

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTRY OF HIGHER EDUCATION

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

AND SCIENTIFIC RESEARCH

HIGHER SCHOOL IN APPLIED  
SCIENCES -TLEMCCEN -



المدرسة العليا في العلوم التطبيقية  
École Supérieure en  
Sciences Appliquées

لمدرسة العليا في العلوم التطبيقية

تلمسان

Mémoire de fin d'étude

Pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur

Filière : Électrotechnique

Spécialité : Energie et environnement

Présenté par : KHELOUFI Fedwa Chmess El Houda

MILOUDI Asmaa

**Etude de l'alimentation électrique des  
infrastructures portuaire de Ghazaouet par  
énergie photovoltaïque.**

Soutenu publiquement, le 25 / 06 /2023 , devant le jury composé de :

Mme. BENAHMED Nadia	Professeur	ESSA. Tlemcen	Présidente
Mme. FARADJI Djamila	MCA	ESSA. Tlemcen	Directeur de mémoire
Née KHERBOUCHE			
Mr. ARGOUB Rachid		UGPP Wilaya de Tlemcen	CO directeur de mémoire
Mme. BOUSMAHA Imene	MCA	ESSA. Tlemcen	Examineur 1
Mr. MEGNAFI Hichem	MCA	ESSA. Tlemcen	Examineur 2

Année Universitaire 2022/2023

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

## REMERCIEMENTS

En guise de reconnaissance, je tiens à témoigner mes sincères remerciements à toutes les personnes qui ont contribués de près ou de loin au bon déroulement de mon stage de fin d'étude et à l'élaboration de ce modeste travail.

Mes sincères gratitudes à Madame FARADJI Djamilia pour la qualité de son enseignement, ses conseils et son intérêt incontestable qu'il porte à tous les étudiants ainsi que et Monsieur ARGOUB Rachid.

Notre reconnaissance s'adresse également aux membres du jury, à savoir Madame Nadia BENAHMED, Madame Imene Souhila BOUSMHA et Monsieur Hichem MEGHNAFI, pour l'attention soutenue qu'ils ont portée à ce travail. Nous témoignons aussi toute notre gratitude envers tout le personnel de l'Ecole Supérieur en Science Appliqué de Tlemcen qui veille à assurer une formation de qualité aux étudiants

Je tiens à remercier l'ensemble du personnel de La Société de Gestion des Ports de Pêche pour leur patience, leurs conseils pleins de sens et pour le suivi et l'intérêt qu'ils ont portaient à mes travaux.

Dans l'impossibilité de citer tous les noms, nos sincères remerciements vont à tous ceux et celles, qui de près ou de loin, ont permis par leurs conseils et leurs compétences la réalisation de ce mémoire

Enfin, je n'oserais oublier de remercier tout le corps professoral de l'école supérieure en science appliquées ESSAT pour le travail énorme qu'il effectue pour nous créer les conditions les plus favorables pour le déroulement de nos études.

## *Dédicaces*

*A Allah Tout puissant*

*Qui m'a inspiré*

*Qui m'a guidé dans le bon chemin*

*Je vous dois ce que je suis devenue*

*A L'âme de mon grand - père chéri, Kheloufi Lhadj Larbi Que ce travail soit le témoignage de mes pensées indéfectibles à ta mémoire. Puisse Dieu le tout puissant, t'accueille dans Son Eternel Paradis. Que Dieu te bénisse.*

*A ma grande mère, Meymti, Que dieu te protège*

*A mes très chers parents*

*Ce modeste travail est le fruit de tous sacrifices déployés pour notre éducation. Vous avez toujours souhaité le meilleur pour nous. Vous avez fourni beaucoup d'efforts aussi bien physiques que moraux à notre égard. Je vous adore. Puisse ALLAH m'aider pour rendre un peu soit - il de ce que vous m'avez donné .*

*A mes sœurs A mes nièces IBTIHEL et AFNANE et mes neveux WASSIM , BARAA et ANES vous préserve de tout mal , vous protège et t'accorde tout ce que vous désirez .*

*A toute la famille KHELOUFI*

*En témoignage de ma gratitude et de mon affection la plus sincère, je vous dédie ce travail. Que dieu vous protège et vous procure bonheur, santé et prospérité.*

*A mes très chères amies*

*Rajaa, Batita, Fatima ,Souhila ,Asma ,Bouchra, Rizlen ,Najwa , Yousra , Sihem, Hadjer ,Ikram et Nour Je dédie ce travail à toutes nos préparations , les jours et les nuits blanches , nos larmes et nos fous rires , nos déceptions et nos éclats de joie . A tous les moments qu'on a passés ensemble .A notre belle amitié. A tous les moments agréables, inoubliables que nous avons vécus ensemble, Que dieu vous comble de bonheur et vous protège. A tous ceux dont l'oubli du nom n'est pas celui du cœur.*

***KHELOUFI Fedwa Chemss El Houda***

## **Dédicaces**

*Je remercie tout d'abord Allah, le Tout-Puissant, pour m'avoir accordé le courage et la patience nécessaires pour accomplir ce travail malgré les difficultés rencontrées.*

### **Mon père**

*Je dédie ce travail à mon père **MILOUDI Djilali**, qui m'a toujours soutenu dans mes efforts vers la réussite, que ce soit dans les études ou dans les défis de la vie. Il est la source d'inspiration et de force qui me pousse à persévérer et à tendre vers le succès. Lorsque j'aurai obtenu mon diplôme de premier cycle, j'espère avoir exaucé votre souhait.*

*Votre amour et votre soutien resteront à jamais dans mon cœur. Je t'offre ce travail, cher père, dans l'espoir que tu te sentiras fier de moi.*

### **Ma mère**

*Je dédie ce travail à ma mère **MILOUDI Fatima**, grâce à qui j'ai étudié et réalisé mes rêves. Elle m'a encouragé tout le temps et m'a donné tout ce dont j'avais besoin sans refuser une demande. Je t'aime maman et j'espère que tu es fière de moi, et j'espère que ma réussite est le fruit de tes efforts qui n'ont pas été vains.*

### **Mes frères**

*Je dédie ce travail à mes frères **Abderrahmane** et **Younes**. Vous avez été mes piliers et ma source de soutien constant. Votre présence et vos encouragements m'ont donné la force de persévérer et de réaliser mes objectifs. Merci d'être là pour moi et de partager cette belle aventure.*

### **Mes amies**

*Je dédie ce travail à **mes amies**, en particulier à **mes amies de la résidence universitaire**. Vous avez été de formidables compagnes et amies tout au long de cette période d'études. Merci pour votre soutien et vos encouragements constants, ainsi que pour les moments merveilleux que nous avons passés ensemble. Je nous souhaite à tout un avenir rempli de réussite et de bonheur.*

**MILOUDI Asmaa**

## Résumé

Les énergies renouvelables connaissent une utilisation croissante dans les zones industrielles combustibles fossiles et les préoccupations liées au réchauffement climatique.

Ce mémoire présente une étude portant sur l'utilisation d'un systèmes hybrides photovoltaïques raccordés au réseau dans le contexte spécifique du Port Ghazaouet située à Tlemcen. L'objectif de cette étude est de fournir l'énergie électrique nécessaire pour alimenter les infrastructures portuaires Ghazaouet. Le logiciel HOMER Pro a été utilisé afin de simuler et d'optimiser la faisabilité technique et économique du système.

Cette approche a permis de déterminer la configuration optimale du système hybride photovoltaïque-réseau, tout en fournissant un aperçu succinct des émissions de gaz à effet de serre associées. Ces résultats sont présentés dans le cadre d'une démarche académique universitaire visant à explorer les possibilités offertes par l'intégration de sources d'énergie renouvelable dans les zones industrielles.

**Mots Clé : énergie renouvelable, système hybride, panneau photovoltaïque, réseau électrique.**

## Abstract

Renewable energies are experiencing increasing utilization in fossil fuel-intensive industrial areas due to concerns related to climate change.

This dissertation presents a study focusing on the use of grid-connected photovoltaic hybrid systems in the specific context of port infrastructure Ghazaouet located in Tlemcen. The objective of this study is to provide the necessary electrical energy to power the port. The HOMER Pro software was used to simulate and optimize the technical and economic feasibility of the system.

This approach helped determine the optimal configuration of the photovoltaic-grid hybrid system while providing a brief overview of associated greenhouse gas emissions. These results are presented within the framework of an academic university endeavor aimed at exploring the possibilities offered by the integration of renewable energy sources in industrial zones.

**Key Words: renewable energy, hybrid system, photovoltaic panel, electrical grid.**

## ملخص

في الوقت الحاضر، تشهد الطاقات المتجددة استخدامًا متزايدًا في المناطق الصناعية نظرًا لنضوب موارد الوقود والمخاوف المتعلقة بالتغير المناخي. يقدم هذا البحث دراسة مركزة حول استخدام أنظمة الطاقة الشمسية الهجينة المتصلة بالشبكة في سياق البنية التحتية لميناء غزوات الموجود في تلمسان. كان هدف هذه الدراسة توفير الطاقة الكهربائية اللازمة لتشغيل الميناء. ولمحاكاة وتحسين الجدوى التقنية والاقتصادية للنظام، تم استخدام برنامج هومر برو. تمكنت هذه النهج من تحديد التكوين الأمثل لنظام الطاقة الشمسية الهجينة المتصل بالشبكة، مع توفير نظرة موجزة عن انبعاثات غازات الاحتباس الحراري المرتبطة. تم تقديم هذه النتائج في إطار نهج أكاديمي وشامل يهدف إلى استكشاف الإمكانيات التي يوفرها دمج مصادر الطاقة المتجددة في المناطق الصناعية

**الكلمات الرئيسية: الطاقة المتجددة، النظام الهجين، لوح الخلايا الكهروضوئية، الشبكة الكهربائية**



# Table des matières

---

Introduction générale .....	1
Chapitre I Généralités sur les énergies renouvelables.....	4
I.1 Les sources des énergies .....	4
I.1.1 Énergie solaire.....	4
I.1.2 Énergie éolienne .....	4
I.1.3 Énergie biomasse.....	5
I.1.4 Énergie thermique .....	5
I.1.5 Énergie hydraulique .....	6
I.1.6 Énergie géothermique.....	6
I.1.7 Énergie nucléaire .....	7
I.2 L'énergie photovoltaïque .....	8
I.2.1 Historique de l'énergie photovoltaïque.....	8
I.2.2 Le système photovoltaïque .....	8
I.2.2.1 La production d'énergie.....	9
I.2.2.2 Contrôle d'énergie .....	9
I.2.2.3 L'utilisation de l'énergie .....	9
I.2.2.4 Les différents types de système photovoltaïque .....	10
I.3 Conversion de l'énergie.....	10
I.3.1 Les cellules photovoltaïque.....	11
I.3.2 Les caractéristiques d'une cellule solaire.....	13
I.3.3 Principe de fonctionnement .....	14
I.3.4 Les technologies des cellules solaires.....	14
I.3.5 Le raccordement des cellules au module .....	16
I.3.6 Les caractéristiques des modules.....	17
I.3.7 La protection du module .....	18
I.3.8 Un champ photovoltaïque .....	19
I.4 Régulateur de charge .....	19
I.5 Onduleur .....	20
I.5.1 Caractéristiques de l'onduleur .....	20
I.5.2 Les types de l'onduleur.....	21
I.6 Le stockage d'énergie .....	23
I.6.1 Définition d'une batterie .....	23
I.6.2 Rôle d'une batterie.....	24
I.6.3 Les caractéristiques d'une batterie .....	25



# Table des matières

I.6.4 Les types de batteries solaires.....	28
I.7 Contrôleur.....	29
I.8 La charge.....	30
I.9 Les avantages et les inconvénients de l'énergie photovoltaïque.....	30
Conclusion .....	31
Chapitre II : Présentation des infrastructures portuaires .....	33
II.1 Présentation PORT GHAZAOUET .....	33
II.1.1 Création de l'entreprise .....	33
II.1.2 Organisation de l'entreprise.....	34
II.1.3 Activité de la société .....	36
II.1.3.1 Activités de service public [25].....	36
II.1.3.2 Activités Commerciales .....	36
II.2 Cahier de charge .....	38
II.2.1 Organisme .....	38
II.2.2 Sujet.....	38
II.2.3 Objectifs .....	38
II.2.4 Description .....	38
II.3 Les infrastructures portuaires.....	39
II.3.1 La fabrication des glaces.....	39
II.3.2 Les stations gasoil.....	39
II.3.3 Espace de vente .....	40
Conclusion .....	41
Chapitre III : Dimensionnement du champ photovoltaïque.....	43
III.1 Dimensionnement de l'installation .....	43
III.1.1 Etude technique.....	43
III.1.2 Collecte des données .....	43
III.1.3 Dimensionnement des équipements du système photovoltaïque .....	44
III.1.3.1 Présentation du site .....	44
III.1.3.2 Localisation de site.....	45
III.1.3.3 Estimation des besoins journalière .....	45
III.1.3.4 Potentiel solaire.....	46
III.1.3.5 Dimensionnement du système de génération photovoltaïque.....	46
III.1.4.6 Système de stockage.....	49
III.1.4.7 Régulateur .....	51
III.1.4.8 Convertisseurs.....	51

# Table des matières

III.1.4.9 Les câbles.....	52
III.2 Application.....	53
III.2.1 Evaluation de la consommation.....	53
III.2.2 L'angle d'inclinaison optimale pour le panneau.....	54
III.2.3 Dimensionnement de champ photovoltaïque .....	54
III.2.4 Dimensionnement de la batterie de stockage .....	56
III.2.5 Choix du régulateur de charge .....	56
III.2.6 Choix de l'onduleur .....	57
III.2.7 Choix des câbles .....	57
Conclusion .....	59
Chapitre IV : Simulation par HOMER PRO .....	62
IV.1 Application du logiciel HOMER pour l'optimisation : PORTGHAZAOUET.....	62
IV.1.1 Présentation de l'outil de simulation.....	62
IV.2 L'emplacement choisi.....	63
IV.3 La construction de système hybride photovoltaïque – réseau.....	66
IV.3.1 Modélisation de panneaux solaires photovoltaïques.....	67
IV.3.2 Modélisation de batteries solaires.....	67
IV.3.3 Modélisation de convertisseur.....	68
IV.3.4 Modélisation du réseau .....	68
IV.4 Résultats et interprétations.....	69
IV.4.1 La production PV et la consommation du système.....	70
IV.4.2 Résultat de convertisseur.....	71
IV.4.3 Résultat sur les batteries.....	71
IV.4.4 Résultats du champ PV .....	72
IV.4.5 Résultats sur le réseau .....	73
IV.4.6 Résultats sur les émissions (aspect écologique et environnemental) .....	73
Conclusion .....	74
Conclusion générale.....	76

# Liste des figures

---

## Liste des figures :

Figure I.1:Centrale thermique à combustibles .....	6
Figure I.2:Central géothermique.....	7
Figure I.3:Centrale nucléaire.....	7
Figure I.4:Le système photovoltaïque .....	8
Figure I.5:La conversion d'énergie électrique .....	1
Figure I.6:Schéma électrique équivalent panneau solaire .....	12
Figure I.7:La courbe I(V).....	13
Figure I.8:Le principe de fonctionnement d'une cellule .....	14
Figure I.9:Les types des cellules [12].....	15
Figure I.10 : raccordement des cellules en série.....	16
Figure I.11:raccordement des cellules en parallèle.....	17
Figure I.12:protection des cellules contre la tension inverse [14].....	19
Figure I.13:protection des modules par des diodes [14] .....	19
Figure I.14 :Schéma symbolique d'un onduleur [15] .....	20
Figure I.15 : Alimentation sans coupure.....	22
Figure I.16:convertisseur de fréquence.....	22
Figure I.17:Batterie solaire .....	24
Figure I.18 : État de charge et profondeur de décharge d'une batterie.....	24
Figure I.19:Batterie solaire au plomb-acide.....	28
Figure I.20:Batterie solaire lithium-ion .....	29
Figure I.21:Batterie solaire au NiCd [23] .....	29
Figure II.1:Organigramme de l'entreprise [24] .....	33
Figure II.2:Organigramme de l'entreprise [24] .....	336
Figure II.3:Glacier de la pecherie.....	40
Figure II.4: Station NAFTAL .....	41
Figure II.5 :halle de vente .....	42
Figure II.6: Les équipements existants [24].....	42
Figure IV.1:L'écran d'accueil Homer Pro .....	65
Figure IV.2:Rayonnement solaire mensuel de la commune Ghazaouet-Tlemcen .....	66
Figure IV.3:La consommation annuelle totale .....	66
Figure IV.4:Profil de charge .....	67
Figure IV.5:Profil de charge annuelle.....	67
Figure IV.6:Profil de charge journalier suivant les saisons.....	68
Figure IV.7:Configuration de l'installation à dimensionner .....	68
Figure IV.8:caractéristiques de module solaires photovoltaïques.....	69
Figure IV.9:Batterie choisie parmi les modèles de HOMER Pro .....	69
Figure IV.10:Convertisseur choisie parmi les modèles de HOMER Pro.....	70

## Liste des figures

---

<b>Figure IV.11:Paramètres réseau introduit dans le modèle de HOMER Pro.....</b>	<b>70</b>
<b>Figure IV.12 :Les nombre de solutions simulé par HOMER Pro .....</b>	<b>71</b>
<b>Figure IV.13:Les solutions les plus optimales .....</b>	<b>71</b>
<b>Figure IV.14:la production électrique totale mensuelle .....</b>	<b>72</b>
<b>Figure IV.15:Energie électrique produite par le système .....</b>	<b>72</b>
<b>Figure IV.16:Puissance de l'onduleur.....</b>	<b>73</b>
<b>Figure IV.17:état de charge moyenne journalière et mensuelle des batteries.....</b>	<b>74</b>
<b>Figure IV.18:Puissance journalière moyenne délivré par les générateur PV.....</b>	<b>74</b>
<b>Figure IV.19:Indication puissance de réseau .....</b>	<b>75</b>
<b>Figure IV.20:La quantité des gaz émis par le système .....</b>	<b>76</b>

# Liste des tableaux et abréviation

---

## *Liste des tableaux :*

Tableau 1:La tension du champ en fonction de la puissance crête.....	49
Tableau 2:La consommation globale et le coût de consommation de cale de halage.....	55
Tableau 3:Caractéristiques électriques du module photovoltaïque condor CEM200M-72.....	57
Tableau 4:Caractéristique mécaniques du module photovoltaïque condor CEM200M-72.....	57
Tableau 5:Tableau récapitulative des résultats obtenus .....	61

## *Liste des abréviations :*

**PV : Photovoltaïque**

**BT : Basse Tension**

**HTA : Haut Tension**

**DC : Courant Continu**

**MPP : Maximal Power Point**

**VOC : Tension circuit ouvert**

**ICC : Courant court circuit**

**SOC : Etat de charge**

**DOD : La profondeur de décharge**

**NREL : National Renewable Energy Laboratory**

# **INTRODUCTION GENERALE**

# Introduction générale

---

## **Introduction générale :**

Les énergies renouvelables offrent une solution prometteuse pour réduire la pollution. Parmi les différentes sources de production, telles que l'éolien et l'hydraulique, l'énergie photovoltaïque (PV) se présente aujourd'hui comme la plus adaptée et avancée pour la production d'électricité d'origine renouvelable dans les foyers. De plus, la libéralisation du marché de l'électricité entraîne des changements majeurs dans le secteur de l'énergie, favorisant la multiplication de producteurs indépendants et de productions décentralisées.

Les énergies renouvelables font référence à des sources d'énergie provenant du soleil, du vent, de la chaleur de la terre, de l'eau ou de la biomasse. La filière étudiée dans ce mémoire concerne spécifiquement l'énergie solaire photovoltaïque. L'énergie solaire photovoltaïque (PV) connaît une croissance significative ces dernières années en raison de son caractère inépuisable, de son absence de pollution pour l'environnement, de son silence et de son impact limité sur les riverains. Le déploiement rapide de l'énergie solaire s'est manifesté par l'installation progressive de petits systèmes raccordés au réseau basse tension (BT) ainsi que de parcs solaires connectés directement au réseau moyenne tension (HTA).

Toutefois, il convient de noter que le raccordement des systèmes photovoltaïques (PV) au réseau de distribution peut entraîner certains impacts sur les réseaux électriques. Ces impacts peuvent se manifester par des changements dans les flux de puissance, tant dans le sens de l'approvisionnement que dans le sens de la consommation, ainsi que des variations de la tension, des considérations liées à la protection, des effets sur la qualité de l'énergie et des implications pour la planification du réseau. D'autre part, il est important de souligner que les caractéristiques, le fonctionnement et les perturbations sur les réseaux de distribution peuvent également avoir une influence sur le fonctionnement des systèmes photovoltaïques.

Le but de ce travail est la conception d'un système de conditionnement pour raccorder les systèmes photovoltaïques et le réseau électrique. La rédaction de notre mémoire se compose de quatre chapitres :

Le premier chapitre est consacré à des généralités sur l'énergie photovoltaïque et son historique dans le développement. Nous décrivons, le principe de la conversion photovoltaïque, les différents types de cellules photovoltaïques ainsi que le principe de fonctionnement de ces cellules. Nous présentons aussi les différents types de systèmes photovoltaïques qu'ils soient autonomes ou connectés au réseau.

# Introduction générale

---

Dans le deuxième chapitre nous avons présenté l'entreprise PORT GHAZAOUET et leur infrastructure ainsi leur activité en détails.

Le troisième chapitre, intitulé "Dimensionnement d'une installation photovoltaïque-réseau", se concentre sur le processus de dimensionnement du système photovoltaïque hybride. Dans ce chapitre, nous appliquerons une méthode itérative basée sur les données météorologiques spécifiques du site étudié, telles que l'irradiation solaire, l'inclinaison des panneaux solaires et la température, ainsi que les besoins énergétiques du port. L'objectif principal de ce chapitre est de déterminer de manière précise et optimale la capacité et la configuration du système photovoltaïque hybride, en prenant en compte les conditions locales et les exigences énergétiques spécifiques du port.

Le quatrième chapitre de cette mémoire se concentre sur la simulation d'un système photovoltaïque connecté au réseau, en utilisant le logiciel HOMER PRO. Ce logiciel est un outil avancé pour l'optimisation des systèmes alimentés par des énergies renouvelables, et son fonctionnement est expliqué en détail. Dans ce chapitre, nous présentons également les différents résultats obtenus grâce à l'utilisation du logiciel, en mettant en évidence leur interprétation et leur signification.

Enfin, nous exposons les principales conclusions de cette recherche, ainsi que les perspectives qui en découlent. Une conclusion générale est également proposée, offrant un résumé des résultats clés et soulignant l'importance de cette étude dans le contexte plus large de l'intégration des énergies renouvelables dans les systèmes énergétiques.



# CHAPITRE I

## GENERALITES SUR L'ENERGIE PHOTOVOLTAIQUE

## Chapitre I Généralités sur les énergies renouvelables

La demande croissante d'énergie alternative renouvelable suscite des préoccupations mondiales. Les énergies renouvelables, telles que l'hydroélectricité, la géothermie, l'éolien, la biomasse et le photovoltaïque, sont essentielles pour une production d'électricité durable. L'énergie solaire photovoltaïque, en particulier, présente de nombreux avantages tels que sa non-pollution, sa flexibilité et sa fiabilité, et peut répondre aux besoins énergétiques futurs. Elle est idéale pour les zones éloignées ou non raccordées aux réseaux de distribution.

Dans ce chapitre, nous présentons différentes notions fondamentales liées à l'énergie photovoltaïque, notamment les principes de fonctionnement d'une cellule photovoltaïque et les différents types de systèmes photovoltaïques et des divers composants de système.

### I.1 Les sources des énergies

#### I.1.1 Énergie solaire

L'énergie solaire peut être définie comme une forme d'énergie renouvelable produite à partir de la lumière et de la chaleur du soleil. Elle se distingue par sa capacité à être produite de manière continue, abondante et non polluante, et constitue ainsi une alternative viable aux combustibles fossiles qui sont limités en quantité et génèrent des émissions nocives pour l'environnement.

La technologie de production d'énergie solaire est basée sur la transformation de l'énergie solaire en électricité ou en chaleur utilisable par le biais de différents dispositifs tels que les panneaux photovoltaïques ou les centrales solaires thermiques. Les panneaux photovoltaïques convertissent directement l'énergie solaire en électricité à travers des cellules photovoltaïques, tandis que les centrales solaires thermiques utilisent des miroirs pour concentrer la lumière du soleil sur des fluides pour générer de la chaleur, qui est ensuite transformée en électricité.

#### I.1.2 Énergie éolienne

L'énergie éolienne est une énergie "renouvelable" non dégradée, géographiquement diffuse, et surtout en corrélation saisonnière (l'énergie électrique est largement plus demandée en hiver et c'est souvent à cette période que la moyenne des vitesses des vents est la plus élevée). De plus, c'est une énergie qui ne produit aucun rejet atmosphérique ni déchet radioactif. Elle est toutefois aléatoire dans le temps et son captage reste assez complexe, nécessitant des mâts et des pales de grandes dimensions (jusqu'à 60m pour des éoliennes de plusieurs mégawatts) dans des zones géographiquement dégagées pour éviter les phénomènes de turbulences [01].

### I.1.3 Énergie biomasse

La biomasse est la matière organique d'origine végétale (micro algues incluses), animale, bactérienne ou fongique (champignons), utilisable comme source d'énergie (bioénergies). Cette énergie peut en être extraite par combustion directe (ex: bois énergie), ou par combustion après un processus de transformation de la matière première, par exemple la méthanisation (biogaz, ou sa version épurée le bio méthane) ou d'autres transformations chimiques (dont la pyrolyse, la carbonisation hydrothermale et les méthodes de production de biocarburant ou «agro carburants»). Trois modes de valorisations de la biomasse (Co) existent : thermique, chimique et biochimique [2].

### I.1.4 Énergie thermique

L'énergie thermique peut être utilisée pour la production d'électricité à travers différentes technologies telles que les centrales thermiques à combustibles fossiles, les centrales nucléaires, les centrales géothermiques, etc.

- **Les centrales thermiques à combustibles :**

Sont des installations qui produisent de l'électricité en utilisant de l'énergie thermique générée par la combustion de combustibles fossiles tels que le charbon, le pétrole ou le gaz naturel. Le processus de combustion chauffe de l'eau pour produire de la vapeur, qui est ensuite utilisée pour faire tourner une turbine qui génère de l'électricité. Bien que les centrales thermiques à combustibles soient une source importante d'électricité dans de nombreux pays, leur utilisation est souvent critiquée en raison de leur impact environnemental négatif, notamment en termes d'émissions de gaz à effet de serre et de pollution de l'air.

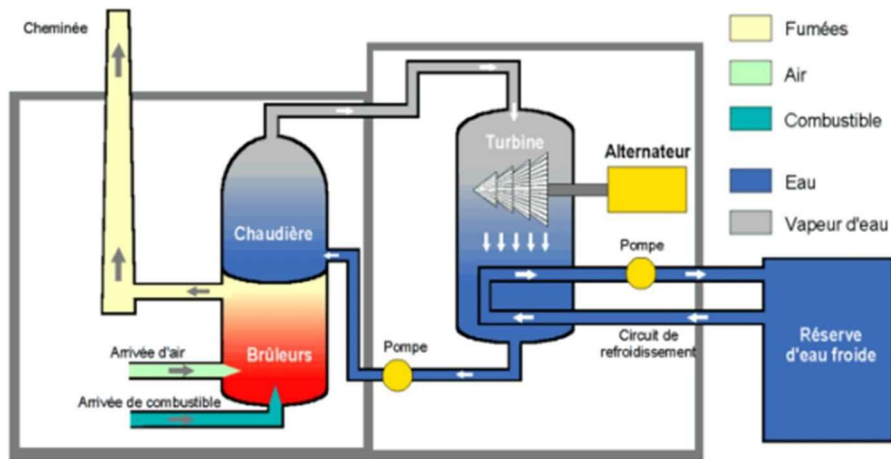


Figure I.1: Centrale thermique à combustibles

### I.1.5 Énergie hydraulique

L'énergie hydraulique est une énergie verte qui est produite à partir de la force de l'eau en mouvement, généralement sous forme de chute d'eau ou de rivière. Elle est convertie en énergie mécanique à l'aide d'une turbine qui entraîne un générateur électrique pour produire de l'électricité. Cette énergie est souvent utilisée pour alimenter des villes ou des industries.

### I.1.6 Énergie géothermique

L'énergie géothermique est une énergie propre qui tire parti de la chaleur naturelle générée par la Terre. Elle est extraite du sol à l'aide de puits géothermiques qui sont forés dans des zones où la température est suffisamment élevée pour produire de l'eau chaude ou de la vapeur. Cette eau chaude ou cette vapeur est ensuite utilisée pour faire tourner une turbine qui génère de l'électricité.

- **Les centrales géothermiques :**

Les centrales géothermiques sont des structures de production d'électricité qui exploitent la chaleur naturelle de la Terre en utilisant différentes sources. Cette chaleur est extraite à partir de réservoirs géothermiques d'eau chaude situés en profondeur sous la surface de la terre ou encore de zones géologiques chaudes, telles que les zones volcaniques. Les centrales géothermiques fonctionnent en utilisant des fluides géothermiques, tels que l'eau chaude et la vapeur, pour produire de l'électricité. Ces fluides sont extraits à partir de réservoirs géothermiques d'eau chaude ou de zones géologiques chaudes, puis transportés à la centrale géothermique où ils sont utilisés pour entraîner des turbines. Une fois utilisés, les fluides sont

réinjectés dans le réservoir géothermique pour maintenir la pression et la température de celui-ci.

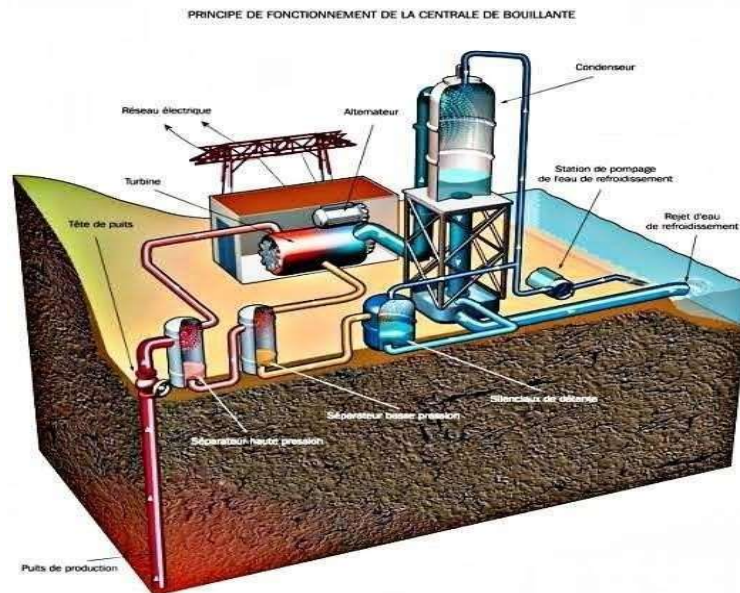


Figure I.2:Central géothermique

### I.1.7 Énergie nucléaire

- Les centrales nucléaires :

Une centrale nucléaire est une usine de production d'électricité. Elle utilise pour cela la chaleur libérée par l'uranium qui constitue le "combustible nucléaire". Son principe est le même que celui utilisé dans les centrales thermiques classiques fonctionnant avec d'autres combustibles comme source de chaleur : le charbon, le pétrole ou le gaz. L'objectif est de faire chauffer de l'eau afin d'obtenir de la vapeur. La pression de la vapeur permet de faire tourner à grande vitesse une turbine, laquelle entraîne un alternateur qui produit de l'électricité [3].

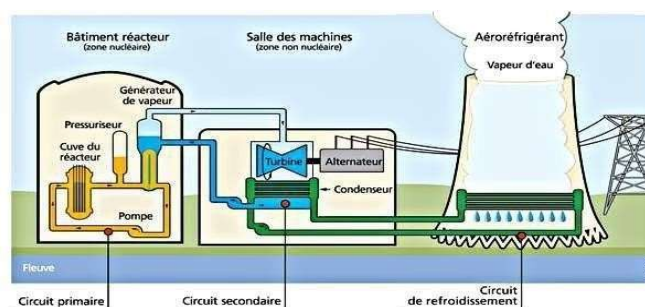


Figure I.3:Centrale nucléaire

## I.2 L'énergie photovoltaïque

### I.2.1 Historique de l'énergie photovoltaïque

L'énergie solaire photovoltaïque est basée sur l'effet photovoltaïque, découvert en 1839 par Antoine César Becquerel. Elle permet de convertir l'énergie lumineuse en électricité en utilisant les photons pour libérer les électrons et créer une différence de potentiel. L'énergie solaire est disponible partout sur Terre, avec une moyenne de 3 kWh par mètre carré en Europe. Les premières applications ont eu lieu dans les années 60 avec les satellites spatiaux, puis se sont étendues à l'électrification des sites isolés. La conversion photovoltaïque est considérée comme une solution d'approvisionnement énergétique renouvelable et devrait jouer un rôle croissant dans le mix énergétique mondial. Les installations photovoltaïques sont mesurées en Watt-crête (Wc) et le rendement électrique des modules varie de 5% à 15%. Le silicium est le matériau semi-conducteur le plus couramment utilisé pour atteindre le meilleur rendement de conversion de l'énergie solaire en électricité [4].

### I.2.2 Le système photovoltaïque :

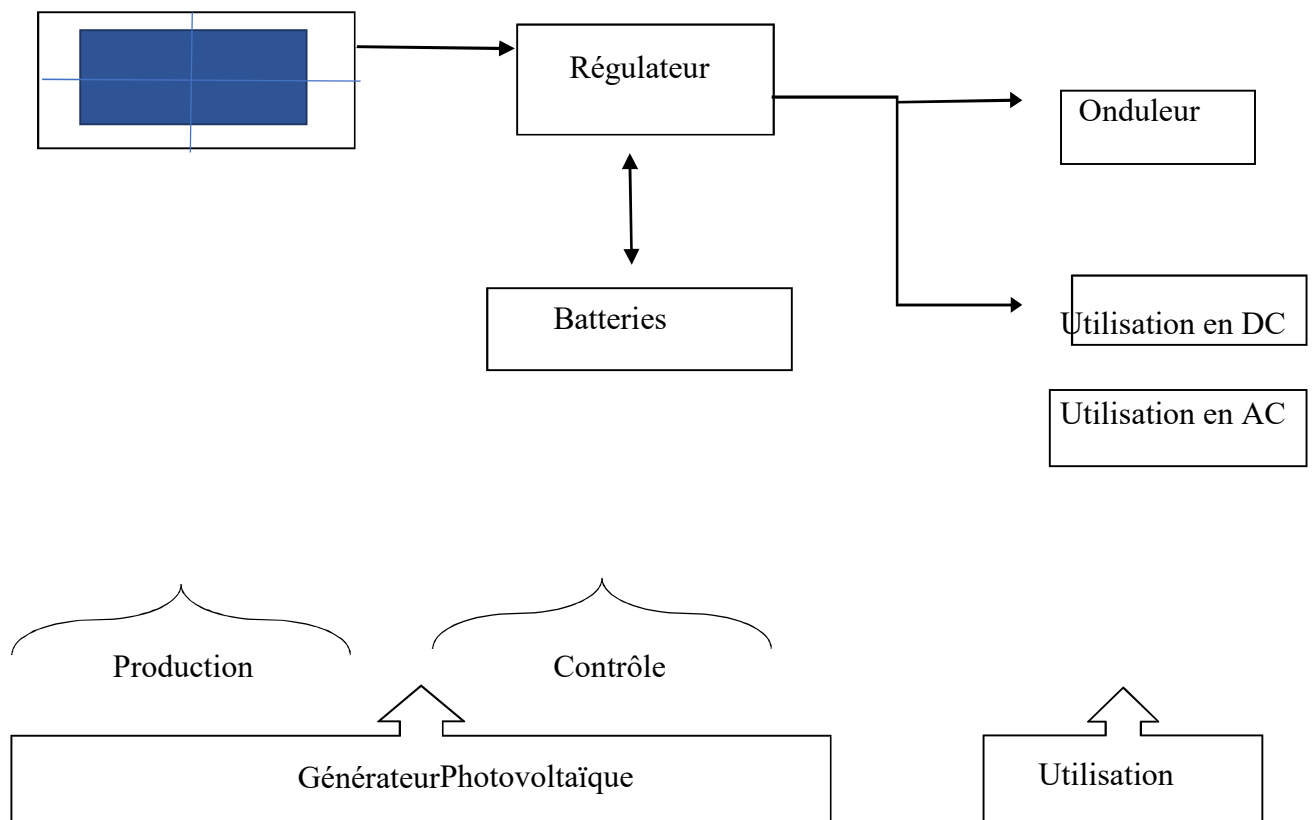


Figure I.4: Le système photovoltaïque

Tout système photovoltaïque peut être divisé en trois composantes distinctes : une partie dédiée à la production d'énergie, une autre partie consacrée au contrôle de cette énergie, et enfin une partie dédiée à l'utilisation de l'énergie produite. Une analyse approfondie de chacune de ces fonctions est primordiale pour la conception et la mise en place d'un système photovoltaïque fiable sur le plan technique.

### **I.2.2.1 La production d'énergie**

La partie consacrée à la production d'énergie solaire dans un système photovoltaïque se compose principalement d'un ou plusieurs modules photovoltaïques. Ces modules, qui sont composés d'un assemblage de cellules photovoltaïques, assurent la conversion de l'énergie solaire en électricité. Il convient de noter que chaque module photovoltaïque se comporte comme un générateur de courant continu (DC), et lorsqu'il est connecté à une batterie de 12V, cette dernière imposera sa tension au module [5].

### **I.2.2.2 Contrôle d'énergie**

La quantité d'énergie électrique produite par les modules photovoltaïques dépend notamment de l'ensoleillement et de leur orientation par rapport au soleil. Cependant, en raison de l'irrégularité de cette production d'énergie, qui peut ne pas correspondre aux besoins énergétiques généralement plus stables, il est souvent nécessaire de recourir à un système de stockage de l'énergie, éventuellement régulé, afin d'assurer une alimentation électrique fiable. [5]

### **I.2.2.3 L'utilisation de l'énergie**

La partie destinée à l'utilisation de l'énergie électrique produite se compose principalement d'un ou plusieurs récepteurs, c'est-à-dire les équipements qui consomment l'électricité produite et régulée tels que les systèmes d'éclairage et de pompage. Pour certaines applications, il est nécessaire de convertir le courant continu en courant alternatif à l'aide d'un onduleur. Le générateur photovoltaïque, qui est l'ensemble des deux premières parties (c'est-à-dire les modules couplés aux éléments de contrôle), est distinct du système photovoltaïque qui est l'assemblage d'un générateur photovoltaïque à un ou plusieurs récepteurs. Cette division en trois parties permet une identification précise des différents composants des systèmes photovoltaïques et une compréhension adéquate de la logique de "production-consommation" unique à l'utilisation de l'énergie solaire photovoltaïque [5].

### I.2.2.4 Les différents types de système photovoltaïque

#### ➤ **Systèmes photovoltaïques connectés au réseau :**

Les systèmes de production d'énergie connectés au réseau suscitent un intérêt croissant dans de nombreux pays industrialisés en raison de leur potentiel à compléter la production conventionnelle d'énergie. De nombreux projets de démonstration sont actuellement en cours d'étude pour évaluer la faisabilité de ces systèmes. Bien que leur développement économique soit de plus en plus viable, la contribution des installations photovoltaïques à la production d'énergie à grande échelle est en constante augmentation, en grande partie due aux effets environnementaux négatifs associés aux sources conventionnelles d'énergie [6].

#### ➤ **Systèmes photovoltaïques autonomes (SAPV) :**

Les systèmes photovoltaïques autonomes sont alimentés exclusivement par des panneaux solaires photovoltaïques. Pour optimiser l'utilisation de la production d'énergie solaire, un système de stockage est utilisé comme tampon, permettant de charger le surplus de production en cas de surproduction et de décharger en cas de surconsommation. Actuellement, le support de stockage le plus couramment utilisé pour ces applications est de type électrochimique plomb-acide en raison de sa maturité technologique et de son faible coût d'investissement. Toutefois, de nouvelles technologies, notamment celles utilisant le lithium, sont actuellement envisagées. La performance de ces systèmes est étroitement liée à leur taille, et un sous dimensionnement peut entraîner un vieillissement prématuré des équipements de stockage, ainsi qu'une augmentation de la consommation et une réduction de la charge de production. En revanche, un surdimensionnement peut entraîner des coûts économiques supplémentaires [6].

## I.3 Conversion de l'énergie

Le rayonnement solaire contient une gamme de longueurs d'onde, allant des UV à l'IR, avec un pic autour de  $0,55 \mu\text{m}$ . Malgré l'absorption et la diffusion dans l'atmosphère, le rayonnement solaire atteignant la surface de la Terre est encore d'environ  $1\,000 \text{ W/m}^2$ , soit près de 8 000 fois la consommation énergétique mondiale. La conversion photovoltaïque consiste à convertir directement cette énergie lumineuse en énergie électrique en absorbant les photons. Dans les semi-conducteurs tels que le silicium, l'écart entre la bande de valence et la bande de conduction permet cette conversion en créant un photocourant et une tension. Ainsi, en récupérant les électrons excités dans un circuit externe, on peut créer un générateur photovoltaïque [6].



L'effet photovoltaïque permet de convertir directement l'énergie lumineuse du soleil en électricité grâce à des semi-conducteurs dans des cellules solaires groupées dans des modules solaires [7].

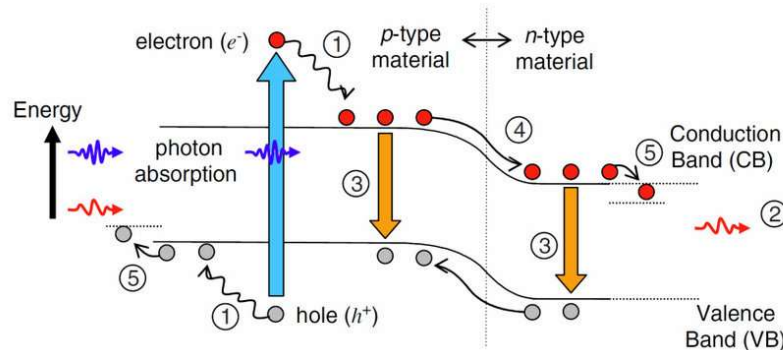


Figure I.5: La conversion d'énergie électrique

### I.3.1 Les cellules photovoltaïques

La cellule photovoltaïque est un composant électronique constituée de matériaux semi-conducteurs capables de produire des porteurs de charge, tels que des électrons et des trous, lorsqu'ils absorbent des photons. Ce phénomène est appelé photoconductivité. Pour créer une cellule photovoltaïque, il est nécessaire de former une jonction PN ou une diode de surface à la surface du semi-conducteur. Lorsque des photons frappent la surface, ils créent des paires électron-trou. Ces paires sont dissociées dans la zone de charge d'espace par le champ électrique de la région n à la région p, créant ainsi une différence de potentiel. La tension interne de la diode génère une source de tension, tandis que les porteurs photo-générés par le rayonnement solaire produisent un courant photovoltaïque qui circule de la région n à la région p. Ce courant est proportionnel à l'intensité de l'éclairement et doit être collecté en établissant des contacts avant et arrière.

### I.3.2 Caractéristique I(V) de la diode PN

Les électrons mobiles dans le semi-conducteur peuvent provenir soit de la région n (Porteurs majoritaires), soit de la région p (porteurs minoritaires). On peut mettre en évidence le comportement de ces deux types de porteurs en appliquant une tension continue variable  $V$  aux bornes de la diode (à l'obscurité) et en fermant le circuit sur une résistance. Si cette tension supplémentaire  $V$  est positive, la différence de potentiel entre les zones n et p est diminuée et les porteurs de charge majoritaires pourront plus facilement traverser la zone de charge d'espace donnant donc lieu à un courant  $I_d$  dirigé de la région p à la région n, intense car dû aux majoritaires. Ce courant  $I_d$  augmente avec la température de la jonction et avec la tension appliquée  $V$ . Si cette tension  $V$  est négative, la différence de potentiel entre les zones n et p est augmentée et seuls les porteurs de charge minoritaires pourront traverser la zone de charge d'espace donnant lieu à un courant  $I_s$  dirigé de la région n à la région p, faible car dû aux minoritaires. Ce courant  $I_s$  augmente avec la température de la jonction. A de trop fortes valeurs négatives de la tension appliquée  $V$ , la jonction claque par effet d'avalanche et elle est détruite. Ceci résulte en l'équation de la caractéristique à l'obscurité  $I_d(V)$  de la diode : [8]

$$I_d = I_s (e^{\frac{V}{V_T}} - 1)$$

Avec :

$V_T = \frac{KT}{q} = 25\text{mV}$  à  $25\text{C}^\circ$  : est le potentiel thermodynamique ( $K = 1,38 \cdot 10^{-23}$ , constante de

Boltzmann ;  $T$ , température absolue

$I_s$  : courant de saturation ;

$V$  : tension appliquée à la diode.

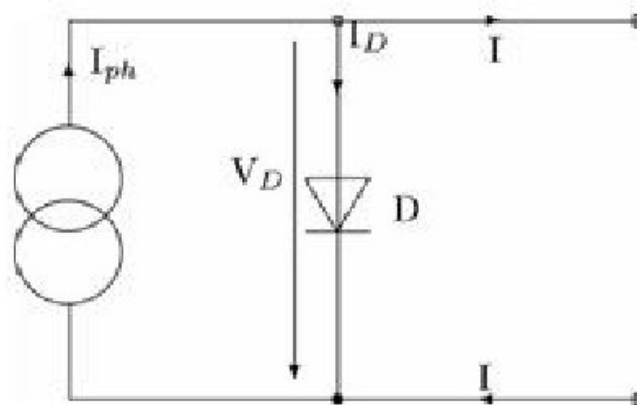


Figure I.6:Schéma électrique équivalent panneau solaire

### I.3.2 Les caractéristiques d'une cellule solaire

Les performances de la cellule solaire sont représentées à travers la caractéristique courant tension I(V). Cette dernière apporte une lecture claire des paramètres caractérisant la cellule solaire comme le rendement de la cellule, les différents types des résistances parasites et le facteur de forme. Le courant est mesuré en fonction de la tension appliquée sous obscurité et sous ensoleillement, la lumière permet de décaler la courbe I-V vers le bas dans le quatrième quadrant, car le courant photoélectrique provoque la production de l'énergie [9] :

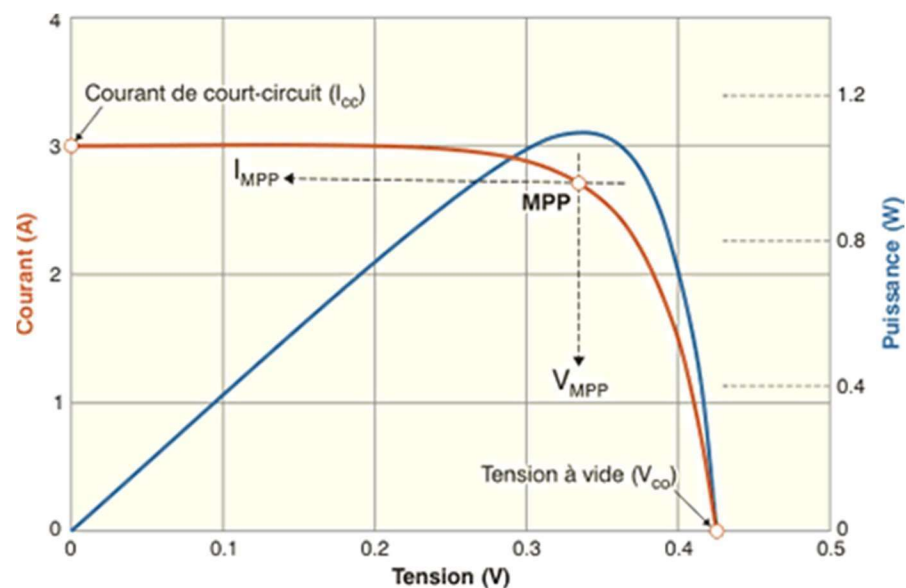


Figure I.7: La courbe I(V)

**Sa tension à vide** :  $V_{co}$ . Cette valeur représenterait la tension générée par une cellule éclairée non raccordée.

**Son courant court-circuit** :  $I_{cc}$ . Cette valeur représenterait le courant généré par une cellule éclairée raccordée à elle-même.

**Son point de puissance maximal** : MPP (en anglais : maximal power point) obtenu pour une tension et un courant optimal :  $V_{opt}$ ,  $I_{opt}$  (parfois appelés aussi  $V_{mpp}$ ,  $I_{mpp}$ ).

### I.3.3 Principe de fonctionnement

Une cellule PV est réalisée à partir de deux couches de silicium, une dopée P (dopée au bore) et l'autre dopée N (dopée au phosphore) créant ainsi une jonction PN avec une barrière de potentiel. Lorsque les photons sont absorbés par le semi-conducteur, ils transmettent leur énergie aux atomes de la jonction PN de telle sorte que les électrons de ces atomes se libèrent et créent des électrons (charges N) et des trous (charges P). Ceci crée alors une différence de potentiel entre les deux couches. Cette différence de potentiel est mesurable entre les connexions des bornes positives et négatives de la cellule. A travers une charge continue, on peut en plus récolter des porteurs. La tension maximale de la cellule est d'environ 0.6 V pour un courant nul. Cette tension est nommée tension de circuit ouvert (VOC). Le courant maximal se produit lorsque les bornes de la cellule sont court-circuitées, il est appelé courant de courtcircuit (ICC) [10].

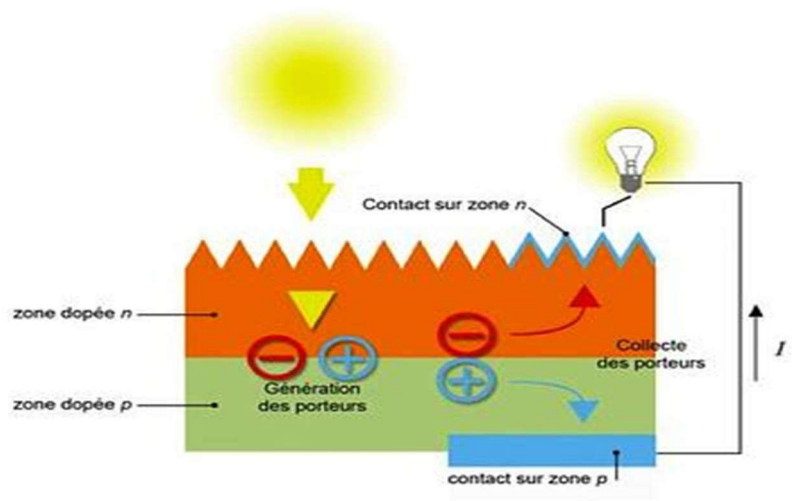


Figure I.8:Le principe de fonctionnement d'une cellule

### I.3.4 Les technologies des cellules solaires

Le silicium est l'un des matériaux les plus répandus sur notre planète, étant notamment présent dans le sable. Toutefois, pour la production de cellules photovoltaïques, il est essentiel de disposer d'un matériau d'une pureté élevée, ce qui nécessite un processus de fabrication coûteux. Le coût de ce processus varie en fonction de la technologie utilisée pour la fabrication des cellules photovoltaïques, on trouve :

- ✓ **Silicium monocristallin :**

La technologie la plus coûteuse pour la production de cellules photovoltaïques utilise des barres de silicium pur, qui sont également utilisées dans la fabrication de puces électroniques. Cette technologie est basée sur l'utilisation de silicium monocristallin, qui est une matière première de très haute pureté. Les cellules photovoltaïques fabriquées à partir de ce matériau peuvent atteindre un rendement de 12 à 16% [11].

✓ **Silicium poly cristallin :**

La fabrication de silicium poly cristallin implique la fonte des chutes de silicium monocristallin, et cette technologie est mieux maîtrisée sur le plan industriel, ce qui en fait une option de coût de production moyen.

Les cellules photovoltaïques fabriquées à partir de ce matériau ont un rendement compris entre 11 et 14% [11].

✓ **Silicium amorphe :**

La technologie à base de silicium amorphe présente l'avantage d'avoir des coûts de production peu élevés, mais malheureusement, son rendement est très faible, atteignant seulement 8 à 10%. Les cellules photovoltaïques fabriquées à partir de ce matériau ont une couleur gris foncé. Cette technologie permet l'utilisation de couches de silicium très minces, ou l'application de couches de silicium amorphe très minces sur des supports tels que le verre, les plastiques souples ou les métaux. Le silicium amorphe est le matériau le plus couramment utilisé dans les petits produits de consommation tels que les calculatrices et les montres, mais récemment, il est également utilisé sur de grandes surfaces de toiture [11].



Figure I.9: Les types des cellules [12]

### I.3.5 Le raccordement des cellules au module

La cellule individuelle, unité de base d'un système photovoltaïque, ne produit qu'une très faible puissance électrique, typiquement de 0.5 W avec une tension de moins d'un volt. Pour produire plus de puissance, les cellules sont assemblées soit en série ou parallèle pour former un module (ou panneau) [13].

#### ➤ Regroupement des cellules en série :

Une association de cellules en série permet d'augmenter la tension du générateur photovoltaïque (GPV). Les cellules sont alors traversées par le même courant et la caractéristique résultante de groupement série est obtenue par addition des tensions élémentaire de chaque cellule, un tel regroupement est représenté par la figure (I-8). L'équation ci-dessous résume les caractéristiques électriques d'une association série de ( $N_s$ ).

$$V_{coNs} = N_s \times I_{co} ; I_{cc} = I_{ccNs}$$

$V_{coNs}$ : La somme de la tension en circuit ouvert de  $N_s$  cellules en série.

$I_{ccNs}$  : Courant de court-circuit de  $N_s$  cellule en série.

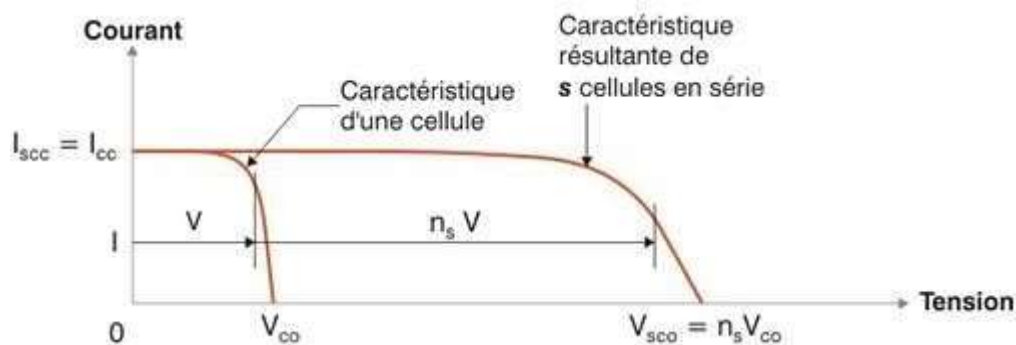


Figure I.10 : raccordement des cellules en série

Ce système d'association est généralement le plus communément utilisé pour les modules photovoltaïques du commerce. Comme la surface de cellules devient de plus en plus importante, le courant produit par une seule cellule augmente régulièrement au fur et à mesure de l'évolution technologique alors que sa tension reste toujours très faible. L'association série permet ainsi d'augmenter la tension de l'ensemble et donc d'accroître la puissance de l'ensemble.

➤ **Regroupement des cellules en parallèle :**

Une association parallèle de cellules est possible et permet d'accroître le courant de sortie du générateur ainsi créée. Dans un groupement de cellules identiques connectées en parallèle, les cellules sont soumises à la même tension et la caractéristique résultante du groupement est obtenue par addition des courants.

L'équation ci-dessus et la figure (I-11) résument les caractéristiques électriques d'une association parallèle de ( $N_p$ ) cellules [13].

$$I_{ccNp} = N_p \times I_{cc}; V_{co} = V_{coNp}$$

$I_{ccNp}$  : La somme des courant de court-circuit de ( $N_p$ ) cellules en parallèle.

$V_{coNp}$  : La tension du circuit ouvert de ( $N_p$ ) cellules en parallèle.

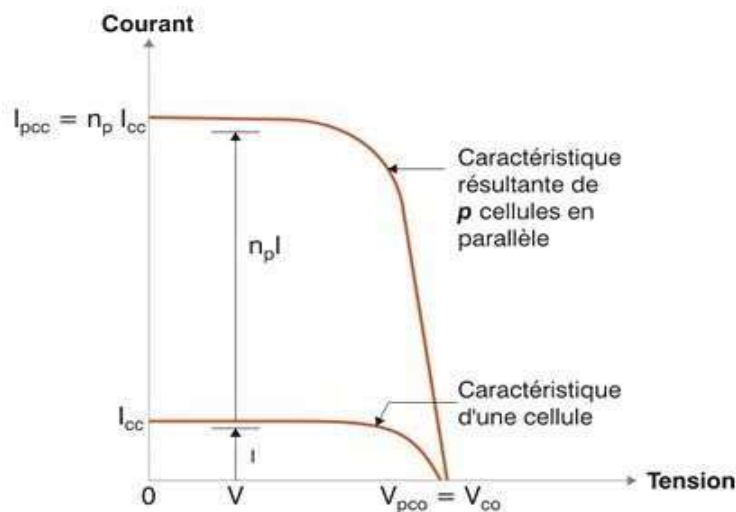


Figure I.11:raccordement des cellules en parallèle

### I.3.6 Les caractéristiques des modules

1- **La caractéristique I(V) d'un panneau solaire photovoltaïque :** est directement liée à celle de la cellule solaire de base, puisqu'un panneau solaire est une association de plusieurs cellules solaires, Il est caractérisé par la tension en circuit ouvert  $V_{co}$  et le courant de court-circuit  $I_{cc}$

- **Tension de circuit- ouvert ( $V_{co}$ ) :** La tension de circuit ouvert ( $V_{co}$ ) est une caractéristique électrique importante d'un panneau solaire photovoltaïque. Elle représente la tension maximale que peut produire le panneau solaire lorsque celui-ci n'est pas connecté à une charge. Cette tension est obtenue lorsque le courant électrique est nul et que le panneau solaire

fonctionne en circuit ouvert. Elle permet de déterminer la tension de fonctionnement optimale du panneau lorsqu'il est connecté à une charge.

- **Courant de court-circuit ( $I_{cc}$ )** : Il représente le courant électrique maximal que peut fournir le panneau solaire lorsqu'il est court-circuité, c'est-à-dire lorsqu'il est connecté à une charge de résistance nulle. Le courant de court-circuit est une mesure importante de la performance d'un panneau solaire, car il permet de déterminer la capacité du panneau à fournir de l'énergie électrique à une donnée de charge.

2- **Puissance maximale ( $P_{max}$ )** : La puissance électrique produite par un module photovoltaïque sous l'effet de la lumière solaire dépend de la résistance de charge externe à ses bornes. La puissance électrique fournie par le module est maximale pour un point de fonctionnement spécifique, noté  **$P_{max}$  ( $I_{opt}$ ,  $V_{opt}$ )**, qui se situe sur la courbe Courant-Tension (**IV**) du module.

3- **Facteur de forme (FF)** : Il est défini comme le rapport entre la puissance électrique maximale théorique

( $P_{max}$ ) du module et la puissance électrique réelle que le module est capable de produire (c'est à dire la puissance maximale d'un module idéal)

Le facteur de forme est une mesure importante de l'efficacité d'un module photovoltaïque, car il permet de déterminer la capacité du module à produire de l'énergie électrique de manière optimale. Il est généralement compris entre 0,6 et 0,8.

### I.3.7 La protection du module

La cellule photovoltaïque est un élément très fragile, en cas d'occultation ou d'un court-circuit accidentel, la cellule peut subir une tension inverse très élevée ou être traversée par un courant assez important.

Afin de protéger les cellules et les modules photovoltaïques, on utilise des diodes de protections qui doivent être montées en série ou en parallèle [14].

- ✓ **Les diodes parallèles (shunt)** :



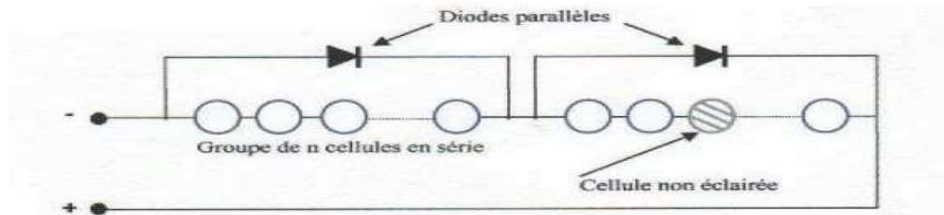


Figure I.12:protection des cellules contre la tension inverse [14]

✓ Les diodes série :

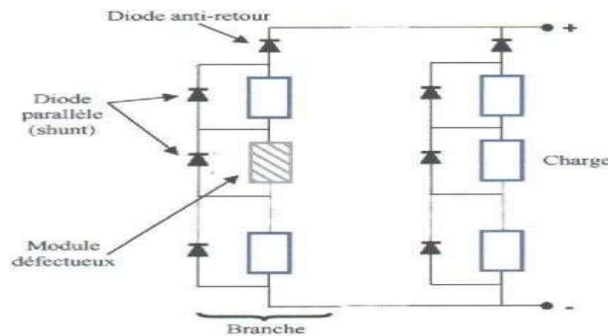


Figure I.13:protection des modules par des diodes [14]

### I.3.8 Un champ photovoltaïque

Le champ photovoltaïque est constitué d'un ensemble de modules photovoltaïques interconnectés en série et/ou en parallèle afin de produire une puissance électrique suffisante.

Ces modules sont montés sur une armature métallique qui permet de soutenir le champ solaire avec un angle d'inclinaison spécifique. Cette configuration optimise l'exposition des panneaux solaires à la lumière solaire et permet de maximiser la production d'énergie électrique. De plus, l'utilisation d'une armature métallique assure la solidité et la durabilité de l'installation.

### I.4 Régulateur de charge

Un régulateur de charge dans un système photovoltaïque est un dispositif qui contrôle la charge des batteries dans le système. Il s'assure que les batteries ne soient ni surchargées ni déchargées excessivement, ce qui peut endommager les batteries et réduire leur durée de vie.

Le régulateur de charge surveille la tension et le courant produits par les panneaux photovoltaïques et ajuste le taux de charge de la batterie en conséquence. Il peut également optimiser la charge en veillant à ce que la batterie soit correctement remplie et en veillant à ce que la batterie ne soit pas déchargée excessivement. Le régulateur de charge est important pour les systèmes photovoltaïques car il assure que les batteries soient correctement chargées et garantit la longévité et la performance de ces dernières. Il peut également protéger le système

contre les surintensités et les surtensions, ce qui peut endommager les composants du système.

## I.5 Onduleur

L'onduleur est un équipement électronique de puissance utilisé pour fournir des tensions et des courants alternatifs à fréquence fixe ou variables à partir d'une source d'énergie électrique continue. Il permet de délivrer une alimentation alternative monophasée ou triphasée pour alimenter des charges telles que des micro-ordinateurs, des stations de télécommunication et d'autres équipements électroniques pendant une coupure de courant ou pour assurer une alimentation permanente pour les systèmes autonomes tels que les centrales photovoltaïques ou les engins aérospatiaux. La représentation symbolique d'un onduleur est donnée par une figure suivante :

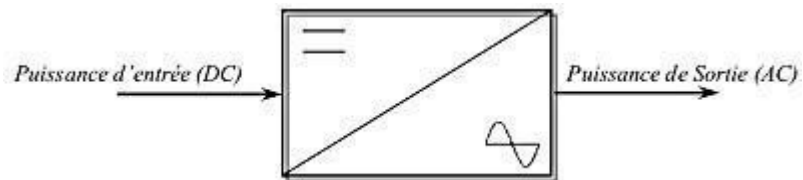


Figure I.14 : Schéma symbolique d'un onduleur [15]

### I.5.1 Caractéristiques de l'onduleur

Le choix d'un onduleur repose sur un ensemble de critères qui sont nombreux et s'appuient sur l'exigence de la charge électrique et du système installé, voici quelques caractéristiques :

#### I.5.1.1 Puissance nominale

La puissance nominale d'un onduleur est la puissance maximale que l'onduleur peut fournir en sortie en courant alternatif de manière continue. Cette puissance est exprimée en watts (W) et correspond à la puissance maximale que l'onduleur peut soutenir pendant une période prolongée sans être endommagé. Il est important de choisir la puissance nominale de l'onduleur en fonction de la puissance électrique nécessaire pour alimenter les appareils électriques connectés à l'onduleur. Si la puissance requise est supérieure à la puissance nominale de l'onduleur, cela peut entraîner une surchauffe de l'appareil, une perte de performance et même une panne. Il est donc important de sélectionner un onduleur avec une puissance nominale adaptée aux besoins électriques du système [15].

#### I.5.1.2 Tension de sortie nominale

La tension de sortie d'un onduleur dépend du type de système électrique à alimenter. Il est important de noter que la tension de sortie de l'onduleur peut varier en fonction de la charge électrique connectée à l'onduleur et de l'état de la batterie. Par conséquent, il est important de s'assurer que la tension de sortie de l'onduleur est adaptée aux besoins de l'équipement à alimenter. Des variations de tension peuvent entraîner des dysfonctionnements ou des dommages aux équipements électriques connectés à l'onduleur [15].

### I.5.1.3 Tension d'entrée

La tension d'entrée de l'onduleur est la tension électrique continue qui alimente l'onduleur à partir de la source d'énergie, telle qu'une batterie solaire ou un groupe électrogène. La tension d'entrée dépend du type de système de stockage d'énergie utilisé et est généralement présentée en volts (V). Les tensions d'entrée les plus courantes pour les onduleurs sont de 12V, 24V et 48V pour les systèmes solaires.

### I.5.1.4 Rendement

Le rendement de l'onduleur représente la capacité de l'appareil à convertir efficacement l'énergie électrique continue en énergie électrique alternative utilisable. Il est exprimé en pourcentage et correspond au rapport entre la puissance de sortie de l'onduleur et la puissance d'entrée continue [15].

$$\text{Relation : } \eta = \frac{P_{AC}}{P_{DC}}$$

### I.5.1.5 Distorsion harmonique (THD)

Certains équipements électriques sont susceptibles de générer des harmoniques qui perturbent le signal de sortie de l'onduleur. Cette distorsion peut entraîner divers dysfonctionnements tels que des échauffements anormaux, des surcharges, ou encore des perturbations pour d'autres appareils connectés au même réseau électrique. Afin de minimiser ces problèmes, et garantir le bon fonctionnement des équipements connectés, il est essentiel que l'onduleur maintienne une distorsion harmonique minimale [15].

## I.5.2 Les types de l'onduleur

Les onduleurs sont regroupés en deux catégories selon leur type d'application et les performances requises :

Les onduleurs autonomes et les onduleurs non autonomes (ou assistés).

### 1. Onduleurs autonomes :

2. Un onduleur est dit autonome s'il utilise l'énergie d'un circuit auxiliaire propre à lui pour la commutation des thyristors ou l'autre semi-conducteurs dans ce cas nous commandons la fréquence la forme d'onde de la tension de sortie. On distingue deux types d'onduleurs autonomes [16], [17] :

- A fréquence fixe : utilisé comme source de secours ou alimentation sans coupure, Il est alimenté le plus souvent à partir d'une batterie d'accumulateurs (cas de PC, salles d'informatique,) comme il est montré sur la figure :

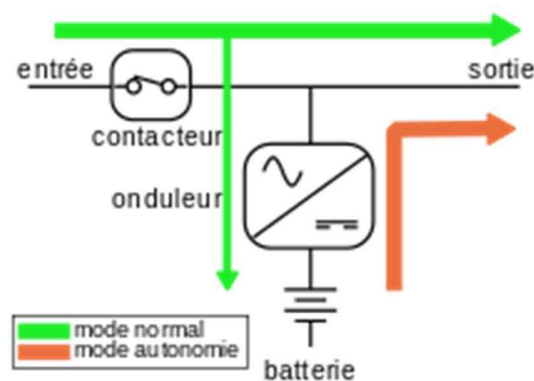


Figure I.15 : Alimentation sans coupure

Il est utilisé aussi pour l'alimentation des charges inductives (fours à induction, ...) mais dans ce cas tous les onduleurs sont monophasés.

- A fréquence variable : dans ce cas il est utilisé pour la variation de vitesse des moteurs asynchrones triphasés :

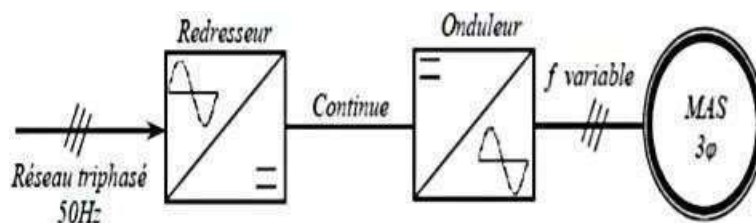


Figure I.16: convertisseur de fréquence

### 2. Onduleurs non autonomes (ou assistés) :

Un onduleur non autonome ou assisté est un système de commutation à thyristors, dont les instants de commutation sont imposés par la charge, Dans ce cas, la fréquence et la forme d'onde de la tension de sortie sont imposées par le réseau alternatif sur lequel débite l'onduleur.

Ce type d'onduleur est utilisé pour :

- Le transport d'énergie en courant continu, on peut transporter de grandes puissances à très haute tension (de l'ordre du million de volts) par lignes aériennes sur des distances élevées (500-1000 Km) pour lesquelles, les lignes à courant alternatif posent des problèmes délicats (stabilité, pertes...). De plus, le transport sur des plus faibles distances par câbles souterrains dont la capacité très élevée, limite leur emploi en courant alternatif,
- Le freinage par récupération : pendant le freinage de la machine à courant continu qui peut fonctionner en génératrice, l'énergie fournie dans ce cas peut être récupérée et transférée au réseau alternatif par un onduleur assisté (domaine de la traction électrique),

Selon la nature de la source continue alimentant l'onduleur, on distingue l'onduleur de Tension et celui de courant.

## **I.6 Le stockage d'énergie :**

L'énergie solaire est une source d'énergie renouvelable très prometteuse pour répondre aux besoins croissants en électricité. Cependant, son utilisation efficace nécessite un système de stockage d'énergie solaire fiable et efficace pour répondre à la demande en électricité pendant les périodes où la production d'électricité solaire est insuffisante, comme pendant la nuit ou les périodes de faible ensoleillement. Les batteries solaires sont donc devenues une solution de stockage d'énergie solaire populaire et pratique. Cette technologie permet de stocker l'énergie produite par les panneaux solaires pendant les heures de production et de la restituer lorsqu'elle est nécessaire, en fournissant une source d'énergie constante et fiable pour les systèmes électriques autonomes ou connectés au réseau.

### **I.6.1 Définition d'une batterie**

Une batterie solaire est un dispositif de stockage d'énergie électrique qui permet de stocker l'énergie produite par des panneaux solaires sous forme chimique pour une utilisation ultérieure, en utilisant des accumulateurs électriques reliés entre eux pour créer un générateur électrique

de la tension et de la capacité souhaitées. Ces accumulateurs sont également appelés éléments de la batterie ou cellules.

La batterie est une unité de stockage d'énergie électrique qui fournit un courant continu sous tension électrique continu (DC) [18].



**Figure I.17: Batterie solaire**

## **I.6.2 Rôle d'une batterie**

Le stockage de l'énergie dans les systèmes photovoltaïques est réalisé exclusivement au moyen de batteries d'accumulateurs.

Dans un système photovoltaïque, les batteries remplissent trois fonctions fondamentales qui contribuent à garantir le bon fonctionnement du système dans son ensemble :

### 1) Autonomie :

Une batterie assure l'alimentation électrique de la charge en tout temps, indépendamment des conditions météorologiques ou de l'heure de la journée. Cela rend la source d'énergie fiable et continue.

### 2) Courant de surcharge :

Dans le cadre d'un système d'énergie solaire photovoltaïque, il est courant d'utiliser une batterie pour stocker l'énergie électrique produite par les panneaux solaires. En plus de cette fonction de stockage, la batterie peut également fournir un courant de surcharge pendant une brève période. Ce courant de surcharge est supérieur à celui que le champ photovoltaïque peut fournir.

Cette fonctionnalité est essentielle pour permettre le démarrage des moteurs et autres appareils qui donnent un courant de démarrage de 3 à 5 fois supérieur au courant d'utilisation .

### 3) Stabilisation de la tension :

Les batteries jouent un rôle crucial dans la production d'énergie solaire en éliminant les fluctuations de tension du champ photovoltaïque. Elles permettent également aux appareils de fonctionner à une tension optimale, ce qui maximise leur efficacité et prolonge leur durée de vie. En effet, en fournissant une tension constante, les batteries permettent aux équipements de fonctionner de manière stable et fiable, ainsi les dommages subis par les fluctuations de tension.

## I.6.3 Les caractéristiques d'une batterie

Un accumulateur, quelle que soit la technologie utilisée, est pour l'essentiel défini par neuf grandeurs [19] :

### ➤ Capacité de stockage :

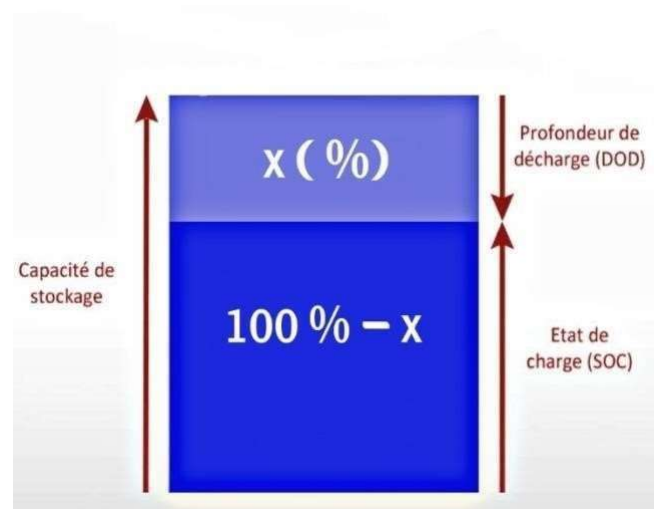
La capacité de stockage d'une batterie solaire représente la quantité d'énergie qu'elle peut stocker. Elle est mesurée en ampères-heures (Ah) et détermine la quantité d'énergie que la batterie peut fournir avant de devoir être rechargée. La capacité de stockage d'une batterie solaire est un critère de sélection important, car elle doit être suffisamment grande pour répondre aux besoins énergétiques du système pendant les périodes de faible production solaire.

### ➤ Tension nominale :

La tension nominale d'une batterie solaire est la tension de sortie maximale de la batterie lorsqu'elle est entièrement chargée. Elle est mesurée en volts (V) et dépend du nombre d'éléments qui composent la batterie. Par exemple, une batterie solaire de 12 volts est composée de six éléments de 2 volts chacune. Les tensions les plus couramment utilisées pour les systèmes solaires sont généralement de 12 volts, 24 volts et 48 volts. Ces tensions sont déterminées par la configuration de la batterie et déterminent la tension de fonctionnement du système. Il est important de sélectionner la tension appropriée pour le système solaire en fonction de la charge électrique requise pour assurer une performance optimale et prolonger la durée de vie de la batterie.

### ➤ État de charge et profondeur de décharge :

Le niveau de charge d'une batterie, exprimé en pourcentage, correspond au rapport entre la capacité résiduelle de la batterie et sa capacité nominale. Ce paramètre est appelé état de charge (SOC) et représente l'énergie électrique restante dans la batterie. En outre, la profondeur de décharge (DOD), également exprimée en pourcentage, correspond à la quantité d'énergie électrique qui a déjà été consommée de la capacité nominale de la batterie. La somme des valeurs de SOC et DOD est toujours égale à 100%, ce qui signifie que l'état de charge et la profondeur de décharge sont des paramètres complémentaires pour évaluer le niveau d'énergie stocké dans une batterie solaire. Les batteries solaires ont généralement une profondeur de décharge maximale de 50 % à 80 % pour prolonger leur durée de vie .



**Figure I.18 : État de charge et profondeur de décharge d'une batterie**

➤ **Nombre de cycles :**

Le nombre de cycles d'une batterie solaire est une caractéristique importante à considérer lors du choix d'une batterie pour un système solaire. Un cycle correspond à une charge complète et une décharge complète de la batterie. Le nombre de cycles indique le nombre de fois que la batterie peut être chargée et déchargée avant que sa capacité ne diminue considérablement.

Le nombre de cycles varie en fonction du type de batterie utilisé, de la profondeur de décharge et des conditions de fonctionnement de la batterie. En général, les batteries solaires au plomb-acide ont un nombre de cycles plus faible que les batteries au lithium-ion .

➤ **Taux de décharge**

Le taux de décharge d'une batterie solaire représente la quantité d'énergie que l'on peut extraire de la batterie en une heure. Il est mesuré en ampères (A) et dépend de la capacité de stockage



de la batterie. Les batteries solaires ont un taux de décharge maximal de 1C, ce qui signifie qu'une batterie de 100 Ah peut fournir un courant maximal de 100 A .

➤ **Autodécharge**

L'autodécharge d'une batterie solaire se produit lorsque la batterie se décharge lentement même lorsqu'elle n'est pas utilisée. Cela se produit en raison de réactions chimiques internes dans la batterie qui se produit naturellement et qui consomme de l'énergie même si la batterie n'est pas en cours d'utilisation. Le terme autodécharge fait référence à la quantité d'énergie perdue par une batterie sans utilisation par rapport à la quantité d'énergie stockée, ou bien c'est la perte de capacité qui se produit lorsqu'un accumulateur est laissé au repos pendant une période de temps

La plupart des batteries modernes sont à faible autodécharge, c'est-à-dire qu'elles perdent moins de 3% de capacité par mois à 20°C.

➤ **Rendement**

Le rendement d'une batterie solaire est le rapport entre l'énergie restituée lors de la décharge et l'énergie stockée lors de la charge. Il est exprimé en pourcentage (%). En d'autres termes, c'est la quantité d'énergie qui peut être extraite de la batterie par rapport à la quantité d'énergie qui a été stockée. Le calcul du rendement est important pour évaluer l'efficacité du système de stockage d'énergie solaire dans son ensemble. Un rendement élevé permet de maximiser l'utilisation de l'énergie solaire produite et de réduire les coûts en évitant les pertes d'énergie.

➤ **Durée de vie**

La durée de vie d'une batterie solaire dépend de nombreux facteurs tels que la qualité de fabrication, les conditions d'utilisation et la maintenance. Les batteries solaires ont généralement une durée de vie de 3 à 10 ans, en fonction de leur type et de leur utilisation.

### I.6.4 Les types de batteries solaires

Dans la littérature, il y a une multitude de types de batteries. Dans les faits, il y a moins d'une douzaine de types qui servent au stockage d'énergie pour des capacités de plus de 200Ah [20]. Les types de batteries solaires couramment utilisés sont les suivants :

#### 1-Batteries au plomb-acide

La batterie au plomb acide est la forme de stockage de l'énergie électrique la plus courante, en raison de son coût qui est relativement faible et d'une large disponibilité. Par contre, les batteries nickel-cadmium sont plus chères, elles sont utilisées dans les applications où la fiabilité est vitale [21].

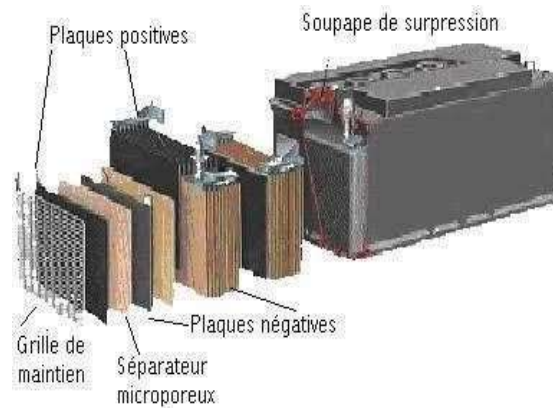


Figure I.19: Batterie solaire au plomb-acide

#### 2- Batteries au lithium-ion

La technologie Li-ion repose principalement sur l'intercalation des ions lithium dans les structures hôtes de ses électrodes positives et négatives. Les matériaux les plus couramment utilisés pour l'électrode positive sont des oxydes de métal lithié  $\text{LiMO}_x$ , où M est un métal tel que le cobalt ou une combinaison de métaux tels que le nickel, manganèse et cobalt (NMC). Pour l'électrode négative, un matériau graphitique est généralement employé, permettant l'intercalation et désintercalation des ions lithium au cours des cycles de charge/décharge [22].



**Figure I.20: Batterie solaire lithium-ion**

### 3-Batteries Nickel Cadmium

Les batteries NiCd, ou accumulateurs Nickel-Cadmium, sont des batteries rechargeables utilisant un électrolyte alcalin et une réaction chimique entre l'hydroxyde de nickel et le cadmium pour stocker l'énergie. Elles sont constituées de cellules électrochimiques contenues dans un boîtier en acier ou en plastique. Bien que les batteries NiCd soient remplacées progressivement par les batteries lithium-ion dans les applications solaires en raison de leur densité d'énergie et de leur efficacité supérieure, elles demeurent une option abordable et adaptée pour les applications solaires à faible intensité de décharge, notamment l'éclairage solaire.



**Figure I.21: Batterie solaire au NiCd [23]**

### I.7 Contrôleur

Le contrôleur DC-DC est un dispositif essentiel dans les systèmes photovoltaïques. Il régule le courant et la tension des panneaux solaires, prévenant ainsi la surcharge et la décharge

excessive de la batterie, tout en optimisant la charge et la décharge de celle-ci. Il offre également une protection contre les surintensités, les surtensions et les courts-circuits, prolongeant ainsi la durée de vie de la batterie et du système. De plus, il maximise l'efficacité en optimisant l'utilisation de l'énergie solaire produite. Le contrôleur DC-DC joue un rôle crucial dans la protection, l'optimisation de la charge de la batterie et l'optimisation de l'utilisation de l'énergie solaire dans les systèmes photovoltaïques.

## **I.8 La charge**

Il s'agit de tout dispositif ou appareil qui consomme de l'énergie électrique pour fonctionner.

Il existe deux types de charges électriques lors de l'utilisation d'appareils électriques. Les charges électriques de type continu sont couramment utilisées dans les équipements de télécommunications, le pompage d'eau et d'autres types d'appareils qui fonctionnent avec une tension constante. En revanche, les charges électriques de type alternatif sont utilisées dans les foyers pour des usages domestiques tels que l'éclairage et l'alimentation en énergie des appareils électroménagers. Dans de tels cas, un onduleur est parfois utilisé pour convertir l'énergie électrique de type continu en énergie de type alternatif pour une utilisation pratique.

## **I.9 Les avantages et les inconvénients de l'énergie photovoltaïque**

L'énergie photovoltaïque est une source d'énergie renouvelable qui utilise des panneaux solaires pour convertir la lumière du soleil en électricité. Bien qu'elle présente plusieurs avantages, elle présente également certains inconvénients.

➤ Les avantages de l'énergie photovoltaïque comprennent :

- **Énergie propre** : L'énergie solaire ne produit pas de gaz à effet de serre ni de pollution de l'air.
- **Coût de fonctionnement faible** : Une fois installés, les panneaux solaires ne génèrent pas beaucoup d'entretien, et il n'y a pas de coûts de carburant ou d'exploitation.
- **Énergie inépuisable** : Le soleil est une source d'énergie inépuisable et constante, ce qui en fait une source d'énergie fiable à long terme.
- **Polyvalence d'utilisation** : Les panneaux solaires peuvent être installés sur des toits, des façades de bâtiments, des systèmes d'irrigation, des équipements portables, etc.

- Une source d'énergie silencieuse, ne produisant pas de bruit, ce qui les rend adaptés aux zones résidentielles et urbaines
- Une production décentralisée pour réduire les pertes d'énergie liées à la transmission

Cependant, il y a également certains inconvénients associés à l'utilisation de l'énergie photovoltaïque, tels que :

- Coût initial élevé : Les panneaux solaires et les équipements connexes peuvent être affectés à l'achat et à l'installation.
- Dépendance à la lumière du soleil : L'énergie solaire dépend de la lumière du soleil, ce qui signifie que l'énergie produite peut varier selon la météo et la saison.
- Impact environnemental : La production de panneaux solaires peut avoir un impact environnemental négatif, notamment en raison de l'utilisation de matériaux rares et de la production de déchets électroniques.
- Utilisation de terres : Les grands projets photovoltaïques arrivent souvent
- La durée de vie limitée des panneaux solaires peut avoir un impact environnemental s'ils ne sont pas correctement recyclés

## **Conclusion**

Ce chapitre présente une introduction aux différentes sources d'énergie et quelques concepts liés à la cellule photovoltaïque, ainsi que son fonctionnement et certaines de ses caractéristiques, puis nous avons abordé en détail le module solaire qui est composé d'ensembles de cellules, nous avons ensuite entamé le système solaire qui assure la conversion de l'énergie solaire en énergie électrique par l'effet photovoltaïque pour alimenter les charges, ainsi que ses différentes composantes. Ce système nécessite un système de conversion, contrôle, régulation et de stockage d'énergie par l'intermédiaire des batteries d'accumulateurs, afin d'assurer une cohérence entre les besoins en énergie et la disponibilité de l'énergie solaire au fil du temps. Finalement, on a cité les avantages et les inconvénients de cette énergie.

# **CHAPITRE II**

## **PRESENTATION DES INFRASTRUCTURES PORTUAIRES**

## Chapitre II : Présentation des infrastructures portuaires

Ce chapitre constitue une présentation générale du cadre du projet de fin d'études, débutant par une description de la société qui a accepté de nous encadrer, à savoir "Port Ghazaouet" à Tlemcen. Ensuite, il présente une description globale du projet ainsi que ses objectifs.

### II.1 Présentation PORT GHAZAOUET

Le port de Ghazaouet est situé dans une région à fort potentiel économique. Il constitue une façade maritime pour plusieurs wilayas de l'Ouest et du sud-ouest. Son activité peut s'étendre même au-delà des frontières Ouest du pays, vues les facilités d'accès dont il dispose et la qualité de service qu'il propose.

#### II.1.1 Création de l'entreprise

L'entreprise portuaire de Ghazaouet, créée par le décret n° 82-290 du 14/08/1982, est entrée effectivement en fonctionnement le 02/11/1982.

L'entreprise portuaire de ghazaouet à sa charge :

- Le port de commerce de Ghazaouet.
- Le siège social : en 1992, sous l'impulsion de l'entreprise portuaire, naît un projet ambitieux ; réunir sous un même toit toutes les activités afférentes au fonctionnement du port de ghazaouet. Ainsi, le siège social de l'E.p.g. regroupe à la fois l'autorité portuaire, les transitaires, les consignataires, les experts maritimes et les assurances, afin d'apporter à l'opérateur un gain de temps considérable, dans ce qui est devenu "le bâtiment d'exploitation du port".



Figure II.1: Organigramme de l'entreprise [24]

## II.1.2 Organisation de l'entreprise

L'Entreprise Portuaire de Ghazaouet (Société Par Action S.P.A) est administrée par un Conseil d'Administration. Les administrateurs sont élus par l'assemblée constitutive ou par l'assemblée générale ordinaire. La durée de leur mandat est déterminée par leurs statuts respectifs sans pouvoir excéder six (06) ans. La société est gérée par un Président Directeur Général assisté dans sa tâche par des cadres dirigeants qu'il nomme. Il dispose, dans la limite des statuts, des pouvoirs les plus étendus et assume sa fonction sous la responsabilité et le contrôle du Conseil d'Administration qui peut lui déléguer tout autre pouvoir et donner tout mandat nécessaire à la gestion de l'entreprise [24].

Entreprise portuaire de Ghazaouet est structurée en :

- 1- Une (01) Direction Générale.
- 2- Cinq (05) Directions Fonctionnelles.

### ✓ La Direction Générale (D.G)

Elle est chargée de coordonner et d'animer les différentes directions de l'entreprise, à savoir : la direction d'Exploitation, la direction de la Capitainerie, la direction Financière et Comptable et la direction des Ressources Humaines et de L'Administration. Elle définit les objectifs, précise les orientations générales de l'action de l'entreprise dont elle coordonne, suit et contrôle toutes les activités [24].

### ✓ La Direction d'Exploitation (D.E)

Cette direction est chargée de : l'exploitation des moyens de levage, de la manutention, des installations et des outillages. L'exploitation et la gestion des quais, terre-pleins, hangars, bâtiments et occupation du domaine portuaire [24].

### ✓ La Direction Capitainerie (D.Cap)

Elle a pour mission : D'assurer l'exécution de l'ensemble des activités liées aux moyens d'aide aux navires (pilotage, amarrage, remorquage, maintenance des engins flottants) ainsi qu'à la navigation, à la sûreté portuaire, à la police et à la sécurité dans les limites géographiques du domaine public portuaire. De veiller à l'exploitation rationnelle des postes à quai du port. De s'assurer de l'application des règles de police et de sécurité dans l'enceinte portuaire. D'assurer



l'entretien des infrastructures portuaires, y compris les opérations de dragage des bassins portuaires [24].

✓ **La Direction Finances et Comptabilité (D.F.C)**

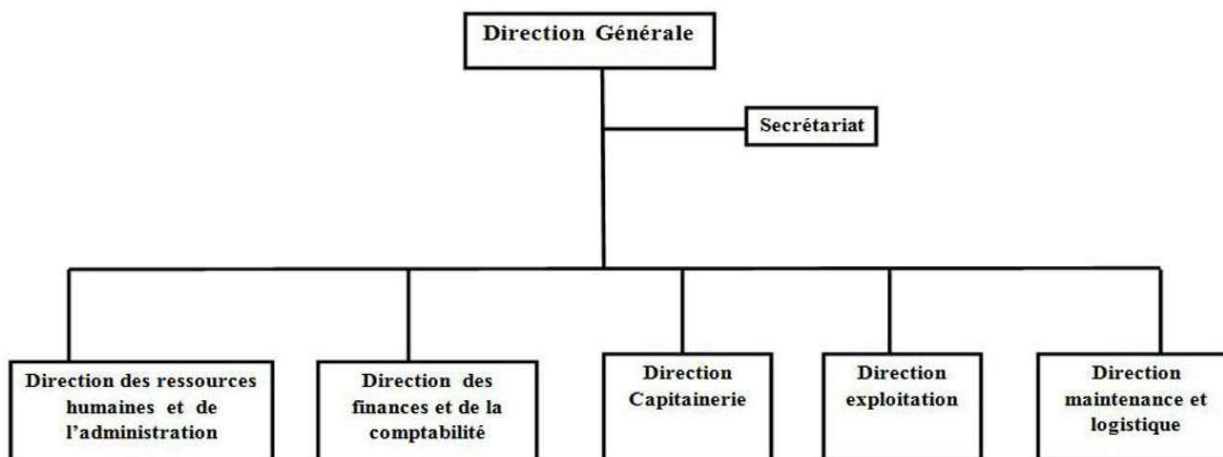
Cette direction est chargée : du Suivi de la gestion financière de l'entreprise ; de la coordination de l'ensemble des opérations financières des structures ; du respect de la réglementation fiscale ; du Respect des méthodes et procédures comptables ; du contrôle de la régularité des opérations financières et comptables. Elle organise et suit l'ensemble des comptabilités de l'entreprise [24].

✓ **La Direction des Ressources Humaines et de L'Administration (D.R.H.A)**

Cette direction a pour mission : l'élaboration, la mise en place et le suivi des outils et procédures relatifs à l'acquisition, la gestion et le développement des ressources humaines de l'entreprise. L'animation, la coordination, et le Contrôle de l'ensemble des actions liées à la gestion des ressources humaines et des affaires administratives. La gestion et le suivi des affaires contentieuses et des assurances de l'entreprise. La gestion et le suivi du patrimoine et investissements de l'entreprise [24].

✓ **La Direction Maintenance et Logistique (D.M.L)**

A pour mission : La réalisation des programmes d'investissement de l'entreprise, la gestion des ateliers, de la maintenance des équipements (matériel et outillages), de la conservation des domaines, des approvisionnements et stocks. L'élaboration et l'exécution des projets de développement liés aux activités de construction, d'aménagement, de rénovation et de remise à niveau des installations spécialisées [24].



*Figure II.2: Organigramme de l'entreprise*

### II.1.3 Activité de la société

#### II.1.3.1 Activités de service public

- Gestion du domaine.
- Préservation et développement des infrastructures et superstructures portuaires.
- Mise en place et exécution des plans de sureté et de sécurité en application du code ISPS.
- Pilotage des navires en provenance et à destination du port de ghazaouet.

#### II.1.3.2 Activités

##### 1- Acconnage et

##### manutention

L'acconnage et la manutention sont des activités portuaires et logistiques qui concernent le chargement, le déchargement et la manipulation des marchandises sur les navires et dans les entrepôts. Elles comprennent l'arrimage, le calage, le levage et le déplacement des marchandises pour assurer leur sécurité et leur bonne gestion.

##### 1.1 - Planification de la prise en charge de la marchandise

La réalisation obéit à une planification des prestations pour chaque shift, établie par le chef de secteur, en fonction des décisions prises lors de la réunion de la

CPN et les commandes d'acconage en respectant la composition normalisée des équipes de manutention .

La planification tient compte :

- Des moyens du navire.
- Du poste à quai d'accostage.
- Du mode de conditionnement de la marchandise.
- Des attentes clients en termes de moyens,

### **1.2- Manutention de la marchandise (embarquement, débarquement)**

Le chef de quai, consulte la "fiche de secteur", installe les équipes de manutention et supervise les opérations en collaboration avec le second capitaine du navire

### **1.3- Acconage de la marchandise**

L'acconage consiste aux opérations suivantes :

- Entreposage de la marchandise (terre-plein ou hangars).
- Gardiennage.
- Enlèvement, pesage, livraison.

## **2- Aide à la navigation**

### **2.1- Le Pilotage**

Le pilotage consiste en l'assistance donnée aux capitaines des navires par le pilote maritime pour la conduite des navires à l'entrée et à la sortie des ports, dans les ports, rades et eaux intérieures (article 171 de l'ordonnance 76/80 du 23/10/1976 portant code maritime algérien).

Le pilotage est obligatoire pour tous les navires algériens et étrangers à l'exception de ceux visés à l'article 178 de l'ordonnance 76/80, dans les limites administratives de chaque port (article 172 de l'ordonnance 76/80 du 23/10/1976 portant code maritime algérien).

Les zones de pilotage obligatoires sont définies par les règlements d'exploitation des ports algériens [24].

### **2.2- Le lamanage**

Le lamanage est l'opération accompagnant tout mouvement du navire et consiste en l'amarrage, le désamarrage et le déhalage du navire. Toutes ces actions, les amarreurs, à l'aide du canot d'amarrage sont chargés de les réaliser.

### **2.3- L'Accostage**

Le port met à la disposition de ses clients des quais d'accostage en fonction des caractéristique techniques du navire à recevoir.

### **3- Remorquage**

La station de remorquage a pour mission première d'assurer la sécurité du navire, à l'entrée du port, dans le port, en période de mauvais temps et de tout mouvement du navire. Elle assure l'assistance des navires en danger dans le port, en rade ou en haute mer.

Dans tous les cas d'entrée, de sortie ou de mouvements des navires, la présence du remorqueur est une obligation [24].

### **4- Passagers et auto-passagers**

Une ligne régulière de transport de passagers et auto-passagers relie le port de Ghazaouet à celui d'Almeria en Espagne, avec une fréquence de deux (02) rotations/semaine en basse saison et 3 escales/semaine en saison estivale. Le développement et le succès de cette activité permet d'entrevoir la possibilité de la desserte d'une ou plusieurs autres destinations européennes et l'exploitation future de l'activité de croisière vers l'intérieur du pays [24]

## **II.2 Cahier de charge**

### **II.2.1 Organisme**

Port Ghazaouet

### **II.2.2 Sujet**

L'alimentation des infrastructures portuaires Ghazaouet par l'énergie photovoltaïque.

### **II.2.3 Objectifs**

L'objectif principal est de produire de l'électricité à l'infrastructure porteuse de Ghazaouet en utilisant des systèmes photovoltaïques afin de promouvoir la protection de l'environnement. Pour atteindre cet objectif, il est nécessaire de poursuivre plusieurs

objectifs spécifiques, notamment :

- ✓ Identifier les charges à alimenter en électricité à partir des systèmes photovoltaïques.
- ✓ Évaluer la faisabilité technique et financière des microcentrales photovoltaïques.
- ✓ Réaliser une étude de faisabilité économique du projet et résumer l'impact environnemental du projet.
- ✓ Analyser la possibilité de généraliser ce projet dans d'autres régions [25].

## II.2.4 Description

Les étapes de réalisation de ce projet sont

comme suit [25]1- Dimensionnement

de l'installation photovoltaïque

- ✓ Calculer la capacité de la surface pour l'implantation des panneaux ;
- ✓ Calculer la puissance crête à installer selon la consommation annuelle de l'usine (donnée par la STEG).

2- Etude technique théorique

- ✓ Choisir le type de panneau et calculer le nombre des panneaux.
- ✓ Choisir le type de l'onduleur et calculer le nombre des onduleurs.
- ✓ Choisir le type des batteries et calculer le nombre des batteries.
- ✓ Calculer les sections des câbles à utiliser.
- ✓ Dimensionner les

dispositifs de protection.3-

Etude pratique

- ✓ Dimensionner l'installation photovoltaïque sur le logiciel HOMERPro.
- ✓ Comparaison entre les résultats pratique et théorique.

4- Estimation du coût de l'installation

## II.3 Les infrastructures portuaires

### II.3.1 La fabrique des glaces

La Société de Gestion des Ports et Pêches a autorisé aux partenaires pour utiliser un espace de concession (bâtiment) afin d'y exploiter, une machine de production et de distribution de glace.

Cette machine de production et de distribution de glace fonctionne en libre-service et les

usagers disposent de badges permettant l'accès 24h/24 et 7 jours/7. Les badges sont délivrés à titre personnel aux usagers par le SGPP [25].

Les tarifs pratiqués sont ceux du Tarif de l'outillage public en vigueur. Les prix sont fixes à partir de 14/06/2019 comme suit :

Le sac de glace 400 DA

Le 1/2 sac de glace 200 DA



Figure II.3: Glacier de la pecherie

### II.3.2 Les stations gasoil

La Société de Gestion des Ports et Pêches a confié à la société nationale de Commercialisation et de Distribution de Produits Pétroliers Route des Dunes la gestion de la station d'avitaillement en carburants du Port de pêche de GHAZAOUET [25].

Ces installations sont constituées de :

- ✓ Une réserve de stockage du produit distribué en 2 cuves enterrées pouvant contenir respectivement 80 m<sup>3</sup> de gazole et 5 m<sup>3</sup> d'essence,
- ✓ Une réserve complémentaire d'une capacité de 80 m<sup>3</sup> de gazole à double enveloppe d'une capacité de dépôt de 165 m<sup>2</sup>
- ✓ Dispositions de pompage et de comptage,
- ✓ Conduites et bouches de distribution,
- ✓ D'abris accueillant des bacs de remise des flexibles mobiles de

raccordement aux bateaux,

- ✓ Un bâtiment servant à la station-service de distribution.



**Figure II.4: Station NAFTAL**

### **II.3.3 Espace de vente**

La halle de vente est superficielle de 50m<sup>2</sup>



Figure II.5 :halle de vente

Et les infrastructures avec ses surfaces se résume dans le tableau ci-dessous :

Surfaces des équipements existants		
Désignation	Nombre	Surface (m <sup>2</sup> )
Halle de vente+complexe	1	936
Cases pêcheurs (extension)	93	542
Fabriques de glace	2	30+130
Chambres froide	1	972
Ateliers de mécanique et de menuiserie	-	-
Station gasoil	2	380+200
Douche vestiaire	1	-
Magasins de vente d'articles de pêche	2	18+36
Cafétéria et terrasses	1	155,65
Parking pour camions frigorifiques	-	-
Ateliers de frisage, tournage, ajustage, et charpente	2	90+18
Bureaux : police	1	26
Poste police	1	-
Protection civile	1	432

Figure II.6: Les équipements existants [24]

## Conclusion

Dans ce chapitre, le projet est mis dans son cadre général, à savoir la présentation de la société d'accueil et la description du projet, dans le chapitre suivant, on va faire le dimensionnement de l'installation photovoltaïque.



# CHAPITRE III

## DIMENSIONNEMENT DU CHAMP PHOTOVOLTAIQUE

## Chapitre III : Dimensionnement du champ photovoltaïque

Le dimensionnement photovoltaïque est le processus de détermination de la taille d'un système photovoltaïque pour produire la quantité d'électricité nécessaire à répondre aux besoins énergétiques d'un site donné. Il implique la collecte de données sur les conditions météorologiques locales, la consommation d'énergie du site, la taille de l'espace disponible pour les panneaux solaires.

Nous présentons dans ce chapitre, le dimensionnement de chaque composante du champ photovoltaïque.

### III.1 Dimensionnement de l'installation

#### III.1.1 Etude technique

Dans le cadre de notre étude sur l'installation PV, pour la rendre réalisable, il est préférable de prendre en compte une partie de l'installation, à savoir la cale de halage de la division,. Ainsi, en se concentrant sur ces éléments, nous avons pu cibler avec précision les besoins à satisfaire.

#### III.1.2 Collecte des données

La collecte de données est une étape importante dans la conception d'un système photovoltaïque. Les données nécessaires pour la conception comprennent généralement les éléments suivants.

**1. Emplacement géographique :** l'emplacement géographique est important car il affecte la quantité de rayonnement solaire reçue. Il est donc nécessaire de connaître la latitude, la longitude et l'altitude du site.

**2. Radiations solaires :** les données sur les radiations solaires sont nécessaires pour déterminer la quantité d'énergie solaire disponible pour la production d'électricité.

**3. Orientation et inclinaison des panneaux solaires:** l'orientation et l'inclinaison des panneaux solaires affectent la quantité d'énergie solaire captée. Il est donc important de les déterminer en fonction de l'emplacement géographique.

**4. Consommation d'électricité :** la connaissance de la consommation d'électricité est importante pour déterminer la taille du système photovoltaïque nécessaire pour répondre aux besoins électriques.

**5. Disponibilité de l'espace :** l'espace disponible pour l'installation du système photovoltaïque est un facteur important à prendre en compte lors de la conception.

Il est important de collecter des données précises pour une conception efficace du système photovoltaïque. Les données peuvent être collectées à l'aide de différents outils, tels que des enregistreurs de données, des capteurs, des études sur le terrain, des bases de données en ligne.

### **III.1.3 Dimensionnement des équipements du système photovoltaïque**

#### **III.1.3.1 Présentation du site**

Le cas de cette étude est une zone industrielle « port de Ghazaouet », Le port de commerce de Ghazaouet est situé à une trentaine de kilomètres à vol d'oiseau à l'Est de la frontière algéro-marocaine, et à 45 kilomètres de l'aéroport international Messali El-Hadj de Tlemcen.

Il se trouve au fond d'une anse sablonneuse de 1300 mètres d'ouverture et de 400 mètres de creux au milieu de laquelle débouche un petit cours d'eau nommé Oued Ghazouanah. Le port est situé exactement à  $35^{\circ} 6' 00$  de latitude Nord et à  $1^{\circ} 52' 21$  de Longitude ouest.

Notre étude s'agit de produire de l'électricité aux infrastructures de cette zone à partir de l'énergie solaire à l'aide de systèmes photovoltaïques. Ce sera donc une question qui aidera à protéger l'environnement[26]

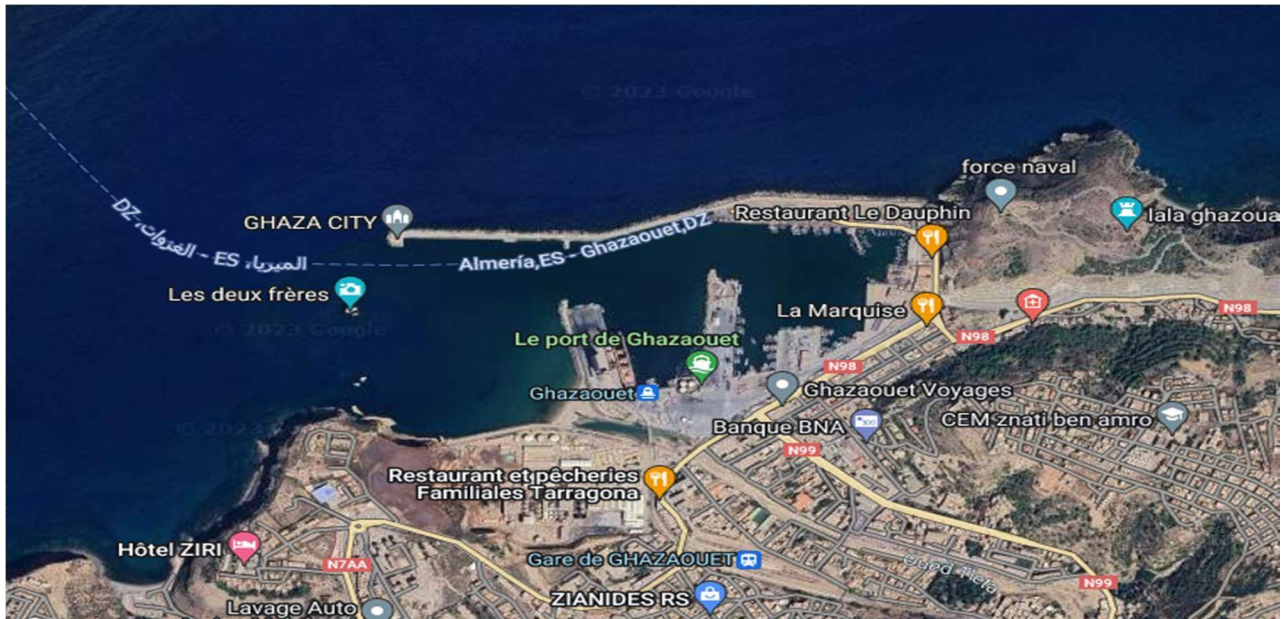


Figure III.1 : Localisation Port Ghazaouet

### III.1.3.2 Localisation de site

- Wilaya : Tlemcen
- Latitude : 35° 6' 00Nord
- Longitude : 1° 52' 21 Ouest.
- Température ambiante min : 13.75°C
- Température ambiante max : 22.03°C

### III.1.3.3 Estimation des besoins journalière

Basé sur les caractéristiques affichées sur le récepteur : tension, puissance et durée d'utilisation il est facile d'estimer ces besoins. La consommation d'énergie quotidienne totale est la somme de la consommation d'énergie quotidienne totale en courant continu (CC) et en alternatif (CA). La consommation de courant alternatif doit tenir compte de l'efficacité de l'onduleur [27]. Puis on fait la multiplication entre ces derniers comme la relation ci-dessous

$$E_T = \sum_{i=1}^n E_i = \sum_{i=1}^n P_i \times t$$

Tel que :

$E_T$ : L'énergie totale consommée en (Wh/jour)

$E_i$  : L'énergie journalière consommée par chaque appareil (Wh/jour)

**P<sub>i</sub>**: La puissance journalière consommée par chaque appareil (W)

**t** : La durée d'utilisation quotidienne moyenne en (h)

#### **III.1.3.4 Potentiel solaire**

Le potentiel solaire se réfère à la quantité d'énergie solaire pouvant être convertie en énergie utilisable dans une région spécifique. Il dépend de divers facteurs tels que l'emplacement, la période de l'année, l'orientation et l'inclinaison des panneaux solaires, la qualité et l'efficacité des panneaux, ainsi que les conditions météorologiques locales. Une étude de faisabilité est essentielle pour évaluer le potentiel solaire d'une installation photovoltaïque, en prenant en compte les données météorologiques, l'ensoleillement moyen, l'angle d'inclinaison et l'orientation des panneaux, ainsi que les ombres potentielles. Cette analyse permet d'estimer la production annuelle d'énergie solaire en kilowatt-heures (kWh) et varie en fonction de l'emplacement, de l'altitude, de la latitude, de la couverture nuageuse et des conditions météorologiques locales [28].

#### **III.1.3.5 Dimensionnement du système de génération photovoltaïque**

Suite à l'évaluation des besoins électriques et du gisement solaire, il est à présent possible de dimensionner le champ photovoltaïque. Cette opération consiste simplement à calculer la puissance crête nécessaire au bon fonctionnement de l'installation [29].

##### **III.1.3.5.1 Puissance crête**

La puissance crête est la puissance électrique maximale que peut produire un module photovoltaïque dans des conditions standardisées, c'est-à-dire lorsqu'il est exposé à une irradiation solaire de 1000 watts par mètre carré ( $W/m^2$ ), avec une température de cellule de 25 degrés Celsius et un spectre solaire AM 1,5. La puissance crête est exprimée en watts crête (Wc). Elle est généralement indiquée par le fabricant du module photovoltaïque et représente une mesure importante de la performance de l'équipement. Il est important de noter que la puissance crête ne correspond pas nécessairement à la puissance de sortie réelle du module photovoltaïque en fonctionnement normal, car les conditions réelles peuvent varier considérablement de celles des conditions standardisées. Cependant, la puissance crête est utilisée comme une référence pour comparer les performances des différents modules photovoltaïques sur le marché.

Elle est donnée par la formule ci-dessous :

$$P_{ch} = \frac{E_c}{k \times I_r}$$

$P_{ch}$  : Puissance crête de champs photovoltaïques ( W)

$E_c$  : Energie consommée par jour (Wh/jour)

$I_r$  : Temps moyen d'ensoleillement journalier (h/jour)

En Algérie :  $2 \leq I_r \leq 8$ . On prend la moyenne de 5 h/Jour  $k$  : Coefficient correcteur, ce coefficient tient compte :

- De l'incertitude météorologique.
- De l'inclinaison non corrigée des modules suivant la saison.
- Du point de fonctionnement des modules.
- Du rendement moyen charge/décharge de la batterie (90%).
- Du rendement de régulateur (95%).
- Pertes de câble et de connexion pour les systèmes avec batteries.  $k$  est généralement compris entre 0,55 et 0,75. Une valeur courante pour les calculs du système de batterie est  $k = 0,65$  [30]

### III.1.3.5.2 Nombre de panneaux

Le nombre de panneaux est nécessaire à installer est :

$$N_p = \frac{P_{Ch}}{\text{Puissance crete unitaire de panneau}}$$

Avec :

$N_p$  : Nombre des panneaux nécessaire

$P_{Ch}$  : Puissance crête totale.

- **Nombre de panneaux en série :**

$$N_{ps} = \frac{V_{Ch}}{\text{Tension délivrée par un panneau}}$$

Avec :

$V_{ch}$  : Tension totale du champ.

- **Nombre de panneaux en parallèle :**

$$N_{pp} = \frac{N_p}{N_{ps}}$$

Avec :

$N_p$ : Nombre total de panneaux photovoltaïques

$N_{ps}$ : Nombre de panneaux connectés en série

### III.1.3.5.3 la taille de la surface du champ photovoltaïque

La surface d'un générateur PV est l'aire totale occupée par les panneaux solaires montés en série et en parallèles qui composent le champ photovoltaïque. La surface du générateur photovoltaïque s'exprime en fonction de la surface du module (SM), du nombre des modules en série (NMS) et le nombre des modules en parallèle (NMP) sous la forme suivante :

$$\text{Surface} = \text{NMP} \times \text{NMS} \times \text{SM}$$

SM : Surface du module (m<sup>2</sup>)

NMS : Nombre des modules en série

NMP : Nombre des modules en parallèle

### III.1.3.5.4 la Tension de fonctionnement du champ photovoltaïque

La tension est choisie selon la valeur de la puissance crête de la manière suivante :

Puissance c rête(Wc)	$\leq 500$	$500 < P_c \leq 2000$	$2001 < P_c \leq 10000$ 0	$> 10000$
Tension de système(V)	12	24	48	96

**Tableau 1:La tension du champ en fonction de la puissance crête**

### III.1.4.6 Système de stockage

#### III.1.4.6.1 Energie et capacité de stockage

Le choix de la batterie pour un système photovoltaïque dépend de plusieurs facteurs, tels que la taille du système, la quantité d'énergie stockée souhaitée, le nombre de cycles de charge-décharge attendus, la profondeur de décharge, la tension de la batterie, la durée de vie attendue, le coût et les conditions d'environnement.

Chacun de ces facteurs est définis comme suit :

- ✓ **Tension de la batterie** : La tension de la batterie doit correspondre à celle du système photovoltaïque pour assurer une compatibilité optimale.
- ✓ **Profondeur de décharge (DOD)** : La profondeur de décharge mesure le pourcentage de la capacité totale de la batterie qui peut être utilisé avant que la batterie ne soit endommagée. Il est important de choisir une batterie qui a une profondeur de décharge appropriée pour les besoins du système et qui peut supporter le nombre de cycles de charge-décharge attendus.
- ✓ **Capacité** : La capacité de la batterie détermine la quantité d'énergie qui peut être stockée. Plus la capacité est élevée, plus l'autonomie du système est grande. Cependant, il est important de tenir compte des besoins en énergie du système et de choisir une capacité qui convient à ces besoins.

La capacité nominale d'une batterie est donnée par la formule ci-dessous :

$$C_{ch} = \frac{E_c \times N}{D \times U}$$

Avec :

$C_{ch}$  : Capacité du champ de batterie en Ampère. Heure (Ah).

$E_c$  : Energie consommée par jour (Wh/j).

N : Nombre de jour d'autonomie.

D : Décharge maximale admissible (0,8 pour les batteries au plomb).

U : Tension de la batterie (V).



- ✓ **Durée de vie** : La durée de vie de la batterie est un facteur important à considérer. Il est important de choisir une batterie qui a une durée de vie suffisamment longue pour répondre aux besoins du système, mais qui n'est pas trop coûteuse.
- ✓ **Environnement** : Les conditions environnementales, telles que la température, l'humidité et l'exposition aux éléments, peuvent affecter la performance de la batterie. Il est important de choisir une batterie qui peut fonctionner dans les conditions environnementales prévues.
- ✓ **Coût** : Le coût de la batterie doit également être pris en compte. Il est important de trouver un équilibre entre la performance, la durée de vie et le coût pour trouver la batterie la plus adaptée à votre système photovoltaïque.

### III.1.4.6.2 Nombre de batterie

Le nombre de batteries nécessaire est calculé comme suite :

$$N_T = \frac{C_{acc}}{C_b}$$

**Avec :**

$C_{acc}$ : Capacité de la batterie de stockage (Ah) ou (Wh)

$C_b$  : Capacité batterie, (Ah)

- **Nombre de batteries en série :**

$$N_{bats} = \frac{V_{ch}}{V_{bat}}$$

Avec :

$V_{ch}$  : Tension totale du champ photovoltaïque

$V_{bat}$  : La tension délivré par la batterie

- **Nombre de batteries en parallèle :**

$$N_{batp} = \frac{N_T}{N_{bats}}$$

Avec :

$N_T$  : Le nombre de batterie total

$N_{bats}$  : Le nombre de batterie en série

### III.1.4.7 Régulateur

Le dimensionnement d'un régulateur de charge solaire est important pour garantir la durée de vie du système solaire et la performance des batteries [31].

Il est dimensionné en fonction de quelques paramètres tels que :

- **La tension nominale** : doit être la tension du champ photovoltaïque
- **Le courant d'entrée** : Le courant d'entrée est le courant de charge maximal que les modules sont susceptibles de fournir. Mais par mesure de sécurité il est préférable de prendre 1,5 fois le courant maximal.
- **Le courant de sortie** : Le courant de sortie du régulateur doit être supérieur à la valeur maximale de puissance (P) que peuvent consommer les appareils alimenter simultanément.

$$I_s = \frac{P_{ch}}{U}$$

$P_{ch}$  : La puissance crête du champ photovoltaïque qui est calculé comme suit :

$$P_{ch} = P_c \times N_p$$

$P_c$ : La puissance crête d'un panneau photovoltaïque

$N_p$  : Nombre de modules du champ photovoltaïques

### III.1.4.8 Convertisseurs

Le dimensionnement de l'onduleur consiste à choisir le modèle d'onduleur le plus approprié pour un système d'énergie solaire. Il est important de s'assurer que l'onduleur est suffisamment puissant pour convertir l'énergie produite en électricité de qualité et stable.

Le choix d'un onduleur solaire dépend de plusieurs critères importants, tels que :

- **La Tension d'entrée** : elle est égale à celle de la batterie ou du régulateur [31].
- **La tension de sortie** : afin que notre installation fonctionne normalement, l'onduleur doit produire une tension de sortie correspondant à la tension d'alimentation en courant alternatif des charges utilisées, qui est de 220/230 VAC [31].

- **La puissance nominale** : en fonction des besoins exprimés, la puissance nominale de l'onduleur (exprimée en VA) est déterminée en prenant en compte le nombre d'équipements à alimenter et leur puissance respective [31].

- **La puissance maximale** : De plus, la plupart des convertisseurs consomment de l'énergie même lorsqu'ils ne fonctionnent pas (stand-by). Certaines sont équipées d'un système on/off, ce qui permet de faire des économies considérables sur le coût des petites installations photovoltaïques [31].

### III.1.4.9 Les câbles

La performance globale des systèmes PV dépend fortement du choix correct des câbles. Pour faire ce choix il faut prendre en considération quelques mesures bien définies :

- **La longueur :**

La longueur des câbles est certainement l'aspect le plus important à considérer. En effet, des câbles trop longs ou trop courts peuvent être à la source de plusieurs dysfonctionnements. Ils peuvent provoquer une surchauffe pouvant endommager l'installation photovoltaïque. Ou encore des chutes de tension qui réduisent le rendement énergétique. Pour choisir la bonne longueur, il faudra prendre en compte la distance entre les différents éléments de l'installation ainsi que la tension et l'intensité du courant acheminé [32].

- **La section :**

La section des câbles est calculée en fonction de l'intensité du courant (A) et de la distance à parcourir. La section standard d'un câble solaire est généralement comprise entre 4 et 6 mm<sup>2</sup>. Cela convient pour la plupart des installations. Certaines cependant peuvent nécessiter des sections plus importantes : câble solaire 10mm<sup>2</sup>...

Du fait de sa composition, le câble photovoltaïque nécessite un dénudeur spécifique. En effet, l'isolation multicouche du câble solaire requiert un réglage assez fin pour le dénuder sans abîmer le cuivre [32].

- **Connecteur :**

Les câbles solaires peuvent intégrer des connecteurs afin de garantir une connexion parfaite lors de leur raccordement. Si tel est le cas, il est important de s'assurer qu'ils soient d'une qualité irréprochable, toujours dans le but d'éviter les chutes de tension et autres

dysfonctionnements. Les connecteurs se doivent d'être résistants aux intempéries, aux températures extrêmes et aux rayons UV [32].

- **Résistivité :**

C'est une grandeur physique propre à un matériau conducteur. Elle définit sa capacité à conduire plus ou moins bien le courant électrique.

Pour un objet de résistivité  $\rho$ , d'aire en coupe transversale  $A$ , et de longueur  $l$ , la résistance  $R$ , est donnée par [32]:

$$R = \frac{\rho \times l}{A}$$

Avec :

**R**: La résistance en ( $\Omega$ )

$\rho$ : La résistivité en ( $\Omega.m$ )

**l**: La longueur du câble en (m)

A: La section du câble s en (mm<sup>2</sup>)

## III.2 Application

### III.2.1 Evaluation de la consommation

Dans le cadre de notre étude, nous avons identifié un cale de halage a alimenté.

Mois	Consommation KW	Coût de la consommation
Janvier -2022	1 116,21	14 510,82
Février-2022	1 014,79	16 452,98
Mars -2022	1 056,95	16 727,95
Avril-2022	834,28	16 532,93
Mai -2022	835,41	17 976,88
Juin – 2022	794,46	15 263,19
Juillet -2022	804,77	13 357,33

Août – 2022	888,49	13 369,40
Septembre -2022	1 100,75	17 148,48
Octobre -2022	1 170,29	19 924,56
Novembre -2022	1 129,35	15 746,13
Décembre -2022	1 214,19	18 730,40

**Tableau 2:La consommation globale et le coût de consommation de cale de halage**

- La moyenne de la consommation : **33 222 Wh/jour**

### III.2.2 L'angle d'inclinaison optimale pour le panneau

L'angle d'inclinaison optimal d'un panneau solaire dépend de la latitude de l'endroit où il est installé et de la saison. En général, pour maximiser la production d'énergie solaire, le panneau doit être incliné à un angle égal à la latitude moins 10 degrés en hiver et égal à la latitude plus

10 degrés en été.

Cependant, il est important de noter que les toits inclinés standard ont généralement une inclinaison de 30 à 45 degrés, ce qui peut être suffisant pour une production d'énergie solaire efficace tout au long de l'année dans de nombreuses régions.

Dans notre cas latitude de port Ghazaouet est « 35° 05' 38 » donc l'angle d'inclinaison en hiver est 25° et en été est 45° [24].

### III.2.3 Dimensionnement de champ photovoltaïque

Puissance crête :

$$P_{ch} = \frac{E_c}{k \times I_r} = \frac{33\,222}{0,65 \times 5}$$

$$P_{ch} = 10\,222,1538 \text{ Wc}$$

#### - Choix du panneau :

Le panneau photovoltaïque que nous avons utilisé pour notre étude de dimensionnement pour la conception des systèmes photovoltaïques est le CEM200M- 72 de la marque condor d'une puissance crête de 200 Wc. Les caractéristiques électriques et mécaniques de ce panneau sont présentées dans les tableaux ci-dessous [33] :

Type du module	Unité	CEM200M-72
Puissance nominale	Wc	200
Tension en circuit ouvert (Vco)	V	45.6
Courant de court-circuit (Isc)	A	5.8
Tension mpp Vmpp	V	36.9
Courant mpp Impp	A	5.42
Tension maximale du système (Vdc)	V	1000
Charge maximale de fusibles	A	15

**Tableau 3:Caractéristiques électriques du module photovoltaïque condor CEM200M-72**

Type de cellule	Cellule monocristalline avec anti- réflexion
Nombre de cellules par module	72 cellules (6*12)
Dimension de la cellule	125*125 mm
Dimension du module	1580*808*45 mm
Poids du module	15.5 Kg
Température d'utilisation	-40 à 85

**Tableau 4:Caractéristique mécaniques du module photovoltaïque condor CEM200M-72**

Nombre de modules :

D'après la puissance crête, en se référant au tableau (III.1) on détermine la tension de champs qui est égale à 96 V.

- Totale :

$$N = \frac{P_{Ch}}{P \text{ Puissance crete unitaire de panneau}} = \frac{10\ 2222,153}{200} = 51,1 \cong 52$$

- En série :

$$N = \frac{V_{Ch}}{P^s \text{ Tension délivrée par un panneau}} = \frac{96}{45,6} = 2,1 \cong 3$$

- En parallèle

$$N_{pp} = \frac{N_p}{N_{ps}} = \frac{52}{3} = 17,3333 \cong 17$$

La surface :

$$\begin{aligned} \text{Surface} &= \text{NMP} \times \text{NMS} \times \text{SM} \\ &= 3 \times 17 \times 1276,64 \\ &= 65.108 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

La Tension de fonctionnement du champ photovoltaïque :

D'après le tableau, on détermine la tension de fonctionnement du champ photovoltaïque qui correspond à la puissance crête du système qui est égale à :  $V_{ch}=96 \text{ V}$

### III.2.4 Dimensionnement de la batterie de stockage

Le choix des batteries est basé sur la capacité totale du champ photovoltaïque :

Choix de tension de travail :  $U = V$

Capacité :

$$C_{ch} = \frac{E_c \times N}{D \times U} = \frac{0,5 \times 33\,222}{0,8 \times 96} = 216,25 \cong 217 \text{ Ah}$$

- Les batteries en série :

$$N_{bats} = \frac{V_{ch}}{V_{bat}} = \frac{96}{12} = 8$$

- Les batteries en parallèle :

$$N_{batp} = \frac{C_{ch}}{C_{bats}} = \frac{217}{107} = 2,021 \cong 3$$



### III.2.5 Choix du régulateur de charge

- Tension nominale : **96 V**
- Courant d'entrée : **534,375 A**
- Courant de sortie : **106,25 A**

$$P_{ch} = P_c \times N_p \times N_s = 200 \times 3 \times 17 = 10200 \text{ W}$$

$$I_s = \frac{P_{ch}}{U} = \frac{10200}{96} = 106,25 \text{ A}$$

Type de régulateur : **96V / 107A**

### III.2.6 choix de l'onduleur

$$P_r = P_{ch} \times \frac{\sin \beta}{\cos \beta} = 33\,222 \times \frac{0,6}{0,8} = 24\,916,5 \text{ W}$$

$$P_{ond} = \sqrt{(P^2 + P_r^2)} = \sqrt{(33\,222^2 + 24\,916,5^2)} = 41527,5 \text{ VA}$$

$$= 41 \text{ KVA}$$

### III.2.7 choix des câbles

Dans cette partie, on donne un aperçu de calcul des câbles nécessaires à la connexion des différents panneaux photovoltaïques, quant aux autres connexions (régulateur, appareils, onduleur) elles restent tributaires des conditions de réalisation sur le site. La chute de tension admissible à travers un câble étant de 2% de la tension appliquée sur le champ de batteries de stockage, il vient que la différence de potentiel admissible aux bornes d'un câble de connexion correspond à :

$$\Delta U = \text{Tension appliquée} \times 0,02$$

La tension du champ de batteries étant de 12V, la chute de tension admissible pour les câbles de connexion sera alors :

$$\Delta U = 96 \times 0,02 = 1,92 \text{ V}$$

Tenant compte de la valeur de l'intensité optimale délivrée par un panneau solaire  $I_{max} = 5,42$   
 $A$

Il vient que pour 3 panneaux connectés en parallèles, l'intensité totale délivrée sera :

$$I_{\max} = 5,42 \times 3 = 16,26 A$$

Donc :

$$R = \frac{\Delta U}{I_{\max}}$$

$$R = \frac{1,92}{16,26} = 0,118 \Omega$$

Considérant que la longueur du câble solaire à utiliser étant égale à la largeur des 3 panneaux en parallèles, il vient que :

$$L = 1 \times 3 = 3m$$

$$S = \rho \frac{L}{R} = 1,6 \times 10^{-8} \times \frac{3}{0,118}$$

$$= 4,0677 \times 10^{-4} m^2$$

Tableau totale :

<b>Tension de l'installation (V)</b>		96
<b>Nombre de modules (200W)</b>	<b>Total</b>	52
	<b>Série</b>	3
	<b>Parallèle</b>	17
<b>Batteries</b>	<b>Capacité totale (Ah)</b>	217Ah
	<b>Nombre total</b>	24
	<b>Série</b>	8
	<b>Parallèle</b>	3
	<b>Type</b>	12V/107Ah
<b>Régulateur de charge</b>		96V/107A
<b>Type de câble (mm<sup>2</sup>) / et longueur (m)</b>		$4,0677 \times 10^{-4} m^2$
<b>Puissance de l'onduleur (KVA)</b>		41KVA

**Tableau 5:Tableau récapitulative des résultats obtenus**

**Interprétations :**

L'installation photovoltaïque étudiée dans ce tableau présente une configuration précise pour maximiser la production d'énergie. Avec une tension de 96V, les 52 panneaux solaires sont

disposés en trois groupes en série, comprenant chacun 17 panneaux en parallèle. Cela permet d'obtenir la tension souhaitée pour l'ensemble du système, 24 batteries sont utilisées, connectées en série et en parallèle, offrant une capacité totale de stockage de 217Ah. Un régulateur adapté à une tension de 96V et un courant de 107 A est intégré pour optimiser le rendement et protéger les composants. Les câbles sont soigneusement sélectionnés pour supporter le courant et la tension requis. Enfin, l'onduleur d'une puissance de 41 KVA convertit efficacement l'énergie solaire en électricité utilisable. Cette configuration minutieuse garantit un fonctionnement fiable et optimisé de l'installation photovoltaïque, offrant ainsi une source d'énergie renouvelable et durable.

### **Conclusion**

Le dimensionnement d'un système photovoltaïque repose sur une analyse détaillée du site, une détermination précise des composantes du système et un calcul rigoureux des paramètres de dimensionnement. Cela permet de concevoir un système optimisé et rentable, adapté aux besoins énergétiques spécifiques d'une région donnée, offrant ainsi une source d'énergie fiable, durable et économiquement viable. La sélection précise des composants, tels que les panneaux solaires, les batteries, les régulateurs et les câbles, est basée sur une évaluation approfondie des caractéristiques environnementales du site. Les paramètres de dimensionnement, tels que la tension, le courant, la capacité de stockage et la puissance de l'onduleur, sont calculés avec précision pour maximiser l'efficacité énergétique et assurer une performance optimale du système photovoltaïque.

# CHAPITRE IV

SIMULATION PAR HOMER PRO

## Chapitre IV : Simulation par HOMER pro

Un système hybride se compose de divers composants. Lors de la conception d'un système d'alimentation hybride plusieurs paramètres seront pris en considération pour bien décider à déterminer la solution de système hybride la plus rentable pour répondre aux charges électriques pour lesquelles ils sont conçus [33].

- ✓ La taille des composants,
- ✓ La configuration du système,
- ✓ L'applicabilité de diverses sources d'énergie renouvelables dans la région,
- ✓ L'économie du projet des changements de charge et de coût des composants,
- ✓ Le cycle de vie du système,
- ✓ Le coût actuel net du système,
- ✓ L'utilisateur final du système hybride Énergie les coûts,
- ✓ Les coûts de maintenance et les coûts d'exploitation annuels.

Dans cette partie, nous étudierons les systèmes hybrides dans le cadre du logiciel HOMER. Le rôle du logiciel est, d'une part, de permettre la simulation du comportement énergétique considéré dans un environnement donné, et, d'autre part, de sélectionner le meilleur système pour des besoins types [34].

### IV.1 Application du logiciel HOMER pour l'optimisation : PORTGHAZAOUET

#### IV.1.1 Présentation de l'outil de simulation

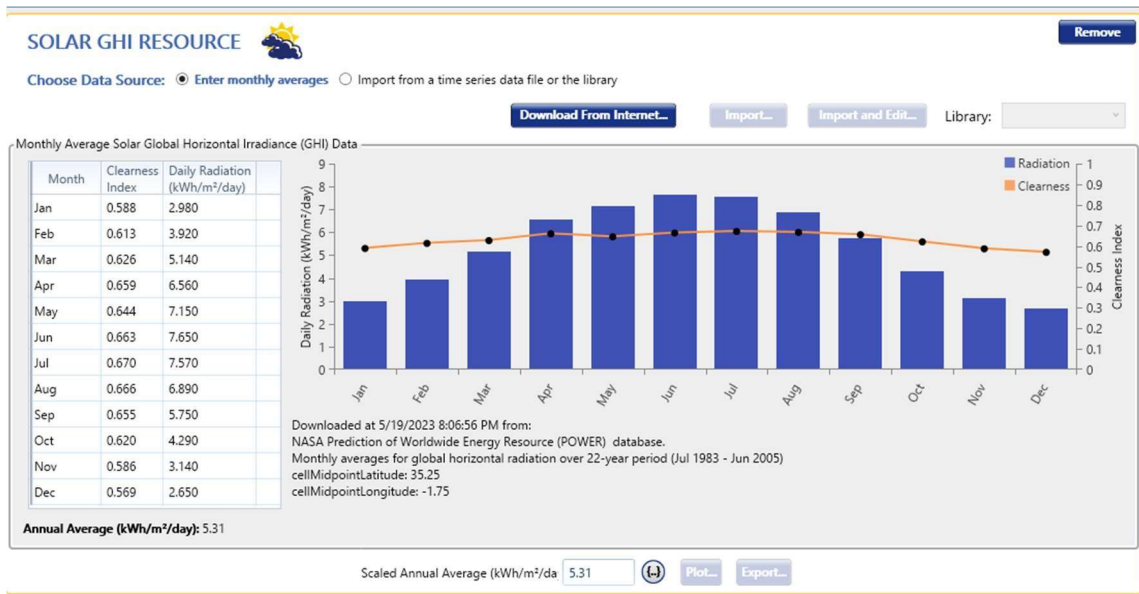
Dans cette partie on va lancer la simulation par le logiciel HOMER Pro. Lorsque HOMER Pro démarre, et on peut maintenant entre le nom du projet, l'auteur et une petite description du projet. Ensuite on sélectionne l'emplacement du projet ou alors on peut entrer l'adresse de l'emplacement dans la barre de recherche. Dans l'écran d'accueil au-dessous s'affiche quatre entrées clés : le taux d'actualisation, le taux d'inflation, le déficit de capacité annuel maximum et la durée de vie du projet. La zone fonctionnelle contient six onglets : Charge, Composants, Ressources, Projets, Système et Aide. Cependant, l'interface HOMER Pro est organisée en : Conception, Résultats et Bibliothèques .



Figure IV.1: L'écran d'accueil Homer Pro

## IV.2 L'emplacement choisi

Dans le cadre de cette simulation, nous proposons d'alimenter en électricité une région de la wilaya de Tlemcen en Algérie qu'est connectée au réseau électrique, en utilisant un système hybride PV- réseau. Pour réaliser la mise en place de ce système d'énergie, il est impératif de disposer d'informations précises telles que le profil de charge et le rayonnement solaire pour l'emplacement choisi. Ces données sont basées sur des mesures réelles du rayonnement solaire dans la région tout au long de l'année, obtenues auprès du NREL (National Renewable Energy Laboratory). La figure IV.2 présente ces données de rayonnement solaire pour la région étudiée. L'utilisation de ces informations authentiques garantit une modélisation réaliste et précise du système hybride PV- réseau dans ce contexte spécifique.



**Figure IV.2 : Rayonnement solaire mensuel de la commune Ghazaouet-Tlemcen**

Le graphe représente l'irradiation disponible dans notre site tout au long de l'année. La valeur moyenne annuelle de l'irradiation est de 5.31, ce qui indique la quantité d'énergie solaire reçue par unité de surface chaque jour. On observe des variations saisonnières significatives, avec les mois de juillet et juin enregistrant les niveaux les plus élevés d'irradiation, tandis que décembre présente la valeur la plus basse. Ces informations sont essentielles pour évaluer le potentiel de l'énergie solaire dans notre région et optimiser l'utilisation des systèmes solaires. Il est important de tenir compte de ces variations saisonnières pour une planification efficace et une utilisation optimale de l'énergie solaire.

- ✓ Le système hybride destiné pour alimenter une charge à usage domestique, avec une consommation du point de 33 KWh

Yearly Load Data												
	Weekdays						Weekends					
Hour	January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December
3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
6	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
7	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
8	6.470	5.630	5.810	4.630	4.640	4.410	4.470	4.930	6.110	6.500	6.270	6.740
9	6.470	5.630	5.810	4.630	4.640	4.410	4.470	4.930	6.110	6.500	6.270	6.740
10	6.470	5.630	5.810	4.630	4.640	4.410	4.470	4.930	6.110	6.500	6.270	6.740
11	6.470	5.630	5.810	4.630	4.640	4.410	4.470	4.930	6.110	6.500	6.270	6.740
12	6.470	5.630	5.810	4.630	4.640	4.410	4.470	4.930	6.110	6.500	6.270	6.740
13	6.470	5.630	5.810	4.630	4.640	4.410	4.470	4.930	6.110	6.500	6.270	6.740
14	6.470	5.630	5.810	4.630	4.640	4.410	4.470	4.930	6.110	6.500	6.270	6.740
15	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
16	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
17	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Copy changes to right  Copy changes to weekend  Ok Cancel

**Figure IV.318:La consommation annuelle totale**



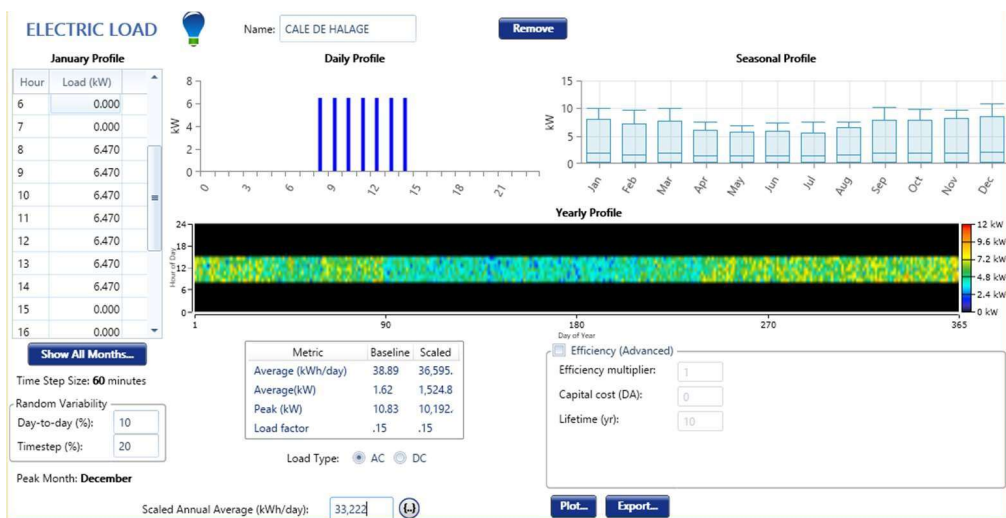


Figure 19: Profil de charge

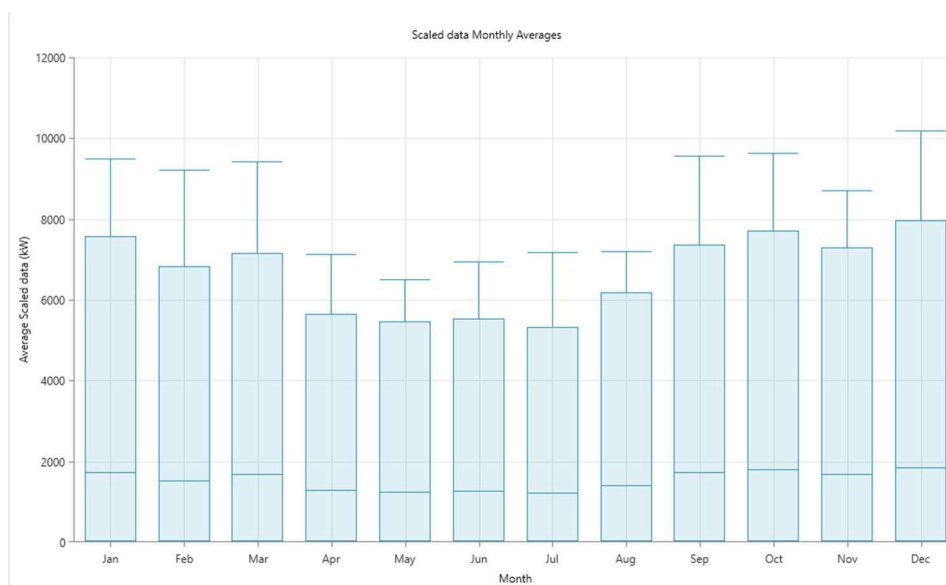
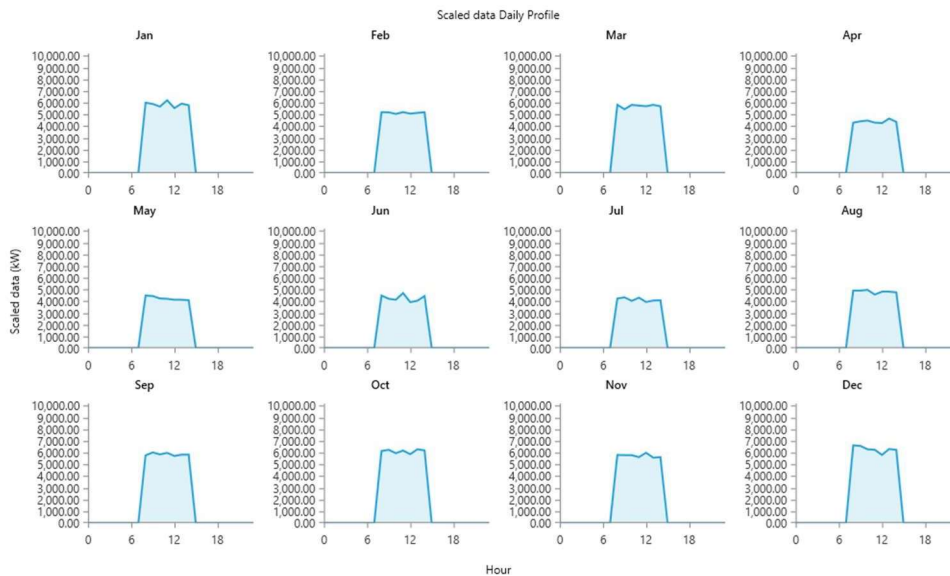


Figure IV.5: Profil de charge annuelle

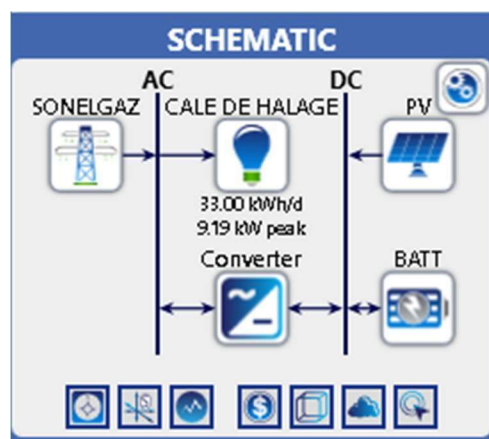


**Figure IV.6: Profil de charge journalier suivant les saisons.**

Les figures représentent la consommation annuelle et quotidienne d'énergie, avec une valeur totale de 33.22 kWh. Cela indique la quantité d'électricité consommée sur une base annuelle et quotidienne. L'analyse de ces chiffres permet de comprendre les tendances de consommation, les périodes de pointe et les variations saisonnières éventuelles. Ces informations sont essentielles pour la gestion de l'énergie, la planification des ressources et la mise en œuvre de mesures d'efficacité énergétique. Elles peuvent également aider à évaluer les besoins en énergie renouvelable et à concevoir des solutions adaptées pour répondre à la demande énergétique de manière durable.

### IV.3 La construction de système hybride photovoltaïque – réseau

L'architecture de système hybride à dimensionner sous HOMER est présentée dans la Figure IV.7



**Figure IV.7: Configuration de l'installation à dimensionner**

### IV.3.1 Modélisation de panneaux solaires photovoltaïques

Nous avons choisi un panneau solaire modèle CEM200M- 72 de la marque condor d'une puissance crête de 200 Wc., qui est commercialisé sur le marché algérien.

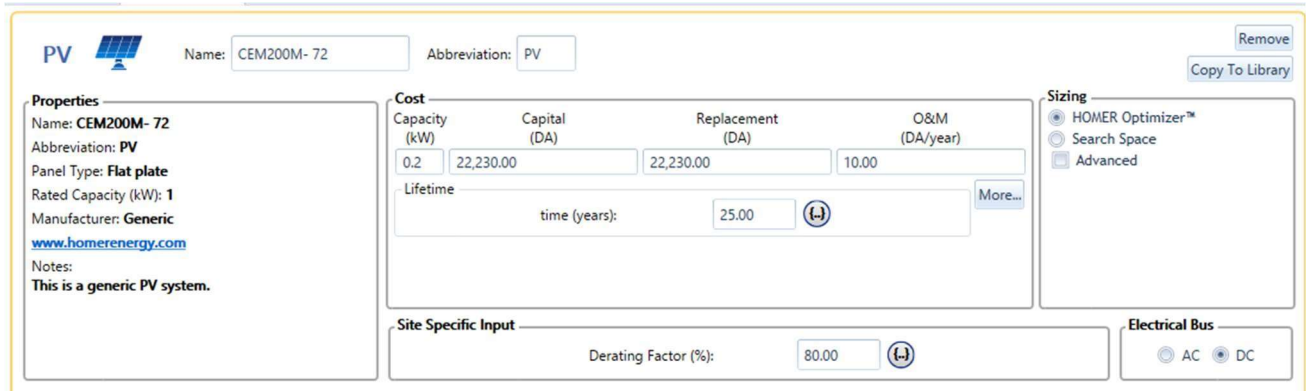


Figure IV.8: caractéristiques de module solaires photovoltaïques

### IV.3.2 Modélisation de batteries solaires

Nous avons choisi un modèle de batterie (CROWN 12CRV100 AGM DeepCycl ) de 12V/107Ah . On a pris le nombre de batterie calculer dans le chapitre précédent. Le détail des caractéristiques des batteries choisies est sur lafigure IV-9

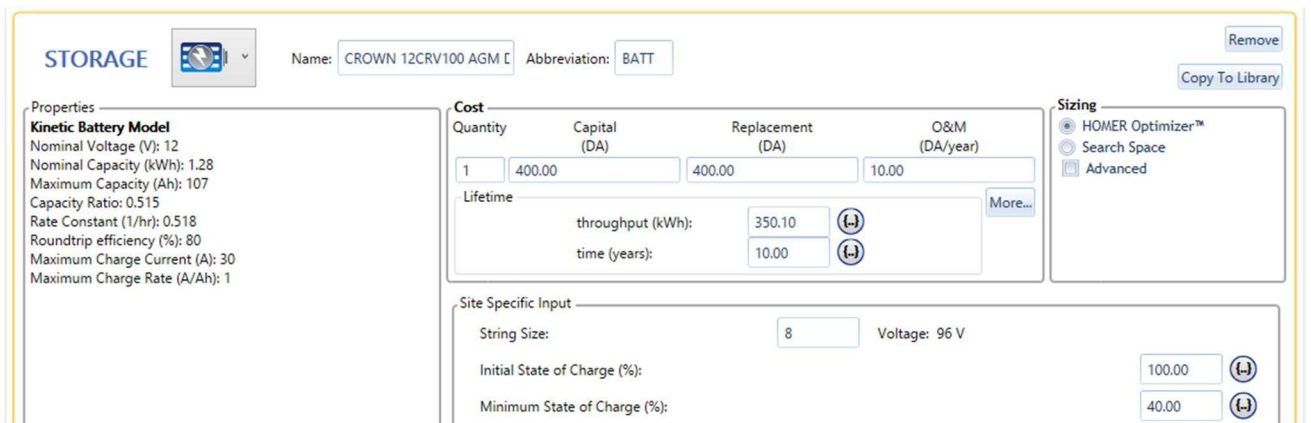


Figure IV.9: Batterie choisie parmi les modèles de HOMER Pro

### IV.3.3 Modélisation de convertisseur

Nous avons choisi le modèle suivant pour le convertisseur « OG 66kVA TL UL ». Les caractéristiques du convertisseur sont mentionnées sur la figure IV-10.

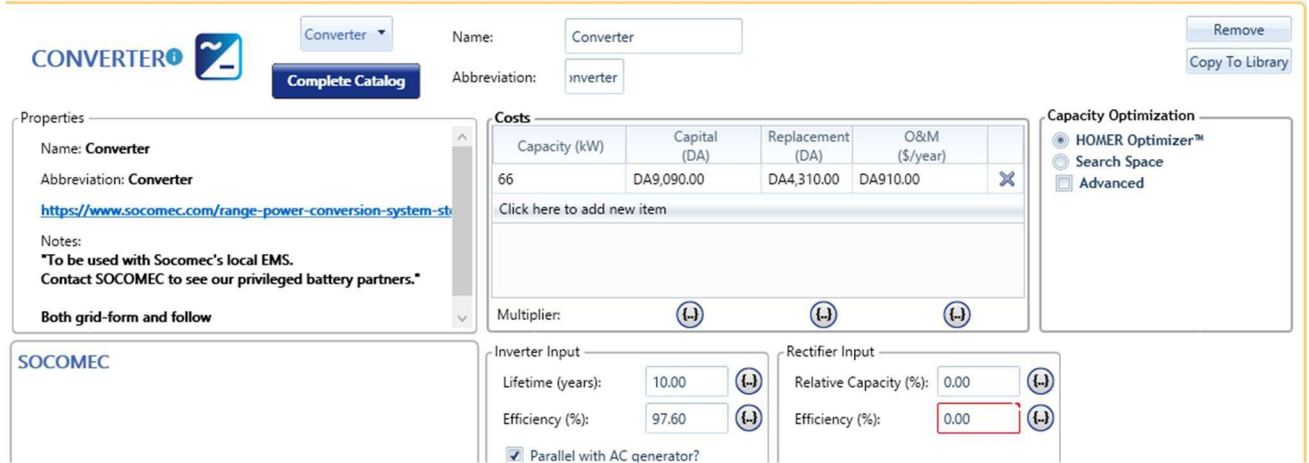


Figure IV.10: Convertisseur choisis parmi les modèles de HOMER Pro

### IV.3.4 Modélisation du réseau

Les données sur le réseau est montré dans la figure suivante :

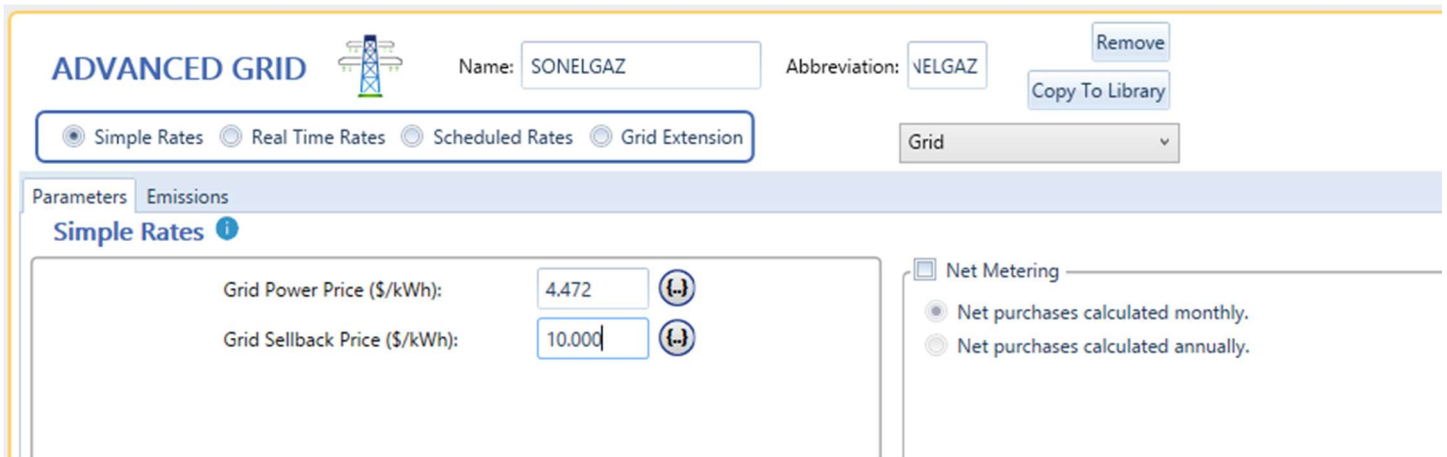


Figure IV.11: Paramètres réseau introduit dans le modèle de HOMER Pro

## IV.4 Résultats et interprétations

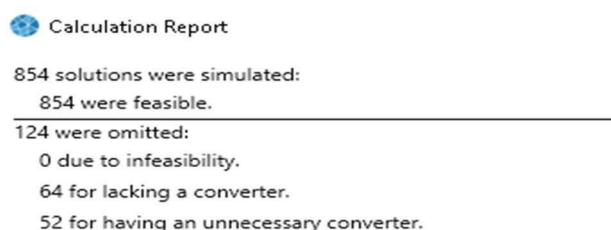


Figure IV.12: les nombre de solutions simulé par HOMER Pro

RESULTS																	
Summary												Tables		Graphs		Calculation Report	
Optimization Results																	
Left Double Click on a particular system to see its detailed Simulation Results.																	
Architecture						Cost				System							
PV (kW)	BATT	SONELGAZ (kW)	Converter (kW)	Dispatch	NPC (DA)	COE (DA)	Operating cost (DA/yr)	Initial capital (DA)	Ren Frac (%)	Total Fuel (L/yr)	Capital Co (DA)						
36,596		999,999	36,057	CC	-DA2.11B	-DA2.64	-DA478M	DA4.07B	98.9	0	4,067,645,						
36,596	24	999,999	37,430	CC	-DA2.10B	-DA2.64	-DA478M	DA4.07B	98.9	0	4,067,645,						
		999,999		CC	DA967M	DA5.60	DA74.8M	DA0.00	0	0							
	80	999,999	19.9	CC	DA974M	DA5.64	DA75.2M	DA2.32M	0	0							

Figure IV.13: Les solutions les plus optimales

- Interprétation :

La simulation réalisée avec Homer Pro a permis d'identifier les solutions les plus optimales pour notre étude, et nous avons choisi un système photovoltaïque (PV) avec stockage. Cette configuration nous offre une combinaison efficace d'énergie solaire et de stockage d'énergie, ce qui nous permet de maximiser l'utilisation des ressources renouvelables et d'assurer un approvisionnement continu en électricité. Le système PV capte l'énergie solaire et la convertit en électricité, tandis que le stockage permet de stocker l'excès d'énergie produite pour une utilisation ultérieure, y compris pendant les périodes de faible ensoleillement. Cette solution nous permet d'optimiser notre autonomie énergétique et de réduire notre dépendance aux sources d'énergie conventionnelles.

IV.4.1 La production PV et la consommation du système

Production	kWh/yr	%
Generic flat plate PV	64,207,071	98.9
Grid Purchases	704,769	1.09
Total	64,911,840	100

Consumption	kWh/yr	%
AC Primary Load	13,357,266	21.6
DC Primary Load	0	0
Deferrable Load	0	0
Grid Sales	48,344,220	78.4
Total	61,701,487	100

Quantity	kWh/yr	%
Excess Electricity	0	0
Unmet Electric Load	0	0
Capacity Shortage	0	0

Quantity	Value	Units
Renewable Fraction	98.9	%
Max. Renew. Penetration	105	%

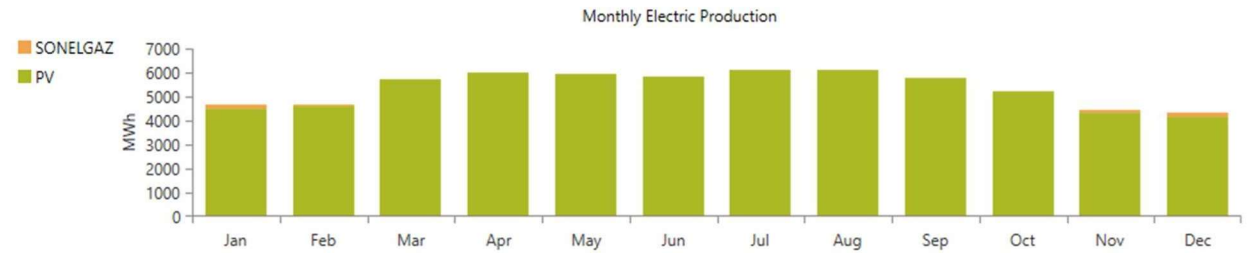


Figure IV.14: la production électrique totale mensuelle

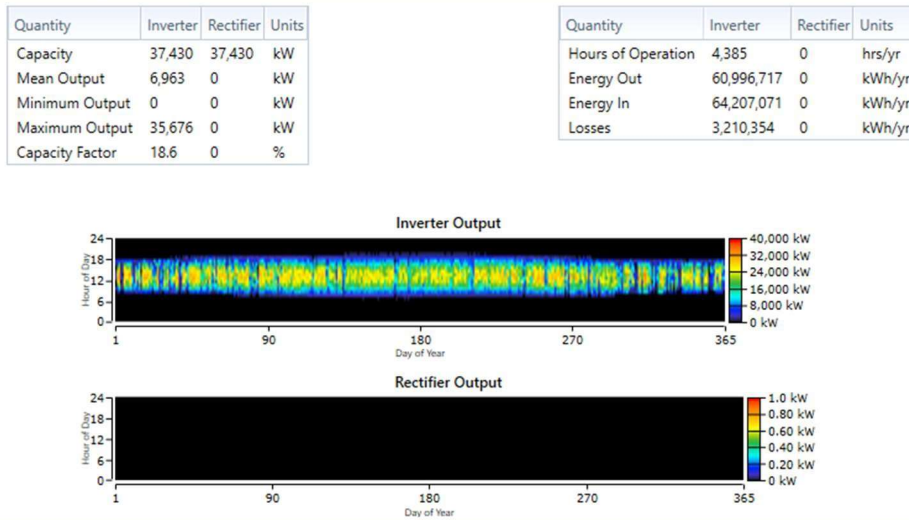
Production	kWh/yr	%
Generic flat plate PV	64,207,071	98.9
Grid Purchases	704,769	1.09
Total	64,911,840	100

Consumption	kWh/yr	%
AC Primary Load	13,357,266	21.6
DC Primary Load	0	0
Deferrable Load	0	0
Grid Sales	48,344,220	78.4
Total	61,701,487	100

Figure IV.15: Energie électrique produite par le système

La figure indique que le système photovoltaïque (PV) produit 98 % de l'énergie électrique, tandis que le reste provient du réseau électrique traditionnel. Cette observation démontre la contribution significative des énergies renouvelables, représentées par le système PV, dans la production d'électricité. En utilisant principalement l'énergie solaire, le système PV réduit la dépendance aux sources d'énergie conventionnelles et contribue ainsi à la transition vers des sources d'énergie plus durables et respectueuses de l'environnement. Cette participation élevée des énergies renouvelables est encourageante et démontre le potentiel et l'efficacité croissants des technologies solaires.

**IV.4.2 Résultat de convertisseur**



**Figure IV.16: Puissance de l'onduleur**

D'après les deux tableaux nous constatons que l'énergie d'entrée de l'onduleur est 60966.717 KWh/ans or que l'énergie de sortie de l'onduleur 64207.071 Wh/ans. L'énergie à injecter sur le réseau varie suivant les saisons et l'ensoleillement.

**IV.4.3 Résultat sur les batteries**

La figure présente la configuration proposée par Homer pour atteindre une tension de 96V. Cependant, l'autonomie affichée est très basse, avec une valeur de 0.00954 heures. Cette valeur indique que l'autonomie du système est principalement basée sur l'utilisation du réseau électrique (grid) plutôt que sur les batteries. Cela signifie que lorsque survient une panne d'électricité, le système compte davantage sur l'alimentation provenant du réseau plutôt que sur l'énergie stockée dans les batteries. Il est important de prendre en compte cette faible autonomie lors de la planification et de la gestion du système, en veillant à avoir des mesures de secours adéquates pour assurer une alimentation continue en cas de panne du réseau.

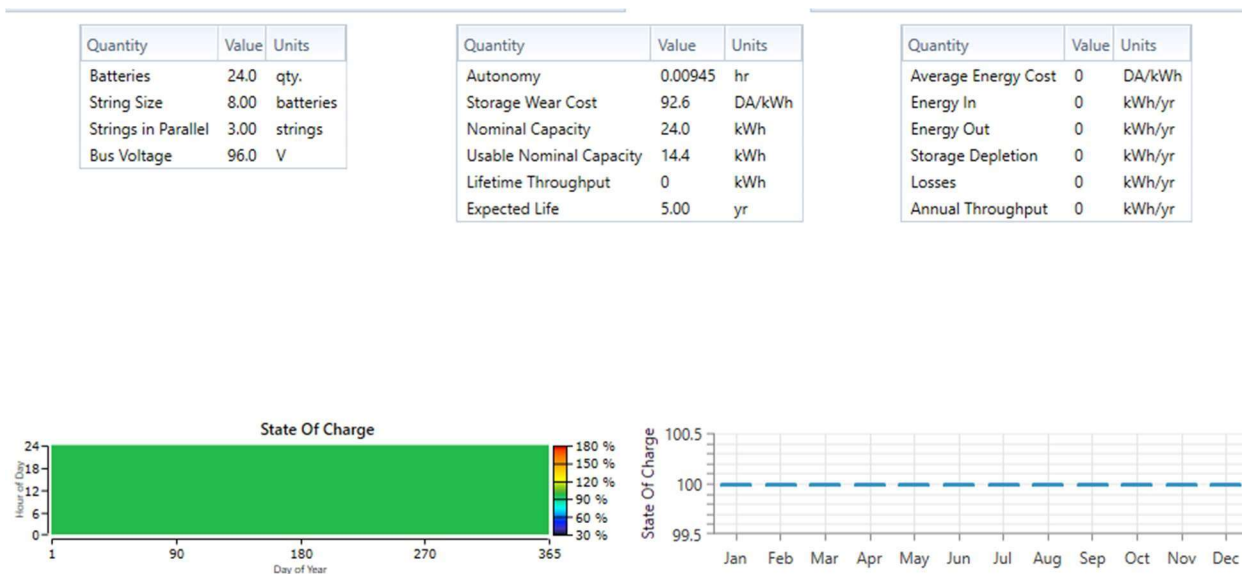


Figure IV.17: état de charge moyenne journalière et mensuelle des batteries

#### IV.4.4 Résultats du champ PV

Le graphe représente la production d'électricité par les panneaux solaires, et il montre une production élevée à midi en raison de l'ensoleillement intense à ce moment-là. Cependant, la production diminue au cours du reste de la journée et il n'y a pas de production pendant la nuit en raison de l'absence de lumière solaire. Cette observation met en évidence la dépendance directe de la production d'électricité solaire à l'ensoleillement. Il est important de tenir compte de ces variations journalières lors de la planification et de l'utilisation de l'énergie solaire, en optimisant la production pendant les heures de fort ensoleillement et en utilisant des systèmes de stockage d'énergie pour compenser les périodes de faible production. Cette compréhension des fluctuations de la production d'électricité solaire est essentielle pour une gestion efficace des ressources et une utilisation optimale de l'énergie solaire.

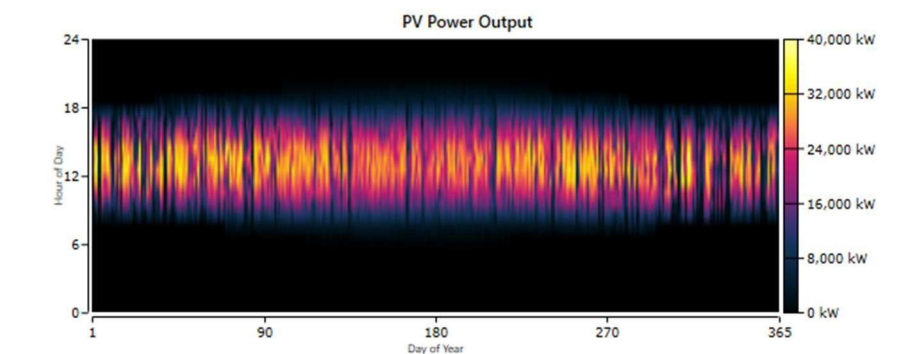
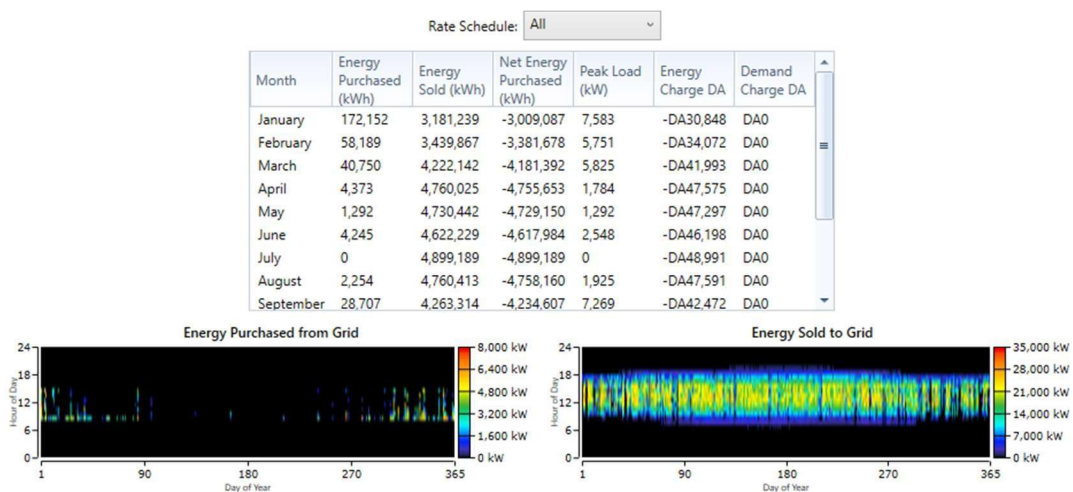


Figure IV.18: Puissance journalière moyenne délivré par les générateur PV



**IV.4.5 Résultats sur le réseau**

La figure illustre la participation du réseau électrique dans l'alimentation en électricité. On peut observer que le réseau joue un rôle important en fournissant de l'électricité lorsque la production des panneaux solaires est réduite, notamment la nuit ou lors de conditions météorologiques défavorables. Le réseau électrique compense ainsi les variations de la production solaire et assure une alimentation continue en électricité. Il est également important de noter que la contribution du réseau est plus élevée pendant les périodes de faible production solaire, ce qui permet de répondre à la demande énergétique des consommateurs. Cette figure met en évidence la complémentarité entre la production solaire et le réseau électrique, garantissant une alimentation stable et fiable en électricité.



**Figure IV.19: Indication puissance de réseau**

**IV.4.6 Résultats sur les émissions (aspect écologique et environnemental)**

La figure démontre une diminution des émissions de CO<sub>2</sub>, ce qui est attribué à l'utilisation d'une source d'énergie propre. Cela s'explique par l'utilisation de l'énergie solaire photovoltaïque, qui ne produit pas de gaz à effet de serre lors de la production d'électricité. En comparaison avec les sources d'énergie traditionnelles, telles que les combustibles fossiles, l'utilisation de l'énergie solaire contribue à réduire l'empreinte carbone et à atténuer l'impact sur le changement climatique. Cette figure témoigne de l'importance de promouvoir les énergies renouvelables pour réduire les émissions de CO<sub>2</sub> et préserver l'environnement.

Quantity	Value	Units
Carbon Dioxide	445,414	kg/yr
Carbon Monoxide	0	kg/yr
Unburned Hydrocarbons	0	kg/yr
Particulate Matter	0	kg/yr
Sulfur Dioxide	1,931	kg/yr
Nitrogen Oxides	944	kg/yr

**Figure IV.20: La quantité des gaz émis par le système**

## Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons introduit et utilisé l'outil de dimensionnement et d'optimisation HOMER pour simuler notre système hybride. En nous basant sur les résultats obtenus grâce au processus d'optimisation, la configuration énergétique optimisée qui a retenu notre attention se compose de modules PV d'une puissance de 200 kW, d'un réseau d'une capacité maximale de 999999 kW, d'un convertisseur d'une capacité de 66 kW, et d'un banc de 8 batteries.

Les simulations ont démontré que la production d'électricité annuelle totale du système s'élève à 64207 kWh/an. De cette quantité, l'énergie totale générée par les modules photovoltaïques représente 98.9 %, tandis que l'énergie produite par le réseau électrique constitue 1.09 %. Ces résultats soulignent la prépondérance de la contribution du générateur photovoltaïque dans la production globale d'électricité, confirmant ainsi son rôle principal dans le système énergétique optimisé.

# **CONCLUSION GENERALE**

## Conclusion générale

---

### **Conclusion générale :**

En conclusion, ce mémoire a porté sur le dimensionnement d'un système hybride avec le réseau pour les infrastructures portuaires de Ghazaouet, en utilisant le logiciel HOMER. L'étude a permis d'évaluer les besoins énergétiques du site et de concevoir une solution adaptée en intégrant les énergies renouvelables.

L'utilisation du logiciel HOMER a été essentielle pour réaliser une simulation approfondie et précise du système hybride. Les résultats obtenus ont permis de déterminer la taille optimale des composants, tels que les panneaux solaires, les batteries et les convertisseurs, afin de répondre aux exigences de consommation électrique du site.

L'application d'un système hybride avec le réseau a démontré de nombreux avantages. Tout d'abord, cela permet de tirer parti des sources d'énergie renouvelable disponibles sur place, telles que l'énergie solaire, pour réduire la dépendance aux combustibles fossiles et les émissions de gaz à effet de serre. De plus, l'utilisation du réseau électrique assure une source d'énergie fiable et stable, garantissant ainsi un approvisionnement continu en cas de fluctuations de la production des énergies renouvelables.

Les simulations ont clairement montré que la majeure partie de la production d'électricité du système hybride provient des modules photovoltaïques, représentant 98,9% de l'énergie totale produite. En revanche, la contribution du réseau électrique est faible, ne représentant que 1,09%. Ces résultats confirment le rôle prédominant du générateur photovoltaïque dans la production d'électricité, soulignant son importance dans le système énergétique optimisé. Les modules photovoltaïques fournissent une quantité significative d'électricité renouvelable de manière fiable et efficace, renforçant ainsi la pertinence de l'énergie solaire photovoltaïque dans le contexte de l'installation hybride étudiée.

En conclusion, l'étude d'un système hybride photovoltaïque réseau offre des perspectives intéressantes, notamment en évaluant la performance globale du système en évaluant l'impact environnemental. De plus, l'intégration du système dans le réseau électrique existant peut être étudiée en détail. Une telle analyse contribuerait à mieux comprendre l'efficacité et la viabilité des systèmes hybrides photovoltaïques, fournissant ainsi des orientations pour leur déploiement à plus grande échelle.

## REFERENCES Bibliographie

---

### REFERENCES BIBLIOGRAPHIE :

- [1] F. Poitiers « **Etude et commande de génératrice asynchrone pour l'utilisation de l'énergie éolienne-machine asynchrone à cage autonome-machine asynchrone à double alimentation reliée au réseau**» Thèse de doctorat université de Nantes, 2003.
- [2] GAOUAS MEHDI REDHA , IBN CHERIF KARIM , « **Etude d'une chaîne de conversion de L'énergie solaire avec système De suiveur solaire** », Mémoire de Fin D'études, Université Larbi Ben Mhidi –Oum El Bouaghi , 2021.
- [3] BAKLOUTI nada, "**MODELISATION DE LA DISPERSION ATMOSPHERIQUE DES RADIONUCLEIDES** ", MEMOIRE DE PROJET DE FIN D'ETUDES, Université de Monastir, 2010.
- [4] <http://www.elysun.fr/elysun-histoire-energies.html>
- [5] [Lamoudi Mouhamed Yacine, Badj Fahim Nacer Eddine « **Conception et réalisation d'une carte de caractérisation pour panneaux solaires** » mémoire de fin d'études ENP, 2008
- [6] Ayachi, Méroïan, Hamdoud, Omar, « **Etude comparative entre différents modèles électriques photovoltaïques**», Université Oum El Bouaghi,2012 .
- [7] HOUDA CHABANE, « **ETUDE D'UNE CELLULE SOLAIRE A BASE DE STRUCTURE PIN** », Université Hadj Lakhdar de Batna, 2016.
- [8] Melle HENNOUS Chahrazet Melle AIT-ALLALA Kahina « **Dimensionnement Et Installation D'un Systeme Photovoltaïque (Application A La F.G.E.I.)**» Mémoire de fin d'études Présenté en vue de l'obtention du Diplôme d'Ingénieur d'Etat en Electronique, Faculte De Genie Electrique Et De L'informatique Departement D'electronique, 2009
- [9] Mr.Abderrazek Mahfoude « **modélisation des cellules solaires tandem à couches minces et à haut rendement** »,thèse de doctorat, université stif,2015.
- [10] Zerguine B., “ **Modelisation D'un Systeme De Production Electrique Par La Cellule Photovoltaïque** ”, Mémoire de Master, Université BADJI MOKHTAR Annaba, 2010.
- [11] FERDJI Amina. KADRI Nour El Houda. «**Etude d'une installation hybride (photovoltaïque-reseau) : application l'aire de repos les zianides**», Mémoire ingéniorat, ESSAT ,2022

## REFERENCES Bibliographique

---

- [12] Hicham Bahtoun , «**Etude des differents montages et differents branchement des panneaux solaires** » , Mémoire de Master, UNIVERSITE L'ARBI BEN M'HIDI (OUM EL BOUAGHI),2014.
- [13] M. Makhlouf, « **Etude et optimisation d'un modèle de conversion d'énergie Photovoltaïque application au pompage** », Mémoire de magister, université de Constantine 2006.
- [14] F. GAMA, K. MOUHAND OUSAID « **Système de régulation et de contrôle des installations photovoltaïques** », mémoire de fin d'étude université BLIDA 2005.
- [15] Dib abderahmen , Kebaili Salima , «**Etude et réalisation d'une onduleur solaire sinusoïdale**» Mémoire fin d'étude , Université Larbi ben mehidi oum el bouaghi ,2016.
- [16] S. Guy, B. Robert, Labrique Francis, **Les convertisseurs de l'électronique de puissance la conversion alternaif** (volume 4). Edition tec&doc, 1995.
- [17] Onduleur de tension : mise en œuvre et Structures-principes-applications. Techniques d'ingénieur, Traité de génie électrique D.3176-3177.
- [18] Ludmil Stoyanov, “**Etude de différentes structures de systèmes hybrides a sources d'énergie renouvelables,**” Universite De Corse Pasquale Paoli Et Universite Technique De Sofia, 2011.
- [19] ZERAIBI khadidja, MEGUELLATI nawel « **les sources d'energie miniatures**», Mémoire de fin d'études, Université Mohamed Elbachir Elibrahimi – Bordj Bou Arreridj , 2014.
- [20] JACQUES MARCHILDON, ing. MSc, «**Détermination de l'état de charge et l'état de santé d'une batterie plomb acide par la méthode de deux impulsions**» UNIVERSITÉ DU QUÉBEC, 2014.
- [21] D.Thévenard, and M.Ross « **validation and Verification of Component Models and System Models for the PV** », CETC-internal report 2003-035, Canada, (2003).
- [22] M. Winter, J. Besenhard, M.E. Spahr, P. Novak, **Insertion electrode materials for rechargeable lithium batteries, Advanced Materials.** 10 (1998) 725–725.
- [23] « SGPP » <https://www.sgpp.dz/>[Consulté le 05/05/2023]

## REFERENCES Bibliographie

---

- [24] « PORT GHAZAOUET » <https://www.portdeghazaouet.com/> [Consulté le 05/05/2023]
- [25] « Les infrastructures » <http://www.port-saintjeandeluz-ciboure.com/les-services-delegues/la-halle-a-maree-ou-criee.html> [Consulté le 05/05/2023]
- [26] H. YOTTO, « **Etude et conception d'une mini centrale PV** », mémoire fin d'études master 2, IE Bénin 2011.
- [27] M. Hamza, « **Dimensionnement technique d'une installation photovoltaïque** », Boumerdes, 2017.
- [28] BOUZEGANE Mhenna, GAOUAOUI Ferhat « **Alimentation d'un moteur à courant continu par une source photovoltaïque** » Mémoire de Fin d'Etudes, Université Mouloud Mammeri De Tizi-Ouzou ,2018.
- [29] BELABED Rafik, « **Etude et dimensionnement d'une installation photovoltaïque** », Mémoire d'obtention du diplôme de master académique en génie mécanique option énergétique, Tizi-Ouzou, 2016-2017.
- [30] Djaffer CHERFI Anis MOUZAOU, « **Dimensionnement d'un kit photovoltaïque autonome** », Mémoire de master UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI DE TIZI-OUZOU, 2015.
- [31] « Le câblage d'une installation photovoltaïque » <https://www.domomat.com/blog/cablage-installation-photovoltaïque/> [Consulté le 25/04/2023]
- [32] Imadalou Mehdi - Ifourah Yanis, « **Etude et dimensionnement d'une mini centrale photovoltaïque à la station de pompage de Béni Mansour pour la Sonatrach** » Mémoire Université Abderahmane MIRA de Bejaia , 2020 .
- [33] CHAKOR Rania, « **Modélisation, simulation et analyse d'un Système de stockage hybride photovoltaïque-éolienne dans un site isolé** », Mémoire master en physique, Physique énergétique et énergies renouvelables, Tlemcen ,2021.
- [34] SIKIROU Djawad « **Electrification d'un marché moderne avec un système hybride de production d'énergie électrique** », Mémoire d'ingénieur de conception, Génie électrique, Contrôle de processus industriels, Bénin, 2018.