

***République Algérienne Démocratique et Populaire***

***Ministère de l'Enseignement supérieur et de la  
Recherche Scientifique***

***Université Blida-1***

***Faculté de Technologie***

***Département Des Énergies Renouvelables***



**Mémoire de fin d'études**

En vue de l'obtention du Diplôme de Master en Energies Renouvelables

OPTION : Conversion Photovoltaïque

**Thème :**

***Fabrication de luminaire solaire***

**Présenter par : -ARIOUA Abdelbassit**

**-BENKADDOUR Bentabet**



**Soutenu devant les jurés composés de :**

**Dr DOUMAZ Toufik**

**USDB**

**MCA**

**President**

**Dr BOUZAKI Moustafa**

**USDB**

**MCB**

**Examineur**

**Dr BENAHMED Abdelmoumene**

**USDB**

**MCB**

**Encadreur**

*Année Universitaire : 2023/2024*

## ملخص:

مواجهة التحديات البيئية الحالية، من الضروري تطوير حلول طاقة مستدامة ومستقلة. يركز هذا البحث على تصميم وتصنيع وتحسين مصباح شمسي، بهدف إنشاء جهاز إضاءة فعال وصديق للبيئة ومستقل عن الشبكات الكهربائية التقليدية. الهدف النهائي هو إنشاء مشروع صغير متخصص في المصابيح الشمسية، سواء كانت من نوع "الكل في واحد" أو "الكل في اثنين"، مع ميزات التحكم. سيساهم تصنيع المصابيح الشمسية في زيادة التكامل التكنولوجي المحلي، وتقليل الاعتماد الخارجي، وخفض تكلفة الإنتاج. تتكون هذه المصابيح من لوحة شمسية، وبطارية، ومنظم، ومستشعر حركة، مما يجمع بين المكونات الأساسية لتوفير حل إضاءة مستقلة ومستدامة

الكلمات المفتاحية: (الضوء الشمسي، البطارية الشمسية، جهاز التحكم بالشحن، حساس الحركة والهيكل)

## Résumé

Face aux défis environnementaux actuels, il est crucial de développer des solutions énergétiques durables et autonomes. Ce mémoire porte sur la conception, la fabrication et l'optimisation d'un luminaire solaire, avec pour objectif de créer un dispositif d'éclairage à la fois efficace, écologique et indépendant des réseaux électriques traditionnels. L'objectif ultime est de créer une mini microentreprise spécialisée dans les luminaires solaires, qu'ils soient de type All in One ou All in Two, avec commande. La fabrication de luminaires solaires permettrait d'augmenter le taux d'intégration technologique local, de réduire la dépendance externe et de diminuer le coût de revient. Ces luminaires sont constitués d'un panneau solaire, d'une batterie, d'un régulateur et d'un capteur de mouvement, combinant ainsi des composants essentiels pour offrir une solution d'éclairage autonome et durable.

Mots clé : (luminaire solaire, batterie solaire, contrôleur de charge MPPT et PWM, capteur de mouvement, structure).

## Abstract

Facing current environmental challenges, it is crucial to develop sustainable and autonomous energy solutions. This thesis focuses on the design, manufacturing, and optimization of a solar luminaire, aiming to create a lighting device that is efficient, eco-friendly, and independent of traditional power grids. The ultimate goal is to establish a small micro-enterprise specializing in solar luminaires, whether All in One or All in Two, with control features. The manufacturing of solar luminaires will increase local technological integration, reduce external dependence, and lower the production cost. These luminaires consist of a solar panel, a battery, a regulator, and a motion sensor, combining essential components to provide an autonomous and sustainable lighting solution.

Key words : (solar light, solar battery, MPPT and PWM charge controller, motion sensor, structure).

## **REMERCIEMENTS**

Tout d'abord, nous tenons à remercier Dieu, de nous avoir donné la santé, la volonté et la patience pour mener à terme notre formation de Master et pouvoir réaliser ce travail de recherche. Nous tenons à exprimer nos profonds remerciements à notre encadreur, Mr. Benhamed, qui nous a fourni le sujet de ce mémoire et nous a guidés de ses précieux conseils et suggestions, ainsi que pour la confiance qu'il nous a témoignée tout au long de ce travail.

Nous tenons à gratifier aussi les membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail.

Nous tenons à remercier vivement le Centre de Recherche en Semi-conducteur pour l'Énergétique (CRTSE), l'entreprise Ilighting, et le Centre de Recherche des Énergies Renouvelables (UREAR) ainsi que ses chercheurs de nous avoir reçus et aidés à élaborer ce projet.

Nous remercions aussi l'ensemble des enseignants du département des Énergies Renouvelables qui ont contribué à notre formation en Master en Énergie Renouvelable, option Photovoltaïque.

Enfin, nous adressons nos sincères sentiments de gratitude et de reconnaissance à toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

## Dédicace

### *Dédicace*

Je dédie ce travail à ceux qui ont rendu ce projet possible par leur soutien indéfectible, leurs encouragements et leurs conseils éclairés.

#### **À ma Famille**

À mes parents, pour leur amour inconditionnel, leur soutien moral et matériel, et pour avoir toujours cru en moi. À mes frères et sœurs, pour leur patience et leurs encouragements constants.

#### **À mon Encadreur**

Pour son encadrement exceptionnel, ses conseils avisés, et la confiance qu'il m'a accordée tout au long de ce travail. Vos orientations et vos encouragements ont été déterminants pour l'achèvement de ce mémoire.

#### **Aux Membres du Jury**

Pour leur disponibilité, leur temps précieux, et leurs suggestions constructives qui ont permis d'améliorer la qualité de ce travail.

#### **Aux Institutions et Collaborateurs**

Merci au Centre de Recherche en Semi-conducteur pour l'Énergétique (CRTSE), à l'entreprise ILightning, et au Centre de Recherche des Énergies Renouvelables (UREAR) ainsi qu'à ses chercheurs, pour leur accueil, leur aide précieuse et leurs ressources.

#### **À mes Enseignants**

Merci à tous les enseignants du département des Énergies Renouvelables pour leur dévouement et leur contribution essentielle à ma formation académique en énergie renouvelable, option photovoltaïque.

#### **À mes Amis et Collègues**

Pour leur soutien, leur camaraderie et les moments partagés, qui ont enrichi cette expérience et m'ont aidé à surmonter les défis.

#### **À Toutes les Personnes qui ont Contribué**

Merci à toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont participé à la réalisation de ce travail par leur soutien, leurs conseils, et leurs encouragements

## SOMMAIRE

Introduction Générale :.....	1
<b>Chapitre I: Généralite photovoltaïque</b>	
I.1 Introduction :.....	2
I.2 Energie solaire : .....	2
I.2.1 Énergie solaire thermique : .....	2
I.2.1.1 Principe de Fonctionnement : .....	2
I.2.2 Énergie solaire photovoltaïque : .....	3
I.2.2.1 Historique et Évolution du Photovoltaïque :.....	3
I.2.2.2 L'effet photovoltaïque : .....	4
I.2.2.3 Principe de fonctionnement : .....	5
I.2.2.4 Les caractéristiques des modules photovoltaïques : .....	5
I.2.2.4.1 Rayonnement solaire :.....	6
I.2.2.4.2 Température des cellules : .....	6
I.2.2.4.3 Spectre solaire :.....	7
I.2.2.5 Différents types de cellules photovoltaïques : .....	7
I.2.3 Marché et Perspectives du Photovoltaïque : .....	9
I.2.3.1 État Actuel du Marché Photovoltaïque à l'Échelle Mondiale :.....	9
I.2.3.2 État Actuel du Marché Photovoltaïque en Algérie : .....	9
I.2.3.3 Tendances de Croissance et Prévisions pour le Futur du Marché Photovoltaïque : .....	10
I.2.3.3.1 Mondiales :.....	10
I.2.3.3.2 Algérie : .....	11
I.3 Conclusion : .....	12

## **Chapitre II :Éclairage Solaire**

II.1 Introduction :	14
II.2 Éclairage Solaire :	14
II.2.1 Les Types de l'éclairage :	14
II.2.2 Notions d'Éclairage :	15
II.2.2.1 La longueur d'onde :	15
II.2.2.2 Les grandeurs photométriques :	15
II.3 Eclairage solaire public :	16
II.3.1 Description de system :	16
II.3.2 Principe de fonctionnement :	17
II.3.3 Les Composants de basse du système d'éclairage solaire photovoltaïque :	17
II.3.3.1 Panneau photovoltaïque (module photovoltaïque) :	18
II.3.3.2 Lampes d'éclairage :	19
1. Lampes Solaires à LED :	19
2. Lampes Solaires Compactes Fluorescentes (CFL) :	19
3. Lampes Solaires Halogènes :	20
4. Lampes Solaires à Décharge à Haute Intensité (HID) :	20
II.3.3.3 Batterie :	21
1. Batteries au Plomb-Acide :	21
2. Batteries Lithium-Ion :	22
3. Batteries Nickel-Cadmium (NiCd) :	22
II.3.3.4 Régulateur de charge :	22
II.3.3.4.1 Régulateur de charge PWM :	23
II.3.3.4.2 Régulateur de charge MPPT :	23

II.3.4 Types de Luminaires Solaires : .....	24
II.3.4.1 Luminaires solaires All-In-One : .....	24
II.3.4.1.1 Caractéristiques des luminaires solaires All-In-One : .....	24
II.3.4.1.2 Avantages des luminaires solaires All-In-One : .....	25
II.3.4.2 Luminaires solaires All-In-Two : .....	26
II.3.4.2.1 Caractéristiques des luminaires solaires All-In-Two : .....	26
II.3.4.2.2 Avantages des luminaires solaires All-In-Two : .....	27
II.4 Les avantages et les inconvénients d'éclairage solaire : .....	28
II.4.1 Les avantages d'éclairage solaire : .....	28
II.4.2 Les inconvénients de l'éclairage solaire : .....	28
II.5 Conclusion : .....	29

## **Chapitre III : Conception et Fabrication du Luminaire Solaire**

III.1 Introduction : .....	29
III.2 Conception et Fabrication du Luminaire Solaire : .....	29
III.2.1 Processus de conception du luminaire solaire : .....	29
III.2.1.1 Choix des composants : .....	29
III.2.1.1.a. Choix du type de lampes : .....	29
III.2.1.1.b. Choix du Panneaux solaires photovoltaïques (PV) : .....	31
III.2.1.1.c. Choix du Batteries : .....	32
III.2.1.1.d. Contrôleur de charge (régulateur) : .....	33
III.2.1.1.e. Capteurs : .....	34
III.2.1 Techniques de fabrication des luminaires solaires : .....	34
III.2.1.1 Fabrication des Panneaux Solaires : .....	34
III.2.1.2 Fabrication des Batteries : .....	35
III.2.1.3 Fabrication des Luminaires : .....	35

III.2.1.4 Structure, boîtier et support :.....	35
III.3 Assemblage : .....	38
III.3.1 Préparation : .....	38
III.3.2 Installation des panneaux solaires :.....	38
III.3.3 Montage des batteries :.....	39
III.3.4 Fixation des LED : .....	39
III.3.5 Installation du contrôleur de charge :.....	39
III.3.6 Câblage et raccordements : .....	40
III.3.7 Encapsulation et protection : .....	40
III.3.8 Test et vérification :.....	40
III.4 Installation :.....	41
III.4 Conclusion :.....	44
Conclusion générale : .....	26



## Liste Des Figures :

### Chapitre I: généralite photovoltaïque

<b>Figure (I.1) :</b> Energie solaire thermique.....	02
<b>Figure (I.2) :</b> Energie solaire photovoltaïque.....	03
<b>Figure (I.3) :</b> La structure d'une cellule photovoltaïque.....	05
<b>Figure (I.4) :</b> Types de rayonnement solaire reçus au sol.....	06
<b>Figure (I.5) :</b> spectre d'irradiante solaire.....	07
<b>Figure (I.6) :</b> Cellule solaire photovoltaïque monocristalline.....	07
<b>Figure (I.7) :</b> cellule solaire photovoltaïque poly-cristallines.....	08
<b>Figure (I.8) :</b> cellules amorphes.....	08
<b>Figure (I.9) :</b> Représente la venir des énergies renouvelables en Algérie.....	11

### Chapitre II :Éclairage Solaire

<b>Figure (II.1) :</b> Efficacité énergétique.....	16
<b>Figure (II.2) :</b> Fonctionnement du lampadaire solaire.....	17
<b>Figure (II.3) :</b> Les composant de luminaire solaire.....	17
<b>Figure (II.4) :</b> Module Photovoltaïque.....	18
<b>Figure (II.5) :</b> Lampe solaire a LED.....	19
<b>Figure (II.6) :</b> Lampes Solaires Fluorescentes.....	19
<b>Figure (II.7) :</b> Lampes Solaires à Décharge à Haute Intensité.....	20
<b>Figure (II.8) :</b> Batterie solaire du luminaire solaire a 12V.....	21
<b>Figure (II.9) :</b> Régulateur solaire PWM.....	23
<b>Figure (II.10):</b> Régulateur MPPT de luminaire solaire.....	23
<b>Figure (II.11) :</b> Fiche technique modèle All-In-One.....	25
<b>Figure (II.12) :</b> Fiche technique modèle All-In-Two.....	27

### Chapitre III : Conception et Fabrication du Luminaire Solaire

<b>Figure (III.1) : LED</b> .....	30
<b>Figure (III.2) : panneau de luminaire All-In-Two</b> .....	31
<b>Figure (III.3) : batterie LiFePO4 12V et pile LifePO4 3V</b> .....	32
<b>Figure (III.4) : Contrôleur de charge MPPT</b> .....	33
<b>Figure (III.5) : capteur de mouvement</b> .....	34
<b>Figure (III.6) : Assemblage des Cellules</b> .....	34
<b>Figure (III.6) : Structure de luminaire solaire All-In-One</b> .....	37
<b>Figure (III.7) : placer et connecter les batterie (pilles lithium ion)</b> .....	39
<b>Figure (III.8) : Installation du contrôleur de charge</b> .....	39
<b>Figure (III.9) : connexions électriques</b> .....	40
<b>Figure (III.10) : boîtier de protection</b> .....	40
<b>Figure (III.11) : Câbler la lanterne</b> .....	40
<b>Figure (III.12) : la crosse</b> .....	41
<b>Figure (III.14) : Fixer le panneau</b> .....	42

## Liste Des Tableau :

### Chapitre I : Généralité Photovoltaïque

**Tableau (I.1) :** Différents types des panneaux solaires.....08

### Chapitre II : Éclairage Solaire

**Tableau (II.1) :** Efficacité lumineuse par source.....15

### Chapitre III : Conception et Fabrication du Luminaire Solaire

**Tableau (III.1) :** Caractéristiques des lampes à décharge et des lampes à LED.....30

**Tableau (III.2) :** Différentes luminaires existent dans le marché local.....30

**Tableau (III-3) :** Différents panneaux photovoltaïques existent dans le marché local...31

**Tableau (III-4) :** Les batteries existent en marché.....32

**Tableau (III-5) :** Modèles des régulateurs existent dans le marché international.....33

**Tableau (III.6) :** Indice IP.....38

**Tableau (III.7) :** Indice IK suivant l'énergie du choc.....38

## Liste des symboles :

**UREAR :** Centre de Recherche des Énergies Renouvelables Ghardaïa

**CRTSE :** Centre de Recherche en Semi-conducteur pour l'Énergétique

**PV :** Photovoltaïque

**MPPT :** Maximum Power Point Tracking

**PWM :** Pulse with Modulation

**IP :** Indice protection

**IK :** Indice résistance du choc

**W :** watts

**Lm :** lumen

**Ah :** Ampères heures

**Φ :** Flux Lumineux

**cd :** Candela

*Introduction*

*Générale*

### **Introduction Générale :**

Dans un monde où la lumière du soleil guide nos activités diurnes, l'homme mène sa vie quotidienne sans difficulté apparente pour percevoir son environnement, distinguer les objets, éviter les obstacles et identifier les dangers. Cependant, dès que la nuit tombe, l'obscurité enveloppe le monde et l'homme se retrouve confronté à la nécessité impérieuse de rechercher des moyens pour améliorer sa perception visuelle, assurant ainsi son confort et sa sécurité.

C'est ainsi que l'éclairage est devenu essentiel pour l'homme, que ce soit à l'intérieur de ses habitations ou à l'extérieur dans les espaces publics. L'éclairage public, désignant l'ensemble des dispositifs d'éclairage utilisés dans les lieux publics, que ce soit le long des routes ou dans les places, revêt une importance particulière pour la vie urbaine.

Pourtant, malgré l'omniprésence de l'éclairage public, de nombreux défis persistent. Parmi les plus préoccupants figurent les zones isolées non connectées au réseau électrique. Le raccordement de ces zones au réseau traditionnel représente un défi financier considérable, sans compter les répercussions environnementales dues à la surconsommation d'énergie. En effet, le secteur de l'éclairage public est l'un des plus grands consommateurs d'électricité en Algérie, qui représente 40 % de la consommation électrique globale du pays [1].

Face à ces enjeux, l'homme a cherché des solutions alternatives. Grâce aux progrès scientifiques dans le domaine des énergies renouvelables, notamment l'énergie solaire, il a découvert une source d'énergie propre et gratuite. L'éclairage public solaire émerge ainsi comme une solution viable, offrant qualité d'éclairage et rentabilité économique.

Ce mémoire vise à étudier et concevoir des luminaires solaires en vue d'établir une entreprise de fabrication, à travers une analyse approfondie répartie en plusieurs chapitres distincts. Dans le premier chapitre, nous présenterons les généralités sur le photovoltaïque, incluant son fonctionnement, son historique, et ses perspectives de marché. Le deuxième chapitre portera sur l'éclairage solaire, en détaillant son principe de fonctionnement et les différents types de luminaires solaires, notamment les modèles All-In-One et All-In-Two. Le troisième chapitre abordera la réalisation pratique des luminaires solaires, de la conception à l'installation. Enfin, le dernier chapitre examinera les résultats des tests et des évaluations des luminaires, ainsi que les défis rencontrés et les améliorations potentielles.

# ***Chapitre I :***

## ***Généralité photovoltaïque***

### **I.1 Introduction :**

L'exploitation directe de l'énergie solaire s'effectue à travers deux technologies principales : l'énergie solaire thermique, qui produit des calories, et l'énergie solaire photovoltaïque qui produit de l'électricité. Alors que l'énergie solaire thermique utilise la chaleur du soleil pour chauffer des liquides et générer de l'énergie thermique, l'énergie solaire photovoltaïque convertit directement la lumière du soleil en électricité à l'aide de modules photovoltaïques, puis stocke cette dernière dans des batteries spéciales appelées batteries solaires, puis la convertit pour la consommation.

### **I.2 Energie solaire :**

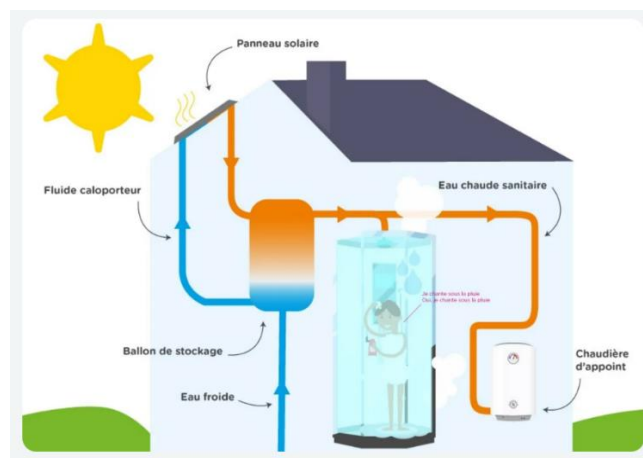
L'énergie solaire est une forme d'énergie renouvelable obtenue par la conversion des rayonnements du soleil en chaleur ou en électricité. Les technologies solaires les plus courantes incluent les panneaux solaires photovoltaïques et les capteurs solaires thermiques. Cette énergie est utilisée pour divers besoins, allant de la production d'électricité au chauffage de l'eau domestique. [2]

#### **I.2.1 Énergie solaire thermique :**

L'énergie solaire thermique est une technologie qui utilise le rayonnement solaire pour produire de la chaleur. Cette chaleur est ensuite utilisée pour diverses applications, telles que le chauffage de l'eau, le chauffage des bâtiments, ou encore la production d'électricité via des centrales thermodynamiques. [3]

##### **I.2.1.1 Principe de Fonctionnement :**

Le principe de base de l'énergie solaire thermique repose sur l'absorption du rayonnement solaire par des capteurs thermiques. Ces capteurs sont souvent constitués de plaques métalliques sombres recouvertes de matériaux absorbants et protégées par une couverture en verre pour minimiser les pertes de chaleur. [3]



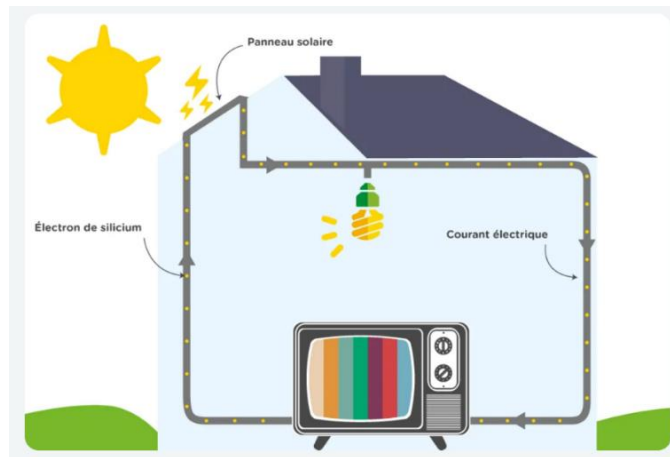
**Figure (I.1) : Energie solaire thermique. [1]**

## Chapitre I : Généralité photovoltaïque

### **I.2.2 Énergie solaire photovoltaïque :**

Le solaire photovoltaïque permet de convertir directement le rayonnement solaire en électricité grâce à des cellules photovoltaïques. Ces cellules, composées principalement de silicium, un matériau semi-conducteur, réagissent à la lumière en excitant leurs électrons. Les électrons ainsi libérés circulent dans un circuit fermé, générant de l'électricité.

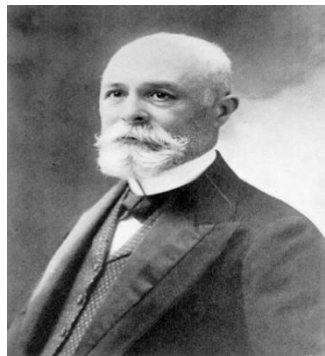
Une fois produite, cette électricité peut être injectée dans le réseau électrique général ou stockée dans des batteries pour une utilisation ultérieure. [4]



**Figure (I.2) :** Energie solaire photovoltaïque. [1]

#### **I.2.2.1 Historique et Évolution du Photovoltaïque :**

L'historique des cellules solaires photovoltaïques débute avec la découverte de l'effet photovoltaïque par Alexandre Edmond Becquerel en 1839. Ce physicien français a observé que certaines matières génèrent un faible courant électrique lorsqu'elles étaient exposées à la lumière solaire.



**Alexandre Edmond Becquerel**

En 1873, Willoughby Smith découvrit la photoconductivité du sélénium, et en 1876, William Grylls Adams et Richard Evans Day démontrèrent que le sélénium produisait de l'électricité sous l'effet de la lumière. En 1883, Charles Fritts créa la première cellule solaire en sélénium, recouverte d'une fine couche d'or, avec une efficacité de moins de 1%.

Au 20<sup>ème</sup> siècle, des avancées significatives furent réalisées. En 1905, Albert Einstein expliqua théoriquement l'effet photovoltaïque, ce qui lui valut le prix Nobel de physique en



## Chapitre I : Généralité photovoltaïque

1921. En 1918, Jan Czochralski développa une méthode pour la croissance de cristaux de silicium, essentielle à la fabrication des cellules solaires. En 1954, Bell Labs produisit la première cellule solaire en silicium avec une efficacité de 6%, suffisante pour alimenter de petits appareils électriques. En 1958, le satellite Vanguard I, le premier alimenté par des cellules solaires, démontra l'application pratique des cellules photovoltaïques dans le domaine spatial.

Les années 1970 virent une réduction des coûts de production grâce à des innovations dans les méthodes de fabrication, stimulées par les crises pétrolières. Entre 1973 et 1974, les cellules solaires amorphes furent développées, ouvrant une nouvelle voie pour réduire les coûts de fabrication. Dans les années 1980, des cellules à couches minces utilisant des matériaux comme le cadmium Telluride (CdTe) et le cuivre indium di séléniure (CIS) furent introduites, réduisant les coûts et permettant de nouvelles applications flexibles.

Depuis les années 1990, les rendements ont continué à s'améliorer et les coûts à diminuer grâce aux avancées technologiques et à la production de masse. Des cellules solaires à base de pérovskites, des cellules tandem et des cellules bifaciales ont été développées, promettant des rendements encore plus élevés. L'accent a également été mis sur la durabilité et le recyclage des matériaux photovoltaïques pour minimiser l'impact environnemental. De plus, des technologies émergentes comme l'intelligence artificielle et la nanotechnologie sont utilisées pour optimiser la conception et la performance des cellules solaires.

L'évolution des cellules solaires photovoltaïques a été marquée par des découvertes scientifiques majeures et des innovations technologiques constantes. Depuis la découverte de l'effet photovoltaïque par Becquerel jusqu'à l'avènement des cellules solaires à haut rendement et à faible coût, chaque étape a contribué à rendre l'énergie solaire plus accessible et viable à l'échelle mondiale. Les efforts de recherche et de développement continuent de promettre des améliorations en termes d'efficacité, de coût et de durabilité, consolidant ainsi la position de la technologie photovoltaïque comme une solution clé pour la transition énergétique mondiale. [8]

### **I.2.2.2 L'effet photovoltaïque :**

L'effet photovoltaïque est un phénomène qui se produit au sein des cellules photovoltaïques, qui sont des dispositifs semi-conducteurs généralement fabriqués à partir de matériaux tels que le silicium. Le silicium est le matériau principal de la cellule et est composé d'atomes. Ces atomes sont constitués d'un noyau autour duquel des électrons orbitent.

Lorsque les photons de la lumière solaire frappent la surface de la cellule photovoltaïque, ils transfèrent leur énergie aux électrons présents dans le matériau semi-conducteur, les faisant passer à un niveau d'énergie supérieur. Ce processus crée des paires électron-trou, où un électron est libéré de son orbite et laisse derrière lui un "trou" chargé positivement dans la structure atomique du matériau.

Grâce à la structure de la cellule photovoltaïque, les électrons libérés sont forcés de se déplacer dans une direction spécifique, créant ainsi un courant électrique. Ce courant peut être collecté à partir des électrodes de la cellule pour être utilisé comme électricité. C'est ainsi que l'énergie lumineuse des rayons solaires est convertie en électricité, sans nécessiter de parties mobiles ou de processus chimiques, ce qui rend le processus propre et efficace [5].

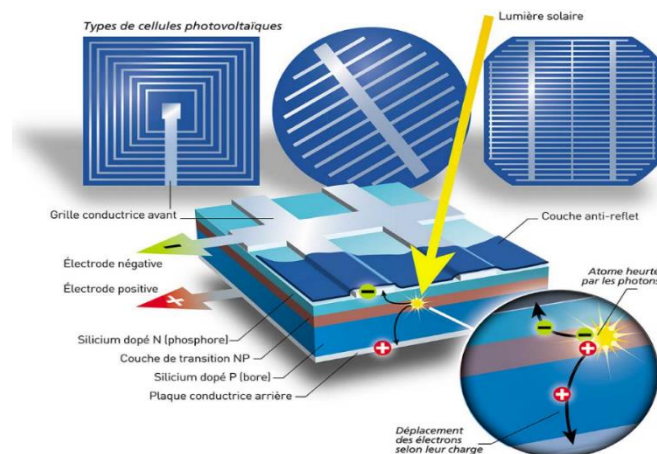
### I.2.2.3 Principe de fonctionnement :

Le principe de fonctionnement des cellules photovoltaïques repose sur la création d'une jonction PN à l'intérieur du matériau semi-conducteur, généralement du silicium. Cette jonction est formée par deux couches distinctes : une couche dopée P et une couche dopée N. Lorsque ces deux couches se rejoignent, elles forment une barrière de potentiel à la jonction PN.

Lorsque les photons de la lumière solaire sont absorbés par le matériau semi-conducteur, ils transfèrent leur énergie aux atomes de la jonction PN. Cela provoque la libération d'électrons des atomes dans la couche N, créant ainsi des charges négatives (électrons libres) et des trous (lacunes où les électrons étaient précédemment) dans la couche P.

Cette séparation des charges crée une différence de potentiel électrique, ou tension, entre les deux couches. Cette tension est mesurée entre les bornes positives et négatives de la cellule photovoltaïque. Lorsque ces bornes sont connectées à un circuit externe, le flux d'électrons libres à travers ce circuit constitue un courant électrique utilisable.

En résumé, l'absorption des photons par la cellule photovoltaïque génère des électrons libres et des trous, créant ainsi un gradient de potentiel électrique qui peut être exploité pour produire de l'électricité. Ce processus est le fondement de la conversion de l'énergie lumineuse en électricité dans les cellules photovoltaïques [4].



**Figure (I.3) :** La structure d'une cellule photovoltaïque. [2]

### I.2.2.4 Les caractéristiques des modules photovoltaïques :

La caractéristique courant-tension d'une cellule photovoltaïque est influencée par plusieurs paramètres, notamment la température, les rayonnements et le spectre solaire. La variation de ces paramètres entraîne des changements dans cette caractéristique.

En d'autres termes, la température ambiante, l'intensité des rayonnements solaires et la composition spectrale de la lumière solaire affectent la performance d'une cellule photovoltaïque en modifiant la relation entre le courant électrique produit et la tension générée.

Ainsi, des variations dans ces paramètres peuvent entraîner des fluctuations dans la production d'électricité par la cellule photovoltaïque.

### **I.2.2.4.1 Rayonnement solaire :**

Le rayonnement émis par le soleil est composé d'ondes électromagnétiques, dont une partie atteint continuellement la limite supérieure de l'atmosphère terrestre. En raison de la température superficielle du soleil, qui est d'environ 5800 K°, ce rayonnement électromagnétique se situe dans la gamme de longueurs d'onde de la lumière visible (comprise entre 0,4 et 0,75  $\mu\text{m}$ ) ainsi que dans le proche infrarouge (allant au-delà de 0,75  $\mu\text{m}$  jusqu'à environ 4  $\mu\text{m}$ ) [6].

#### **a) Le rayonnement direct :**

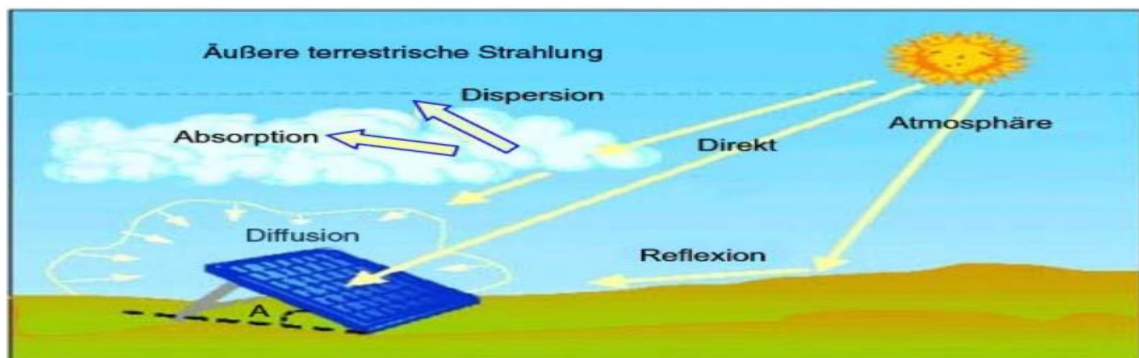
Le rayonnement direct est celui qui atteint la surface terrestre sans être diffusé par l'atmosphère. Sa conversion est une question trigonométrique car elle dépend de l'angle d'incidence du rayonnement solaire par rapport à la surface terrestre. Sur un plan horizontal, le rayonnement direct est la différence entre le rayonnement global (total) et le rayonnement diffus, qui est celui diffusé dans toutes les directions par les particules de l'atmosphère.

#### **b) Le rayonnement diffus :**

Le rayonnement diffus résulte de l'absorption, de la diffusion et de la réflexion d'une partie du rayonnement solaire global par l'atmosphère, ainsi que de sa réflexion par les nuages et les aérosols présents dans l'atmosphère. En d'autres termes, il s'agit du rayonnement solaire qui est dispersé dans toutes les directions après avoir interagi avec les molécules d'air, les particules atmosphériques, les nuages et autres obstacles présents dans l'atmosphère.

#### **c) Le rayonnement réfléchi ou l'albédo du sol :**

Il s'agit du rayonnement réfléchi par le sol, surtout lorsque celui-ci est particulièrement réfléchissant, comme c'est le cas avec des surfaces telles que l'eau, la neige, ....



**Figure (I.4) :** Types de rayonnement solaire reçus au sol. [3]

### **I.2.2.4.2 Température des cellules :**

La température des cellules photovoltaïques constitue le deuxième paramètre influençant le profil de leur caractéristique courant-tension. On constate que la tension varie de manière significative par rapport au courant, ce dernier subissant des variations mineures.

### I.2.2.4.3 Spectre solaire :

Le spectre solaire désigne la répartition de l'énergie lumineuse transmise par le soleil à la limite de l'atmosphère en fonction de la longueur d'onde qui la compose. Cette distribution spectrale du rayonnement solaire correspond approximativement à l'émission d'un corps noir porté à une température de 5800K.

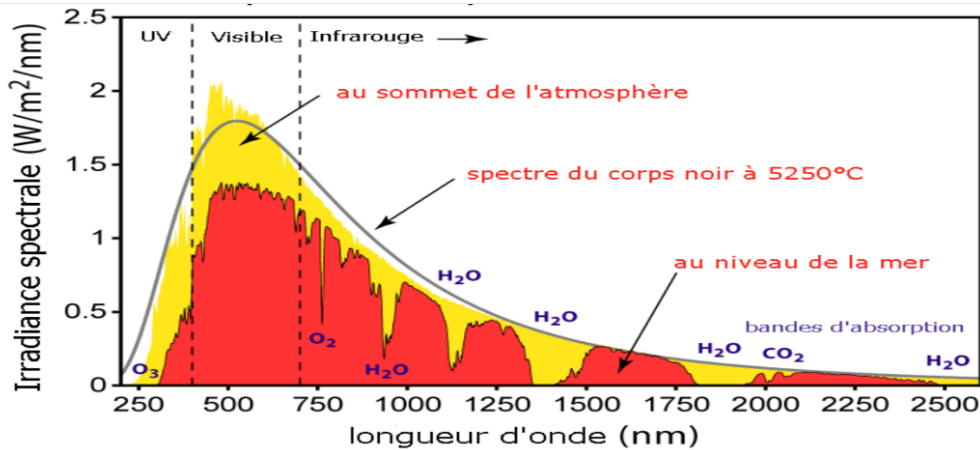


Figure (I.5) : spectre d'irradiance solaire. [4]

### I.2.2.5 Différents types de cellules photovoltaïques :

Il existe différents types de cellules photovoltaïques, parmi lesquels les plus répandues sont celles constituées de semi-conducteurs, principalement à base de silicium [7].

On distingue généralement trois principaux types de cellules :

#### a. Les cellules monocristallines :

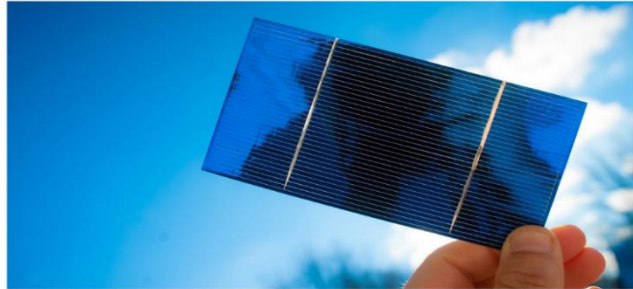
Ces cellules solaires sont construites à partir de silicium cristallin, ce qui leur confère une couleur uniforme ainsi qu'un meilleur rendement. Cependant, leur coût de fabrication est élevé.



Figure (I.6) : Cellule solaire photovoltaïque monocristalline 156 x 156 mm.

**b. Les cellules poly-cristallines :**

Les cellules poly cristallines sont fabriquées à partir d'un bloc de silicium cristallisé sous forme de multiples cristaux, ce qui permet de distinguer les cristaux individuels. Leur rendement est bon et leur coût de fabrication est moins élevé par rapport aux cellules monocristallines.



**Figure (I.7) :** cellule solaire photovoltaïque poly-cristallines.

**c. Les cellules amorphes :**

Ce type de panneau peut fonctionner efficacement même avec un faible éclairage. Ils nécessitent seulement de très faibles épaisseurs de silicium et offrent un coût relativement bas, avec un rendement supérieur par rapport aux panneaux solaires monocristallins et poly-



cristallins.

**Figure (I.8) :** cellules amorphes.

Le tableau suivant représente les rendements des différents panneaux (cellule silicium) :

Type	Rendement	Durée de vie
Monocristalline	De 16% à 24%	30 ans
poly-cristalline	De 13% à 18%	30 ans
Amorphe	05% à 09%	20 ans

**Tableau (I.1) :** Différents types des panneaux solaires [5].

### **I.2.3 Marché et Perspectives du Photovoltaïque :**

#### **I.2.3.1 État Actuel du Marché Photovoltaïque à l'Échelle Mondiale :**

Le marché photovoltaïque mondial a connu une croissance spectaculaire au cours des dernières décennies. En 2023, la capacité mondiale installée a franchi le seuil des 1 000 GW, marquant une étape historique pour l'industrie solaire. Les principaux acteurs de ce marché sont la Chine, les États-Unis, l'Inde, le Japon et l'Allemagne, qui représentent ensemble plus de 70% de la capacité installée globale. [9]

La Chine reste le leader incontesté avec plus de 300 GW de capacité installée, suivie par les États-Unis avec environ 100 GW. L'Inde et le Japon suivent avec respectivement 60 GW et 50 GW. L'Allemagne, pionnière de l'énergie solaire en Europe, maintient une capacité de plus de 50 GW. [10]

Le coût actualisé de l'énergie (LCOE) pour les projets photovoltaïques a considérablement diminué, grâce à des avancées technologiques et à des économies d'échelle. En conséquence, l'énergie solaire est devenue l'une des sources d'énergie les moins coûteuses à produire, rivalisant avec les combustibles fossiles et d'autres sources d'énergie renouvelable. Les installations résidentielles, commerciales et à grande échelle continuent de croître, alimentées par les politiques gouvernementales favorables et les objectifs de réduction des émissions de carbone.

Les innovations technologiques jouent un rôle clé dans cette croissance. Les cellules solaires à haute efficacité, telles que les cellules à base de perovskites et les cellules tandem, ont permis d'augmenter les rendements tout en réduisant les coûts. De plus, les systèmes photovoltaïques bifaciaux, qui captent la lumière des deux côtés du panneau, offrent une efficacité accrue et sont de plus en plus adoptés dans les nouveaux projets.

Le marché mondial du photovoltaïque est en plein essor, soutenu par des coûts de production en baisse, des avancées technologiques et un soutien politique fort. Cette tendance devrait se poursuivre dans les années à venir, avec des prévisions indiquant une augmentation significative de la capacité installée globale. [9] [10]

#### **I.2.3.2 État Actuel du Marché Photovoltaïque en Algérie :**

L'Algérie, riche en ressources solaires, a récemment intensifié ses efforts pour développer le secteur photovoltaïque dans le cadre de sa stratégie nationale de diversification énergétique. Le pays bénéficie de conditions climatiques favorables, avec un ensoleillement annuel moyen de plus de 3 000 heures, ce qui le positionne comme un territoire idéal pour l'exploitation de l'énergie solaire.

Selon le Rapport Annuel sur les Énergies Renouvelables publié par le Ministère de l'Énergie et des Mines (2024), la capacité photovoltaïque installée en Algérie a atteint environ 500 MW fin 2023. Ce chiffre représente une augmentation significative par rapport aux années précédentes, grâce à plusieurs projets de grande envergure initiés par le gouvernement et des partenariats avec des acteurs internationaux du secteur de l'énergie solaire. Les installations sont réparties sur tout le territoire, avec des projets majeurs dans les régions de Ghardaïa, Ouargla et Tamanrasset, où les conditions d'ensoleillement sont optimales. [11]

## **Chapitre I : Généralité photovoltaïque**

La Bilan Énergétique National de l'Agence Nationale pour la Promotion et la Rationalisation de l'Utilisation de l'Énergie (APRUE) (2023) indique que l'Algérie vise une capacité installée de 22 GW d'ici 2030, dans le cadre de son programme national de développement des énergies renouvelables. Ce programme prévoit non seulement l'expansion des installations photovoltaïques, mais également des mesures pour favoriser l'intégration de l'énergie solaire dans le réseau électrique national. Les incitations comprennent des subventions pour les installations résidentielles et commerciales, ainsi que des tarifs de rachat pour l'électricité produite à partir de sources renouvelables. [12]

Les coûts de production de l'énergie solaire en Algérie ont également diminué, rendant cette source d'énergie plus compétitive par rapport aux énergies fossiles traditionnelles. Les avancées technologiques, notamment l'utilisation de cellules solaires à haute efficacité et de systèmes de suivi solaire, contribuent à l'amélioration des rendements et à la réduction des coûts.

En termes de perspectives futures, le gouvernement algérien continue de mettre en œuvre des politiques pour attirer les investissements étrangers et stimuler la croissance du secteur photovoltaïque. Les projets en cours et les plans futurs témoignent de l'engagement de l'Algérie à devenir un acteur majeur dans le domaine des énergies renouvelables en Afrique du Nord. [11]

### **I.2.3.3 Tendances de Croissance et Prévisions pour le Futur du Marché Photovoltaïque :**

#### **I.2.3.3.1 Mondiales :**

##### **- Tendances de Croissance :**

Le marché photovoltaïque mondial continue de croître à un rythme rapide, porté par des réductions de coûts, des innovations technologiques et des politiques de soutien gouvernementales. Selon le rapport de 'l'International Energy Agency (IEA) Renewables 2024 : Analysis and Forecast to 2030', la capacité photovoltaïque mondiale devrait atteindre environ 2 400 GW d'ici 2030. Cette croissance est principalement alimentée par les grands projets solaires en Chine, aux États-Unis, en Inde et en Europe, ainsi que par une adoption accrue des systèmes résidentiels et commerciaux.

Les avancées technologiques, comme les cellules solaires à base de perovskites et les systèmes bifaciaux, continuent d'améliorer les rendements et de réduire les coûts. Le développement de nouvelles méthodes de stockage de l'énergie et l'intégration des systèmes photovoltaïques dans les réseaux électriques intelligents augmentent également l'efficacité et la fiabilité de l'énergie solaire. [13]

##### **- Prévisions pour le Futur :**

Le rapport de Bloomberg NEF Solar Market Outlook 2024-2030 prévoit que l'énergie solaire deviendra la principale source d'énergie renouvelable à travers le monde d'ici 2030, représentant plus de 40% de la capacité installée totale des énergies renouvelables. Les projections indiquent une baisse continue des coûts des panneaux solaires et des installations, rendant l'énergie solaire compétitive même sans subventions gouvernementales dans de nombreuses régions du monde. [14]



## Chapitre I : Généralité photovoltaïque

Les marchés émergents, notamment en Afrique et en Amérique latine, devraient connaître une croissance significative, soutenue par des investissements étrangers et des initiatives locales visant à augmenter l'accès à l'énergie propre et abordable. Les entreprises et les gouvernements collaborent pour développer des infrastructures de soutien, comme des réseaux électriques améliorés et des systèmes de stockage d'énergie, pour maximiser l'utilisation de l'énergie solaire. [14]

### I.2.3.3.2 Algérie :

#### - Tendances de Croissance :

En Algérie, le marché photovoltaïque est en plein essor, soutenu par des politiques gouvernementales ambitieuses et une abondance de ressources solaires. Le Plan National pour les Énergies Renouvelables du Ministère de l'Énergie et des Mines (2024) projette une capacité installée de 22 GW d'ici 2030. Les investissements dans le secteur sont encouragés par des subventions, des incitations fiscales et des partenariats public-privé.

Les régions du sud de l'Algérie, comme Ghardaïa et Tamanrasset, sont particulièrement ciblées pour de grands projets solaires en raison de leur ensoleillement élevé. Le développement des infrastructures de réseau et des capacités de stockage est également une priorité pour faciliter l'intégration de l'énergie solaire dans le système énergétique national. [15]

#### - Prévisions pour le Futur :

Selon la Stratégie de Développement des Énergies Renouvelables en Algérie de l'Agence Nationale pour la Promotion et la Rationalisation de l'Utilisation de l'Énergie (APRUE) (2024), la part du photovoltaïque dans le mix énergétique algérien devrait augmenter de manière significative. Le pays prévoit de générer environ 27% de son électricité à partir de sources renouvelables d'ici 2030, avec le photovoltaïque jouant un rôle clé dans cette transition. [16]

Des initiatives telles que des programmes de formation pour renforcer les compétences locales dans le domaine des énergies renouvelables, et des collaborations avec des instituts de recherche internationaux, sont prévues pour soutenir cette croissance. La réduction des coûts des technologies solaires et l'augmentation de l'efficacité des panneaux solaires sont des facteurs clés qui devraient continuer à stimuler le marché photovoltaïque en Algérie.

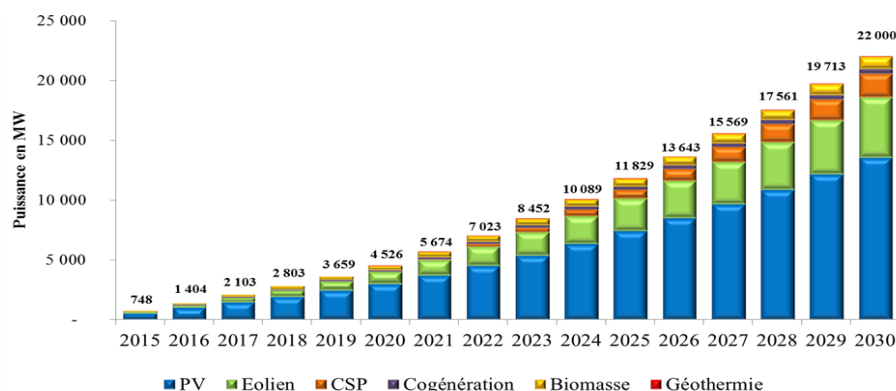


Figure (I.9) : Représente la venir des énergies renouvelables en Algérie [I.6]



### **I.3 Conclusion :**

En conclusion de ce chapitre, nous avons examiné les principes fondamentaux du photovoltaïque, ses origines historiques, son évolution technologique et son importance dans le domaine de l'énergie renouvelable. Nous avons également exploré le marché actuel du photovoltaïque ainsi que ses perspectives futures. Ces connaissances fournissent une base solide pour comprendre le fonctionnement des systèmes photovoltaïques et leur intégration dans le développement de luminaires solaires efficaces et durables.

*Chapitre II :*

*Éclairage Solaire*

### **II.1 Introduction :**

Dans ce chapitre, nous avons exploré les bases du photovoltaïque, y compris son histoire, son fonctionnement et son évolution technologique. Nous avons vu comment les cellules solaires convertissent la lumière du soleil en électricité et les différentes avancées qui ont permis d'améliorer leur efficacité et leur coût. Forts de cette compréhension, nous pouvons maintenant nous plonger dans une application spécifique et pratique de cette technologie : l'éclairage solaire.

### **II.2 Éclairage Solaire :**

L'éclairage solaire se réfère à l'utilisation de l'énergie solaire pour alimenter les systèmes d'éclairage. Cela inclut l'éclairage public, tel que les lampadaires et les feux de signalisation, ainsi que l'éclairage privé, comme les lampes de jardin et les systèmes d'éclairage domestique. Les systèmes d'éclairage solaire utilisent des panneaux photovoltaïques pour capter la lumière du soleil et la convertir en énergie électrique, qui est ensuite stockée dans des batteries pour une utilisation nocturne. [17]

#### **II.2.1 Les Types de l'éclairage :**

Il existe différents types d'éclairage :

- a. Eclairage direct : c'est l'éclairage produit par des luminaires projetés directement vers la zone nécessitant d'être éclairée.
- b. Eclairage indirect : l'utilisation d'une surface intermédiaire entre la source lumineuse et la zone éclairé comme réflecteur.
- c. Eclairage mixte : il combine l'éclairage direct et indirect en divisant le faisceau lumineux en deux.
- d. Eclairage générale : il est pour obtient d'éclairer la globalité d'endroit.
- e. Eclairage d'ambiance : comme son nom indique, il adoucit l'ambiance d'un endroit où sa lumière est apaisante.
- f. Eclairage fonctionnel : est la lumière adoptée aux activités ou elle devra être ciblé et précise pour offrir le confort et sécurité.
- g. L'éclairage décoratif : Ils doivent rendre le lieu agréable à vivre, tout en le sécurisant, d'où il participe à l'esthétique urbaine.

## Chapitre II : Éclairage Solaire

### II.2.2 Notions d'Éclairage :

#### II.2.2.1 La longueur d'onde :

L'éclairage est l'art d'utiliser la lumière pour améliorer la visibilité, l'esthétique et la fonctionnalité des espaces.

La longueur d'onde est une grandeur physique homogène à une longueur, caractéristique d'une onde monochromatique dans un milieu homogène, définie comme la distance séparant deux maxima consécutifs de l'amplitude.

Unité SI : m

$$\text{Symbole usuel : } \lambda = \frac{c}{f}$$

c en m/s (vitesse de la lumière 300 000 km/s) / f en hertz (Hz)

#### II.2.2.2 Les grandeurs photométriques :

La technique de l'éclairage se réfère à la photométrie, qui mesure les grandeurs lumineuses : l'intensité lumineuse, le flux lumineux, l'éclairement et etc.

- **Flux Lumineux ( $\Phi$ )** : Quantité totale de lumière émise par une source dans toutes les directions.

Unité : Lumen (lm)

- **Intensité Lumineuse (I)** : Quantité de lumière émise dans une direction spécifique par unité d'angle solide.

Unité : Candela (cd)

- **Éclairement (E)** : Quantité de lumière reçue par une surface, calculée en lumens par mètre carré (lm/m<sup>2</sup>).

Unité : Lux (lx)

- **Luminance (L)** : Mesure de la brillance d'une surface, indiquant combien de lumière est émise ou réfléchi par unité de surface visible.

Unité : Candela par mètre carré (cd/m<sup>2</sup>)

- **Efficacité Lumineuse** : Rapport entre le flux lumineux émis et la puissance électrique consommée, indiquant l'efficacité d'une source lumineuse.

Unité : Lumen par watt (lm/W)

Incandescence	10 - 15 lm/W
Halogène	15 - 20 lm/W
Fluorescence	50 - 100 lm/W
LED	40 - 100 lm/W

**Tableau (II.1) : Efficacité lumineuse par source**

## Chapitre II : Éclairage Solaire

- **Efficacité énergétique :** C'est le rapport entre la puissance électrique absorbée et le flux lumineux

$$K = P / \Phi$$

Habituellement une étiquette énergie figure sur l'emballage des lampes. Elle mentionne l'efficacité de la lampe par un code couleur et une lettre : 'A' est la plus efficace et 'G' la moins efficace.

Cette étiquette doit aussi indiquer le flux lumineux et la puissance de la lampe. La durée de vie peut aussi être stipulée à titre informatif

Classe	Type d'ampoule	Puissance en watt	Efficacité énergétique en lumen par watt
A++	Lampes LED	7	114
A+	Lampes LED et fluorescentes	11	73
A	Lampes économiques et fluorescentes	15	53
B	Meilleures lampes halogènes (interdites)	40	20
C	Bonnes lampes halogènes (interdites)	50	16
D	Lampes halogènes standard (interdites)	60	13
E	Lampes à incandescence (interdites)	supérieure à 60	inférieure à 13

*Flux lumineux des ampoules mentionnées ici: 800 lumens*

**Figure (II.1) :** Efficacité énergétique

### II.3 Eclairage solaire public :

L'éclairage public solaire incarne la modernité et représente un puissant levier de développement économique et social. Il est particulièrement bénéfique pour les zones rurales sans accès à l'électricité, les zones périurbaines où le réseau est absent et les zones urbaines cherchant à réaliser des économies d'énergie. Dans les régions mal desservies par la distribution électrique, l'éclairage solaire assure une illumination nocturne continue même en cas de coupure de courant, dissuadant ainsi les activités criminelles. Ces luminaires sont adaptés tant pour les domaines municipaux que privés et trouvent également de nombreuses applications sur les chantiers, dans les parkings et les complexes scolaires où l'éclairage nocturne est essentiel pour la visibilité et la sécurité. [18]

#### II.3.1 Description de system :

L'éclairage public solaire ne dépend pas de l'énergie du réseau électrique. Il utilise l'énergie produite naturellement en convertissant les rayons du soleil en électricité via des modules photovoltaïques. Cette énergie est ensuite stockée dans des batteries solaires et restituée la nuit pour assurer l'éclairage. L'option de l'éclairage par solaire photovoltaïque présente des coûts d'entretien et de maintenance faibles et ne nécessite pas une expertise poussée. Cette technologie est non polluante, silencieuse, renouvelable et génère une énergie propre. C'est pourquoi nous avons proposé l'éclairage public photovoltaïque comme une solution idéale pour les sites isolés.

### II.3.2 Principe de fonctionnement :

Le système d'éclairage public autonome photovoltaïque est conçu et dimensionné pour fonctionner pendant 12 heures chaque nuit, avec la possibilité de réduire le flux lumineux si nécessaire. Il dispose d'une autonomie d'environ 4 jours en cas de période prolongée sans soleil. Le circuit électronique fonctionne à une tension nominale de 12V ou 24V et est équipé d'un régulateur de charge de type PWM avec la technologie MPPT (Maximum Power Point Tracking). Ce régulateur intègre un système avancé de gestion de l'énergie (algorithme d'autogestion) qui régule dynamiquement et automatiquement l'intensité du flux lumineux en fonction de la programmation horaire souhaitée et de la quantité d'énergie produite durant la journée. Cela tient compte de la variation du coefficient d'irradiation solaire selon les périodes de l'année ainsi que de la durée des journées et des nuits selon les saisons.

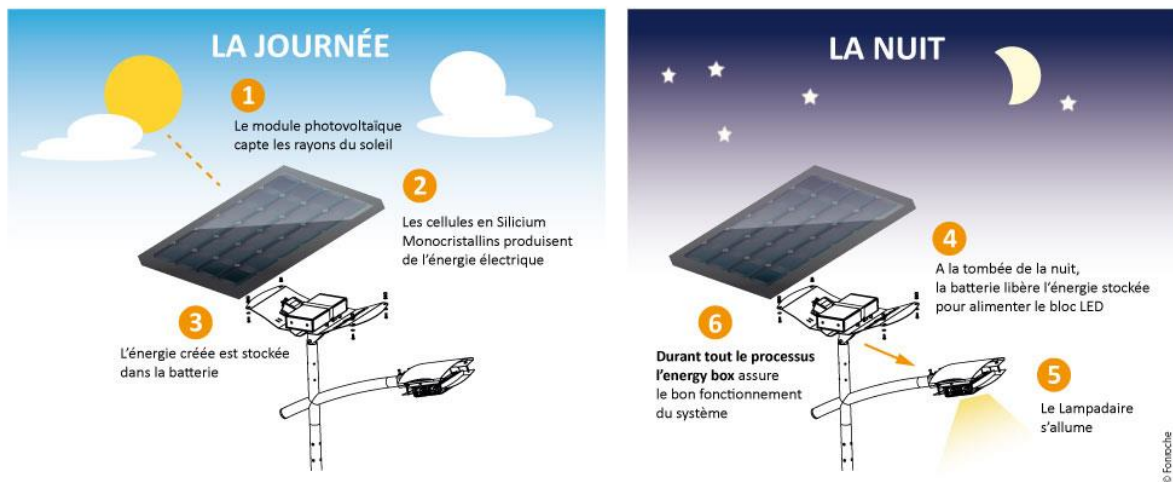


Figure (II.2) : Fonctionnement du lampadaire solaire. [8]

### II.3.3 Les Composants de basse du système d'éclairage solaire photovoltaïque :

Panneau photovoltaïque, Lampes d'éclairage, Batterie, Le régulateur de charge, Un dispositif électronique, les câbles, le luminaire et le poteau ou le mât.



Figure (II.3) : Les composant de luminaire solaire. [8]

### II.3.3.1 Panneau photovoltaïque (module photovoltaïque) :

Les panneaux photovoltaïques, également appelés modules solaires, sont des dispositifs qui convertissent l'énergie solaire en électricité. Cette conversion est réalisée par des cellules photovoltaïques, souvent fabriquées à partir de silicium. L'énergie des photons de la lumière du soleil est captée par ces cellules et transformée en courant électrique grâce à l'effet photovoltaïque.

#### ➤ **Historique et Développement :**

L'effet photovoltaïque a été découvert en 1839 par Alexandre Edmond Becquerel, et les premières cellules photovoltaïques ont été développées dans les années 1950. Depuis lors, la technologie des panneaux photovoltaïques a considérablement évolué, avec des améliorations continues en termes d'efficacité et de réduction des coûts.

#### ➤ **Types de Panneaux Photovoltaïques :**

Les principales technologies utilisées pour la fabrication des cellules photovoltaïques sont :

- **Silicium monocristallin :**

Produit à partir d'un seul cristal de silicium très pur, ce type de cellule offre le meilleur rendement, mais est également le plus coûteux.

- **Silicium poly cristallin :**

Fabriqué à partir de fragments de silicium fondu et recristallisé, ce type est moins coûteux mais légèrement moins efficace que le monocristallin.

- **Silicium amorphe :**

Utilisé dans les cellules à couches minces, ce matériau est moins efficace mais permet des applications flexibles et des coûts de production réduits.

#### ➤ **Fonctionnement et Installation**

Les panneaux photovoltaïques sont composés de nombreuses cellules connectées en série et en parallèle pour fournir la tension et le courant souhaités. Un système photovoltaïque typique comprend également un onduleur pour convertir le courant continu produit par les panneaux en courant alternatif utilisable par les appareils domestiques. L'installation des panneaux nécessite un emplacement bien ensoleillé, avec une orientation et une inclinaison optimales pour maximiser la capture de l'énergie solaire. [19]



**Figure (II.4) : Module Photovoltaïque**

### II.3.3.2 Lampes d'éclairage :

#### 1. Lampes Solaires à LED :

Les lampes solaires à LED utilisent des diodes électroluminescentes (LED) pour fournir un éclairage efficace et économe en énergie. Elles sont particulièrement populaires en raison de leur longue durée de vie et de leur faible consommation d'énergie. [20] [21]

##### Avantages :

- Haute efficacité lumineuse
- Faible consommation énergétique
- Longue durée de vie (jusqu'à 50 000 heures)



Figure (II.5) : Lampe solaire a LED.

#### 2. Lampes Solaires Compactes Fluorescentes (CFL) :

Les lampes solaires CFL utilisent des ampoules fluorescentes compactes pour fournir de la lumière. Bien qu'elles soient moins efficaces que les LED, elles offrent un bon rapport qualité-prix pour certaines applications. [21] [22]

##### Avantages :

- Bon rapport qualité-prix
- Efficacité modérée



Figure (II.6) : Lampes Solaires Fluorescentes.



### 3. Lampes Solaires Halogènes :

Les lampes halogènes solaires utilisent des ampoules halogènes pour l'éclairage. Elles sont moins couramment utilisées en raison de leur consommation énergétique relativement élevée. [21] [23]

#### Avantages :

- Lumière très brillante
- Bonne reproduction des couleurs

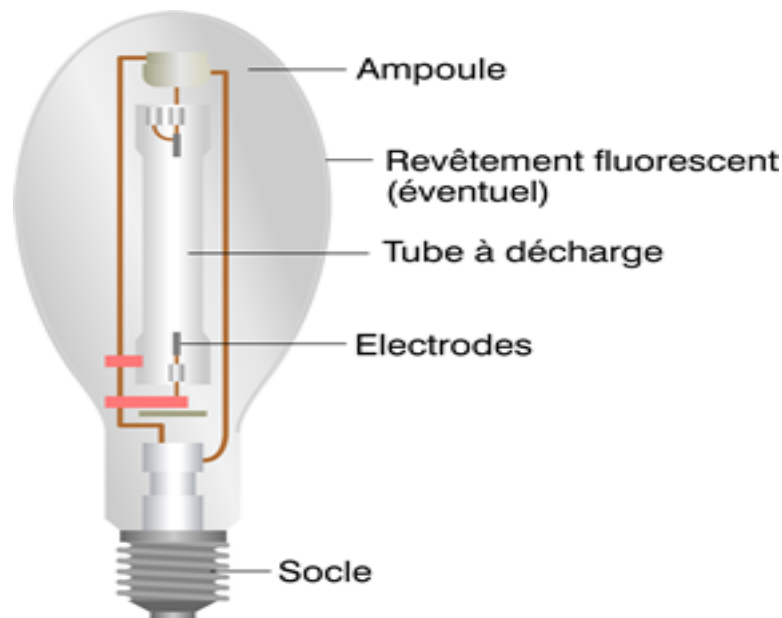
### 4. Lampes Solaires à Décharge à Haute Intensité (HID) :

Les lampes solaires HID, y compris les lampes au sodium haute pression (HPS) et les lampes aux halogénures métalliques, sont utilisées pour des applications nécessitant un éclairage intense. [21] [24]

#### Avantages :

- Éclairage très intense
- Bonne efficacité pour des grandes surfaces

Le choix du type de lampe solaire dépend des besoins spécifiques en éclairage et des conditions d'installation. Les lampes à LED sont généralement préférées pour leur efficacité et leur longue durée de vie, tandis que les lampes CFL, halogènes et HID trouvent leur utilité dans des applications spécifiques nécessitant des caractéristiques particulières.



**Figure (II.7) :** Lampes Solaires à Décharge à Haute Intensité

### II.3.3.3 Batterie :

La batterie stocke l'énergie et assure un approvisionnement stable pendant la nuit ou en cas de faible luminosité. Utilisée dans les systèmes photovoltaïques, elle est spécifiquement conçue pour ces applications, contrairement aux batteries pour véhicules, systèmes mobiles ou dispositifs de protection électrique.



Figure (II.8) : Batterie solaire du luminaire solaire a 12V.

### Différents Types des Batteries Utilisées dans les Systèmes d'Éclairage Solaires :

Les systèmes d'éclairage solaire utilisent diverses technologies de batteries pour stocker l'énergie collectée par les panneaux solaires. Chaque type de batterie a ses propres caractéristiques en termes de capacité de stockage, durée de vie, et besoins de maintenance.

#### 1. Batteries au Plomb-Acide :

##### - Capacité de stockage :

Les batteries au plomb-acide ont une capacité de stockage relativement élevée, adaptée aux applications nécessitant des décharges profondes, comme les systèmes d'éclairage solaire.

##### ➤ Durée de vie :

La durée de vie typique des batteries au plomb-acide varie de 3 à 5 ans, en fonction des cycles de charge et de décharge et des conditions environnementales. Les versions améliorées comme les batteries VRLA (Valve-Regulated Lead-Acid) et les batteries gel peuvent offrir une durée de vie légèrement supérieure.

##### ➤ Maintenance :

Les batteries au plomb-acide nécessitent un entretien régulier, notamment le remplissage d'eau distillée dans les versions à électrolyte liquide. Les versions scellées comme les batteries gel et AGM (Absorbent Glass Mat) nécessitent moins d'entretien.

[25] [26]

### **2. Batteries Lithium-Ion :**

➤ **Capacité de stockage :**

Les batteries lithium-ion offrent une capacité de stockage élevée et une densité énergétique supérieure, permettant une taille plus compacte et un poids réduit par rapport aux batteries au plomb-acide.

➤ **Durée de vie :**

Elles ont une durée de vie plus longue, généralement entre 5 et 10 ans, et peuvent supporter plus de cycles de charge et de décharge.

➤ **Maintenance :**

Les batteries lithium-ion nécessitent peu d'entretien et ont un faible taux d'auto-décharge. Elles sont aussi moins sensibles aux problèmes de température.

### **3. Batteries Nickel-Cadmium (NiCd) :**

➤ **Capacité de stockage :**

Les batteries NiCd ont une bonne capacité de stockage, mais leur densité énergétique est inférieure à celle des batteries lithium-ion.

➤ **Durée de vie :**

Elles sont connues pour leur longue durée de vie et leur robustesse. Elles peuvent fonctionner dans des températures extrêmes et sont moins affectées par des cycles de charge incomplets.

➤ **Maintenance :**

Les batteries NiCd nécessitent un entretien régulier pour prévenir l'effet mémoire. Elles peuvent aussi nécessiter des cycles de décharge complète pour maintenir leur capacité.

[28]

#### **II.3.3.4 Régulateur de charge :**

Le régulateur de charge (ou contrôleur de charge) est associé à un générateur photovoltaïque (GPV) et à une batterie. Il a pour rôle de contrôler la tension et le courant provenant des panneaux solaires vers la batterie, assurant ainsi la protection des batteries contre les surcharges et les décharges profondes. En outre, il optimise le transfert d'énergie du champ photovoltaïque vers l'utilisation.

### II.3.3.4.1 Régulateur de charge PWM :

Le contrôleur de charge à modulation de largeur d'impulsion (PWM) est le moyen le plus efficace pour obtenir une charge de batterie à tension constante en ajustant le rapport cyclique ( $\alpha$ ) des commutateurs (MOSFET). Dans un contrôleur de charge PWM, le courant provenant du panneau solaire diminue en fonction de l'état de la batterie et des besoins de recharge. Lorsque la tension de la batterie atteint le point de consigne de régulation, l'algorithme PWM réduit progressivement le courant de charge pour éviter le réchauffement et le dégazage de la batterie. Cependant, la charge continue à transférer le maximum d'énergie à la batterie dans les délais les plus brefs. La tension délivrée par le générateur photovoltaïque sera abaissée par le contrôleur PWM à une valeur proche de celle de la batterie. Le contrôleur PWM agit comme un commutateur qui connecte le panneau solaire à la batterie ; lorsque l'interrupteur est fermé, le panneau et la batterie sont presque à la même tension [29].



**Figure (II.9) :** Régulateur solaire PWM-Light 10A 12-24V VICTRON

### II.3.3.4.2 Régulateur de charge MPPT :

Actuellement, le régulateur de charge solaire le plus utilisé est celui basé sur l'algorithme MPPT (Maximum Power Point Tracking). Plus avancé et plus coûteux que le contrôleur de charge PWM, il offre de nombreux avantages. Le contrôleur MPPT utilise un convertisseur Buck synchrone pour réduire la tension du panneau solaire à celle de la batterie. Il ajuste la tension d'entrée afin d'extraire la puissance maximale des panneaux solaires, puis convertit cette énergie pour satisfaire les différentes exigences de tension de la batterie et de la charge [29].



**Figure (II.10) :** Régulateur MPPT de luminaire solaire

## Chapitre II : Éclairage Solaire

### **Un dispositif électronique :**

Pour la gestion d'alimentation des LEDs.

### **Les câbles :**

Un kit complet comprenant tous les câbles nécessaires au raccordement des différents composants du système.

### **Le luminaire :**

Le luminaire est un appareil qui assure l'éclairage des lieux cibles.

### **Le poteau ou le mât :**

Le mat est une longue pièce rigide plantée verticalement et servant de support de l'ensemble des composants énumérés ci-dessus.

### **II.3.4 Types de Luminaires Solaires :**

Présentation des différents types de luminaires solaires : **All-In-One, All-In-Two.**

#### **II.3.4.1 Luminaires solaires All-In-One :**

Les luminaires solaires All-In-One sont des dispositifs d'éclairage extérieur intégrés qui combinent plusieurs composants essentiels dans une seule unité compacte. Ces luminaires sont conçus pour fournir un éclairage efficace en utilisant l'énergie solaire de manière autonome. [30]

##### **II.3.4.1.1 Caractéristiques des luminaires solaires All-In-One :**

###### **❖ Intégration complète :**

Les luminaires solaires All-In-One intègrent plusieurs composants essentiels dans une seule unité compacte. Les panneaux solaires photovoltaïques, montés sur la partie supérieure du luminaire, captent la lumière du soleil et la convertissent en énergie électrique. Une batterie rechargeable est intégrée dans le luminaire pour stocker l'énergie solaire collectée pendant la journée, permettant l'utilisation de l'énergie stockée pour l'éclairage nocturne. Des ampoules LED haute efficacité sont utilisées pour fournir un éclairage lumineux avec une consommation d'énergie minimale. Un contrôleur intelligent est inclus pour gérer les fonctions de charge et de décharge de la batterie, ainsi que pour réguler l'intensité de l'éclairage en fonction des besoins.

###### **❖ Installation facile :**

Les luminaires All-In-One sont conçus pour une installation rapide et facile. Étant donné que tous les composants sont intégrés dans une seule unité, il n'y a pas besoin de câblage externe complexe, ce qui réduit le temps et les coûts d'installation.

## Chapitre II : Éclairage Solaire

### ❖ Maintenance réduite :

La conception intégrée minimise le besoin de maintenance régulière. Les batteries et les LED ont une longue durée de vie, ce qui réduit les coûts de maintenance et de remplacement.

### ❖ Conception compacte et esthétique :

Les luminaires All-In-One ont un design compact et moderne, ce qui les rend esthétiquement plaisants pour une utilisation dans divers environnements, tels que les parcs, les rues, les jardins et les parkings.

#### II.3.4.1.2 Avantages des luminaires solaires All-In-One :

- En utilisant l'énergie solaire, les luminaires All-In-One contribuent à réduire la consommation d'énergie électrique conventionnelle, ce qui permet de réaliser des économies significatives sur les factures d'électricité.
- Ces luminaires réduisent les émissions de carbone et la dépendance aux sources d'énergie fossiles, contribuant ainsi à la protection de l'environnement.
- Les luminaires All-In-One fonctionnent de manière autonome, sans besoin de connexion au réseau électrique. Cela les rend idéaux pour les zones éloignées ou hors réseau où l'accès à l'électricité est limité ou inexistant.
- Les matériaux utilisés pour les luminaires solaires All-In-One sont résistants aux intempéries et durables, garantissant une performance fiable dans diverses conditions climatiques.



SPECIFICATION	
<b>Lighting</b>	
Light output	8000LM
LED Chip	5050
CCT	2700-6000K ( can be customized)
Optical Efficiency	>93%
Life Span	100,000 hours to LM80 specifications
Working Way	Motion Sensor/IOT/Time Schedule
<b>Solar Panel</b>	
Power of PV module	100W
Life Span	25 years
<b>Storage</b>	
Battery Capacity	390WH
Lighting time in rainyday	>10 days
Life Span	4000 cycles ( 10 years)
<b>Charging Controller</b>	
Life Span	>12 years
Working Mode	MPPT
Control Mode	Intelligently,activated by sunlight
<b>Mechanical Specifications</b>	
Recommended Pole Height	8-10m
Recommended Top diameter of the Pole	76mm
Product Dimension (mm)	1208*406*84mm
Weight (Kg)	24.5kg(Approx)
<b>Environment</b>	
Working Temperature	-35°C to +70°C
Water Resistance	IP65

Figure (II.11) : Fiche technique modèle All-In-One.

### **II.3.4.2 Luminaires solaires All-In-Two :**

Les luminaires solaires All-In-Two sont des dispositifs d'éclairage extérieur solaires qui séparent les composants essentiels en deux unités distinctes. Contrairement aux luminaires All-In-One, où tous les composants sont intégrés dans une seule unité, les luminaires All-In-Two divisent les composants principaux, offrant ainsi une plus grande flexibilité d'installation et de performance. [30]

#### **II.3.4.2.1 Caractéristiques des luminaires solaires All-In-Two :**

- **Séparation des composants :**

Les luminaires solaires All-In-Two se caractérisent par une séparation distincte des composants essentiels. Les panneaux solaires photovoltaïques sont séparés du luminaire et peuvent être installés à distance, permettant ainsi de placer les panneaux dans des endroits où l'exposition solaire est optimale, même si l'emplacement du luminaire est ombragé. Une batterie rechargeable, souvent logée avec le panneau solaire, stocke l'énergie collectée pendant la journée pour l'utiliser la nuit. La batterie peut être de plus grande capacité en raison de l'espace supplémentaire disponible. Le luminaire contient des ampoules LED haute efficacité pour fournir un éclairage lumineux avec une faible consommation d'énergie. Un contrôleur intelligent, souvent intégré avec le panneau solaire ou le luminaire, gère les fonctions de charge et de décharge de la batterie et régule l'intensité de l'éclairage.

- **Installation flexible :**

La séparation des panneaux solaires et des luminaires permet une installation plus flexible. Les panneaux peuvent être installés à des angles et emplacements optimaux pour maximiser l'exposition solaire, tandis que les luminaires peuvent être positionnés indépendamment selon les besoins d'éclairage.

- **Maintenance facilitée :**

Les composants étant séparés, chaque unité (panneau solaire, batterie, luminaire) peut être entretenue ou remplacée individuellement, ce qui simplifie les opérations de maintenance et de mise à niveau.

- **Performance optimisée :**

La capacité de placer les panneaux solaires dans des positions optimales améliore l'efficacité de la collecte d'énergie solaire, ce qui peut se traduire par une meilleure performance globale du système d'éclairage.

## Chapitre II : Éclairage Solaire

### II.3.4.2.2 Avantages des luminaires solaires All-In-Two :

- En permettant de positionner les panneaux solaires indépendamment du luminaire, les luminaires All-In-Two maximisent la capture de l'énergie solaire, même dans des environnements où les obstructions pourraient limiter l'exposition directe au soleil.
- Les luminaires All-In-Two sont adaptés à une variété de conditions d'installation, rendant possible leur utilisation dans des zones urbaines, rurales et même éloignées.
- Les composants séparés permettent l'utilisation de matériaux et de conceptions robustes, ce qui peut améliorer la durabilité et la longévité du système d'éclairage.
- Les systèmes All-In-Two permettent des mises à jour plus faciles. Par exemple, si la technologie des panneaux solaires ou des batteries s'améliore, il est possible de mettre à niveau ces composants sans remplacer l'ensemble du système.




<b>Référence</b>	<b>IL AIT 80W</b>	
<b>LED Lampe</b>	Haute performance	
Puissance	80W	
Voltage	12V	
Lumen	12800LM (160LM/W)	
Degré kelvin	2700-6500 K	
Angle du faisceau lumineux	140°	
Durée de vie	50 000 Heures	
<b>Panneau Solaire</b>	Haute performance Monocristallin	
Efficacité	18%	
Puissance	160W	
Voltage	18V	<b>Application :</b> 1- Jardin, Domicile, la cour 2- Route principale et avenue 3- Zone minière et stationnement
Durée de vie	25 ans	
<b>Batterie</b>	Lithium LIFE PO4	
Voltage	12,8V	
Ampères à l'heure	75 Ah	
Durée de vie	5-7 ans	
<b>Temps de charge par jour</b>	6 Heures (Suffisamment de luminosité solaire)	
<b>Autonomie</b>	30 Heures	
<b>Contrôleur</b>	Intelligent	
<b>Programme</b>	Disponible avec télécommande	
<b>Capteur de mouvement</b>	Non Disponible	
<b>Interrupteur Manuel</b>	Disponible en télécommande	
<b>Température idéale</b>	-30°C~+70°C	
<b>Matière de la lampe</b>	Haute classe Aluminium	
<b>Étanchéité</b>	IP65	
<b>Hauteur d'installation</b>	8-10 m	
<b>Distance entre luminaire</b>	25-35 m	
	Installation Poteau, Mural, Potence	
<b>Taille Panneau Solaire</b>	650 × 670 × 25 mm	
<b>Taille Produit</b>	575 × 215 × 230 mm	
<b>Poids</b>	9,24KG	
<b>Certificat</b>	CE / ISO / ROHS	
<b>GARANTIE</b>	3 ans	

Figure (II.12) : Fiche technique modèle All-In-Two.



### **II.4 Les avantages et les inconvénients d'éclairage solaire :**

#### **II.4.1 Les avantages d'éclairage solaire :**

- L'éclairage solaire est entièrement autonome et utilise une source d'énergie renouvelable.
- Il permet de réduire les coûts d'exploitation et d'entretien au quotidien.
- L'absence de câbles reliant les piliers permet de ne pas entraver les travaux d'entretien ou de creusement pour d'autres interventions sur la route.
- Les coupures de courant n'affectent pas l'éclairage public, assurant une illumination constante.
- Tous les composants du système ont une longue durée de vie.
- Il n'y a pas de factures mensuelles d'électricité à payer.
- L'éclairage solaire ne génère aucune émission de gaz à effet de serre, contribuant ainsi à la protection de l'environnement.
- Les systèmes d'éclairage solaire peuvent être installés dans des endroits isolés ou difficiles d'accès, sans nécessiter de raccordement au réseau électrique.
- Un éclairage constant dissuade les activités criminelles, améliorant la sécurité dans les zones publiques et privées.
- Les systèmes peuvent être ajustés pour fonctionner à différentes intensités lumineuses selon les besoins spécifiques de chaque site.

#### **II.4.2 Les inconvénients de l'éclairage solaire :**

- L'intensité de la lumière dépend exclusivement de l'ensoleillement reçu.
- Le site d'implantation doit être bien ensoleillé pour garantir une performance optimale.
- Le système ne peut pas produire de nouvelle énergie pendant la nuit, dépendant entièrement de l'énergie stockée.
- L'installation initiale des systèmes d'éclairage solaire peut être coûteuse en comparaison avec les systèmes traditionnels.

Sensibilité aux conditions météorologiques : Les périodes prolongées de mauvais temps ou de faible ensoleillement peuvent réduire l'efficacité de l'éclairage.

Performance saisonnière variable : La variation de la durée des jours et des nuits selon les saisons peut affecter la quantité d'énergie produite et stockée.

- Les batteries solaires ont une capacité limitée et leur performance peut diminuer avec le temps et l'usage intensif.

## **II.5 Conclusion :**

Ce chapitre nous a permis de mieux comprendre les concepts clés de l'éclairage solaire, notamment son fonctionnement, ses avantages et ses différents types de luminaires solaires disponibles sur le marché. Nous avons également examiné les principes de conception et les aspects techniques liés à l'éclairage solaire. En combinant ces connaissances avec celles acquises dans le chapitre précédent sur le photovoltaïque, nous sommes désormais mieux préparés à aborder la phase de réalisation de notre projet de fabrication de luminaires solaires.

*Chapitre III :*

*Conception et Fabrication du Luminaire*

*Solaire*

### **III.1 Introduction :**

Dans ce chapitre, nous examinerons en détail le processus de conception et de fabrication d'un luminaire solaire. Les luminaires solaires sont des dispositifs d'éclairage autonomes qui utilisent l'énergie solaire comme source principale d'alimentation. Leur conception et fabrication nécessitent une compréhension approfondie de divers composants et techniques pour assurer une efficacité optimale et une durée de vie prolongée

### **III.2 Conception et Fabrication du Luminaire Solaire :**

#### **III.2.1 Processus de conception du luminaire solaire :**

La conception d'un luminaire solaire efficace nécessite une sélection rigoureuse des composants et un dimensionnement précis. Les étapes clés sont les suivantes :

##### **III.2.1.1 Choix des composants :**

###### **III.2.1.1.a. Choix du type de lampes :**

La plupart des ampoules utilisées pour l'éclairage ne répondent pas toujours aux attentes en termes de performance, nécessitant souvent d'être éteintes prématurément ou laissant les espaces insuffisamment éclairés. Pour remédier à cette situation, les chercheurs s'efforcent d'améliorer les technologies d'éclairage.

Pour choisir judicieusement le type d'éclairage adapté, plusieurs critères doivent être pris en compte :

###### **➤ Durée de vie :**

Il est crucial d'opter pour des lampes ayant une longue durée de vie afin d'éviter les inconvénients liés aux remplacements fréquents.

###### **➤ Puissance (Watt) :**

Le wattage représente la consommation électrique de l'ampoule ; plus cette valeur est élevée, plus l'ampoule consomme d'électricité.

###### **➤ Indice de rendu des couleurs :**

Les lampes ayant un indice de couleur compris entre 80 et 100 offrent les meilleures performances en termes de restitution fidèle des couleurs.

###### **➤ Efficacité lumineuse :**

À la lumière des critères précédemment exposés, les lampes LED se distinguent comme le choix optimal. Elles sont économiques en termes d'énergie, conservent leurs caractéristiques sur une longue durée et présentent une efficacité lumineuse supérieure. Ainsi, ce type de lampe s'impose comme le meilleur choix.

### Chapitre III : Conception et Fabrication du Luminaire Solaire

lampes	Puissance(W)	Efficacité lumineuse (lm/W)	Température de couleur (K)	Indice de rendu des couleurs (IRC ou Ra)	Durée de vie moyenne (h)	Applications
<b>lampes à décharge</b>						
Lampes a sodium basse pression	10 - 30	45 - 70	2500 - 4000	60 - 90	1000 - 1500	Tunnel
Lampes a sodium haute pression	50 - 500	80 - 150	2000 - 2500	25 - 80	8000 - 24000	voiries
Iodure métalliques	70 - 2000	70 - 100	3000 - 5000	80 - 95	5000 - 8000	Parcs, jardins, etc.
<b>lampes semi-conducteur</b>						
LED	12 - 190	85 - 120	2500 - 6500	75 - 90	50000 - 80000	Eclairage urbain

**Tableau (III.1) :** Caractéristiques des lampes à décharge et des lampes à LED

#### LED :

Sélection de LED haute efficacité pour assurer une lumière vive avec une faible consommation d'énergie.

Le tableau ci-après regroupe quelques luminaires LED qui existent sur le marché national

Modèles	ST-30	SYD-30	TH-30
Hauteur (m)	3 - 5	3 - 5	3 - 6
Puissance (w)	30		
Quantité des LED	1	16	30
Tension (V) DC	9 - 30		
Durée de vie (H)	50000		
Diamètre d'éclairage (m)	15 - 25		
Garantie	1 an		

**Tableau (III.2) :** Différentes luminaires existent dans le marché local. [31]

#### ➤ Critères de LED haute efficacité :

- Faible consommation d'énergie
- Haute luminosité
- Longue durée de vie
- Résistance aux intempéries



**Figure (III.1) :** LED

### Chapitre III : Conception et Fabrication du Luminaire Solaire

#### III.2.1.1.b. Choix du Panneaux solaires photovoltaïques (PV) :

Comme indiqué précédemment, les panneaux monocristallins sont souvent préférés en raison de leur efficacité énergétique supérieure, même dans des conditions de faible luminosité et de leur meilleure performance dans des environnements chauds comme ceux de l'Algérie.

modèles	DP100	DP150	DM100	DM150
Puissance maximale (Wc)	100	150	100	150
Type de cellule	Poly cristallin		Mono cristallin	
Rendement %	14.28	15.30	15.43	14.28
Tension en circuit ouvert Voc (V)	22.1	22.7	22.7	22.5
Courant de court-circuit Icc (A)	6.1	8.75	5.9	6.7
Dimensions(L*H*I)	1075*676*35	1482*676*35	1195*541*35	1482*676*35
Poids (kg)	6	12.5	7.2	10.8
Garantie	2 ans			

Tableau (III-3) : Différents panneaux photovoltaïques existent dans le marché local [31]

#### ➤ Critères :

- Efficacité de conversion élevée
- Durabilité et résistance aux conditions climatiques : Étant donné les conditions environnementales difficiles dans les zones rurales, la durabilité des panneaux solaires est essentielle. Ils doivent être capables de résister à la chaleur, aux vents forts, à la poussière et à d'autres conditions climatiques extrêmes pour assurer une longue durée de vie du système
- Coût abordable



Figure (III.2) : panneau de luminaire All-In-Two

## Chapitre III : Conception et Fabrication du Luminaire Solaire

### III.2.1.1.c. Choix du Batteries :

Choix de batteries adaptées (Li-ion, NiMH, plomb-acide) en fonction de la capacité de stockage nécessaire, de la durée de vie et des exigences de maintenance.

Modelés	SOLAR TECHNOLOGY	SOLAR TECHNOLOGIE	VICTRON
Tension nominale (V)	12		
Capacité nominale (Ah)	100	180	150
La décharge max de batterie	60%	60%	80%
Dure de vie (ans)	5		
Poids 3% (kg)	23.7	45.5	38
Dimension (x*y*z)	304*175*220	513*223*223	410*175*225

Tableau (III-4) : Les batteries existent en marché. [31]

#### ➤ Critères :

- Haute densité énergétique
- Longue durée de vie cyclique
- Faible taux d'autodécharge
- Sécurité et fiabilité



Figure (III.3) : batterie LiFePO4 12V et pile LifePO4 3V

### Chapitre III : Conception et Fabrication du Luminaire Solaire

#### III.2.1.1.d. Contrôleur de charge (régulateur) :

Utilisation d'un contrôleur intelligent pour gérer la charge et la décharge de la batterie, ainsi que pour optimiser l'utilisation de l'énergie solaire.

Model	LS2024B	VS-BN	LS-EPLI
Tension du system (V)	12/24		
Tension du module PV V <sub>co</sub> (V)	50		
Courant du module PV (A)	10		20
Courant de consommation (A)	48	45	9.1
Degré de protection	IP30	IP67	IP68
Dimension (L*T*h)			
Poids (kg)	0.25	0.33	0.25
Garantie	1		

**Tableau (III-5) :** Modèles des régulateurs existents dans le marché international [31]

➤ **Critères :**

- Optimisation de la charge de la batterie
- Gestion efficace de l'énergie solaire
- Protection contre les surcharges et décharges profondes
- Régulation de l'intensité de l'éclairage



**Figure (III.4) :** Contrôleur de charge MPPT



## Chapitre III : Conception et Fabrication du Luminaire Solaire

### III.2.1.1.e. Capteurs :

Intégration de capteurs de mouvement et de luminosité pour ajuster l'éclairage en fonction des besoins et des conditions ambiantes.

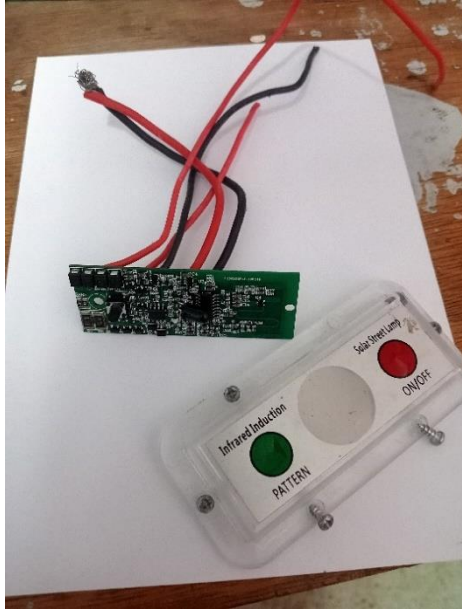


Figure (III.5) : capteur de mouvement

### III.2.1 Techniques de fabrication des luminaires solaires :

#### III.2.1.1 Fabrication des Panneaux Solaires :

- **Assemblage des Cellules** : Les cellules photovoltaïques sont assemblées en modules.
- **Encapsulation** : Les modules sont encapsulés dans des matériaux protecteurs pour les protéger contre les intempéries.
- **Cadre et Boîtier** : Les panneaux sont montés dans des cadres robustes et équipés de boîtiers pour les connexions électriques.



Figure (III.6) : Assemblage des Cellules

### III.2.1.2 Fabrication des Batteries :

- **Assemblage des piles :** Les piles lithium-ion sont assemblées pour former des packs de batteries.
- **Électronique de Protection :** Les packs sont équipés de circuits de protection contre les surcharges et les décharges profondes.
- **Boîtier :** Les packs de batteries sont placés dans des boîtiers étanches et robustes.

### III.2.1.3 Fabrication des Luminaires :

- **LED et Optiques :** Les LED sont montées sur des circuits imprimés avec des optiques pour diriger la lumière.
- **Gestion Thermique :** Des dissipateurs thermiques sont intégrés pour gérer la chaleur produite par les LED.
- **Boîtier :** Les composants sont assemblés dans des boîtiers étanches et robustes.
- **Câblage et connexion :** Effectuer le câblage entre les panneaux solaires, les batteries, les LED et le contrôleur de manière ordonnée et sécurisée.
- **Encapsulation et protection :** Utiliser des matériaux résistants pour encapsuler et protéger les composants électroniques contre les intempéries et les chocs.

### III.2.1.4 Structure, boîtier et support :

Conception d'une structure résistante aux intempéries et durable pour protéger les composants électroniques et les batteries.

Concevoir une structure résistante aux intempéries et durable pour protéger les composants électroniques et les batteries implique plusieurs étapes et considérations. Voici une approche détaillée :

#### 1. Choix des Matériaux :

- **Matériaux Résistants à la Corrosion :**
  - Métaux : Aluminium anodisé, acier inoxydable.
  - Plastiques : Polycarbonate, polypropylène, ABS (Acrylonitrile Butadiène Styrène), PBT (Poly butylène Téréphtalate).
- **Matériaux d'Étanchéité :**
  - Caoutchouc : EPDM (Ethylène Propylène Diène Monomère), silicone.
  - Joints : Joints toriques, joints plats en néoprène ou silicone.

#### 2. Conception de la Structure :

- **Étanchéité :**
  - IP Rating (Indice de Protection) : Conception visant un indice IP65 ou supérieur pour assurer une protection contre la poussière et l'eau.
  - Joints et Scellage : Utilisation de joints toriques et de scellants pour les ouvertures et les points de connexion.
- **Ventilation :**
  - Event de Pression : Utilisation de ventilations à membrane pour équilibrer la pression interne sans laisser entrer l'eau.
  - Convection Naturelle : Conception de fentes ou d'ailettes pour permettre la dissipation de la chaleur tout en évitant l'entrée d'eau.

### **3. Protection Contre les Chocs et Vibrations**

- Absorption des Chocs :
  - Coussinets en Caoutchouc : Intégration de coussinets en caoutchouc aux points de montage des composants internes.
  - Structures d'Amortissement : Utilisation de supports amortisseurs pour les composants sensibles.
- Fixation Robuste :
  - Vis et Boulons : Utilisation de fixations en acier inoxydable pour assurer une tenue durable.
  - Cadres Renforcés : Conception de cadres internes pour maintenir les composants en place.

### **4. Protection Thermique**

- Dissipation de la Chaleur :
  - Radiateurs et Ailettes : Intégration de dissipateurs thermiques pour les composants générant beaucoup de chaleur.
  - Ventilation Active : Si nécessaire, utilisation de ventilateurs étanches pour améliorer la circulation d'air.
- Isolation Thermique :
  - Matériaux Isolants : Utilisation de matériaux isolants pour protéger les composants sensibles aux variations de température.

### **5. Accès et Maintenance**

- Panneaux Amovibles :
  - Facilité d'Accès : Conception de panneaux facilement amovibles pour l'entretien sans compromettre l'étanchéité.
  - Fermetures Étanches : Utilisation de fermetures à leviers ou à vis avec joints pour maintenir l'étanchéité après ouverture.

### **6. Test et Validation**

- Tests d'Étanchéité :
  - Tests IP : Validation de l'indice de protection contre l'eau et la poussière.
  - Tests de Pluie Simulée : Simulation de conditions météorologiques pour vérifier l'étanchéité.
- Tests de Durabilité :
  - Tests de Vibration : Simulation des vibrations pour vérifier la robustesse des fixations et la résistance aux chocs.
  - Tests Thermiques : Exposition à des cycles thermiques pour tester la résistance aux variations de température.

### **7. Normes et Certifications**

- Conformité aux Normes :
  - Normes IP, IK (protection contre les impacts) : Respect des normes internationales pour garantir la qualité et la sécurité.

### Chapitre III : Conception et Fabrication du Luminaire Solaire

- Certifications de Sécurité : Obtention de certifications pertinentes pour l'électronique embarquée et les batteries.



**Figure (III.6) :** Structure de luminaire solaire All-In-One

#### ❖ L'indice de protection IP :

L'indice de protection (IP) est un standard international qui classe le degré de protection qu'offre un boîtier (comme celui des équipements solaires) contre l'intrusion d'objets solides (y compris les mains et les doigts), la poussière, et l'eau.

L'indice IP se compose de deux chiffres : le premier chiffre représente la protection contre les solides, et le deuxième chiffre représente la protection contre les liquides.

Chiffre	Premier Chiffre (Protection contre les solides)	Deuxième Chiffre (Protection contre les liquides)
0	Aucune protection.	Aucune protection.
1	Protégé contre les objets solides de plus de 50 mm.	Protégé contre les gouttes d'eau verticales.
2	Protégé contre les objets solides de plus de 12,5 mm.	Protégé contre les gouttes d'eau verticales lorsque l'appareil est incliné jusqu'à 15°.
3	Protégé contre les objets solides de plus de 2,5 mm.	Protégé contre les projections d'eau jusqu'à 60° de la verticale.
4	Protégé contre les objets solides de plus de 1 mm.	Protégé contre les éclaboussures d'eau de toutes directions.
5	Protégé contre la poussière, niveau limité de pénétration.	Protégé contre les jets d'eau de toutes directions.
6	Étanche à la poussière.	Protégé contre les forts jets d'eau.
7		Protégé contre les effets de l'immersion temporaire (jusqu'à 1 mètre de profondeur).
8		Protégé contre les effets de l'immersion prolongée (au-delà de 1 mètre de profondeur).

**Tableau (III.6) :** Indice IP

❖ **L'indice de résistance aux chocs IK :**

Un autre indice important de la caractérisation mécanique du luminaire est l'indice de résistance aux chocs IK spécifié par le constructeur. 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 comme le montre le tableau III.7.

Indice IK XX	Hauteur (Cm)	Masse de l'objet de choc (g)	Energie (J)
01	10	150	0.15
02	10	200	0.20
03	15	250	0.37
04	20	250	0.50
05	20	300	0.70
06	40	250	1.00
07	40	500	2.00
08	40	1250	5.00
09	40	2500	10.00
10	40	5000	20.00

**Tableau (III.7) :** Indice IK suivant l'énergie du choc

**III.3 Assemblage :**

**Étapes d'assemblage des composants du luminaire solaire**

**III.3.1 Préparation :**

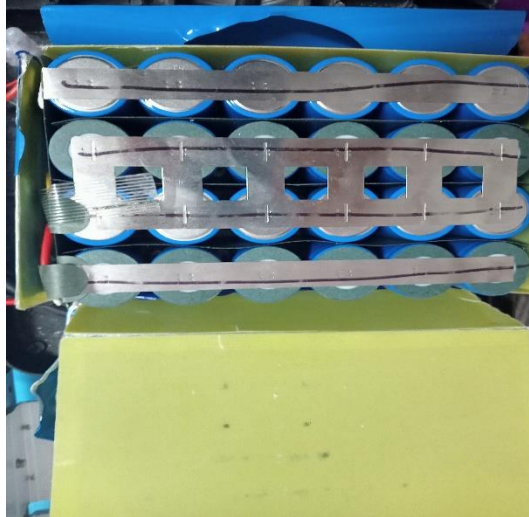
- Vérifier la disponibilité de tous les composants nécessaires.
- Préparer les outils et l'espace de travail.

**III.3.2 Installation des panneaux solaires :**

- Fixer les panneaux solaires sur la partie supérieure du luminaire ou sur une structure séparée, selon le type de luminaire (All-In-One ou All-In-Two).
- S'assurer que les panneaux sont orientés et inclinés correctement pour maximiser l'exposition au soleil.

**III.3.3 Montage des batteries :**

- Placer les batteries dans leur compartiment dédié.
- Connecter les batteries au contrôleur de charge en respectant les polarités.



**Figure (III.7) :** Placer et connecter les batterie (pilles lithium ion)

**III.3.4 Fixation des LED :**

- Installer les LED sur le support prévu, en veillant à une bonne dissipation thermique.
- Connecter les LED au contrôleur.

**III.3.5 Installation du contrôleur de charge :**

- Fixer le contrôleur dans un emplacement accessible pour faciliter les réglages et la maintenance.
- Connecter le contrôleur aux panneaux solaires, aux batteries et aux LED.

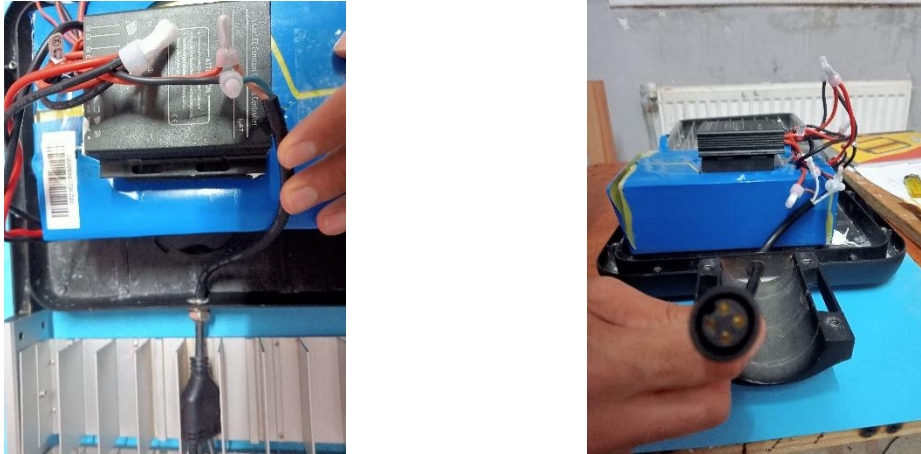


**Figure (III.8) :** Installation du contrôleur de charge



**III.3.6 Câblage et raccordements :**

- Effectuer les connexions électriques entre les panneaux solaires, les batteries, le contrôleur et les LED.
- Utiliser des connecteurs étanches et sécurisés pour protéger les connexions contre les intempéries.



**Figure (III.9) :** connexions électriques

**III.3.7 Encapsulation et protection :**

- Installer des boîtiers de protection autour des composants sensibles.
- S'assurer que toutes les ouvertures sont étanches pour éviter l'infiltration d'eau.



**Figure (III.10) :** boîtier de protection

**III.3.8 Test et vérification :**

- Vérifier toutes les connexions électriques et mécaniques.
- Tester le système en conditions réelles pour s'assurer de son bon fonctionnement.
- Ajuster les paramètres du contrôleur si nécessaire.

### **III.4 Installation :**

L'installation d'un luminaire solaire nécessite une procédure bien planifiée pour garantir une performance optimale et une longue durée de vie.

Quelques les étapes pour l'installation de lampadaire :

#### **Etape 1 : Câbler la lanterne**

Pour rallonger le câble de la lanterne, utilisez un petit tournevis plat et la rallonge de câble fournie dans le kit. Commencez par connecter soigneusement les extrémités du câble de la lanterne à la rallonge. Assurez-vous que les connexions sont bien solides pour éviter tout problème électrique. Vérifiez également l'étanchéité des connexions afin de protéger le système contre l'humidité et les intempéries, garantissant ainsi une utilisation sûre et durable de votre luminaire solaire.



**Figure (III.11) : Câbler la lanterne**

#### **Etape 2 : Fixer la crosse**

Pour installer le câble de la lanterne, faites-le passer à travers la crosse, puis insérez-le dans le trou prévu à cet effet dans le mât. Ensuite, enfitez la crosse sur le mât et fixez-la solidement à l'aide des deux vis situées juste au-dessus du trou de passage pour le câble. Assurez-vous que le câble de la lanterne ressort bien par le haut du mât, facilitant ainsi les connexions ultérieures et garantissant une installation propre et sécurisée.



**Figure (III.12) : la crosse**



### ***Chapitre III : Conception et Fabrication du Luminaire Solaire***

#### **Etape 3 : Fixer la lanterne**

Pour installer la lanterne, placez-la à l'extrémité de la crosse. Fixez-la solidement à l'aide d'une clé Allen, en veillant à ce qu'elle soit bien horizontale. Si nécessaire, ajustez l'inclinaison de la lanterne sur son support pour optimiser l'éclairage. Cela garantit que la lumière est bien répartie et que l'installation est sécurisée et efficace.

#### **Etape 4 : Fixer les rails pour le ou les panneau(x) solaire(s) et fixer le panneau solaire**

Pour fixer le support du panneau, commencez par l'installer solidement sur le mât à l'aide des vis appropriées. Assurez-vous qu'il est bien aligné et stable. Ensuite, montez le panneau solaire sur le support, en vérifiant qu'il est orienté de manière optimale pour capter le maximum de lumière solaire. Cette orientation est essentielle pour maximiser l'efficacité du système et garantir une production d'énergie suffisante.



**Figure (III.14) : Fixer le panneau**



### **III.4 Conclusion :**

En somme, la conception et la fabrication d'un luminaire solaire nécessitent une approche méthodique et rigoureuse pour garantir une efficacité optimale et une durée de vie prolongée. Les étapes cruciales incluent la sélection minutieuse des composants, l'application de techniques de fabrication avancées, et un assemblage précis et sécurisé.

Nous avons abordé les différents aspects de la conception, tels que le choix des LED haute efficacité, des panneaux solaires photovoltaïques monocristallins, des batteries lithium-ion, et des contrôleurs de charge MPPT. Chaque composant joue un rôle essentiel dans la performance globale du luminaire solaire.

La fabrication implique l'assemblage précis des cellules photovoltaïques, l'encapsulation des modules, la production des batteries et la gestion thermique des LED. Des matériaux résistants aux intempéries sont utilisés pour protéger les composants électroniques et assurer une longue durée de vie au système.

L'assemblage final requiert une attention particulière à la connexion et à la protection des composants, ainsi qu'à la vérification du bon fonctionnement du système en conditions réelles.

Ainsi, la réalisation d'un luminaire solaire performant et durable repose sur une compréhension approfondie des technologies et des processus de fabrication, combinée à une exécution soignée et précise.

*Conclusion*  
CONCLUSION

*générale :*  
GÉNÉRALE :

## **Conclusion générale :**

Le titre de notre travail est "Fabrication de luminaire solaire". Dans un contexte où les préoccupations environnementales et la recherche de solutions énergétiques durables et autonomes sont de plus en plus pressantes, ce mémoire propose une approche complète pour la conception, la fabrication et l'optimisation d'un éclairage solaire. Le premier chapitre pose les bases théoriques et contextuelles de la technologie photovoltaïque, définissant son importance croissante dans le domaine des énergies renouvelables et ses diverses applications, les fondements théoriques du phénomène photovoltaïque, et offrant une analyse de l'état actuel et des tendances futures du marché. Le deuxième chapitre est consacré à l'éclairage solaire, soulignant ses diverses applications et les avantages qu'il offre par rapport aux systèmes traditionnels, en expliquant le fonctionnement des systèmes d'éclairage solaire et en présentant les différents types de luminaires solaires avec leurs avantages et inconvénients. Le dernier chapitre se concentre sur la conception et la fabrication du luminaire solaire, décrivant en détail le choix des composants, le dimensionnement, les techniques de fabrication et les étapes d'assemblage.

Pour réaliser ce projet, nous avons effectué un stage dans l'entreprise Ilighting où nous avons appris les procédures et techniques de fabrication de luminaires solaires, et nous avons effectué un autre stage dans le centre de recherche CRTSE où nous avons observé les étapes de fabrication d'une cellule photovoltaïque. Nous aspirions à ce travail pour augmenter le taux d'intégration nationale, diminuer l'importation dans notre pays et réduire le coût des luminaires solaires.

Biographique :

[1] : Transition énergétique en Algérie : l'éclairage public au cœur des efforts pour l'efficacité énergétique,19-12-2023.

[2] : BENHALIMA, M. Développement et Impact des Technologies Solaires en Algérie. Thèse de doctorat,2022.

[3] : Dr Abderrahmane HAMIDAT, 'Le solaire thermique en Algérie : Histoire et perspectives' ,2012.

[4]: Ezéchiél Houndenou, 'CONCEPTION ET REALISATION D'UNE APPLICATION MOBILE DE DIMENSIONNEMENT DE SYSTEME SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE POUR LE BENIN' ,2020.

[5] : Hanine Mounir & Kebir Allel, 'Etude et simulation d'un étage MPPT pour un générateur photovoltaïque à base d'un kit.

[6] : [www.planete-energies.com](http://www.planete-energies.com).

[7] : José Miguel Navaro « Cellules organiques transparentes dans le visible » Thèse de Doctorat, Université de Toulouse III, 2008.

[8] : Hadjab, M, État de l'art technologique des cellules solaires photovoltaïques, Titre du Journal ou de la Conférence,2024.

[9] : International Renewable Energy Agency (IRENA). (2024). Renewable Capacity Statistics 2024.

[10] : Solar Power Europe, Global Market Outlook for Solar Power 2023-2027.

[11] : Ministère de l'Énergie et des Mines, Rapport Annuel sur les Énergies Renouvelables, 2024.

[12] : Agence Nationale pour la Promotion et la Rationalisation de l'Utilisation de l'Énergie (APRUE), Bilan Énergétique National,2023.

[13] : International Energy Agency (IEA),2024. Renewables 2024: Analysis and Forecast to 2030.

[14] : BloombergNEF. (2024). Solar Market Outlook 2024-2030.

[15] : Ministère de l'Énergie et des Mines,Plan National pour les Énergies Renouvelables ,2024.

[16] : Agence Nationale pour la Promotion et la Rationalisation de l'Utilisation de l'Énergie (APRUE). (2024). Stratégie de Développement des Énergies Renouvelables en Algérie.

[17] : Zemouri, F,Intégration de l'Éclairage Solaire dans les Politiques de Développement Urbain à Blida. Mémoire de master, 2021.

- [18] : Samira Khaled, "Analyse des Politiques Publiques pour l'Intégration de l'Éclairage Solaire dans les Zones Rurales en Algérie", Thèse de Doctorat, Université de Béjaïa, Béjaïa, Algérie, 2021.
- [19] : L. Fabian, Travail sur : « Les Panneaux Photovoltaïques », Facultés Universitaires Notre-Dame De La Paix, Namur, (2007).
- [20] : Aboujaafar, Yassine. "Étude et réalisation d'un système d'éclairage public solaire autonome." Mémoire de Master, Université de Tlemcen, 2016.
- [21] : "Référentiel National pour une Lumière de Qualité et Eco énergétique", EDITION 2021.
- [22] : Renewable and Sustainable Energy Reviews, Compact fluorescent lamps in solar applications : Performance and viability, 2017.
- [23] : Electrochemical Society Interface. Halogen lamps in solar lighting : Use cases and efficiency.
- [24] : Springer. High-intensity discharge lamps in solar applications : Analysis and review.
- [25] : Aboujaafar, Y, Étude et réalisation d'un système d'éclairage public solaire autonome, 2016.
- [26] : Renewable and Sustainable Energy Reviews. (2017). Lead-acid batteries for solar energy storage : A review of technical challenges and opportunities.
- [27] : Springer. Review on lithium-ion batteries for energy storage applications.
- [28] : Electrochemical Society Interface. Nickel-Cadmium Batteries : Review and Applications in Solar Energy.
- [29] : Jean Dupont, « Etude et développement d'un régulateur de charge PWM pour systèmes photovoltaïques », Université de Technologie de Compiègne ,2020.
- [30] : BRAHIMI Bilal, BOUHAMED Ala Eddine, ' Etude Comparative entre l'éclairage public classique et l'éclairage solaire photovoltaïque', mémoire de master, 2022.
- [31] : MAHDAD Hassina Ichrak, AHADDAD Mahdi, Etude de fabrication d'un prototype d'éclairage solaire public, 2020.

## Référence des figures :

[1] : <https://www.totalenergies.fr/particuliers/parlons-energie/dossiers-energie/energie-renouvelable/notre-dossier-sur-l-energie-solaire>

[2] : [https://www.choisir.com/medias/2e810670-adobestock\\_25468936](https://www.choisir.com/medias/2e810670-adobestock_25468936).

[3] : <https://www.pce-france.fr/fiches-mesureurs/images/dosimetre-mac-solar-logiciel-3>.

[4] : [https://www.encyclopedie-energie.org/wp-content/uploads/2018/03/art164\\_fig5\\_spectre\\_irradiance.jpg](https://www.encyclopedie-energie.org/wp-content/uploads/2018/03/art164_fig5_spectre_irradiance.jpg)

[5] <https://mypower.engie.fr/energie-solaire/conseils/types-cellules-solaires.html>

[6] : <https://www.energy.gov.dz/?article=programme-de-developpement-des-energies-renouvelables>

[7] : <https://www.solar-advance.ch/comment-ca-marche.html>

[8] : <https://www.novea-energies.com/actualites/linnovation-technologique-au-service-de-nos-solutions-autonomes/>



*Annexe :*

### Evaluation technique de luminaire solaire

<b>Composant</b>	<b>Caractéristiques</b>
<b>Panneau Photovoltaïque</b>	
Fiche technique + Certificat de conformité	Requis
Technologie	Poly-cristallin
Puissance (STC) demandée	Requise
Facteur de forme	≥ 80%
Coefficients de température (P)	-0.1 à -0.5 %/°C
Puissance NOCT	Requise
Rendement	≥ 17%
Dégradation des performances	Figure en fonction du temps
<b>Batterie Solaire</b>	
Fiche technique + Certificat de conformité	Requis
Technologie	Lithium
Autonomie	10 h à 100% sans diminution de luminosité
Courbe de caractérisation de décharge	Requise
Cycles en fonction du pourcentage de décharge	Courbe
<b>Régulateur de Charge de Batterie</b>	
Fiche technique + Certificat de conformité	Requis
Type	MPPT (Maximum Power Point Tracking)
Courant de charge demandé	Requis
VOC maximum demandé	Requis
Tension du système	12-24V
Rendement	≥ 95%
<b>Le Corps (Structure)</b>	
Fiche technique	Requise
Matériau	Tôle en acier
Épaisseur demandée	Requise
Traitement	Thermo-laqué
Dimensions demandées	Requises