éclairage naturel/ artificiel, système de gestion .

### III.3 La norme NF EN 13201

Pour réaliser notre étude il faut respecter des conditions photométriques en éclairage public qui sont conditionnées par la norme EN 13201.

La norme européenne d'éclairage public **NF EN 13201** est à appliquer pour des projets en éclairage routier. Elle définit les exigences de performance sous forme de classes d'éclairage pour le but d'assurer la sécurité aux usagers, le bon écoulement du trafic et la protection des biens et des personnes ; elle est constituée de cinq parties :

- La partie 1 : FD CEN/TR 13201-1 – Sélection des classes de chaussées, et ses prescriptions associées.
- La partie 2 : EN 13201-2 – Exigences de performances.

- La partie 3 : EN 13201-3 – Calcul des performances.
- La partie 4 : EN 13201-4 – Méthodes de mesure des performances.
- La partie 5 : EN 13201-5 – indicateurs de performance énergétique.

### III.3.1 FD CEN/TR 13201-1 Décembre 2015

#### Partie 1 : sélection des classes d'éclairage

Le présent Rapport technique spécifie les classes d'éclairage mentionnées dans l'EN 13201-2 et fournit des lignes directrices pour sélectionner la classe la mieux adaptée à une situation donnée. A ce titre, il fait appel à un système visant à définir des classes d'éclairage appropriées pour différentes zones publiques extérieures en termes de paramètres pertinents pour atteindre les buts exposés en préambule. [15]

#### III.3.1.1 Situations d'éclairage

Pour une vitesse  $v > 60$  km/h et un trafic de véhicules motorisés nous avons les groupes de situations A1, A2 et A3.

Pour une vitesse  $v$  tel que,  $30 < v \leq 60$  km/h et un trafic constitué de véhicules motorisés et de cyclistes nous avons les groupes B1 et B2.

Pour des vitesses faibles, c'est-à-dire entre 5 et 30 km/h et un trafic constitué de Piétons, de cyclistes et de véhicules motorisés, nous distinguons les groupes C1, D1 à D4, E1 et E2. [15]

#### III.3.1.2 Les classes d'éclairage

Il existe différents classes d'éclairage public :

##### i. Les classes M

Les classes M sont destinées aux conducteurs de véhicules motorisés pour une utilisation sur des voies de circulation permettant des vitesses de conduite moyennes ou élevées. Autorisant des vitesses de circulation moyennes à élevées.

##### ii. Les classes C

Les classe sont également destinées aux conducteurs de véhicules motorisés, mais pour l'utilisation sur des zones de conflit.

##### iii. Les classes P et HS

Les classes Pet HS sont destinées aux piétons et aux cyclistes.

##### iv. Les classes SC

Les classes SC sont prévues comme une classe supplémentaire dans les situations, l'éclairage public est nécessaire pour l'identification des personnes.

v. Les classes EV

Les classes EV sont conçues comme une classe supplémentaire dans les situations où des surfaces Verticales doivent être vues. [15].

Le tableau représente la relation entre groupe d'éclairage et la situation d'éclairage.

**Tableau 3.1 :** Relation entre le groupe d'éclairage et la situation d'éclairage

Groupe de situations d'éclairage	Vitesse (Km/h)	Type d'usagers	Nature des voies ou zones	Classes d'éclairage
<b>A1</b>	>60 Km/h	Trafics motorisés	Routes autoroute	ME1 à ME5
<b>A2</b>		Trafics motorisés et véhicules lents	Routes autoroute	ME2 à ME5
<b>A3</b>		Trafics motorisés, véhicules lents, cyclistes, piétons	Routes autoroute	ME1 à ME5
<b>B1</b>	30 ≤ V ≤ 60 Km/h	Trafics motorisés, véhicules lents, cyclistes, piétons	Voirie	ME2 à ME6
<b>B2</b>				ME2 à ME5
<b>C1</b>	<30 Km/h	Cyclistes, piétons	Voirie	S1 à S6
<b>D1 et D2</b>	5 ≤ V ≤ 30 Km/h	Trafics motorisés, véhicules lents, piétons, cyclistes	Voirie	CE2 à CE5
<b>D3 et D4</b>				S1 à S6
<b>E1</b>	0 ≤ V ≤ 5 Km/h	Piétions seules		S1 à S6
				CE2
<b>E2</b>		Trafics motorisés, véhicules lents, piétons, cyclistes		S1 à S5
				CE2

**III.3.1.3 Le Choix de la classe d'éclairage pour l'AutoRoute Macta**

Les paramètres les plus importants à considérer sont :

- La vitesse

- le volume du trafic
- La composition du trafic
- Séparation des chaussées
- Densité des intersections
- Véhicules stationnés
- Luminance ambiante
- Difficulté de la tâche de navigation / Guidage visuel / Contrôle du trafic

Le tableau définit les paramètres spécifiques de la route étudiée :

**Tableau 3.2** : paramètre spécifique de la route

Paramètres		Options
<b>Zones géométrie de l'installation</b>	Séparation des chaussées	Oui
	Type de croisements	Echangeur
	Densité d'intersection	≥3 Km
	Zone de conflit	<intersections/Km
	Dispositifs ralentisseurs	Non
<b>Références au trafic</b>	Ecoulement de trafic en nombre de véhicules par jour	7000 à 15000
	Difficulté de la tâche de navigation	Normal
<b>Autres influences liées à l'environnement</b>	complexité du champ visuel	Normal
	Niveau lumineux ambiant	Moyen urbain
	Conditions atmosphériques principales	Sec

L'autoroute de Macta est un ouvrage de voirie destiné au véhicule motorisé. Ainsi notre étude a une situation de type **A1** et une classe d'éclairage **M**.

### III.3.2 NF EN 13201-2 Mars 2016

#### Partie 2 : exigences de performance

La présente partie de cette Norme européenne définit les exigences de performance qui sont spécifiées sous forme de classes d'éclairage pour l'éclairage public concernant les besoins visuels des usagers de la route et considère les aspects environnementaux liés à l'éclairage public.

[14]

### III.3.2.1 Exigences pour les classes d'éclairage M pour le trafic motorisé

---

Dans le cas de notre étude, les paramètres de contrôle de l'éclairage des autoroutes sont les suivants :

- 1. La luminance moyenne ( $L_{\text{moy}}$ ) :** Elle se définit simplement comme la moyenne des luminances en différents points et s'exprime en  $\text{cd/m}^2$ . Ce paramètre permet de vérifier si une luminance suffisante est maintenue de manière générale sur l'ensemble du projet pour permettre une bonne visibilité. Elle se calcule à l'image d'une moyenne arithmétique. [21]
- 2. Le facteur d'uniformité général ( $U_0$ ) :** Afin de limiter le contraste entre les différentes portions de la route, il est admis un seuil minimal de luminance. Cette luminance minimale conduit à fixer un facteur d'uniformité générale de manière à assurer un contraste imperceptible et sans impact sur la visibilité des usagers de la route. Ce facteur se détermine par le rapport entre la luminance minimale et la luminance moyenne. Il est donc adimensionnel.
- 3. Le facteur d'uniformité longitudinal ( $U_l$ ) :** Ce facteur permet d'assurer une uniformité de la répartition de la luminance le long de la chaussée, dans le souci d'éviter la succession de zones claires et de zones sombres susceptibles de provoquer la fatigue des yeux. Il se détermine par le rapport entre la luminance minimale et la luminance maximale.
- 4. Le taux d'éblouissement ( $T_i$ ) :** Le taux d'éblouissement, tiré de l'anglais « Threshold Increment » (TI), permet de s'assurer que la lumière produite par le dispositif d'éclairage n'est pas trop forte de sorte à aveugler les usagers de la voie. Il se détermine en fonction de la luminance de voile et la luminance moyenne.
- 5. Le rapport de contiguïté ou des abords (EIR) ou (SR) :** Le rapport de contiguïté noté SR pour « Surrounded Ratio », traduit la mesure dans laquelle le luminaire éclaire les abords immédiats (les trottoirs par exemple). Il correspond au rapport entre l'éclairement sur le trottoir et l'éclairement de la voie.

Ce tableau représente les conditions requises pour les classes d'éclairage M pour le trafic motorisé.

**Tableau 3.3** : Exigences pour les classes d'éclairage M pour les autoroutes

Classe	Luminance d'une chaussée pour l'état d'une chaussée sèche			Eblouissement d'invalidité TI	Eclairage des environs
	$L_{moy}[cd/m^2]$	$U_0 (U_{0w})$	$U_i$	Ti[%]	EIR
<b>M1</b>	<b>2.00</b>	<b>0.40 (0.15)</b>	<b>0.70</b>	<b>10</b>	<b>0.35</b>
<b>M2</b>	<b>1.50</b>	<b>0.40 (0.15)</b>	<b>0.70</b>	<b>10</b>	<b>0.35</b>
<b>M3</b>	<b>1.00</b>	<b>0.40 (0.15)</b>	<b>0.60</b>	<b>15</b>	<b>0.30</b>
<b>M4</b>	<b>0.75</b>	<b>0.40 (0.15)</b>	<b>0.60</b>	<b>15</b>	<b>0.30</b>
<b>M5</b>	<b>0.50</b>	<b>0.35 (0.15)</b>	<b>0.40</b>	<b>15</b>	<b>0.30</b>
<b>M6</b>	<b>0.30</b>	<b>0.35 (0.15)</b>	<b>0.40</b>	<b>20</b>	<b>0.30</b>

L'autoroute de Macta appartient à la catégorie **M4**, et les conditions photométriques à observer sont mises en évidence dans le tableau des performances photométriques de la catégorie **M**.

### III.3.3 NF EN 13201-3 Mars 2016

#### Partie 3 : calcul des performances

La présente Norme européenne spécifie les conventions et procédures mathématiques à adopter pour calculer les performances photométriques des installations d'éclairage public conçues conformément aux paramètres décrits dans l'EN 13201-2 en vue de garantir que chaque calcul d'éclairage est basé sur les mêmes principes mathématiques.

Pour le calcul des performances, les procédures sont :

- Elaboration du système photométrique.
- Choix des luminances adaptées.
- Eclairage.
- Uniformité générale et longitudinale.
- Maillage des points de calcul et de mesure.
- Taux d'éblouissement.
- Rapport de contiguïté (proximité) des abords.

### III.3.3.1 Qualité de luminaire

Pour avoir un luminaire de bonne qualité, il faut prendre en compte trois principaux paramètres :

**L'étanchéité** : de luminaire se traduit par l'indice de protection IP. Pour garantir une étanchéité à l'air suffisante, le SDE35 préconise de choisir des luminaires dont l'indice de protection est à minima de 55 ( $IP \geq 55$ ).

**La solidité** : se conduit à l'indice Ik pour garantir au minimum une résistance au choc. Pour garantir une résistance suffisante, le SDE35 préconise de choisir des luminaires dont l'indice de résistance aux chocs est d'au moins 6 ( $IK \geq 06$ ).

**La sécurité électrique** : la sécurité électrique des lampes se transforme en protection contre les chocs électriques, par conséquent afin d'assurer une bonne protection du matériel il est recommandé d'installer des lampes **de classe 2**.

Un autre paramètre essentiel qui entre dans les paramètres à prendre en compte pour l'étude photométrique est le facteur de maintenance.

**Le facteur de maintenance** : Il est un coefficient qui permet de prendre en compte l'entretien du luminaire. Il intervient dans la détermination de la luminance moyenne. En effet, plus le luminaire est bien entretenu, plus le flux lumineux diffusé reste convenable pour l'éclairage des voiries, malgré les intempéries et autres facteurs polluants (poussière, toile d'araignée,..). Ce facteur dépend du degré de pollution, du cycle d'entretien, du type de lampe et enfin du type de luminaire. [21]

### III.3.3.2 Performance du luminaire

Il se traduit par son efficacité lumineuse qu'elle doit être supérieure à **70 lumens par watt** pour le choix d'un bon luminaire.

### III.3.4 NF EN 13201 Mars -4 2016

#### Partie 4 : méthodes de mesure des performances photométriques

La présente Norme européenne spécifie les conditions de mesure et les procédures permettant de mesurer les paramètres de qualité photométriques des installations d'éclairage public, c'est-à-dire les grandeurs qui quantifient leurs performances conformément aux classes d'éclairage de l'EN 13201-2. [14]

### III.3.4.2 Présentation de géométrie d'autoroute Macta

L'autoroute de Macta est divisée en deux sections. D'une longueur de 25 Km commence au niveau du Mostaganem et s'achève à Oran. Sur cette section, la voie présente deux chaussées de 14 m de largeur constituées de deux voies chacune et une bande d'urgence de 1.5m. Ces chaussées sont séparées par un terre-plein central de 1 m de large.



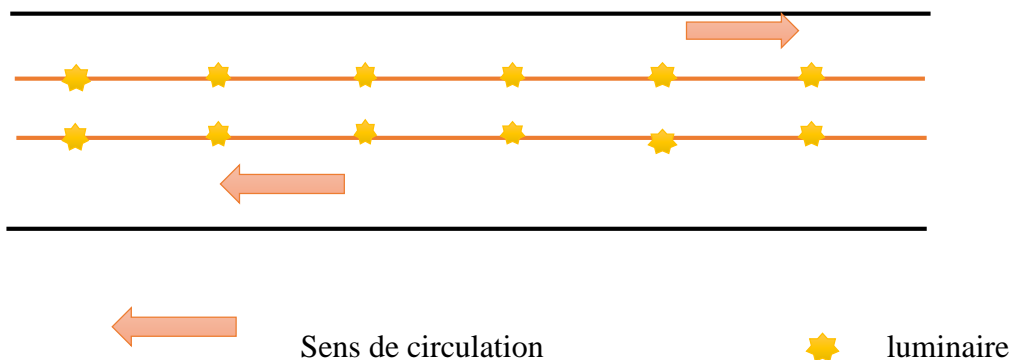
Figure 3.2 : Structure de la route

### III.3.4.4 Implantation des candélabres

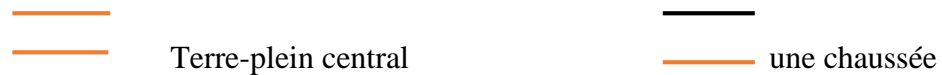
L'implantation des candélabres le long de la voie a également une importance dans l'établissement de l'étude photométrique.

Il existe plusieurs types d'implantation, mais l'implantation choisie dans le cadre du projet est **l'implantation axiale rétro-bilatérale**. Parce que la largeur de la chaussée est supérieure à la longueur de notre candélabre ( $H \leq L$ ,  $12m \leq 14m$ )

Dans ce type d'implantation, les candélabres sont placés sur le terre-plein central et couronnés par deux luminaires, comme le montre la Figure (3.2) :







*Figure 3.19* : Implantation axiale retro-bilatérale des candélabres

### III.3.4.5 Inter-distance

Pour l'Espacement entre les candélabres, On prendra :

- un rapport  $e/h \geq 3,5$  pour des implantations unilatérale, axiale et bilatérale,
- un rapport  $e/h \geq 3,2$  pour des implantations en quinconce.

La distance entre les candélabres dépend du type de source lumineuse utilisée effectué et l'implantation. Par conséquent, pour les types de lampes utilisé et Implantation axiale rétro - bilatérale, l'inter-distance est comprise entre  $3,5 \times H$  et  $4 \times H$

Soit dans notre situation  $35 \leq e \leq 42$

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

### III.3.4.1 Données nécessaires du dimensionnement

Les caractéristiques géométriques de l'installation sont les suivants :

1. **Type de chaussée** : double voie
2. **Largeur Terre-plein central** : 1m
3. **Largeur de chaussée** : 14 m
4. **Nombre de voies** : 2
5. **Type d'installation** : axiale rétro-bilatérale
6. **Type de luminaire** : luminaire **LED**

### 7. 1 Les caractéristiques des luminaires étudiés

Le luminaire employé dans cette étude est **215W** en comparaison avec le luminaire **153W**.

#### a) Luminaire 215W

Le luminaire **215W** sont dédiés à l'éclairage extérieure .il utilise les lampe LED et se caractérise par une facile installation.

### b) Luminaire 153W

Les lanternes **153W** sont utilisées pour l'éclairage routier. Ils fournissent suppléments alternatives basse consommation, haute performance et prévention s'opposer à la pollution lumineuse.

Ce tableau représente les caractéristiques des luminaires étudiés aux critères du choix :

**Tableau 3.8** : les caractéristiques des luminaires étudiés

Les luminaires	Luminaire 215W	Luminaire 153W
<b>Puissance (W)</b>	215	153
<b>Flux de luminaire (lm)</b>	23534	18750
<b>Efficacité lumineuse (lm/w)</b>	109.5	122.5
<b>Température de couleur (k)</b>	3000	3000
<b>IRC</b>	70	70
<b>Etanchéité</b>	IP66	IP66
<b>La solidité</b>	IK06	IK06

On remarque que la valeur d'efficacité lumineuse minimum est supérieure à 20lux (valeur recommandé dans le cahier de charge) donc les lampes choisit sont assez puissante pour notre installation.

Dans le cadre de ce présent mémoire nous optons pour la méthode dimensionnement à base de logiciel informatique de l'éclairage public tel que : DIA Lux.

#### III.3.4 .7 Logiciel DIA Lux evo

Le logiciel utilisé pour réaliser les études photométriques est DIA Lux. C'est un Outils de simulation d'éclairage intérieur et extérieur. Conforme aux normes et réglementation de l'Europe et les États-Unis, il permet de calculer et de vérifier tous Paramètres d'installation d'éclairage. Il existe deux méthodes de travail principales dans DIA Lux :

- L'utilisation d'assistants vous permet de construire rapidement votre projet étape par étape Suivez les directives recommandées et entrez les données du projet étape par étape.
- Personnaliser le projet par l'utilisateur ; il s'agit de Utilisez les outils de logiciels pour concevoir vos propres projets ici.

### Chapitre III : Etude technique économique

Dans notre cas, il s'agit d'éclairage public des rues. Les paramètres définis ci-dessus et le choix des lampes. En effet les résultats des deux types de lampes étudiés sont décrits ci-dessous.

#### III.3.4 .7.2 Etude de luminaire 215W

Les caractéristiques géométriques de l'installation sont les suivants :

**Tableau 3.9** : les caractéristiques des luminaires étudiés

<b>Espacement poteau</b>	27.000 m
<b>Hauteur point d'éclairage</b>	12.000 m
<b>Saillie au point lumineux</b>	1.000 m
<b>Inclinaison de bras</b>	15.0°
<b>Longueur de bras</b>	1.010 m
<b>Heures de services annuelles</b>	4000 h: 100.0 %, 430.0 W
<b>Consommation</b>	15910.0 W/km

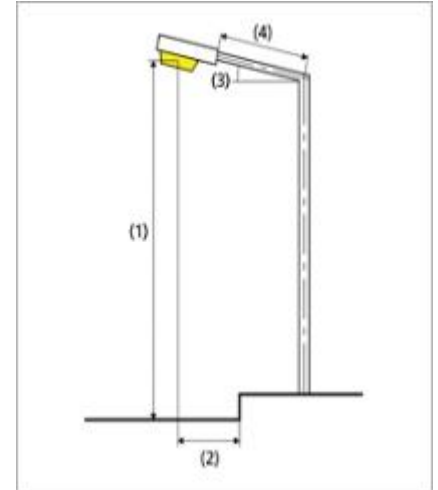


Figure 20.3: *espacement de poteau*

#### 1) Résultats photométriques

La structure de la voie étudiée selon le logiciel DIA Lux se représente dans la figure suivantes avec un revêtement de  $R_0=0.07$



Figure 3.21 : structure de la voie étudié

**Résultats par champ d'évaluation**

Après avoir saisi tous les données nécessaire la largeur de la route, le type de luminaire, l'écartement des lampadaires ...Nous déduisons d'après les résultats numériques reportés sur le Tableau (3.5) que la route éclairée avec le **luminaire 215W** respecte les condition de la classe M4 , mais l'installation ne correspond plus à la norme (l'espace entre les luminaires est inférieur à la condition de cahier de charge).

*Tableau3. 10 : résultats par champ d'évaluation des luminaires de 215W*

	Taille	Calculé	Consigne	Contrôlé
Bande d'arrêt d'urgence 1 (C5)	Emoy	17.34 lx	$\geq 7.50$ lx	✓
	U <sub>o</sub>	0.92	$\geq 0.40$	✓
Chaussée 1 (M4)	Lmoy	1.55 cd/m <sup>2</sup>	$\geq 0.75$ cd/m <sup>2</sup>	✓
	U <sub>o</sub>	0.51	$\geq 0.40$	✓
	U <sub>1</sub>	0.93	$\geq 0.60$	✓
	TI	11 %	$\leq 15$ %	✓
	REI	0.63	$\geq 0.30$	✓
Chaussée 2 (M4)	Lmoy	1.55 cd/m <sup>2</sup>	$\geq 0.75$ cd/m <sup>2</sup>	✓
	U <sub>o</sub>	0.51	$\geq 0.40$	✓
	U <sub>1</sub>	0.89	$\geq 0.60$	✓
	TI	10 %	$\leq 15$ %	✓
	REI	0.63	$\geq 0.30$	✓
Bande d'arrêt d'urgence 2 (C5)	Emoy	17.34 lx	$\geq 7.50$ lx	✓
	U <sub>o</sub>	0.93	$\geq 0.40$	✓

**NF EN 13201-5 Mars 2016**

**Partie 5 : indicateurs de performance énergétique**

Cette partie de la Norme européenne définit comment calculer les indicateurs de performance énergétique pour les installations d'éclairage public en utilisant l'indicateur de densité de puissance (PDI) DP calculé et l'indicateur de consommation annuelle d'énergie

### Chapitre III : Etude technique économique

(AECI) DE calculé. L'indicateur de densité de puissance (DP) démontre l'énergie nécessaire pour une installation d'éclairage public, tout en satisfaisant aux exigences d'éclairage pertinentes spécifiées dans l'EN 13201-2.

- Les deux paramètres doivent toujours être présentés et utilisés ensemble.
- Ces indicateurs peuvent être utilisés pour comparer la performance énergétique de différentes solutions et technologies d'éclairage routier pour un même projet d'éclairage.

#### Résultat pour les indicateurs de rendement énergétique

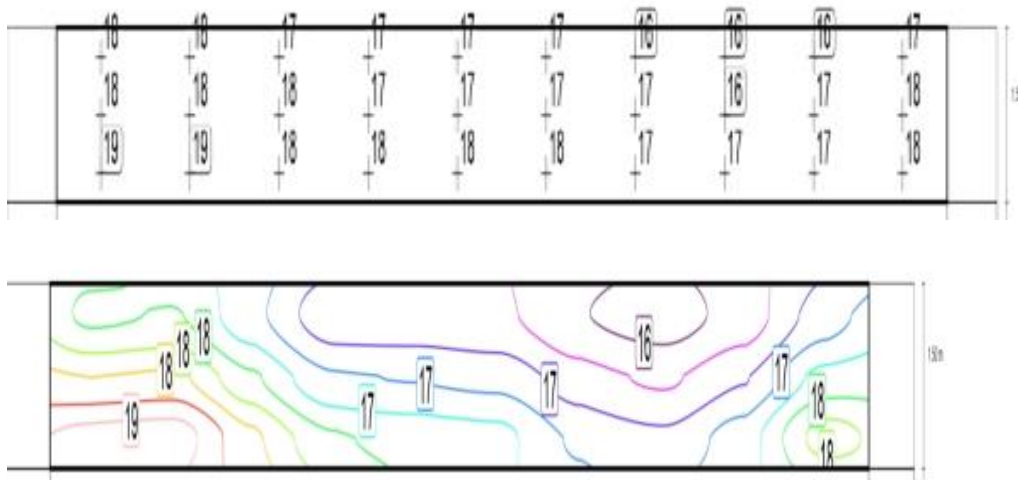
Le tableau définit les indicateurs de rendement énergétique de cette étude :

*Tableau 3.11 : les indicateurs de rendement énergétique*

		Calculé	Consommation
Rue 1	D <sub>p</sub>	0.022 W/lx*m <sup>2</sup>	-
	D <sub>e</sub>	2.1 kWh/m <sup>2</sup> an,	1720.0 kWh/an

**Bande d'arrêt d'urgence 1 (C5)**

La figure illustre les différents points ou l'intensité d'éclairage est calculé :



**Figure3. 22** : intensité d'éclairage [lx](bande d'arrêt d'urgence 215W)

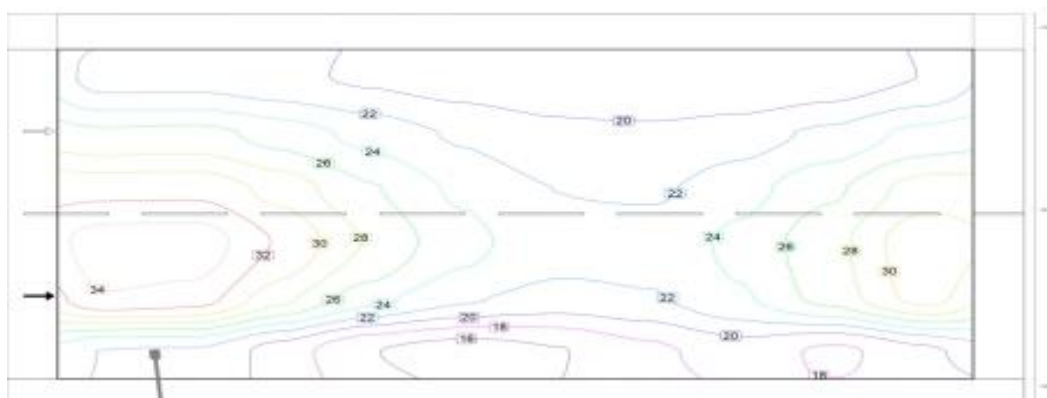
Le tableau définit valeur d'entretien intensité d'éclairage

**Tableau 3. 12** : Valeur d'entretien intensité d'éclairage [lx]  
(Bande d'urgence 215W)

	Emoy	Emin	Emax
Valeur d'entretien intensité d'éclairage	17.3 lx	16.0 lx	19.2 lx

**Chaussée 1 (M4)**

La figure illustre les différents points ou l'intensité d'éclairage est calculé :



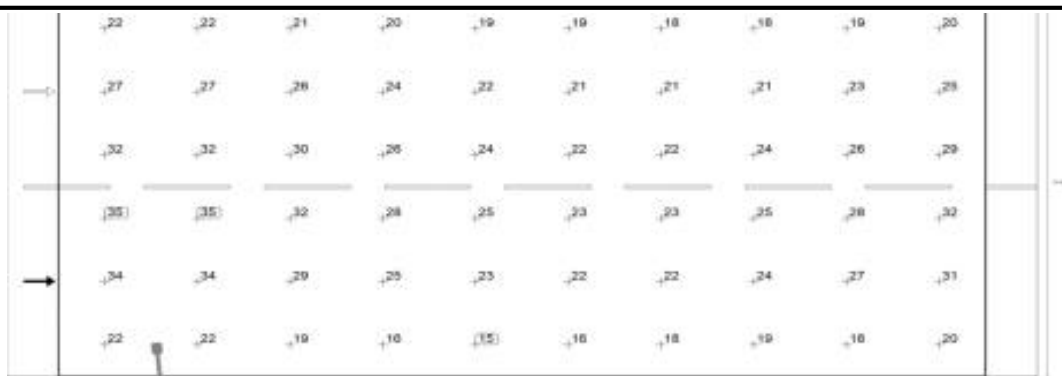


Figure 3.23 : intensité d'éclairage [lx] (chaussée « 1 » 215W)

Tableau 3.13 : Valeur d'entretien intensité d'éclairage [lx]

(Chaussée 215W)

	Emoy	Emin	Emax
Valeur d'entretien intensité d'éclairage	24.1 lx	15.3 lx	35.4 lx

**Chaussée 2 (M4)**

La figure illustre les différents points où l'intensité d'éclairage est calculé :

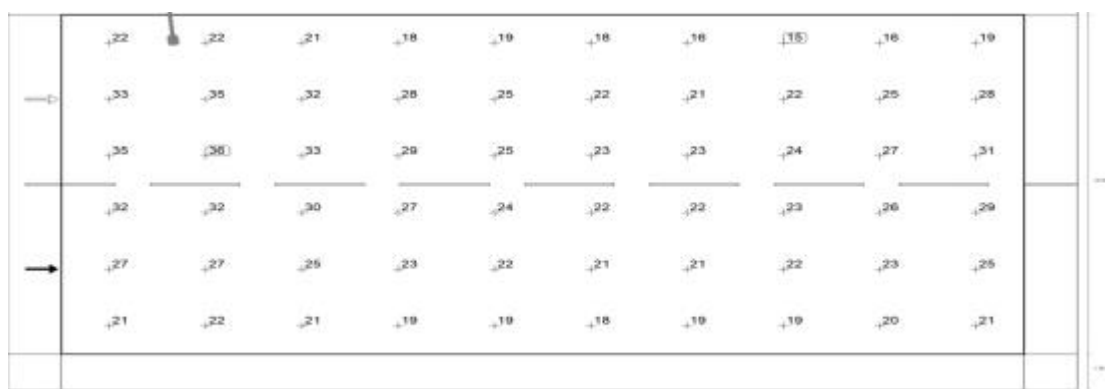
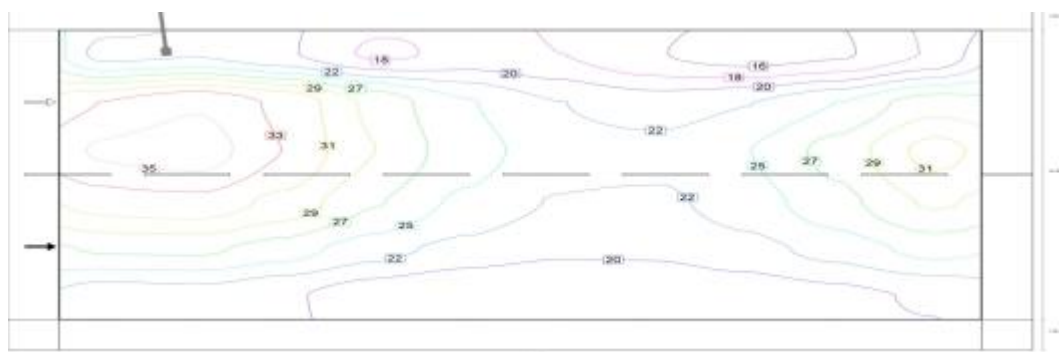


Figure 3.24 : intensité d'éclairage [lx] (chaussée « 2 » 215W)

Le tableau définit la valeur d'entretien intensité d'éclairage

**Tableau 3.14 :** Valeur d'entretien intensité d'éclairage [lx]

(Chaussée « 2 » 215W)

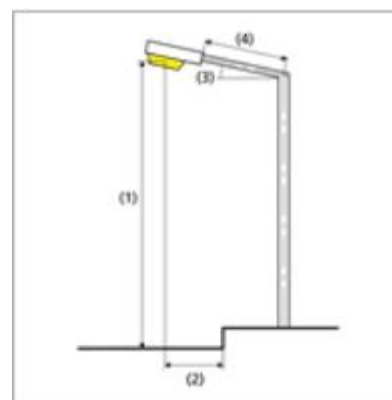
	Emoy	Emin	E <sub>max</sub>
Valeur d'entretien intensité d'éclairage	24.1 lx	15.3 lx	35.7 lx

Ces résultats montrent que le luminaire de 215W respecte les conditions de la norme mais il consomme une énergie plus qu'on a besoin pour éclairer l'autoroute. Pour résoudre ce problème, on a opté pour un luminaire de puissance inférieure au premier et une distance de 35m entre deux lampadaires.

### III.3.4 .7 .2 Etude de luminaire 153W

**Tableau 3.15 :** les caractéristiques des luminaires étudiés

<b>Espacement poteau</b>	35.000 m
<b>Hauteur point d'éclairage</b>	12.000 m
<b>Saillie au point lumineux</b>	1.000 m
<b>Inclinaison de bras</b>	15.0°
<b>Longueur de bras</b>	1.010 m
<b>Heures de services annuelles</b>	4000 h: 100.0 %, 306.0 W
<b>Consommation</b>	8874.0W/km



**Figure 3.25:** espacement de poteau

#### 1) Résultats photométriques

La structure de la voie étudiée selon le logiciel Dialux avec des luminaires de puissance 153W, se représente dans la figure suivante avec un revêtement de  $R_0=0.07$ .



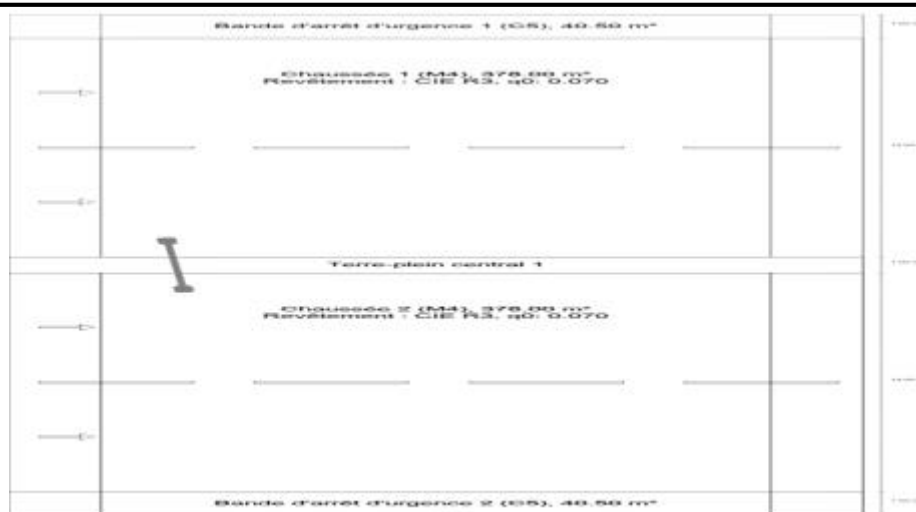


Figure 3. 26 : structure de la voie étudiée

**a. Résultats par champ d'évaluation**

Les résultats photométriques avec le luminaire 153W présentés ci-dessous, respectent les valeurs de références spécifiées par la norme pour la classe d'éclairage M4. Ce qui montre que les lampes utilisées sont efficaces.

Tableau 3.15 : Résultats par champ d'évaluation des luminaires 153W

	Taille	Calculé	Consigne	Contrôlé
Bande d'arrêt d'urgence 2 (C5)	Emoy	8.03 lx	$\geq 7.50$ lx	✓
	Uo	0.73	$\geq 0.40$	✓
Chaussée 2 (M4)	Lmoy	1.02 cd/m <sup>2</sup>	$\geq 0.75$ cd/m <sup>2</sup>	✓
	Uo	0.41	$\geq 0.40$	✓
	UI	0.82	$\geq 0.60$	✓
	TI	7 %	$\leq 15$ %	✓
	REI	0.44	$\geq 0.30$	✓
Chaussée 1 (M4)	Lmoy	0.97 cd/m <sup>2</sup>	$\geq 0.75$ cd/m <sup>2</sup>	✓
	Uo	0.41	$\geq 0.40$	✓
	UI	0.77	$\geq 0.60$	✓
	TI	5 %	$\leq 15$ %	✓
	REI	0.44	$\geq 0.30$	✓
Bande d'arrêt d'urgence 1 (C5)	Emoy	8.83 lx	$\geq 7.50$ lx	✓
	Uo	0.76	$\geq 0.40$	✓

Un facteur de maintenance de 0.67 a été estimé pour l'installation.

#### Résultat pour les indicateurs de rendement énergétique

Le tableau définit les valeurs des indicateurs de rendement de cette étude :

**Tableau 3.16** : les indicateurs de rendement énergétique

	Taille	Calculé	Consommation
Rue 1	Dp	0.015 W/lx*m <sup>2</sup>	-
LED 153W	De	1.1 kWh/m <sup>2</sup> an,	1224.0 kWh/an

**Bande d'arrêt d'urgence 1 (C5)**

La figure illustre les différents points ou l'intensité d'éclairage est calculé :

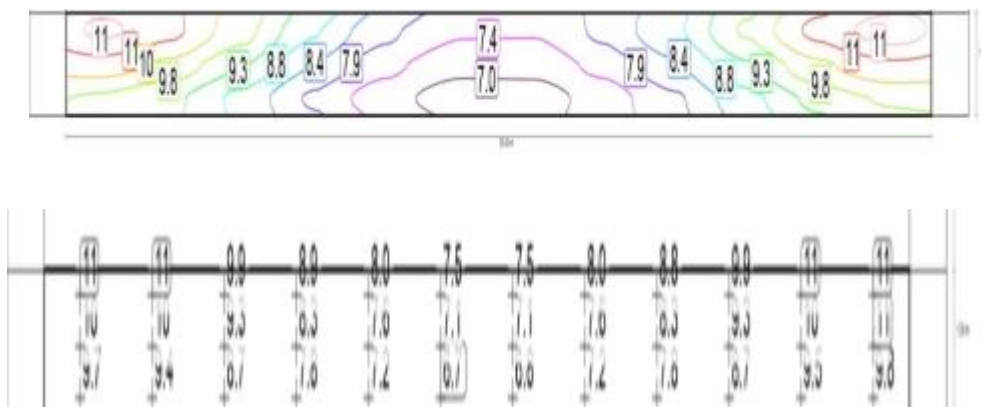


Figure 3.27 : intensité d'éclairage [lx] (bande d'arrêt d'urgence 153W)

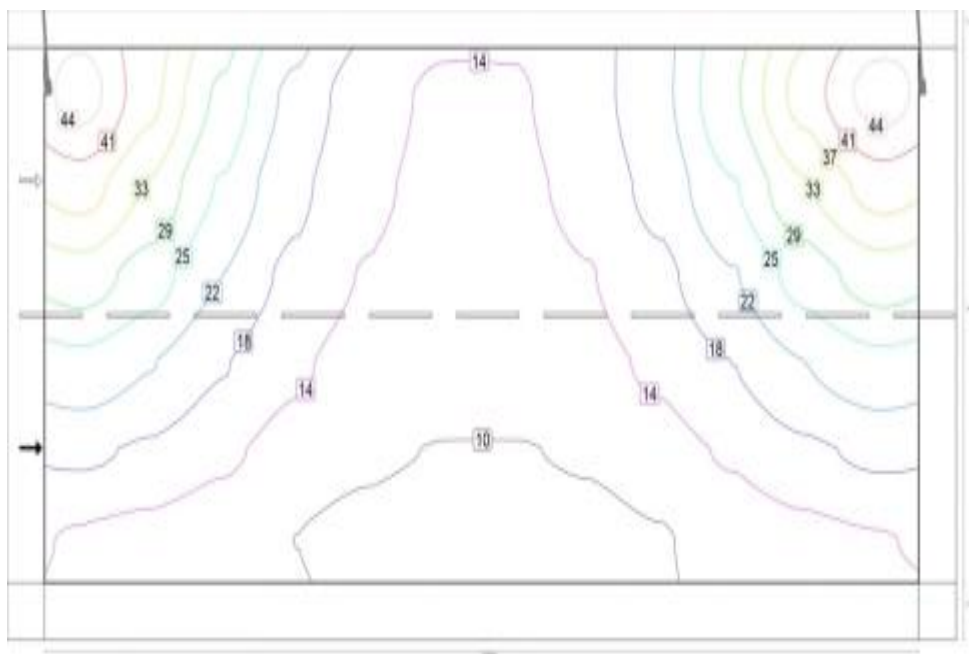
Le tableau définit valeur d'entretien intensité d'éclairage :

**Tableau 3.17** : Valeur d'entretien intensité d'éclairage [lx]

	Emoy	Emin	Emax
Valeur d'entretien intensité d'éclairage	8.03 lx	5.86 lx	11.0 lx

**Chaussée 1 (M4)**

La figure illustre les différents points ou l'intensité d'éclairage est calculé :



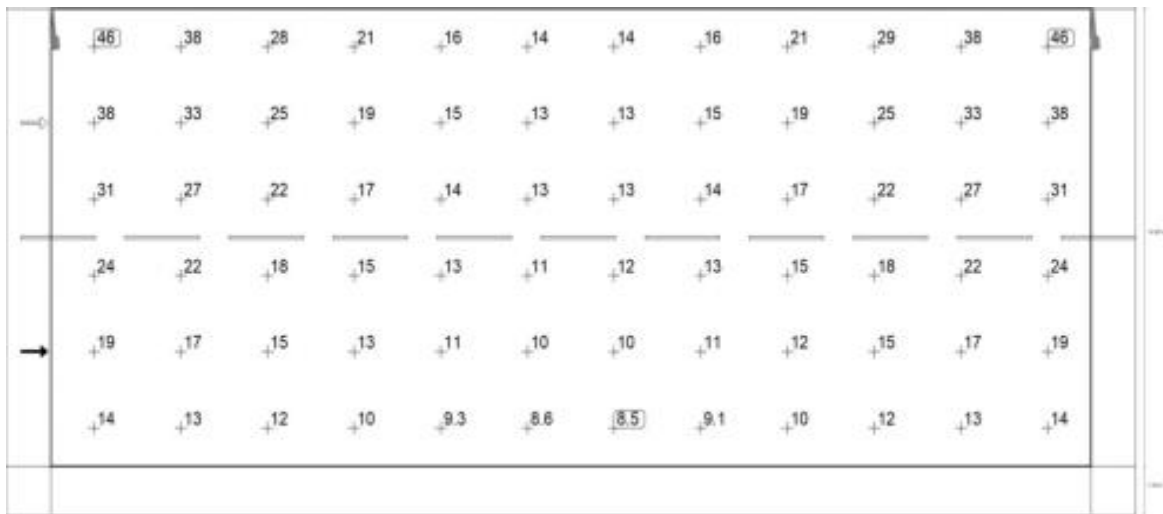


Figure 3. 28 : intensité d'éclairage [lx] (chaussée « 1 » 153W)

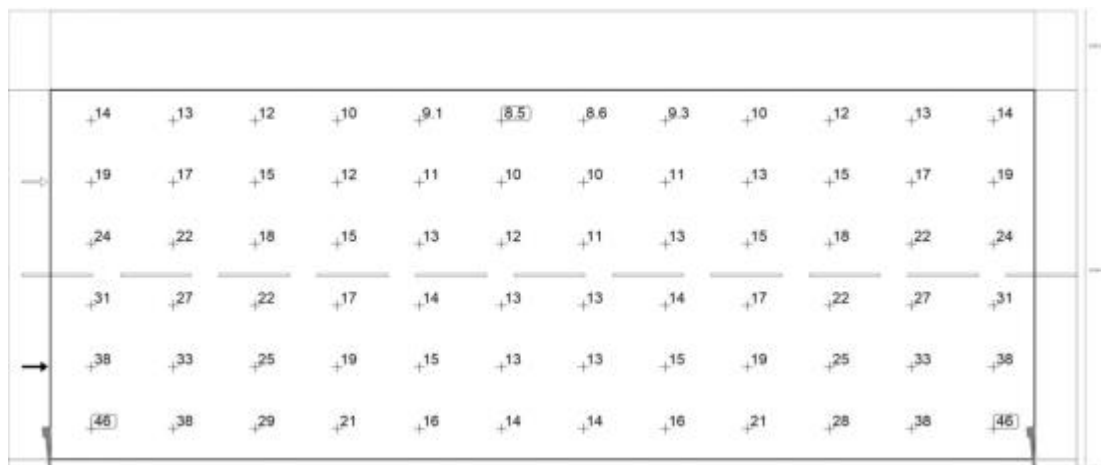
Le tableau définit la valeur d'entretien intensité d'éclairage :

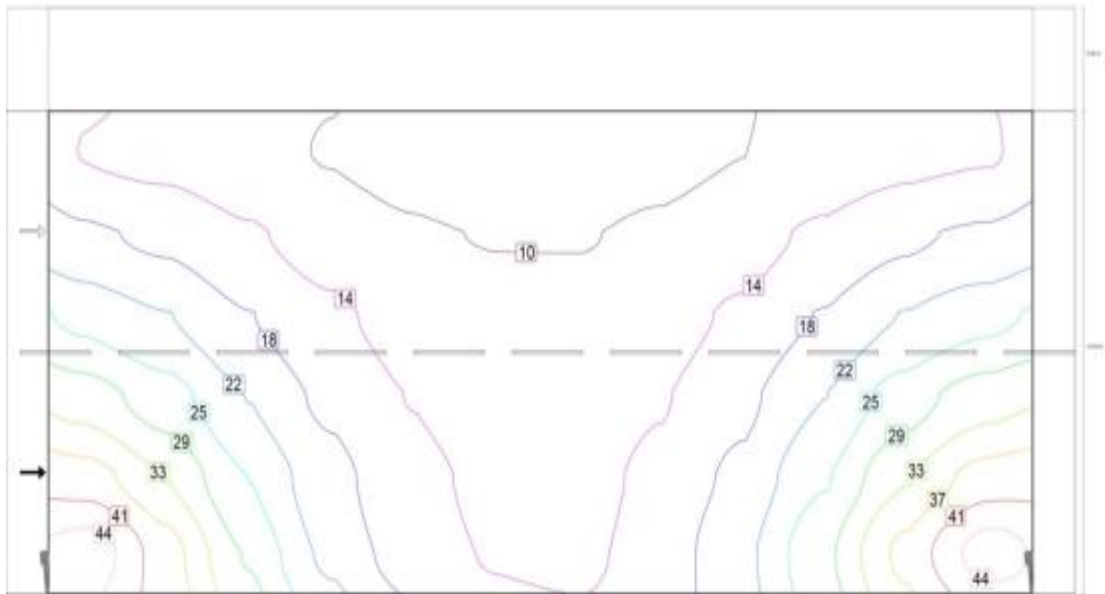
Tableau 3.18 : Valeur d'entretien intensité d'éclairage [lx]  
(Chaussée « 1 » 153W)

	Emoy	Emin	Emax
Valeur d'entretien intensité d'éclairage	20.0 lx	8.52 lx	46.2 lx

### Chaussée 2 (M4)

La figure illustre les différents points où l'intensité d'éclairage est calculée :





**Figure 3.29** : intensité d'éclairage [lx] (chaussée « 2 » 153W)

Le tableau définit la valeur d'entretien de l'intensité d'éclairage

**Tableau 3.19** : Valeur d'entretien de l'intensité d'éclairage [lx]

(chaussée « 2 » 153W)

	<b>Emoy</b>	<b>Emin</b>	<b>Emax</b>
<b>Valeur d'entretien intensité d'éclairage</b>	<b>20.1 lx</b>	<b>8.52 lx</b>	<b>46.2 lx</b>

D'après les résultats obtenus avec le logiciel DIALux, qui dépend de la simulation sur la norme NE13201. Nous souhaitons de respecter les critères dans les prochaines installations et remplacer les luminaires de 215W par des luminaires de 153W pour le but d'économiser l'énergie et une réduction de l'émission des gaz à effet de serre.

## Chapitre III : Etude technique économique

### III.4 Etude énergétique

Cette étude concerne l'analyse de la consommation énergétique de l'autoroute étudiée avec les deux types de luminaire. Le tableau ci-dessus représente les données prise en compte pour cette étude :

*Tableau 3.20* : les données prise en compte

Le type de luminaire	Luminaire 215W	Luminaire 100W
Puissance absorbée par luminaire (W)	215	153
Puissance absorbée par candélabre (W)	430	306
Nombre de candélabre sur l'ensemble du projet	925	714
Temps de fonctionnement annuel (h/an)	4000	
Consommation d'énergie (MWh/an)	1591	873.9
Coût du kWh d'éclairage public selon SONALGAZ (DA)	1.024	

#### III.4.1 La consommation énergétique

Nous déterminons la consommation énergétique annuelle de l'autoroute de Mactaa (**A**) en fonction de la puissance totale des luminaires (**P**) et du temps de fonctionnement annuelle(**t**) :

$$E \text{ (kWh)} = p \text{ (KW)} * t \text{ (KW)} \quad (3.1)$$

#### III.4.2 Le cout de la consommation

$$C \text{ (DA)} = E \text{ (KW)} * D \text{ (DA/KWh)} \quad (3.2)$$

Le Tableau ci-dessous représente l'économie de consommation annuelle du l'autoroute

*Tableau 3.21* : l'économie de consommation annuelle de l'autoroute

	Luminaire 215W	Luminaire 153W
La consommation énergétique annuelle (MWh)	1591	973.9

### Chapitre III : Etude technique économique

<b>Le cout de la consommation (DA)</b>	1 629 184	997 273.6
<b>Economie annuelle totale (MWh/an)</b>	617.1	
<b>Economie annuelle totale(DA)</b>	631 910.4	

D'après la comparaison des résultats obtenu dans le tableau (3.16), on déduit que l'utilisation des critères pour une installation d'éclairage public dans l'autoroute permis d'économisé une énergie annuelle égale à **617.1 MW** par an.

#### III.5 Etude économique

Comparaison entre un deux luminaire LED de puissance différente alimenté par l'énergie conventionnel

Les caractéristiques sont :

- Une route de 5Km avec **l'implantation axiale rétro-bilatérale**
- Largeur de 14m
- Distance entre les poteaux **27m** pour le luminaire **215W** et **35m** pour luminaire **153W**
- 370 unités pour le 215 W et 286 unités pour 153W

##### III.5.1 Section de câble

On a : 286 luminaires 153W ;  $286 * 153 = 43758W$ .

Un poteau chaque 35 m et 143 poteaux ;  $35 * 143 = 5000m$ .

$P = \sqrt{3}UI\cos\Phi$  implique que  $I = P/\sqrt{3}UCos = 28600/\sqrt{3} * 380 * 0.8 = 83.1A$ .

→ On a :  $1mm^2$  4A, d'où :  $s = 4mm^2$

##### Dimensionnement des câbles :

- Câble 4G35 mm<sup>2</sup> souple, prix 2011.27 DA TTC sur 2000m.
- Câble 4G25 mm<sup>2</sup> souple, prix 1415025DA TTC sur 1000m.

### Chapitre III : Etude technique économique

- Câble 4G16 mm<sup>2</sup> souple, 916.31 DA TTC sur 1000m.
- Câble 4G6 mm<sup>2</sup> souple, 373.73 DA TTC sur 1000m

Le tableau représente Estimation du cout par énergie conventionnelle

**Tableau 3.22** : Estimation du cout par énergie conventionnelle

		Prix d'unité (DA)	Quantité	Prix total (DA)
<b>Luminaire</b>	<b>200W</b>	10 400	370	3 848 000
	<b>153W</b>	8000	286	2 288 000
<b>Poteau galvanise double crose avec socle de fixation</b>		25 500	185	4 717 500
			143	3 646 500
<b>Armoire de commande et protection</b>		80 000	1	80 000
<b>Câble 4G35 mm<sup>2</sup></b>		2011.27 DA TTC	2000 m	4 022 540
<b>Câble 4G25 mm<sup>2</sup></b>		1415.25DA	1000 m	1 415 250
<b>Câble 4G16 mm<sup>2</sup></b>		916.31 DA TTC	1000m	916 310
<b>Câble 4G6 mm<sup>2</sup></b>		373.73 DA TTC	1000m	373 730
<b>Prix totaux de l'installation</b>				<b>15 373 330</b>
				<b>12 742 330</b>

#### Comparaison des couts globaux de l'énergie

##### Durant 5ans :

On suppose que la LED fonctionne 12h par jour, donc la consommation dans 5 ans est :

- Pour les luminaires de 215W

$$215 \cdot 10^{-3} \cdot 12 \cdot 365 \cdot 5 \cdot 370 = 1742145 \text{KW.}$$

- Pour les luminaires de 153W

$$153 \cdot 10^{-3} \cdot 12 \cdot 365 \cdot 5 \cdot 286 = 958300.2 \text{KW.}$$

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



### III.6 Conclusion

D'après Les travaux que nous avons effectués et les résultats photométriques présentés ci-dessus, les deux luminaires remplissent les conditions requises conformément au document EN 13201-2 de la norme française pour l'éclairage public. Toutefois, le luminaire à LED étudié se démarque, par un éclairage clair essentiel à la distinction de l'environnement de la voie pendant la nuit par l'œil humain.

Mais aussi après plusieurs simulations avec différents autres luminaires à LED en cherchant à atteindre le niveau exigé par la norme, par changer l'inter-distance entre les candélabres (hauteur de 12m, et espacement de 35 m). Cela suggère qu'une analyse photométrique en fonction d'un nouveau dimensionnement du projet pourrait donner de meilleurs résultats en utilisant la norme et une réduction de la consommation d'énergie.

Cette partie a pour but d'analyser e fondamentales

- Proposition d'amélioration de la qualité de l'éclairage public
- Proposition d'amélioration de la consommation énergétique de l'éclairage public
- Proposition de la réduction de l'émission des gaz à effet de serre.

**Chapitre IV : Dimensionnement d'une  
installation solaire photovoltaïque**

## Chapitre IV : Etude technique économique

---

### IV.1 Introduction

Notre étude consiste à faire une comparaison entre deux méthodes de dimensionnement pour alimenter un réseau d'éclairage public.

Pour toutes installations photovoltaïques, il est indispensable de faire un plan d'installation pour éviter le risque que les être inadapté, moins efficaces et plus couteux.

Nous allons par la suite, donner une explication détaillée de chaque étape pour dimensionner les deux.

### IV.2 Le site de projet choisi

Avant le dimensionnement de l'installation photovoltaïque à Stidia .il est nécessaire de spécifie les géométrique et métrologique du site.

Stidia est une commine côtière qui situe à 14Kmd de la willaya de Mostaganem. elle est desservie par plusieurs route nationales : RN11 (route d'Oran).

Le tableau ci-dessous représente les coordonnées géographiques de site.

*Tableau 4.1 : coordonnées géographiques de Stidia*

Région	Latitude (deg) N	Longitude (deg) E	Altitude (m)
Stidia	49.	00	28

### IV.3 Estimation de l'énergie solaire

Avant de commencer notre dimensionnement, on représente l'irradiation solaire car cette dernière est une donnée d'entré sans laquelle le dimensionnement ne peut pas être effectué. Pour cela, on va utiliser le logiciel de calcul PVsyst V6.81, qui est un logiciel de conception et de simulation le plus populaire pour les systèmes d'énergie solaire .il nous permet de mettre en œuvre la mise à l'échelle du system photovoltaïque et nous permet également d'évaluer le cout de notre installation.

Le Tableau (4.2) représente l'énergie solaire reçu et les heures d'ensoleillement relevé de logiciel PVsyst.

*Tableau 4.2 : l'énergie solaire reçu et les heures d'ensoleillement*

Mois	Jan	Fév.	Mar	Avr.	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept	Oct	Nov.	Déc.	Année

<b>Esol (KWh /m<sup>2</sup>.j<sup>-1</sup>)</b>	3	3.62	4.9 9	5.8 3	6.7 9	7.8 2	7.8 5	7.0 9	5.57	4.5 1	3.2 6	2.52	5.5 2
<b>Ne (h/jou r)</b>	3	3.62	4.9 9	5.8 3	6.7 9	7.8 2	7.8 5	7.0 9	5.57	4.5 1	3.2 6	2.52	5.5 2

Comme le Tableau (4.2) montre que l'ensoleillement varie d'un mois à l'autre. Dans la présente étude, on a choisi la moyenne annuelle d'ensoleillement.

D'après le Tableau (4.2), nous pouvons estimer que l'énergie journalière reçue est :

**L'énergie solaire journalière reçue est : 5520Wh/m<sup>2</sup>. J**

Pour toute une installation photovoltaïque, il est indispensable de faire un plan d'installation pour éviter le risque que l'équipement être in adopté, moins efficace et plus couteux.

#### IV.4 Étude Dimensionnement d'un mini central photovoltaïque

Pour un dimensionnement du mini central on va suivre les étapes suivantes

##### IV.4.1 Évaluation du besoin énergétique du site

Le circuit d'éclairage de tronçon de l'autoroute de Macta est constitué de luminaire LED dont les quantités et les caractéristiques électriques sont présentées par le tableau ci-dessous.

Avant de calculer la consommation journalière, il faut préciser le nombre des heures de fonctionnement. Les luminaires fonctionnent de 18h du soir à 6h du matin soit 12 heures de fonctionnement par jour comme montre la Figure (4.1). Sans oublier de considérer la compensation des pertes (10% dans ce cas).

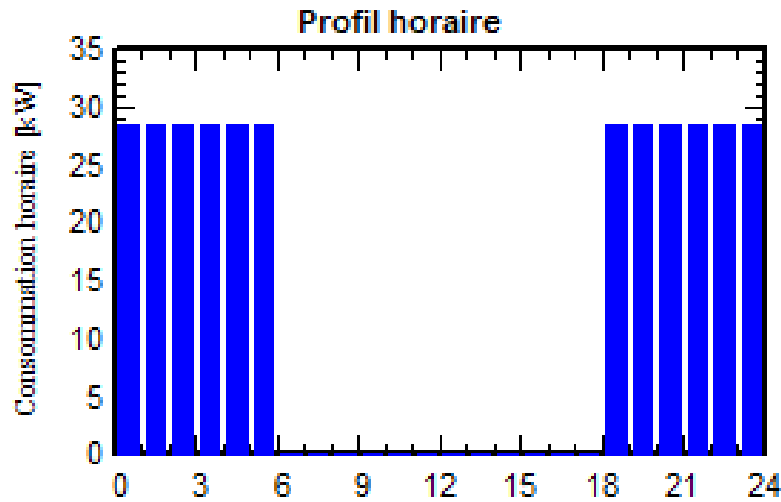


Figure 4.1 : consommation horaire

Les besoins énergétiques de site s’illustrent dans le tableau suivant :

Tableau 4.3 : les besoins énergétiques du site

Lampadaire	Nombre	Puissance (w)	Puissance appelée par l'ensemble (kw)	Tension d'usage (v)	Durée de fonctionnement (h/j)	Energie journalière (KWh/j)	Energie journalière + des pertes (KWh/j)
De lampe LED 153W	286	153	43.758	230	12	525.092	577.538

#### IV.4.2 Dimensionnement de system de panneau photovoltaïque

##### a. Choix de panneau

Les Caractéristiques électriques des panneaux solaires sont relevées du logiciel PVSYST :

Tableau 4.4 : Les Caractéristiques électriques des panneaux solaires

Modèle	ASE-250-DG-UR/C15	HR-250-32/Az
Puissance maximale [Wc]	250	250
Type de cellule	Si-Polycristalin	Si-monocristallin
Rendement %	14	15.20
Tension en circuit ouvert Vco [V]	71.20	60.15
Courant de court-circuit Icc [A]	4.720	5.43
Dimensions (L*H*I) [mm]	1872* 51* 1133	1580*50*1068
Poids [Kg]	50	50
Prix [DZA]	10250	14620.5
Garantie	2ans	2ans

Le choix de module ASE-250-DG-UR/C15 relevé à partir du logiciel PVSYST se résume à travers les avantages suivants :

## Chapitre IV : Etude technique économique

---

- Le courant de court-circuit ( $I_{cc}$ ) supérieur au courant que doit délivrer le générateur.
- Le rendement est bon même en faible ensoleillement
- Il offre de meilleurs rendements à long terme

### Le modèle ASE-250-DG-UR/C15

Puissance maximale :  $P_{max} = 250W$ .

Tension maximale :  $U_{max} = 42V$

Courant maximal :  $I_{max} = 5.07A$ .

Courant de court-circuit  $I_{cc} = 5.43A$

La puissance crête de l'installation recommandé par le PVsyst :  **$P_c = 132108W$**

#### b. Calcule le nombre de panneaux

$$N = \frac{P_c}{P_c \text{ unité}} = \frac{132108}{250} = 529 \text{ panneaux}$$

Le nombre de panneaux dans l'installation est 529 panneaux.

#### c. Positionnement des modules :

Orientation plein sud  $\gamma = 0^\circ$  ; Inclinaison  $i = 30^\circ$  ;  $h_m = 29,8$  ;  $i = 36^\circ$  ;  $l = 1.87m$ . D'où :

$$X = l * \left[ \frac{\sin(i)}{\tan(h_m)} + \cos(i) \right]$$

$$X = 1.3 * \left[ \frac{\sin(30)}{\tan(29)} + \cos(30) \right] = 2.2m$$

La puissance du champ dépasse 50kW, la tension recommandée est de  $U = 240V$ . La centrale sera constituée d'un seul champ de panneaux montés comme suit :

**Nombre de panneaux en série :**

$$N_{ms} = \frac{V_c}{V_{mod}} = \frac{240}{42} = 5.71 \approx 6 \text{ panneaux}$$

**Nombre de panneaux en parallèle :**

$$N_{mp} = \frac{NT}{N_{ms}} = \frac{529}{6} = 88 \text{ panneaux}$$

## Chapitre IV : Etude technique économique

### IV.4.3 Dimensionnement d'un système de stockage

Pour réaliser le dimensionnement de la batterie, on procède de la façon suivante :

- On calcule l'énergie consommée ( $E_c$ ) par les différents récepteurs.
- On détermine le nombre de jours d'autonomie nécessaire.
- On détermine la profondeur de décharge acceptable pour le type de batterie utilisé.
- On calcule la capacité ( $C$ ) de la batterie.

#### a. Choix de batteries et leurs capacités

*Tableau 4.5 : les caractéristiques des batteries*

	<b>PVX-2580L</b>	<b>LFP-CB 12.8V / 200Ah</b>
<b>Tension</b>	12V	12.8
<b>Technologie</b>	Pb-acide, scellée, AGM	Lithium-ion, LFP
<b>Capacité de batterie</b>	239Ah	202Ah
<b>Poids</b>	75	42
<b>DoD %</b>	80	95
<b>Prix</b>	100513	277228

Le choix de la batterie **PVX-2580L** relevé à partir du logiciel PVSYST se résume à travers les avantages suivants :

- Bonne maîtrise de la technologie.
- Bon rapport : qualité / prix.
- Bonne tenue aux températures externes.
- Rendement supérieur à 90%.

L'énergie totale d'une batterie est :

$$E_{\text{unité}} = U * C$$

Donc :

$$E_{\text{unité}} = 12 * 239 = 2868Wh$$

#### b. Calcul de la capacité des accumulateurs nécessaires au système

Le nombre de jour d'autonomie est 3 jours sans apport solaire. Le 0,5 jour est la phase nocturne du 3eme jour, on l'ajoute dans le calcul pour ne pas subir une décharge profonde des batteries.

## Chapitre IV : Etude technique économique

---

Le nombre total de batterie :

$$Nb = \frac{Ec * Na}{Eunité}$$

Donc :

$$Nb = \frac{577.538 * 10^3 * 3.5}{2868} = 704.86$$

Donc notre station photovoltaïque aura besoin de **705 batteries**.

**Le nombre de batteries en série :**

$$Nbs = \frac{Vsyst}{Vbat} = \frac{240}{12} = 20 \text{ batteries}$$

**Le nombre de batteries en parallèle :**

$$Nbp = \frac{Nbt}{Nbs} = \frac{705}{20} = 35.25 \approx 26 \text{ batteries}$$

### IV.4.4 Dimensionnement de l'onduleur

Les caractéristiques de l'onduleur à utiliser doivent être compatibles avec une installation ayant une tension de 240V, une demande de puissance de **Pc=132108Wc**

$$S = \frac{Pc}{\cos\varphi} = \frac{132108}{0.6} = 220Kva$$

Les caractéristiques de l'onduleur choisi :

- Puissance de sortie : 3800W
- Tensions d'entrée : 200V/400V
- Tensions de sortie : 220V/240V
- Courant d'entée : 20A/16A
- Rendement maximal : 94.7%

**Nombre d'onduleurs utilisé :**

$$Nond = \frac{S}{Pond} = \frac{220180}{3800} = 57.9$$



## Chapitre IV : Etude technique économique

---

Donc on prend : **58 onduleurs.**

### IV.4.3.4 Dimensionnement du régulateur

Dans notre cas on a opté pour un régulateur incorporé à l'onduleur qui a les caractéristiques suivantes :

On a : **Pc=132108Wc**

$$I_{max} = \frac{PC}{U} = \frac{132108}{240} = 528.432A$$

### IV.4.3.5 Choix des câbles

Calcul du courant de sortie d'un panneau à sa puissance nominale :

$$I_{max} = \frac{P_{max}}{U_{max}} = \frac{250}{42} = 5.95A$$

a. Détermination des sections des conducteurs entre les panneaux et le boîtier de raccordement :

$$\Delta U = U * \Delta U = 240 * 0.02 = 4.8V$$

Donc Rmax de la ligne :

$$R = \frac{\Delta U}{I} = \frac{4.8}{5.95} = 0.8\Omega$$

La section du conducteur :

$$S = \rho * \frac{L}{R} = 1.6 * 10^{-8} * \frac{20}{0.8} = 0.4mm^2$$

Ce qui correspond à une section normalisée de :  $S = 0.75 \text{ mm}^2$

La section de câble est petite parce que le courante est faible .

**Calcul du courant circulant entre les boîtiers et l'onduleur :**

La puissance du champ dépasse les 50KW, alors la tension recommandée est du U=240V.

La puissance crête du champ photovoltaïque : **Pc=132108Wc**

**Donc :**

$$I = \frac{Pc}{U} = \frac{132108}{240} = 550.45A$$

## Chapitre IV : Etude technique économique

---

### b. Détermination des sections des conducteurs entre les boitiers et l'onduleur :

$$\Delta U = U * \Delta U = 240 * 0.02 = 4.8V$$

Donc Rmax de la ligne :

$$R = \frac{\Delta U}{I} = \frac{4.8}{319} = 0.008\Omega$$

La section du conducteur :

$$S = \rho * \frac{L}{R} = 1.6 * 10^{-8} * \frac{20}{0.008} = 40mm^2$$

Ce qui correspond à une section normalisée de : S = 40 mm<sup>2</sup>

### Calcul du courant circulant entre les batteries et l'onduleur lorsque celui-ci débite sa puissance nominale :

La puissance du champ dépasse les 50KW, alors la tension recommandée est du U=240V.

$$I_{max} = \frac{P_{max\ ond}}{U_{batt}} = \frac{3800}{12} = 316.6A$$

### Détermination des sections des conducteurs entre les batteries et l'onduleur :

$$\Delta U = U * \Delta U = 240 * 0.02 = 4.8V$$

Donc Rmax de la ligne :

$$R = \frac{\Delta U}{I} = \frac{4.8}{316.6} = 0.015\Omega$$

La section du conducteur :

$$S = \rho * \frac{L}{R} = 1.6 * 10^{-8} * \frac{8}{0.015} = 8.5mm^2$$

Ce qui correspond à une section normalisée de : S = 10 mm<sup>2</sup>

**Tableau 4.6** : Les câbles

Portion	Longueur (m)	Courant (A)	Section calculé (mm)	Section proposé (mm)
A	120	5.95	0.4	0.75

## Chapitre IV : Etude technique économique

<b>B</b>	680	319	40	40
<b>C</b>	105	316	8.5	10

### La surface du champ photovoltaïque

La longueur du panneau utilisé : 1580 mm

La largeur du panneau utilisé : 1068 mm

La section d'un panneau :

$$S_m = L * l = 1580 * 1068 = 1.69m^2$$

Donc : la surface totale occupée par tous les panneaux :

$$S_T = N * S_m = 305 * 1.69 = 515.42m^2$$

### IV.4.3.6 Étude économique

#### a. Estimation du coût global de l'installation

*Tableau4.7 : Coût global de l'installation de mini centrale photovoltaïque*

Désignation	Quantité	Prix unitaire	Prix total
<b>module ASE-250-DG-UR/C15</b>	529	14620.5	7734244.5
<b>batterie PVX-2580L</b>	705	100535	70877175
<b>Onduleur</b>	58	154680.3	8971440
<b>Câble 4G0.75 mm<sup>2</sup></b>	120	119.4	13381.2
<b>Câble 4G10 mm<sup>2</sup></b>	105	2011.27	1367663.3
<b>Câble 4G40 mm<sup>2</sup></b>	680	858.6	90155.8
<b>Armoire de commande</b>	1	300000	300000
<b>Supports et intégration (prix par module installé)</b>	307	500	153500
<b>Montage</b>	307	6000	1842000
<b>Prix total</b>			90 118 662

#### b. Etude de la rentabilité du projet

$$IR = \frac{\text{les sommes économisées durant la durée de vie de cette installation}}{\text{le cout global de l'installation}}$$

IR : Indice de rentabilité du projet

## Chapitre IV : Etude technique économique

---

Rentable si  $IR \geq 1$

Pas rentable si  $IR < 1$

Les sommes économisées pendant 20ans :

L'installation produira au minimum **577.538 KWh** par jour, la production annuelle sera égale alors à  $365.567 \times 365 = 210801.37$  KWh/an. La durée de vie de l'installation est estimée à 20ans d'où sa production durant cette période sera égale à **4216027.4 KWh**.

Le coût du KWh produit est estimé à 5,50DA en TTC d'où la somme économisée durant la durée de vie de l'installation est : **4216027.4 \* 5.50 ≈ 23188150.7 DA**

Le cout global de l'installation est : **90 118 662DA**

$$IR = \frac{14677515.05}{90\ 118\ 662} = 0.25$$

D'où l'installation n'est pas rentable.

### Le prix du kilowattheure solaire produit

*le prix du KWh solaire* =  $\frac{\text{le cout global de l'installation photovoltaïque}}{\text{la production de cette installation durant sa durée de vie}}$

$$KWh\ solaire = \frac{90\ 118\ 662}{4216027.4} = 21.3DA$$

Après avoir terminé notre étude on a constaté que ce projet n'est pas réalisable et cela est dû aux problèmes suivants :

- Problème d'amortissement : La durée d'amortissement de ce projet très grand alors que la durée d'exploitation de la mine est de 25ans au maximum, ce problème existe toujours tant que les frais de l'installation ne sont pas subventionnés par l'état.
- Problème de rentabilité : l'indice de rentabilité est inférieur à 1 ce qui rend ce projet non rentable.

## IV.5 Etude de dimensionnement d'un kit solaire

### IV.5.1 Estimation de la consommation

Les kits comportent une charge qui est des luminaires LED de puissance 153W/ 12V. Le nombre des heures de fonctionnement est 12h.

## Chapitre IV : Etude technique économique

### IV.5.2 Choix de panneau

Tableau 4.8 : Les Caractéristiques électriques des panneaux solaires

Modèle	AXN6P612T315	PM318B00_315
Puissance maximale [Wc]	315	315
Type de cellule	Si-Polycristalin	Si-monocristallin
Rendement %	16	13.83
Tension en circuit ouvert Vco [V]	45.4	64.60
Courant de court-circuit Icc [A]	9.15	6.14
Dimensions (L*H*I) [mm]	1956* 40* 995	1559*46*1046
Poids [Kg]	21.40	18.6
Prix [DZA]	12119.62	17698.5
Garantie	2ans	2ans

D'après les données présentées dans le tableau ci-dessus et l'énergie qui doit être produite par le module PV, le choix est porté sur le module **AXN6P612T315** car il a un courant de court-circuit (Icc) supérieur au courant que doit délivrer le générateur. De plus, il est le moins coûteux.

Les caractéristiques du panneau choisi :

Puissance maximal : Pmax= 315W.

Tension maximal : Umax= 44V

Courant maximal : Imax= 6.1A.

Courant de court-circuit Icc= 6.7A

### IV.5.3 Dimensionnement de la batterie d'accumulateurs

Calcul de la capacité des accumulateurs nécessaires au système :

Pour calculer la capacité, on utilise l'équation suivante :

Pour le cas d'all in one, on impose une autonomie de 2 jours,

$$C = \frac{(Na*Ec)}{(D*Vbat)} = \frac{(1200*2)}{(0.8*12)} = 250Ah$$

Tableau 4.9 : Les Caractéristiques des batteries

Modelés	Batterie solaire Lithium LiFePO4 12V / 250Ah	Batterie solaire GEL 12/250Ah
Tension nominale [V]	12	12
Capacité nominale [Ah]	250	250
La Décharge max de la batterie %	80	80
Garantie	3 ans	3 ans
Poids ±3% [Kg]	22 kg	30
Dimension (x*y*z) [mm]	237 x 321 x 152 mm	244*190*214
Prix	87 615	22 142

Après le calcul de la capacité nécessaire pour notre système on a choisi la batterie **GEL 12/250Ah**. Cette batterie est mieux adaptée au besoin énergétique et la moins chère.

#### IV.5.4 Dimensionnement de régulateur

On a comme puissance crête : **Pc=315W**

$$I_{max} = \frac{P_c}{U_{max}} = \frac{315}{12} = 26.25A$$

Tableau 4.9 : les caractéristiques de régulateur

Le modèle	MPPT 100/30 (100V)
Tension du système [V]	12
Tension du module PV Vco [V]	45.4
Courant du module PV [A]	6.1
Courant de consommation [A]	26.25
Degré de protection	IP43
Dimensions (L*I*h) [mm]	130*186*70
Poids [kg]	1.25
Garantie (an)	2ans
Prix	32 497.2

### IV.5.5 Choix de candélabre

**Tableau 4.10** : les caractéristiques des candélabres

Model	Perche galvanisée	SUNWE
Matériel	Fer	Acier
Hauteur (m)	5-12	5-12
Diamètre (mm)	60-90	60-90
Nombre de crosse	2	2
Duré de vie (ans)	30	30
Prix	14 018.4	30 187.35

Puisque les caractéristiques des deux poteaux présentés sur le tableau (4.10) sont presque similaires, on choisira celui dont le coût est le plus bas.

### IV.5.6 Estimation du coût global de l'installation

**Tableau 4.11** : le cout global de l'installation

Désignation	Quantité	Prix d'unité (DA)	Prix total (DA)
Luminaire	2	8 000	16 000
module AXN6P612T315	2	12119.62	24 239.24
batterie PVX-2580L	2	22 142	44 284
Régulateur	2	32 497.2	64 994.4
Candélabre avec double crosse	1	14 018.4	14 018.4
Fixation de poteau	1	600	600
Prix de poteaux	1		<b>164 136.04</b>
Prix total	<b>143</b>		<b>23 471 453.72</b>

### Comparaison des couts globaux de l'énergie :

#### Durant 5ans :

On suppose que la LED fonctionne 12h par jour, donc la consommation dans 5 ans est :

$$153 * 10^{3-} * 12 * 365 * 5 * 283 = 948248.1W$$

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

### IV.5 Conclusion

Après avoir terminé notre étude on a constaté que :

Le projet d'un mini central photovoltaïque n'est pas réalisable et cela est dû au :

Problème de surface car La surface nécessaire pour faire implanter les équipements de l'installation est à l'ordre de 515m<sup>2</sup>.

Problème de rentabilité, l'indice de rentabilité est inférieur à 1 ce qui rend ce projet non rentable tant que le décret exécutif n°5 du journal officiel n°33 est toujours non appliqué.

« Les producteurs d'énergie verte peuvent bénéficier de primes à travers la vente de leur électricité à un tarif d'achat garanti. Ce tarif sera fixé par arrêté du ministre chargé de l'Énergie ».

L'autoroute est située dans une région coutière, elle se caractérise par un degré d'humidité e élevé qui est mauvais pour les durées de vie des équipements, et le site choisi est ouvert au courant d'air ou le vent transporte avec lui des grains de sables s qui viennent tomber sur la couche de protection transparente des modules et les par conséquence une chute dans le rendement global de l'installation.

Pour Le dimensionnement des kits solaire pour l'éclairage public au niveau de l'autoroute de Macta, a résulté un coût d'investissement très élevé. Mais la comparaison entre les deux investissements (soit par kit solaire ou soit par système d'éclairage conventionnel), a montré que cet investissement lourd ne nécessite pas une longue durée de fonctionnement pour être récupéré. En outre, l'éclairage solaire n'émis pas des gaz à effet de serre





## Conclusion générale

---

### Conclusion générale

L'éclairage public est omniprésent dans notre vie. Il éclaire les rues, les ruelles et les places dès la nuit tombée, et cela jusqu'au petit matin. Les autoroutes et les ponts sont également éclairés, permettant aux usagers de circuler avec une bonne visibilité, ce qui les sécurise.

Bien que très pratique, l'éclairage public représente beaucoup d'enjeux, économiques, mais aussi écologiques. Les enjeux économique et énergétique et écologique poussent les pouvoirs publics à chercher des solutions pour réduire ses problèmes.

La recherche bibliographique faite dans le premier chapitre nous a ramené comprendre grandeurs photométriques, et connaître les différents équipements d'une installation d'éclairage public. Ensuite dans le deuxième chapitre on a exposé les différentes nouvelles tendances de l'éclairage public qui sent l'éclairage public à base d'énergie renouvelable .on a choisi l'énergie solaire pour l'Algérie.

Le troisième chapitre a inclus une étude réelle de l'autoroute de Macta où on a conclu qu'elle ne respecte pas les critères de l'installation, c'est pour cela qu'on a proposé une optimisation par la réduction de la puissance des luminaires utilisés à des luminaires de 153 W et augmenter l'inter-distance entre les candélabres. Ça va nous mener à réduire la consommation énergétique et économique.

Le quatrième chapitre est pour un dimensionnement d'une installation photovoltaïque d'un mini central solaire et un kit solaire.

Les études pour la partie d'alimentation solaire ont été faites sur la base d'un bilan de consommation journalière établi au niveau du tronçon choisi. Le dimensionnement a été fait en prenant la moyenne annuelle d'énergie solaire reçu suite à logiciel PVsyst. Nous avons évalué le rayonnement global arrivant sur une surface inclinée de 30° à la région correspondante à notre zone d'études.

On a conclu que le choix du kit solaire s'avère économique à moyen terme car les frais d'entretien sont faibles. Sans oublier que les kits solaires favorisent la protection de l'environnement (pas d'émission de gaz à effet de serre).

## Conclusion générale

---

Il faut souligner un problème majeur rencontré ; c'est la durée de vie des batteries surtout dans les régions chaudes. Sans oublier, à un degré moindre le problème d'une éventuelle dégradation des modules photovoltaïques.

En termes de l'étude, nous proposons que les nouvelles installations soient faites selon la norme indiquée dans le chapitre III, car cela ne garantit pas seulement la qualité d'éclairage mais aussi engendra de l'économie d'énergie.

Les routes sont encore nombreuses à utiliser un éclairage public alimenté avec des lampes à sodium basse pression. Cet éclairage public d'ancienne génération est peu à peu remplacé par des ampoules à LED qui consomment beaucoup moins.

Réduire l'éclairage public jugé inutile dans les axes routiers, par l'utilisation d'un détecteur de présence à côté des cellules photométriques.

### **Passer aux énergies renouvelables**

Un luminaire public alimenté grâce à un panneau solaire indépendant est une vraie révolution dans l'éclairage public. Économique et écologique, il réunit tous les atouts essentiels pour réduire les dépenses énergétiques de l'éclairage public. Le coût de l'installation reste un frein pour certaines communes, mais les retombées économiques sont un argument qui en convainc plus d'une.

# Conclusion générale

---

## Bibliographie

---

### Bibliographie

- [1] : BRUCE, A. J. *Lysemata debelius* new species, a new hippolytid shrimp from the Philippines. *Revue Française d'Aquariologie et Herpetologie*, 1983.
- [2] : AGOSTINI-MARCHESE, Enrico. Prolégomènes pour une littérature géolocalisée. *Revue hybrid*, 2018.
- [3] BOULHARES Khadidja, TRAKET Chahira « Etude Pratique et Dimensionnement d'un Système d'Eclairage Public Photovoltaïque Autonome Cas d'étude ; Unité de Recherche d'Adrar » mémoire Master université d'Adrar 2018.
- [5] : RENO, Sandra. La transition énergétique : nouvelles technologies et débat public.
- [6] : MESSILIT, Nabila; BENZAAMA, Salima; BENZIDANE, Hadj. Local Taxation is a Strategic Option to Support the Income of Local Communities in light of the Current Economic Conditions- A Field Study in the Municipality of Hassi Mameche for the Period 2013-2017.
- [7] : DE L'ÉCLAIRAGE, TERTIAIRE ET INDUSTRIEL. VARIATION ET GESTION.
- [9] : PINTÉR, Gábor, et al. Study of photovoltaics and LED energy efficiency: Case study in Hungary. *Energies*, 2018.
- [10] : DAUSSY, Christophe. L'étude de la lumière : *The Conversation France*, 2020.
- [11] : RENOVATION, Ecstatic; L'ÉCLAIRAGE, D. E. LA RÉVOLUTION. *African Affairs*, 1992
- [12] : PACO, María Navarro.. In: *Anales de Filología Francesa*. Servicio de Publicaciones, Universidad de Murcia, 2018.
- [13] : BESBES, Mondher; HUGONIN, Jean-Paul; SAUVAN, Christophe. Calcul électromagnétique de micro et nanostructures photoniques périodiques. *Photoniques*, 2020.
- [14] : M'HAMMED, Tayebi; HAMID, Khelafi. An experimental study on the influence of arid climate on early-age cracking of concrete—A case study of the city of Adrar in Algeria. *AIMS Materials Science*, 2021.
- [15] : EN 13201: The new standard for road lighting Oxy TECH ,.2015
- [16] : Transnational Seminar - Module IV, Cesena/Italy, 23./24.10.2018 Public Lighting Standards - Part I (fundamentals)
- [17] : KASSMI, Khalil. Photovoltaic Energy: Research, Training and Development of Rural Areas in Eastern of Morocco. Article ; *Journal of Communications Technology, Electronics and Computer Science*, 2017.
- [18] : ROULOT, Jonathan; RAINERI, Ricardo. The impacts of photovoltaic electricity self-consumption on value transfers between private and public stakeholders in France. *Energy policy*, 2018.
- [19] : EL HAMMOUMI, K., et al. Dimensioning of a battery system to store energy from a hybrid PV/wind/diesel system at 3 kVA. *Conference Series*: 2018.
- [20] : LALILI, Messaoud, et al. *La reconnaissance et la régénération du patrimoine maritime: Enjeux Culturels et Touristiques-Cas de Vieux port de Bejaia*. 2019. PhD Thesis. Université de Jijel.

### Webographie :

- [4] : <http://www.cpscl.com.tn/upload/telechargement/telechargement659.pdf>

## Bibliographie

---

---

## Chapitre IV

---