

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITÉ SAAD DAHLAB DE BLIDA 1



FACULTE DE TECHNOLOGIE
Département Mécanique



Mémoire de Master

Thème :

**Etude des Performances d'un Générateur
Photovoltaïque Alimentant un Système d'irrigation
à Pivot Central**

Filière : Mécanique

Spécialité : Energétique

Proposé et encadré par :

D.KEBOUR Omar

Réalise par :

YANTREN Wail
BOUZOUIDJA Abdelghafour

Année Universitaire 2022-2023

REMERCIEMENTS

Tout d'abord, nous remercions Allah le tout puissant de nous avoir donné la force, la patience et la volonté afin d'accomplir ce mémoire de fin d'étude.

En second lieu, nous souhaitons remercier **M^r KEBOUR Omar** l'encadreur de notre projet pour ces précieux conseils et orientation ficelée durant toute la période de notre travail.

Nous tenons aussi a remercié très chaleureusement toutes les personnes de l'exploitation agricole (El Menia) **KERKOUB Belkacem** pour avoir ouvert tous les ports pour le bon déroulement de stage pratique.

Nos remerciements s'étendent également à tous nos enseignants durant les années d'étude à nos responsables de l'administration.

Nos remerciements s'étendent également aux membres de jury de nous avoir honoré en acceptant de juger notre modeste travail, aussi à tous mes professeur, enseignants et à tous les membres du département de génie mécanique de la faculté de technologie de l'université Blida1.

DEDICASES

Je dédie ce travail a :

Mon Père et ma mère pour les sacrifices déployés à mon égard, pour leur patience, leur amour et confiance, ils ont tout fait pour mon bonheur et ma réussite

Nulle dédicace ne peut exprimer ce que je leur dois que Allah leur réserve la bonne santé et une longue vie.

A Mes frères, Imed Eddine et Abderrahim, mes chers amis pour leurs présences et leurs aides et encouragements.

Et enfin à tous les enseignants et étudiants du génie mécanique.

J'espère que ce projet donnera une satisfaction à toutes ces personnes et à tous ceux qui auront l'occasion de le lire.

BOUZOUIDJA Abelghafour

DEDICASES

Je dédie ce travail a :

*Mes parents pour les sacrifices déployés à mon égard ;
pour leurs patiences leur amours et confiance, ils ont tout
fait pour mon bonheur et ma réussite. Nulle dédicace ne
peut exprimer ce que je leur dois que Allah leur réserve la
bonne santé et une longue vie.*

*A Mes frères Iheb et houssem et en particulier ma
femme, mes chers amis pour leurs présences et leurs aides
et encouragements.*

*Et enfin à tous les enseignants
Et étudiants du génie mécanique.*

*J'espéré que ce projet donnera une satisfaction à
toutes ces personnes et à tous ceux qui auront l'occasion
de le lire.*

YANTRANE wail

RESUME :

La technologie d'irrigation avec des rampes pivotantes est une technologie hautement mécanisée qui peut couvrir de très grandes surfaces, cette technique garantie aussi une excellente efficacité et une économie dans l'utilisation d'eau. Pour cela, le secteur d'agriculture dans le sud de notre pays a connu un développement remarquable avec l'utilisation de ces pivots centraux. En conséquent l'utilisation massive de ces systèmes d'irrigation nécessite donc une puissance électrique très importante. Vu l'ensoleillement très présent en Algérie, l'utilisation d'énergies renouvelables (solaire) pour alimenter les sites d'irrigation offre une solution alternative, en particulier dans les zones isolées. Ce type d'énergie est non seulement gratuit et inépuisable, mais aussi très propre pour l'environnement.

Notre étude vise à étudier et analyser les performances (dimensionnement) d'un générateur photovoltaïque alimentant un système d'irrigation à pivot central fonctionnant pour déplacer les travées selon une trajectoire circulaire avec un monitoring assuré par le système PV.

Mots clés : système d'irrigation à pivot central, système photovoltaïque, irrigation solaire.

ABSTRACT :

The technology of irrigation with pivot systems is a highly mechanized technique that can cover large areas. This method ensures excellent efficiency and water savings. As a result, the agriculture sector in the southern part of our country has witnessed remarkable development with the use of these central pivots. However, the widespread use of these irrigation systems requires a significant amount of electrical power. Given the abundant sunshine in Algeria, the utilization of renewable energy sources, specifically solar energy, to power irrigation sites offers an alternative solution, particularly in remote areas. This type of energy is not only free and sustainable but also environmentally friendly

Our study aims to examine and analyze the performance of a photovoltaic generator powering a central pivot irrigation system, with the objective of moving the span along a circular trajectory and ensuring control of the system

.Keywords: central pivot irrigation system, photovoltaic system, solar irrigation

ملخص :

تعد تقنية الري مع المنحدرات المحورية تقنية آلية يمكنها تغطية مساحات كبيرة جدًا ، كما تتيح

هذه التقنية أيضًا كفاءة ممتازة اقتصادًا في استخدام المياه. لهذا ، شهد القطاع الزراعي في جنوب بلادنا تطورًا ملحوظًا في استخدام هذه المحاور المركزية. وبالتالي ، فإن الاستخدام المكثف لأنظمة الري هذه يتطلب مصدر طاقة كبير جدًا. بالنظر إلى أشعة الشمس الحالية في الجزائر ، يوفر استخدام الطاقات المتجددة (الشمسية) لتشغيل مواقع الري حلاً بديلاً ، لا سيما في المناطق المعزولة.

هذا النوع من الطاقة ليس فقط مجانيًا ولا يندسب ، ولكنه أيضًا نظيف جدًا للبيئة.

تهدف دراستنا إلى دراسة وتحليل نظام الطاقة الشمسية المزود بنظام الري المحوري المركزي بهدف تحريك الامتداد على طول مسار دائري وضمان التحكم في هذا النظام.

الكلمات المفتاحية: نظام الري المحوري المركزي ، النظام الكهروضوئي ، الري الشمسي

Liste de figure

Les figure	Page
Figure I.1. Pivot d'irrigation	04
Figure.I.2 : Schéma d'unité central d'un pivot d'irrigation	06
Figure.I.3 : L'élément central	06
Figure.I.4 : Tour mobile d'un pivot dérogation moderne.	07
Figure.I.5 : Travée de rampe d'arrosage.	08
FigureI.6.Travée de rampe d'arrosage (prise de la station agricole de Ménia)	08
Figure.I.6: Principe de l'avancement d'un pivot.	09
Figure II.1. L'énergie photovoltaïque	11
Figure II.2. : Principe de fonctionnement d'une cellule solaire.	13
Figure II.3. Classifications des systèmes photovoltaïques.	14
Figure II.4. Système photovoltaïque autonome	15
Figure II.5 : Schéma du système photovoltaïque connecté au réseau.	16
Figure II.6: Système a onduleur autonome	18
Figure III.1 Schéma synoptique d'une installation PV autonome.	20
Figure III.2 et III.3 représente une association de série parallèle des modules photovoltaïque	22
Figure IV.1 Organigramme de calcul.	32
Figure 5.1 Schéma équivalent du module.	40
Figure 5.2. Courbes I-V expérimentales et calculées en appliquant le modèle analytique à un module (BP saturne) avec différents éclairements. (a) T=25°C et (b) T=45°C.	43

Liste des tableaux

Les tableau	page
Tableau V.1. Exemple d'application (module BP saturne)	44
Tableau 2.2. Translation selon la norme CEI – 891	49

SOMMAIRE

Remerciements	2
DEDICASES	3
DEDICASES	4
Résumé :.....	5
Abstract :	6
: ملخص	7
Liste de figure	8
Liste des tableaux.....	9
Sommaire	10
Introduction :.....	1
Chapitre I :	3
Description du système d'irrigation à pivot central	3
I.1 présentation :.....	4
I.4.2 Les tours mobile :.....	7
I.4.3 Les travées :	7
I.4.4 Principe de fonctionnement :.....	9
Chapitre II.....	10
Généralités sur l'énergie solaire	10
II. /1. L'énergie solaire :	11
II. /2. L'énergie solaire photovoltaïque :.....	11
II.4. Les cellules photovoltaïques :.....	12
II.5. Les systèmes photovoltaïques :.....	13
II.5.1. Le Système autonome :.....	14
II.5.2 Système raccordé au réseau :	15
II.5.3 Les régulateurs :	16
II.5.4 L'onduleur :.....	17
Chapitre III.....	19

Installation Photovoltaïque	19
III.1.Présentation :	20
III.2.1/Composition du système photovoltaïque :	20
III.2.2/ Le champ photovoltaïque :	21
III.2.3 Règles d’installation des champs de panneaux :	23
III.2.4 Stockage de l’énergie :	23
III.2.5.1 Principe de fonctionnement d'une batterie :	25
III.2.6 Le système de régulation :	26
III.2.7 Convertisseur Continu/Alternatif :	26
III.2.8 Charge :	27
Chapitre IV Méthodologie.....	29
Chapitre : V	33
Dimensionnement du système Photovoltaïque.....	33
V.1. Estimation de la consommation :	34
V.2 Modélisation du système photovoltaïque.....	34
V.2.1 Irradiation solaire	34
V.2.2 Modèle de Frutos	36
V .2.3 Erreurs d'estimation	37
V.2.4 Estimation de l'irradiation horaire à partir des valeurs de l'irradiation journalière.....	37
V.3.1 Irradiation sur superficies inclinées :	38
V.3.2 Eclairage direct :	39
V.3.3 Eclairage diffus.....	39
V.4.2 Corrections à d'autres conditions de température et d'éclairage :	44
V.5.1 Calcul du nombre de modules nécessaires :.....	45
V.5.2. Calcul du nombre de modules nécessaires pour les batteries :.....	45
V.5.3 Calcul des pertes :	46
Chapitre VI.....	47
Résultats et discussion.....	47

Chapitre V : résultats et discussion.....	47
2.2.1 Modèle de la température de la cellule.....	49
Conclusion Perspectives	51
Références bibliographiques	55
Références bibliographiques.....	56

Introduction

INTRODUCTION

Introduction :

Pendant longtemps et de plus en plus, l'économie d'eau a été d'une grande importance dans la recherche pour améliorer les techniques d'irrigation, mais la plupart des efforts et des investissements dans de nombreux pays pour le développement de l'irrigation ont été concentrés davantage sur le développement des ressources en eau que sur l'amélioration de l'utilisation de l'eau au niveau de la parcelle.

Pour cela, les agriculteurs ont choisi une méthode moderne de système d'irrigation appelée Pivot rotatif qui est conçue pour mieux utiliser l'eau, en particulier dans les zones arides avec de grandes superficies agricoles. Les avantages fondamentaux de ce type d'appareil sont sa facilité de mise en œuvre, la possibilité de fonctionnement automatique et ses performances en termes d'homogénéité de l'alimentation en eau.

Actuellement, le réseau de distribution électrique est la principale source d'approvisionnement en énergie du pivot d'irrigation. L'exploitation est limitée pour l'irrigation des sites où ces lignes électriques n'existent pas ou en raison des coûts de construction élevés. Dans le cas où cette ligne n'existe pas, l'alimentation électrique du pivot d'irrigation peut être obtenue à partir d'un générateur (générateur à combustion).

Comme on le sait, dans ces deux sources, l'énergie fournie est due à l'utilisation de combustibles fossiles tels que le pétrole, le charbon, le gaz naturel ou l'énergie nucléaire.

Des études et prévisions récentes nous avertissent que l'utilisation massive de ces ressources entraînera inévitablement à l'épuisement complet de ces réserves. Et tout le monde est globalement convaincu du danger de ce procédé pour l'environnement. À partir de ce constat, il faut chercher d'autres sources d'énergie alternatives.

Les énergies renouvelables comme le photovoltaïque, l'éolien ou l'hydraulique, représentent une excellente alternative et ils sont de plus en plus utilisés aujourd'hui.

Ce type d'énergie est non seulement gratuit et inépuisable, mais aussi très propre pour l'environnement. D'ailleurs, on parle souvent d'énergie "verte", car elle évite complètement la pollution générée par les sources traditionnelles.

L'objectif de notre travail est d'étudier et d'analyser un système d'irrigation par pivot central les performances d'un système photovoltaïque dans le but de déplacer les travées suivant une trajectoire circulaire et d'assurer le contrôle de ce système.

INTRODUCTION

Le système est composé d'un champ solaire formé de plusieurs panneaux solaires, d'un banc de batteries pour l'accumulation d'énergie et d'un équipement onduleur, qui est chargé de convertir le courant continue en courant alternatif. Fournir aux centres cette technologie leur a permis d'offrir une solution complète à l'exploitation fermier, un équipement d'irrigation plus un générateur photovoltaïque autonome plus un équipement manuel et de télécommande, le tout monté dans un bâtiment préfabriqué en béton avec les dimensions appropriées afin que l'utilisateur puisse le faire fonctionner confortablement tout en le préservant des intempéries, des vents de sable et du sabotage.

Notre mémoire est composée d'une introduction générale, ensuite de cinq chapitres présentés comme suit :

Dans le 1^{er} chapitre une description du système d'irrigation à pivot central.

Des généralités sur l'énergie solaire et la description du système photovoltaïque sont détaillées dans le 2^{ème} chapitre.

Dans le 3^{ème} chapitre nous avons explicité la méthodologie du dimensionnement du système photovoltaïque alimentant un système d'irrigation à pivot central.

Le dimensionnement du système photovoltaïque est calculé dans le 4^{ème} chapitre.

Les résultats et discussion sont présentés sur le chapitre 5.

Enfin une conclusion avec des perspectives proposées pour tendre la main aux étudiants pour les années à venir, afin que le dimensionnement soit une tâche aisée.

Chapitre I :
Description du
système d'irrigation à
pivot central

CHAPITRE I : DESCRIPTION DU SYSTEME D'IRRIGATION A PIVOT

I.1 présentation :

Un pivot d'irrigation est un dispositif utilisé pour pulvériser de l'eau afin d'irriguer de grandes surfaces de terres agricoles. Cette eau, qui est arrosée dans toute la propriété, est fabriquée selon les mêmes propriétés que la pluie naturelle. L'irrigation peut être entièrement ou partiellement intégrée selon la conception du champ irrigué.

Les pivots doivent être idéalement situés pour répondre aux besoins en eau de l'ensemble du site. Dispose de plusieurs portées avec tube. Ces éléments principaux sont fixés au châssis et aux poteaux motorisés. Le pivot tourne autour de l'unité centrale pour assurer la disponibilité de l'eau même dans ces situations. Chaque point de pivot est attaché à une roue, comme le montre la figure I.1; et leur nombre et leurs caractéristiques dépendent du type de sol.



Figure I.1. Pivot d'irrigation

CHAPITRE I : DESCRIPTION DU SYSTEME D'IRRIGATION A PIVOT

I.2. Avantages de Pivot :

Ils peuvent être résumés comme suit :

-La rotation à grande vitesse permet des fréquences d'arrosage élevées, ce qui est particulièrement intéressant dans les sols minces avec de faibles réserves d'eau.

-La répartition de l'irrigation est très bonne.

-Contrôle total de l'eau d'irrigation pour économiser l'eau

-La durée de vie moyenne est d'environ 15 ans

I.3. Inconvénients du pivot :

Les plus importants sont :

-Ne convient pas aux petites exploitations

-gros investissement initial

-prix élevé

-Son utilisation conduit à la salinité de la surface terrestre.

I.4 Composants du système :

I.4.1 L'élément central :

C'est là que l'eau et l'électricité arrivent, l'élément central est généralement fixé à une dalle en béton avec des ancrages scellés à l'intérieur du bloc, dont le volume dépend du type de construction de la machine de la Figure I.2 et I.3.

CHAPITRE I : DESCRIPTION DU SYSTEME D'IRRIGATION A PIVOT

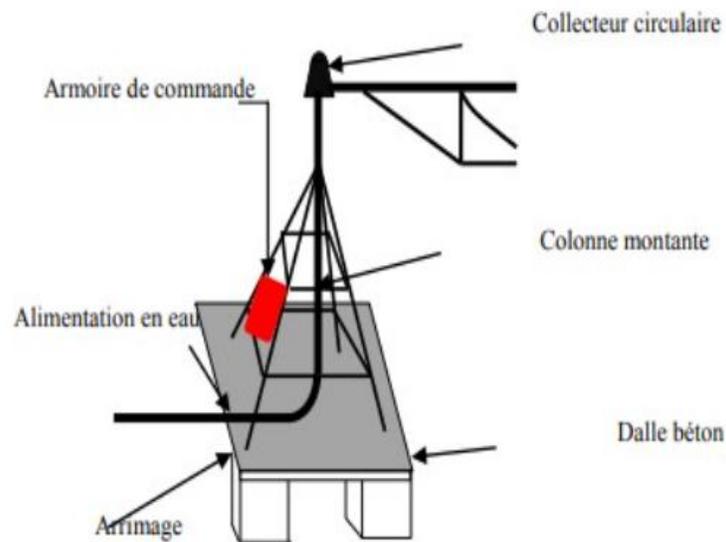


Figure.I.2 : Schéma d'unité central d'un pivot d'irrigation

La dalle doit pouvoir résister au moment inverse exercé par la rampe. Son volume minimum dépend du type de structure. L'eau est dirigée vers la colonne montante, qui est l'axe de rotation de l'ensemble. La machine est alimentée soit par un collecteur à brosses circulaires pour l'ensemble du groupe rotatif, soit par un cordon pour le fonctionnement sur secteur.



Figure.I.3 : L'élément central

CHAPITRE I : DESCRIPTION DU SYSTEME D'IRRIGATION A PIVOT

I.4.2 LES TOURS MOBILE :

Les tours supportent la canalisation. Ils sont équipés de roues entraînées par des moteurs électriques ou hydrauliques (à huile) commandés séquentiellement par des micro-interrupteurs pour assurer l'alignement des portées entre les roues. (Figure.I.4)



Figure.I.4 : Tour mobile d'un pivot dérogaion moderne.

I.4.3 LES TRAVEES :

C'est entre deux tours. Ils jouent le rôle de supports et sont constitués de tubes renforcés par la structure. D'une longueur de 5 à 30 mètres, ils laissent un espace vide sous la structure de 2,5 à 3,5 mètres et ont une hauteur totale de 3,5 à 5 mètres. Un grand pivot fixe peut avoir plus de 15 travées. Les solutions mobiles sont limitées à 5 travées. (Figure.I.5)

CHAPITRE I : DESCRIPTION DU SYSTEME D'IRRIGATION A PIVOT



Figure.I.5 : Travée de rampe d'arrosage.



FigureI.6.Travée de rampe d'arrosage (prise de la station agricole de Méniá)

CHAPITRE I : DESCRIPTION DU SYSTEME D'IRRIGATION A PIVOT

I.4.4 PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT :

La vitesse de déplacement moyenne de Swing Ramp est déterminée par le temps d'exécution d'End Tower. Le déplacement de l'ensemble du dispositif est alors assuré par des compensateurs d'angles successifs entre travées, comme décrit et illustré ci-dessous à la Figure.I.6.

L'angle entre deux pylônes adjacents doit être compris entre les deux angles critiques.

A_0 est l'angle de libération (l'angle auquel la tour considérée commence) et A_1 est l'angle d'arrêt (l'angle auquel la tour considérée s'arrête). A la mise sous tension de l'appareil (temps 0 t) seul le dernier pylône est à angle. Lorsque la distance entre la tour et la tour (n-1) atteint la limite de déclenchement, la tour (n-1) entame alors une course rapprochée (temps t_1) car elle doit couvrir une distance plus courte que la tour. Couvrir le même angle provoque un temps (temps t_2) où l'angle (n) entre les tours atteint la limite d'arrêt, donc il y a une montée progressive vers l'axe du pivot. (Figure.I.6)

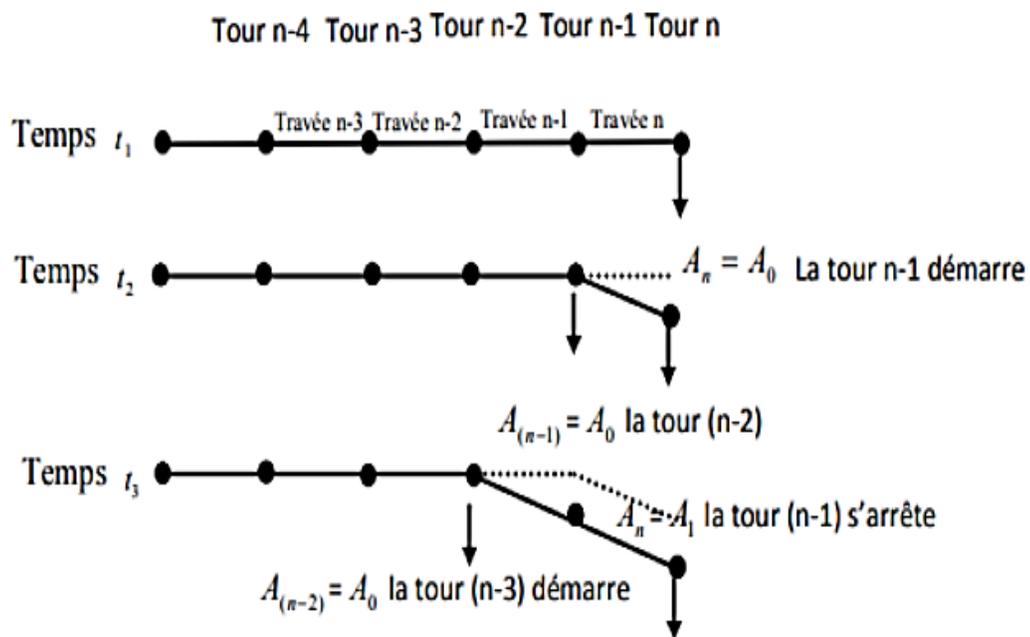


Figure.I.6: Principe de l'avancement d'un pivot.

Chapitre II

Généralités sur

l'énergie solaire

II. /1. L'ENERGIE SOLAIRE :

L'énergie solaire est généralement utilisée selon deux technologies différentes :

- Une basée sur la production d'électricité : C'est de l'énergie solaire photovoltaïque.
- Et l'autre produit des calories : c'est l'énergie solaire thermique.

II. /2. L'ENERGIE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE :

L'énergie solaire ou photovoltaïque est une énergie qui convertit directement le rayonnement solaire en électricité (Figure II.1). Pour ce faire, nous utilisons des modules photovoltaïques. Ces derniers sont constitués de cellules ou cellules solaires connectées en série et/ou en parallèle.

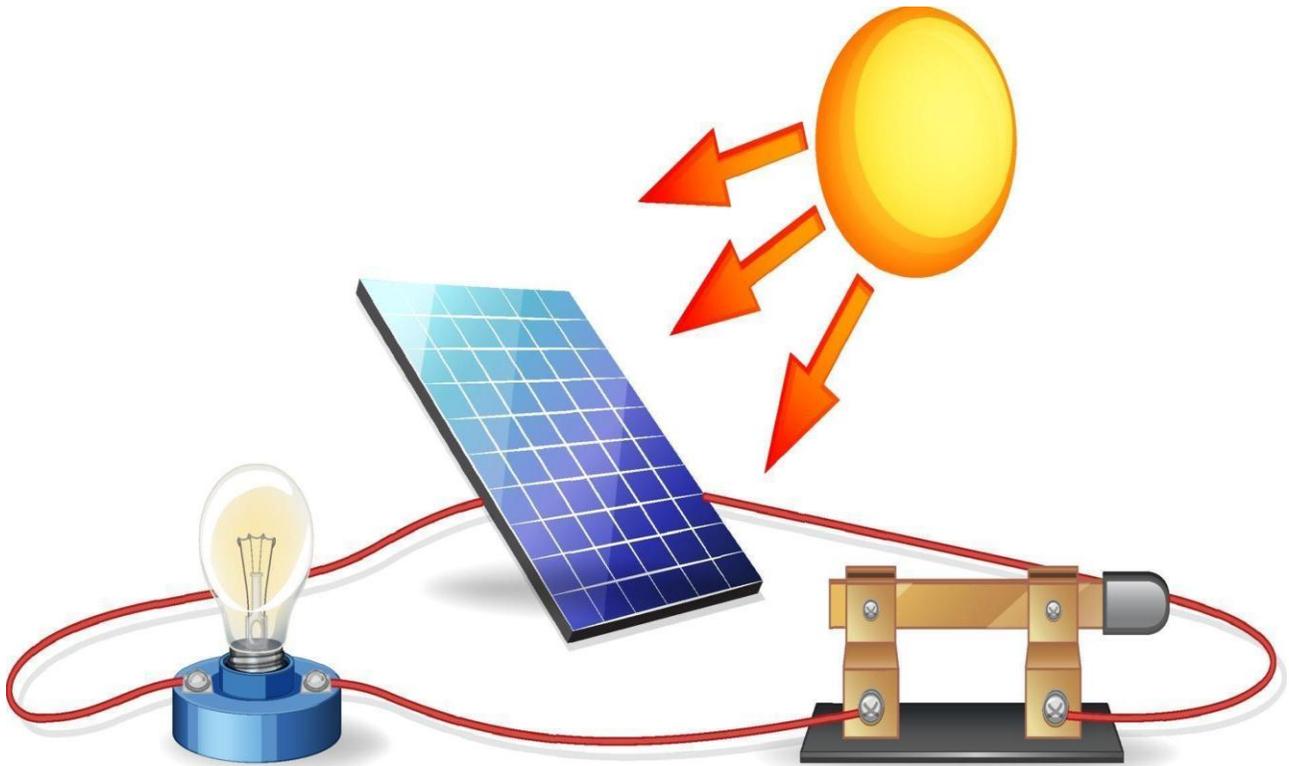


Figure II.1. L'énergie photovoltaïque

II.3. Le potentiel solaire en Algérie :

Le potentiel solaire de l'Algérie est estimé à environ 2,6 millions de térawattheures (TWh) par an, soit 105 fois la consommation mondiale d'électricité.

Le sud est la région qui peut apporter la plus grande contribution à la production d'énergie renouvelable compte tenu de la surface disponible et de l'ensoleillement. Ces Wilayas sont Tamanrasset avec une contribution potentielle à la production solaire du pays de 28%, Adrar 21%, Illizi 14%, et Tindouf, Béchar et Ouargla 7,5% chacune.

Aujourd'hui, la part de la consommation locale dans la production nationale ne cesse de croître de 31% à 46% de 1991 à 2017. En Afrique, 640 millions de personnes n'ont régulièrement pas accès à l'électricité. A noter qu'en 2017, la consommation mondiale d'électricité était de 24 800 TWh par an, alors que l'Algérie consomme 78 TWh par an.

II.4. LES CELLULES PHOTOVOLTAÏQUES :

La conversion de l'énergie solaire en énergie électrique repose sur l'effet photoélectrique, la capacité des photons à créer des porteurs de charge (électrons et trous) au sein des matériaux. Lorsque le semi-conducteur est éclairé par un rayonnement de la longueur d'onde appropriée (l'énergie des photons doit au moins correspondre à la bande interdite du matériau), l'énergie des photons absorbés permet des transitions électroniques de la bande de valence à la bande de conduction seront Si le matériau est polarisé, les paires électron-trou utilisées pour le transport de l'électricité (photoconduction) peuvent contribuer à travers le matériau.

Or, lors de l'irradiation d'une jonction PN, les paires électron-trou générées dans la région de charge d'espace de la jonction sont immédiatement séparées par le champ électrique régnant dans cette région et attirées dans la zone neutre de part et d'autre de la jonction. (Figure II.2)

Lorsque le dispositif est isolé, une différence de potentiel (photons, tensions) est générée aux bornes de la jonction. Cependant, lorsqu'il est connecté à une charge électrique externe, un flux de courant est observé lorsqu'aucune tension n'est appliquée à l'appareil. C'est le principe de base des cellules solaires.

LE PRINCIPE DE LA CELLULE PHOTOVOLTAÏQUE

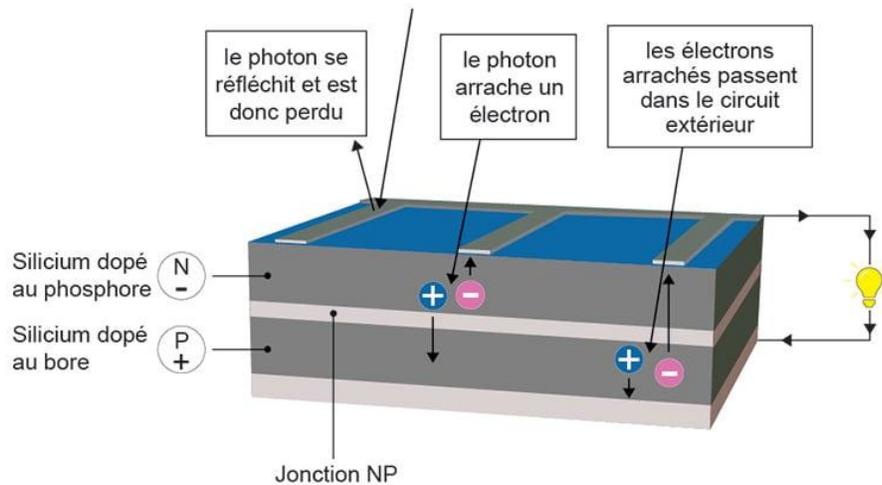


Figure II.2. : Principe de fonctionnement d'une cellule solaire.

II.5. LES SYSTEMES PHOTOVOLTAÏQUES :

Un système PV se compose généralement des générateurs ci-dessus connectés à un ou plusieurs éléments. Notez que les systèmes photovoltaïques peuvent être divisés en deux types :

Ceux qui sont autonome et ceux qui sont connecte aux réseaux électriques nationale (Figure II.3) .

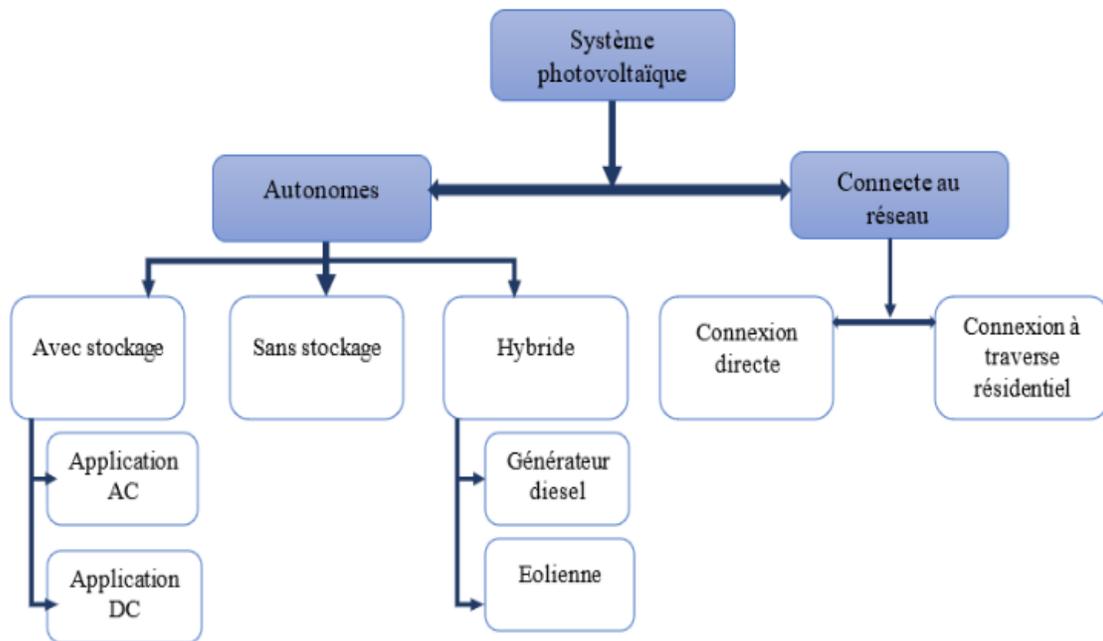


Figure II.3. Classifications des systèmes photovoltaïques.

II.5.1. LE SYSTEME AUTONOME :

Un système PV est considéré comme autonome si la charge est passive (par ex: lampes, moteurs, etc.). Le système de climatisation est une batterie qui stocke l'énergie électrique pour une utilisation lorsque le soleil n'existe pas.

Lorsque le soleil brille, le générateur photovoltaïque charge la batterie, l'alimente directement et stocke l'énergie produite. Le contrôleur de charge (Pulse With Modulation) PWM et (Maximum Power Point Tracking) MPPT protège la batterie contre les surcharges et le limiteur de décharge protège la batterie contre les décharges profondes potentielles.

Les systèmes photovoltaïques se caractérisent par leurs performances et leurs applications possibles.

- Alimentation autonome pour produits grand public (lampes pour bornes de jardin).
(Figure II.4.)

- Électrification des bâtiments à l'aide de kits photovoltaïques (des centaines de watts à quelques kW).
- Alimentation commerciale (plusieurs dizaines de watts à plusieurs kW).
- Exemple : Télécommunications.

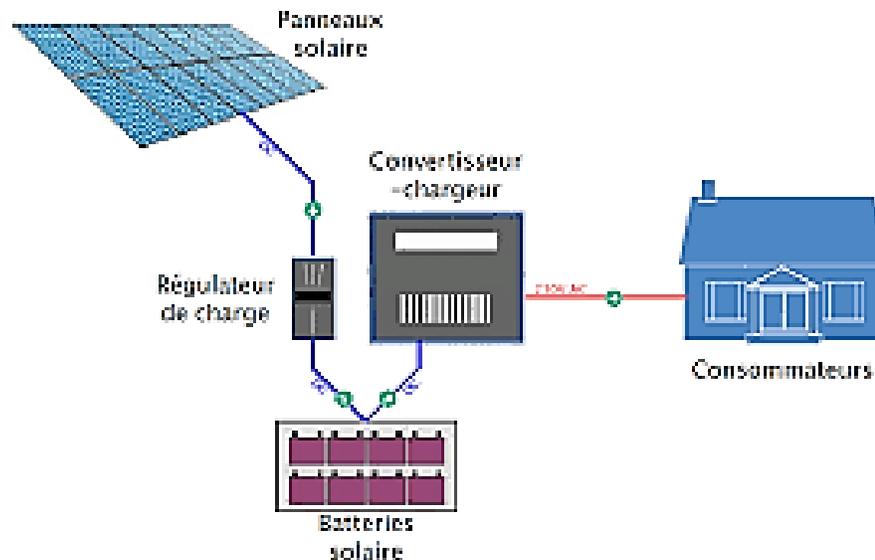


Figure II.4. Système photovoltaïque autonome

II.5.2 SYSTEME RACCORDE AU RESEAU :

Un système photovoltaïque connecté au réseau est un système qui est directement connecté au réseau électrique via un onduleur. Ce type de système est très pratique pour les générateurs car le réseau est chargé d'équilibrer la production et la consommation d'électricité. Pour les systèmes connectés au réseau, il est essentiel de convertir le courant continu généré par le système photovoltaïque en courant alternatif synchrone avec le réseau. (Figure II.5)

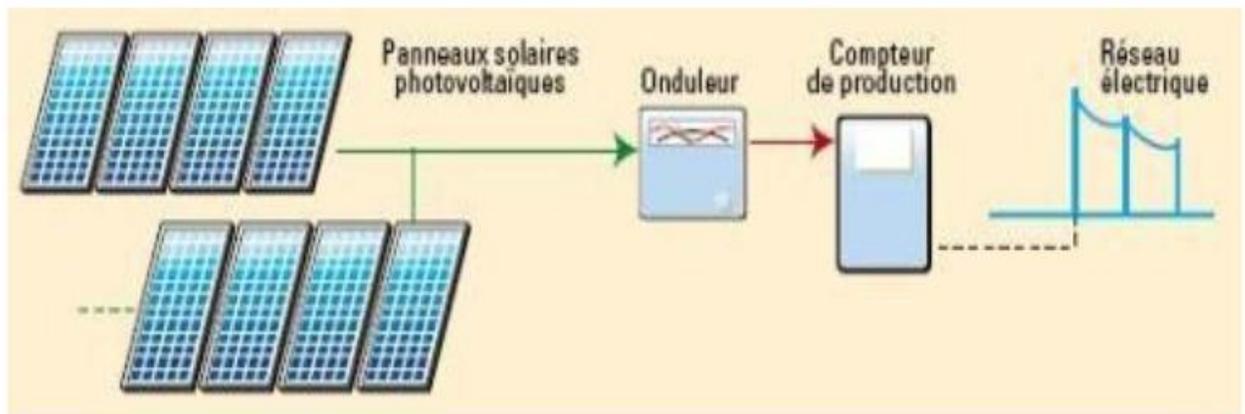


Figure II.5 : Schéma du système photovoltaïque connecté au réseau.

II.5.3 LES REGULATEURS :

La tension fournie par les modules photovoltaïques est une tension variable. C'est-à-dire qu'il varie avec la température et le rayonnement solaire. Cela signifie que les récepteurs électriques ne peuvent pas être alimentés avec cette tension. Par conséquent, pour alimenter un appareil alimenté à partir d'un appareil photovoltaïque, un régulateur doit être utilisé entre l'appareil alimenté et le générateur. Un contrôleur est un outil pour maintenir une quantité d'état qui correspond à un point de consigne. Un régulateur convertit une tension continue fluctuante en une tension continue constante. Le contrôleur de charge/décharge est relié au générateur photovoltaïque et est chargé, entre autres, de contrôler le processus de charge de la batterie et de limiter sa décharge. Cette fonctionnalité est très importante car elle affecte directement la durée de vie de la batterie. Il existe plusieurs limites, chacune correspondant à un type de protection différent.

Surcharge, décharge profonde, température de fonctionnement, court-circuit, etc. Les contrôleurs de nouvelle génération sont de plus en plus sophistiqués et offrent des fonctionnalités plus avancées.

II.5.4 L'ONDULEUR :

Un onduleur est un appareil qui convertit la tension continue en tension alternative. Il est utilisé pour les applications suivantes dans les équipements électroniques.

Fournit une tension ou un courant alternatif de fréquence et d'amplitude variables. C'est le cas des onduleurs utilisés pour alimenter des moteurs à courant alternatif qui doivent tourner à des vitesses variables (la vitesse dépend de la fréquence du courant qui traverse la machine).

Fournir une tension alternative de fréquence et d'amplitude fixes.

Étant donné que l'énergie stockée dans la batterie de l'alimentation électrique est restituée en permanence, l'onduleur doit rétablir la forme de tension et la fréquence du réseau.

Caractéristique propre à un onduleur pour système photovoltaïque :

Les onduleurs pour les systèmes photovoltaïques sont quelque peu différents des onduleurs conventionnels en génie électrique, mais le but de la conversion DC-AC est le même.

La fonction principale d'un onduleur photovoltaïque est de rechercher le point de fonctionnement optimal du système.

Un onduleur de tension ajoute de la tension à la sortie sous la forme de créneaux modulés en largeur d'impulsion (PWM). Ces fentes conviennent parfaitement à l'alimentation des moteurs, mais ne sont pas compatibles avec les tensions sinusoïdales des systèmes d'alimentation quasi sinusoïdaux (Figure II.6)

Formellement, il convertit l'onduleur de tension.

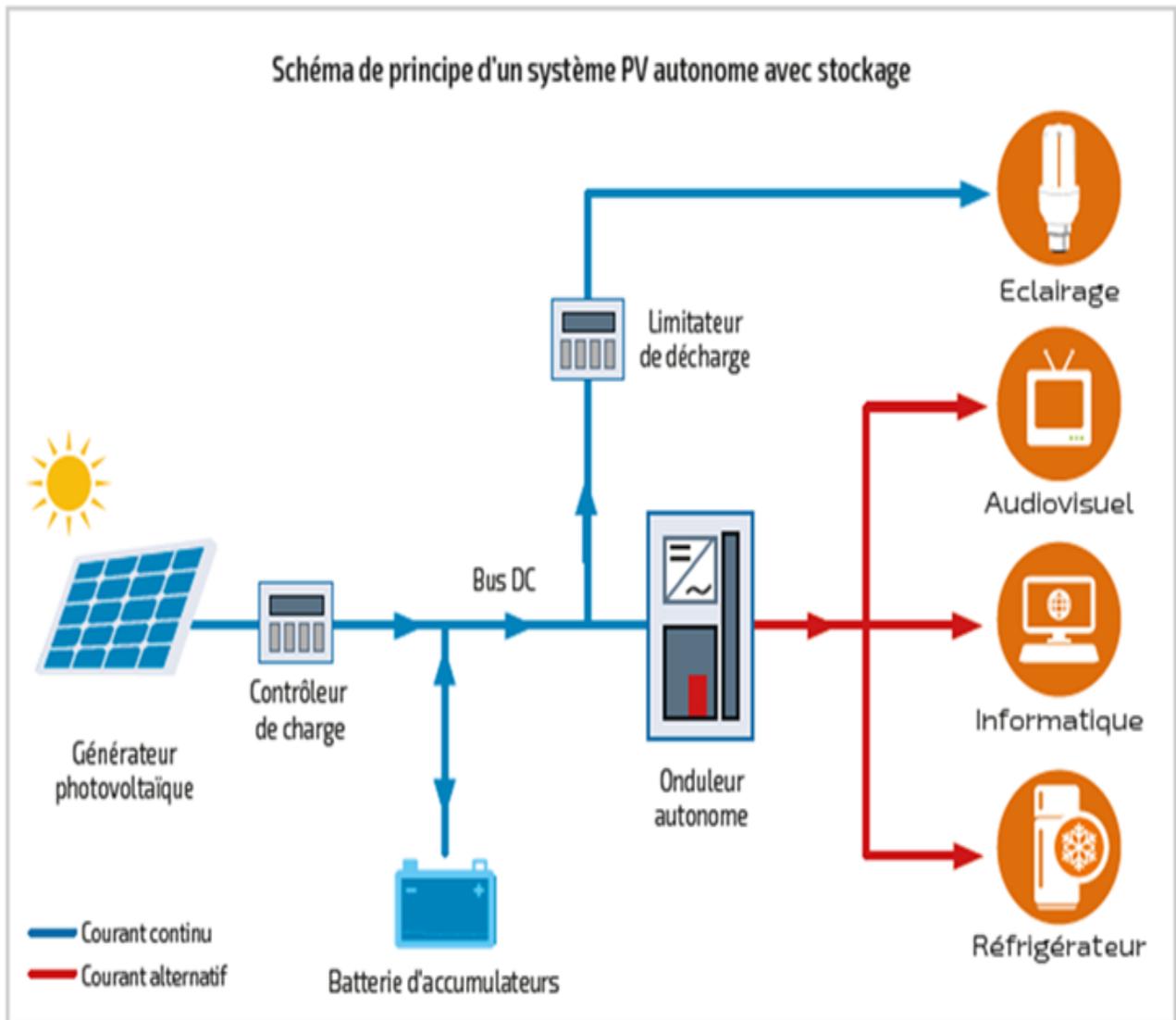


Figure II.6: Système a onduleur autonome

Chapitre III

Installation

Photovoltaïque

III.1.Présentation :

La conversion photovoltaïque est sans doute l'un des modes les plus importants d'usage de l'énergie solaire.

Les systèmes photovoltaïques sont mis en forme pour assurer cette conversion avec une meilleure adaptation de l'énergie électrique produite aux besoins de l'utilisation.

III.2.1/Composition du système photovoltaïque :

Pour accomplir ses fonctions, un système photovoltaïque est constitué d'un générateur, généralement associé à l'un ou plusieurs des éléments suivants :

- 1/un système d'orientation ou de suivi du soleil.
- 2/une gestion électronique (mise en forme du courant, transfert de l'énergie).
- 3/un système de stockage.
- 4/un convertisseur DC/AC.
- 5/Une charge en courant continu basse tension BT ou alternatif standard

La figure ci - dessous représente la disposition de ces diverses composantes dans une installation photovoltaïque, autonome.

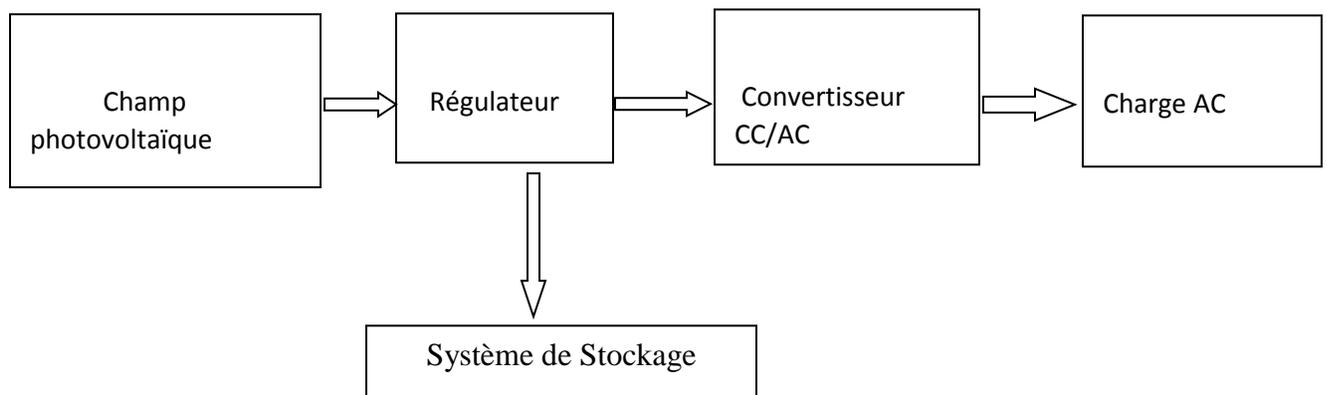


Figure III.1 Schéma synoptique d'une installation PV autonome.

III.2.2/ Le champ photovoltaïque :

Un champ ou générateur photovoltaïque est constitué de modules photovoltaïques (PV) connectés en série- parallèle et placés sur un support (structure), de sorte qu'il développe une énergie nécessaire aux besoins spécifiques.

De même, les modules sont formés à partir d'un assemblage en série d'un certain nombre cellules PV encapsulées dans une même structure.

Le rôle de l'encapsulation est d'une part, la protection des cellules contre les agressions extérieures (chocs, humidité, poussière, etc ...) et leur maintien dans une structure rigide, d'autre part, le contrôle de la température des cellules qui va permettre une bonne dissipation vers l'extérieur de la partie de l'énergie incidente qui n'est pas transformé en énergie électrique.

La cellule individuelle, unité de base d'un système photovoltaïque, ne produit qu'une très faible puissance électrique.

Pour produire plus de puissance, les cellules sont assemblées pour former un module. Les connexions en série de plusieurs cellules augmentent la tension pour un même courant, tandis que la mise en parallèle accroît le courant en conservant la tension.

Plusieurs techniques d'encapsulation ont été utilisées durant la dernière décennie, il est facile de concevoir que la qualité de cette encapsulation déterminera directement la durée de vie des modules photovoltaïque.

Il est recommandé de mettre des diodes anti-retour équivalentes à la sortie de chaque panneau pour éviter d'éventuels déséquilibres dans les groupements de cellules et de modules et surtout de supporter et de bloquer le courant débité par une décharge des batteries dans le générateur durant les périodes non ensoleillées.

La figure I-2 montre un exemple d'une association série - parallèle des modules en panneau photovoltaïque.

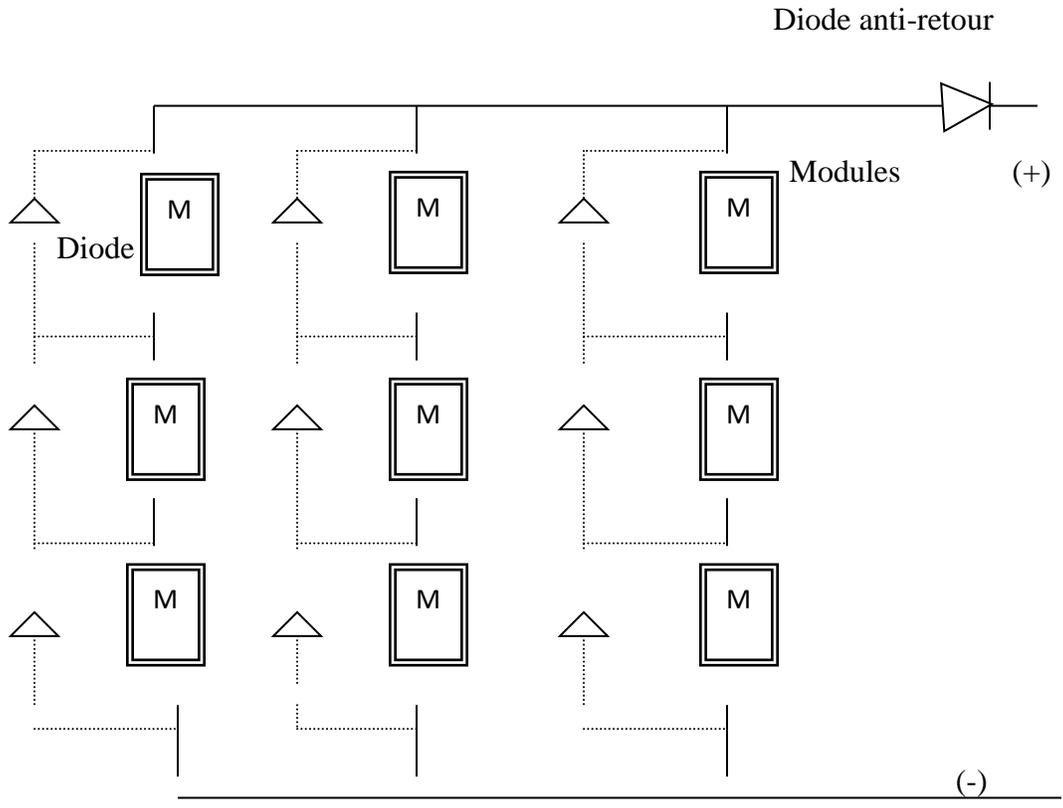


Figure III.2 et III.3 représente une association de série parallèle des modules photovoltaïque

III.2.3 Règles d'installation des champs de panneaux :

Un certain nombre de règles concernant les installations de champs photovoltaïques se dégagent de plusieurs années d'expérience de terrain.

Les recommandations sont les suivantes :

1/il faut apparier les modules en usine pour en tirer la puissance maximale une fois qu'ils seront interconnectés.

2/Les modules doivent être installés à une hauteur suffisantes pour ne pas être atteints par les animaux, tout en restant accessible pour un nettoyage régulier.

3/les cadres et structures en Aluminium ou Acier galvanisé ne doivent pas être percés ou retravaillés sur le site. Car l'endommagement des couches protectrices est une voie ouverte à la corrosion.

4/il faut tenir compte des dilatations différentielles induites pour les grandes variations de température.

5/les occultations parasites et partielle des champs PV (arbre, immeuble ...etc.). Doivent être évitées.

6/il faut protéger chaque sous station contre la foudre à l'aide de parafoudre.

III.2.4 Stockage de l'énergie :

Les fluctuations journalières et saisonnières de l'ensoleillement et l'utilisation souvent intermittente de l'énergie électrique développée par un système photovoltaïque, nous oblige de prévoir un système de stockage, jouant ainsi le rôle tampon entre la production et la consommation d'énergie.

Un tel système doit permettre :

-De distribuer l'énergie suivant les besoins de fonctionnement de la charge à alimenter.

-De mieux adapter le générateur à la charge par le maintien de la tension du système dans la zone de fonctionnement optimal.

Aussi les batteries de stockage utilisées dans les systèmes photovoltaïque, pour être utilisé d'une façon optimum, elles devront répondre aux critères suivants:

1/Coût raisonnable par rapport à la capacité.

2/Fiabilité et durée de vie acceptable devant les conditions cycliques de charge et de décharge.

3/Haute densité de charge.

4/Haute efficacité de charge.

5/-Un taux d'autodécharge faible.

6/Habilité à supporter la différence de température élevée.

7/Long intervalle entre les périodes de maintenances.

8/Sécurité dans la manutention.

9/Un minimum impact sur l'environnement.

10/Une rigidité contre la corrosion et les chocs.

11/Une résistance interne négligeable.

12/Un bac de surface admissible (réserve d'électrolyte).

Ce rôle de stockage appartient à la batterie d'accumulateur. Alors, un système de stockage n'est autre qu'un ensemble de batteries associées en série-parallèle. Autrement dit, ce système est dimensionné en fonction de l'autonomie désirée (le nombre de jours sans ensoleillement, pendant lequel l'utilisation électrique sans pour autant décharger profondément les batteries).

Les principaux types d'accumulateurs utilisables actuellement sont:

-Accumulateurs au Plomb (Pb).

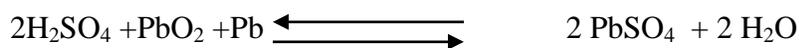
-Accumulateurs au Cadmium-Nickel (CD-Ni).

Notre étude portera uniquement sur les accumulateurs au plomb

III.2.5.1 Principe de fonctionnement d'une batterie :

-Accumulateurs au Plomb (Pb).

Leur principe de fonctionnement repose sur une transformation réversible de l'énergie électrique en énergie chimique selon la réaction suivante:



Avec :

PbO_2 Bioxyde de plomb.

H_2SO_4 :Acide sulfurique.

PbSO_4 : Sulfate de plomb.

III.2.5.2 La capacité d'une batterie :

C'est le paramètre essentiel auquel se rapporte le dimensionnement d'un système de stockage.

La capacité C_n renseigne théoriquement sur la quantité d'Ampère- heures (Ah) que la batterie peut délivrer durant un intervalle de temps de n heures pour un courant, une tension de décharge et une température bien définis.

Dans la pratique, divers facteurs influent sur la valeur de la vitesse des réactions chimiques et électrochimique, citons entre autre:

-Variation de la résistance interne (dépend de la matière active des plaques et de la concentration de l'électrolyte) avec l'état de charge, et en particulier le régime de décharge.

-Mauvais déroulement de certains phénomènes (diffusion, concentration) causés par une mauvaise manipulation et/ou de certains défauts de fabrication.

-Température ambiante-Pression –Temps.

III.2.6 Le système de régulation :**III.2.6.1 Rôle de la régulation dans les systèmes photovoltaïques :**

Les régulateurs sont mis en place dans les soucis d'assurer une longévité du système de stockage, donc de minimiser le coût de l'installation.

En effet, un régulateur assure

-La protection des batteries contre les décharges excessives et les surcharges

-L'optimisation du système du point de vue énergétique, vu qu'il constitue un nœud de transfert d'énergie entre le générateur, le stockage et l'utilisation.

Pour fonctionner, un régulateur a besoin d'un indicateur qui l'informe sur l'état de charge des batteries.

Actuellement, la tension aux bornes du système de stockage est la plus adoptée au détriment des autres indicateurs (compteur électrique, densité de l'électrolyte).

Le régulateur doit maintenir l'état de charge des batteries entre deux seuils: un seuil haut et un seuil bas.

Pour éviter tout phénomène de battement de la régulation, ces deux seuils sont doublés de seuils de réenclenchement qui peuvent être ou non confondus.

Le choix de ces deux seuils dépend des caractéristiques des batteries, et des conditions d'utilisation.

III.2.7 Convertisseur Continu/Alternatif :

Comme son nom l'indique, c'est une interface dont le principe consiste à produire un signal alternatif à partir d'un signal continu.

Dans les usages photovoltaïques, ces convertisseurs sont interposés en amont de la charge à alimenter en alternative, ils doivent délivrer un signal le plus proche possible du signal sinusoïdal avec une fréquence précise.

Ces appareils appelés onduleurs, présentent généralement deux inconvénients majeurs:

- Rendement médiocre pour les faibles et moyennes puissances
- Consommation à vide importante.

III.2.7.1 Convertisseur CC/AC :

Les principales caractéristiques qui doivent être prises en compte lors du choix d'un convertisseur CC/AC sont les suivantes : puissance nominale, consommation à vide, charge et le rendement.

III.2.7.1.1 Puissance nominale :

Elle correspond à la puissance optimale (Volts-Ampère) que peut fournir un convertisseur en régime permanent.

Le choix de celle-ci est fonction de la puissance maximale que l'utilisateur peut consommer, tout en tenant compte des surcharges imposées lors des démarrages des moteurs, s'ils existent.

III.2.7.1.2 Rendement :

C'est la caractéristique la plus importante qu'il convient de respecter durant la conception d'un système photovoltaïque, vu qu'elle intervient directement sur le dimensionnement du générateur et du stockage. En effet, un convertisseur de faible rendement correspond à un surdimensionnement de l'installation photovoltaïque.

III.2.7.1.3 Consommation à vide :

C'est la consommation propre du convertisseur en énergie. Il importe de la réduire au maximum.

III.2.8 Charge :

Elle représente l'ensemble des fonctions assurées par divers appareils reliés au système photovoltaïque (éclairage- pompage-production de froid, etc....).

Vu les contraintes sur le rendement énergétique des systèmes photovoltaïques, il importe de définir les critères sur lesquels s'appuiera un choix des charges à utiliser

-charge continue.

-charge alternative.

Chapitre IV

Méthodologie

IV.1. Méthodologie :

Le dimensionnement d'un système photovoltaïque nécessite une méthodologie rigoureuse pour garantir qu'il répond aux besoins en énergie spécifiques. Voici la méthodologie générale a utilisé pour dimensionner le système photovoltaïque :

1/ Évaluer les besoins énergétiques : Déterminez la consommation d'énergie requise en analysant les charges électriques à alimenter. Cela peut inclure des appareils électriques, des outils, des systèmes de refroidissement, etc. Mesurez la consommation d'énergie en kilowattheure (kWh) pour une période donnée (par jour, par mois ou par an).

2/ Estimer l'ensoleillement disponible : Obtenez des données sur l'ensoleillement moyen dans votre région en utilisant des sources fiables telles que des bases de données solaires ou des stations météorologiques. Ces données vous donneront une idée de la quantité d'énergie solaire disponible sur votre site.

3/ Calculer la puissance requise : Convertissez la consommation d'énergie en puissance requise en utilisant la formule : Puissance requise (KW) = Consommation d'énergie (KWh) / Temps (heures). Ceci vous donnera la puissance moyenne requise par heure.

4/ Estimer la taille du système photovoltaïque : En utilisant l'ensoleillement moyen, vous pouvez estimer la puissance crête (ou puissance nominale) des modules photovoltaïques nécessaires pour répondre à la puissance requise. Divisez la puissance requise par l'ensoleillement moyen pour obtenir une estimation du nombre de kilowatts-crête (KWC) de modules photovoltaïques nécessaires.

5/ Prendre en compte les pertes et les conditions spécifiques : Prenez en compte les pertes de conversion, les pertes de câblage, les pertes d'ombrage, les températures élevées, les variations saisonnières, etc. Ces pertes réduisent l'efficacité globale du système. Appliquez un facteur de correction pour tenir compte de ces pertes.

6/ Dimensionner les autres composants du système : Outre les modules photovoltaïques, dimensionnez également les autres composants du système, tels que les onduleurs, les batteries

(si nécessaire), les câbles, les protections, etc. Ceci est basé sur les spécifications du fabricant et les normes applicables

7/ Vérifier la rentabilité et les contraintes budgétaires : Évaluez la rentabilité du système en tenant compte des coûts d'investissement, des économies d'énergie réalisées et des éventuelles incitations ou subventions disponibles. Assurez-vous que le dimensionnement du système est réalisable dans le cadre des contraintes budgétaires.

8/ Réaliser une simulation et une analyse : Utilisez des logiciels de simulation photovoltaïque pour affiner votre dimensionnement et évaluer les performances attendues du système dans différentes conditions. Cela vous permettra de vérifier si le système répond aux besoins énergétiques spécifiques.

Pour ce qui est de notre cas, nous avons utilisé deux principaux paramètres, qui sont à considérer, nous citons, l'irradiation solaire globale sur une surface collectrice et la consommation électrique ou le besoin énergétique

Plusieurs études ont été élaborées dans le but de réaliser un dimensionnement optimal des systèmes photovoltaïques. Ces méthodes sont basées sur l'équilibre énergétique pour déterminer la capacité de stockage et la production des panneaux photovoltaïques. Des méthodes plus récentes estiment la performance des systèmes photovoltaïques en se basant sur le concept de la probabilité d'erreur dans la consommation, définie comme le ratio entre le déficit et la production de l'énergie.

La méthode que nous proposons consiste en l'établissement des bilans énergétiques puis calculer le dimensionnement des modules et batteries pour garantir une fiabilité donnée du point de vue de la consommation. L'avantage de cette méthode est qu'elle optimise énergétiquement l'installation. La difficulté réside dans l'impératif de connaître les irradiances horaires sur le site d'installation pour un nombre d'années trop grand (10 à 20 ans) malheureusement ces données ne sont pas souvent disponibles.

Aussi, pour palier à ce problème, nous nous sommes basés sur « la méthode du mois le plus < défavorable > vu que nous ne disposons que de valeurs journalières de l'irradiation

solaire pour des périodes restreintes. Son principe est de réaliser un bilan énergétique sous les conditions les plus défavorables pour le système. C'est-à-dire, si le système fonctionne durant ce mois, il fonctionnera normalement dans les autres mois, donc il nous garantit par conséquent un fonctionnement annuel normal.

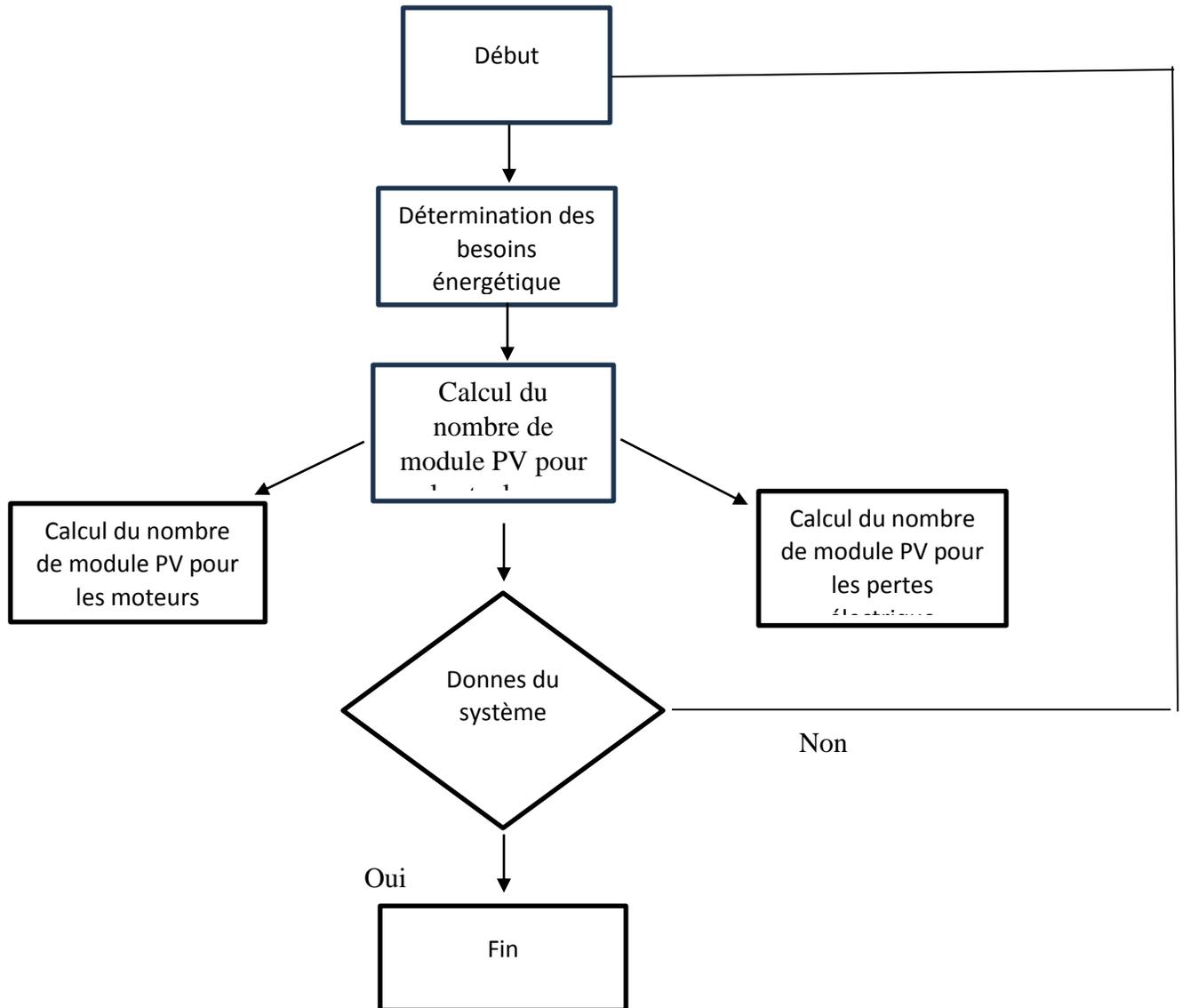


Figure IV.1 Organigramme de calcul.

Chapitre : V

Dimensionnement du

systeme

Photovoltaïque

CHAPITRE V : DIMENSIONNEMENT DU SYSTEME PHOTOVOLTAIQUE

V.1. ESTIMATION DE LA CONSOMMATION :

L'estimation de la consommation d'électricité, repose sur le bilan énergétique ainsi que la connaissance de la périodicité de ses besoins (foisonnement).

La périodicité est en fait le rythme de la consommation d'électricité, elle peut être continue (tous les jours de l'année), ou périodique (week-end, vacances, plages horaires de la journée..).

Il faut alors se renseigner sur la consommation de chaque appareil utilisé. Il faut choisir les appareils dont la consommation est la plus faible possible afin de réduire ses dépenses en électricité tout en gardant un bon niveau de confort.

L'objet du dimensionnement revient donc, à estimer les tailles des différents éléments du système du générateur photovoltaïque, permettant de respecter le taux de satisfaction des besoins demandés par le client.

Pour notre cas, il s'agit d'une charge de 2 chevaux (nécessaires pour faire tourner deux travées d'un pivot central d'irrigation en simultanée).

V.2 Modélisation du système photovoltaïque

V.2.1 Irradiation solaire

V.2.1.1 Introduction

En général, le dimensionnement d'un système photovoltaïque pour un site donné nécessite la connaissance de l'irradiation solaire de ce dernier.

En suivant les méthodes de simulation actuellement utilisées, il est nécessaire de disposer de larges séquences de valeurs d'irradiation journalière. Malheureusement, beaucoup de localités d'Algérie ne disposent de ces données d'irradiation, ou ne sont pas suffisamment représentatives. Les modèles d'estimation des différentes composantes de l'irradiation solaire ont été vérifiés expérimentalement en utilisant des données d'Oran mesurées au niveau de l'Office National de la Météorologie.

CHAPITRE V : DIMENSIONNEMENT DU SYSTEME PHOTOVOLTAIQUE

V.2.1.2 Estimation des composantes directe et diffuse de l'irradiation horizontale à partir des valeurs d'irradiation globale.

La détermination des composantes directe et diffuse de l'irradiation horizontale est nécessaire par le calcul de l'irradiation sur une superficie inclinée.

La composante diffuse de l'irradiation horizontale journalière $D_d(0)$ s'obtient à partir de la corrélation existante entre la fraction diffuse, K_d et l'indice de clarté de l'atmosphère, K_t . La

fraction diffuse K_d est défini comme [5, 1] :

$$K_d = D_d(0) / G_d(0) \quad (5.1)$$

l'indice de clarté de l'atmosphère K_t comme :

$$K_t = \frac{G_d(0)}{B_{od}(0)} \quad (5.2)$$

Où $B_{od}(0)$ est l'irradiation extraterrestre journalière incidente sur un plan horizontal et $G_d(0)$ est l'irradiation globale horizontale journalière.

L'irradiation directe horizontale journalière $B_d(0)$ est donnée par :

$$B_d(0) = G_d(0) - D_d(0) \quad (5.3)$$

CHAPITRE V : DIMENSIONNEMENT DU SYSTEME PHOTOVOLTAIQUE

V.2.2 Modèle de Frutos

La corrélation entre les valeurs individuelles de l'irradiation journalière horizontale, $G_d(0)$, et sa composante diffuse, $D_d(0)$ est :

- pour l'intervalle $K_t < 0,166$

$$K_d = 0,92 \quad (5.4)$$

- pour l'intervalle $0,166 \leq K_t \leq 0,8$

$$K_d = 0,77 + 1,93K_t - 6,6K_t^2 + 4,27K_t^3 \quad (5.5)$$

CHAPITRE V : DIMENSIONNEMENT DU SYSTEME PHOTOVOLTAIQUE

- our l'intervalle $K_t > 0,8$

$$K_d = 0,109 \quad (5.6)$$

V .2.3 Erreurs d'estimation

La comparaison entre les données mesurées et calculées par le modèle de Frutos se fait en utilisant un indicateur statistique, appelé racine de l'erreur quadratique moyenne, RECM, défini comme :

$$RECM = \frac{\left[\sum_{i=1}^N (C_i - M_i)^2 \right]^{0,5}}{\left[\sum_{i=1}^N M_i^2 \right]} \times 100 \quad (5.7)$$

Où C_i est la i -ème valeur calculée, M_i es la i -ème valeur mesurée et N le nombre de points. La racine de l'erreur quadratique moyenne, RECM, es une mesure de la variation des valeurs mesurées, au voisinage de la valeur calculée.

La valeur RECM pour le modèle de Frutos en utilisant des données journalières pour Alger (données d'irradiation globale horizontale pour la période 1997-1999, mesurées à l'O.N.M) est 8%.

V.2.4 Estimation de l'irradiation horaire à partir des valeurs de l'irradiation journalière

Dans certaines applications il n'est pas suffisant de connaître les valeurs journalières de l'irradiation directe et diffuse mais il faut connaître son évolution horaire. Quand elles ne sont pas disponibles, les données d'irradiation horaire peuvent être obtenues en utilisant les expressions de Liu et Jordan qui mettent en relation l'irradiation totale horaire avec l'irradiation totale journalière, celles-ci sont :

CHAPITRE V : DIMENSIONNEMENT DU SYSTEME PHOTOVOLTAIQUE

$$r_d = \frac{D_h(0)}{D_d(0)} \quad (5.8)$$

et

$$r_g = \frac{G_h(0)}{G_d(0)} \quad (5.9)$$

$$rd = \frac{\pi}{24} \left(\frac{\cos \omega - \cos \omega_s}{\omega_s \cos \omega_s - \sin \omega_s} \right) \quad (5.10)$$

$$rg = \frac{\pi}{24} (a + b \cos \omega) \left(\frac{\cos \omega - \cos \omega_s}{\omega_s \cos \omega_s - \sin \omega_s} \right) \quad (5.11)$$

Ou :

Dh(0) : irradiation diffuse horaire sur superficie horizontale

Gh(0) : irradiation globale horaire sur superficie horizontale

Ts : temps solaire vrai ou angle horaire et Ts l'angle de couché du soleil, les deux sont exprimés en radians.

a et b sont obtenus des formules empiriques suivantes :

$$a = 0,409 - 0,5016 \sin(\omega_s + 1,047) \quad (5.12)$$

$$b = 0,6609 - 0,4767 \sin(\omega_s + 1,047) \quad (5.13)$$

V.3.1 Irradiation sur superficies inclinées :

Pour les besoins de ce calcul, il est utile de considérer que l'irradiation d'une heure, coïncide numériquement avec l'éclairement moyen durant cette heure.

L'éclairement global incident sur une superficie inclinée dans la surface terrestre $G(\beta)$ peut être calculer comme la somme de l'éclairement direct $B(\beta)$ diffus $D(\beta)$ et réfléchi $R(\beta)$

$$G(\beta) = B(\beta) + D(\beta) + R(\beta) \quad (5.14)$$

CHAPITRE V : DIMENSIONNEMENT DU SYSTEME PHOTOVOLTAIQUE

V.3.2 Eclairage direct :

La composante directe $B_h(\beta)$ peut être obtenue en utilisant les angles d'incidence θ_s et de zénith du soleil θ_{zs} :

$$B(\beta) = \frac{B_h(0) \cos \theta_s}{\cos \theta_{zs}} \quad (5.15)$$

V.3.3 Eclairage diffus

V.3.3.1 Modèle de Hay et McKay

Le modèle de Hay utilisé considère deux zones dans le ciel comme sources de rayonnement diffus: une partie caractérisée par une émission isotrope (considère que le rayonnement diffus qui émane du ciel est uniformément distribué) et l'autre, la partie circumsolaire, qui émet de manière directe :

$$D(\beta) = D_h(0) \left[\frac{Gh(0) - Dh(0) \cos \theta_s}{2} + \frac{(1 + \cos \beta)}{2} \left(1 - \frac{Gh(0) - Dh(0)}{Boh(0)} \right) \right]. \quad (5.16)$$

$$Boh(0) = Bo \left[1 + 0.33 \cos \left(\frac{360dn}{365} \right) \right] \cos \theta_{zs} \quad (5.17)$$

Où :

$Boh(0)$: Irradiation extraterrestre horizontale d'une heure dn : le numéro d'ordre du jour de l'année

Bo : constante solaire (1367 W/m^2)

Eclairage réfléchi :

L'éclairage réfléchi ou albédo sur une surface inclinée est donné par :

$$R(\beta) = \frac{1}{2} \rho Gh(0) (1 - \cos \beta) \quad (5.18)$$

Où

ρ est la réflectivité du sol et en l'absence d'information spécifique, on utilise $\rho=0,2$.

CHAPITRE V : DIMENSIONNEMENT DU SYSTEME PHOTOVOLTAIQUE

Le résultat de RECM pour le calcul de l'irradiation globale journalière incidente sur une superficie inclinée de $36,8^\circ$ (Oran) est de 15,8%.

V.3.3.2 Modèle du générateur photovoltaïque :

L'objectif de ce modèle est de représenter le courant du générateur en fonction de sa tension, de la température et de l'éclairement solaire reçu.

Le générateur photovoltaïque consiste en des éléments de base ou modules photovoltaïques. Chaque module est constitué de cellules connectées en série et en parallèle pour obtenir la tension et le courant adéquats.

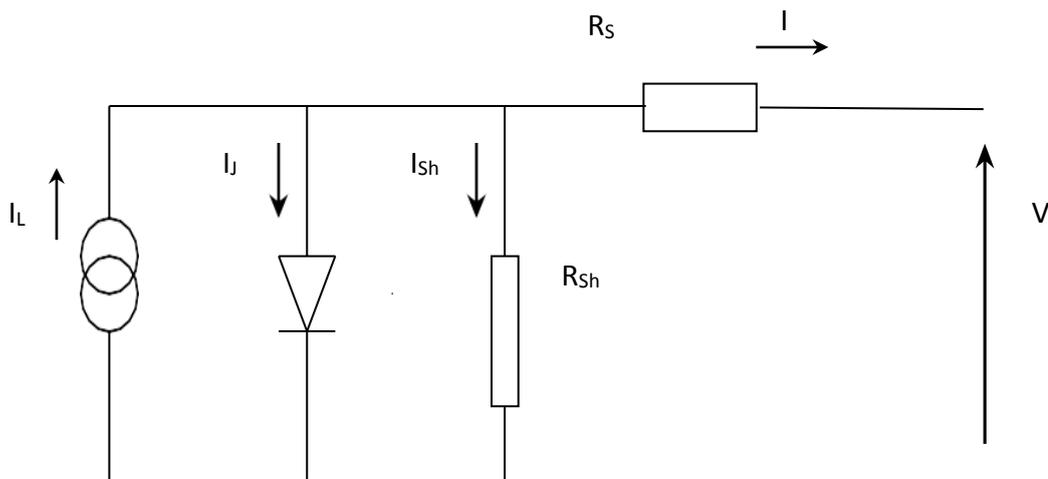


Figure 5.1 Schéma équivalent du module.

CHAPITRE V : DIMENSIONNEMENT DU SYSTEME PHOTOVOLTAIQUE

I et V sont respectivement le courant et la tension aux bornes du module photovoltaïque.

La loi de Kirchhoff nous permet d'écrire la relation suivante :

$$I_L = I_J + I_{Sh} + I \quad (5.19)$$

Le courant qui passe dans la résistance shunt est donné par l'expression :

$$I_{Sh} = \frac{V + I R_S}{R_{sh}} \quad (5.20)$$

Le courant de jonction est donné par :

$$I_j = I_0 \left[\exp\left(\frac{e(V + I R_S)}{m K T}\right) - 1 \right] \quad (5.21)$$

En remplaçant les expressions de I_j et I_L , on obtient la relation entre le courant (I) et la tension (V) :

$$I = I_L - I_0 \left[\exp\left(\frac{V + I R_S}{m V_t}\right) - 1 \right] - \frac{V + I R_S}{R_{sh}} \quad (5.22)$$

Avec :

$$V_t = \frac{k \cdot T}{e} \quad (5.23)$$

Où I_L est la courante photo générée dû à la génération de porteurs par l'illumination. I_0 est le courant de saturation, R_S la résistance en série, m le facteur d'idéalité, R_{Sh} la résistance en parallèle, k la constante de Boltzmann, T la température absolue des cellules et e la valeur dela charge de l'électron.

L'équation est implicite, donc pour sa résolution on nécessite des méthodes itératives. Il y a différents modèles pour obtenir les paramètres I_L , I_0 , m , R_S et R_{Sh} de l'équation 5.22.

Dans ce travail, nous avons choisi le modèle analytique Pour un éclaircissement et une autre température donné, les cinq paramètres (I_L, I_0, m, R_S et R_{sh}) peuvent être déterminés à partir des données suivantes qui sont la tension à circuit ouvert (V_{oc}) , le courant de court-circuit

CHAPITRE V : DIMENSIONNEMENT DU SYSTEME PHOTOVOLTAIQUE

(Isc) ; la tension et le courant au point de maximum de puissance (Vm et Im) et les pentes au voisinage de Voc et de Isc. En appelant :

$$\left(\frac{dV}{dI}\right)v = voc = -Rso \quad (5.24)$$

$$\left(\frac{dV}{dI}\right)I = Isc = -Rsho \quad (5.25)$$

$$\left(\frac{dV}{dI}\right)I = Isc = -Rsho \quad (5.25)$$

Les équations obtenues sont

$$m = \frac{Vm + Im Rso - Voc}{Vt \left[\ln\left(Isc - \frac{Vm}{Rsh} - Im\right) - \ln\left(isc - \frac{Voc}{Rsh}\right) + \left(\frac{Im}{isc - \frac{Voc}{Rsh}}\right) \right]} \quad (5.26)$$

$$Io = \left(Isc - \frac{Voc}{Rsh}\right) \exp\left(-\frac{Voc}{mVt}\right) \quad (5.27)$$

$$Rs = Rso - \frac{mVt}{Io} \exp\left(-\frac{Voc}{mVt}\right) \quad (5.28)$$

$$IL = Isc \left(1 + \frac{Rs}{Rsh}\right) + Io \left(\exp\frac{IscRs}{mV} - 1\right) \quad (5.29)$$

$$Rsh = Rsho \quad (5.30)$$

V.4. Calcul d'erreur :

L'erreur standard est définie par :

$$ES = \left[\frac{\sum(Ical - Iexp)^2}{N} \right]^{0,5} \quad (5.31)$$

Où Ical et Iexp sont les courants calculés et mesurés respectivement et N le nombre de points de mesure.

V.4.1. L'Erreur :

$$Ex = \frac{Xcal - Xexp}{Xexp} \cdot 100$$

Etant X : Isc, Voc et Pm.

CHAPITRE V : DIMENSIONNEMENT DU SYSTEME PHOTOVOLTAIQUE

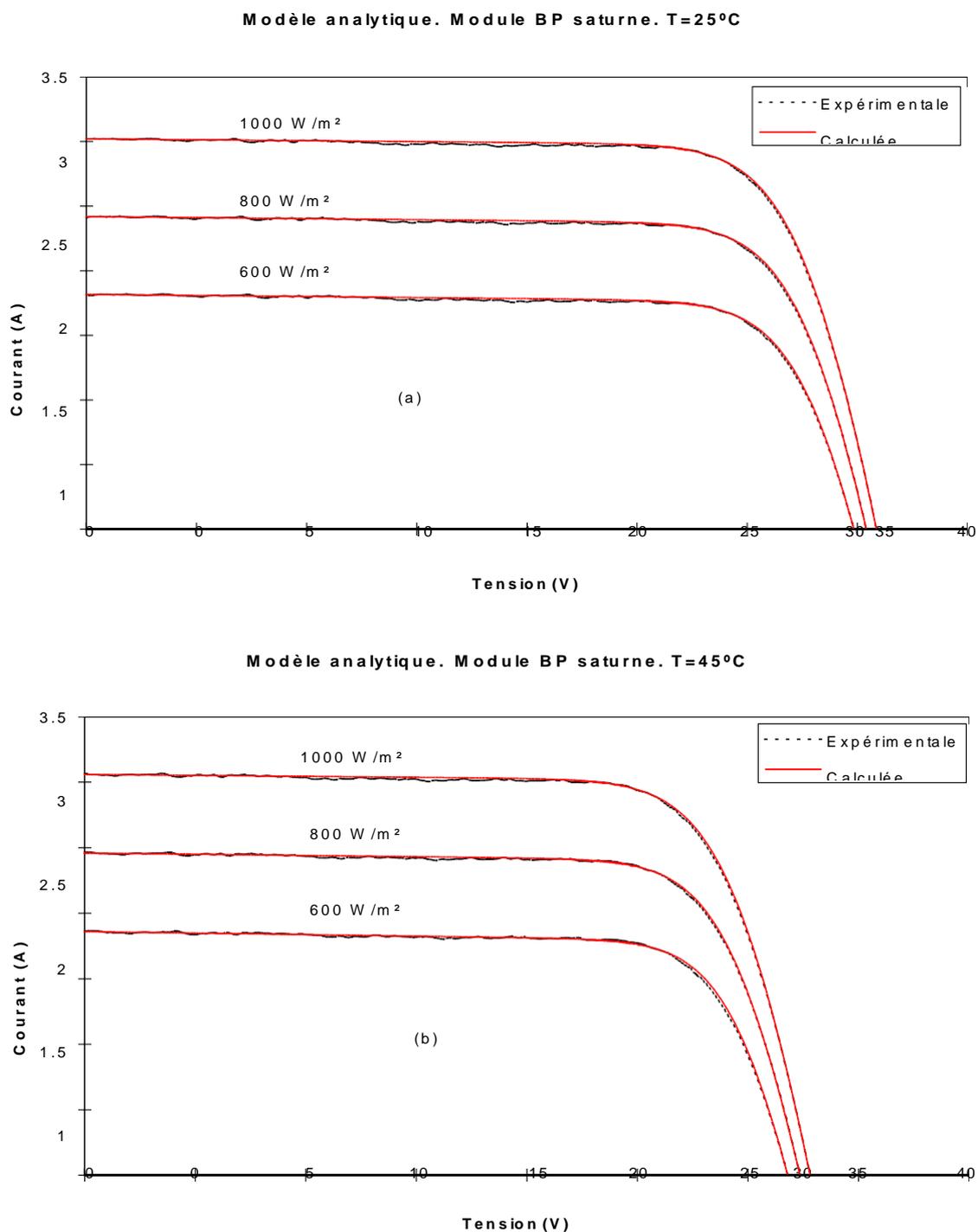


Figure 5.2. Courbes I-V expérimentales et calculées en appliquant le modèle analytique à un module (BP saturne) avec différents éclairagements. (a) T=25°C et (b) T=45°C.

CHAPITRE V : DIMENSIONNEMENT DU SYSTEME PHOTOVOLTAIQUE

Tableau V.1. Exemple d'application (module BP saturne)

Eclairement (W/m ²)	1000	800	600	1000	800	600
Température (°C)	25	25	25	45	45	45
ES (A)	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
E _{ISC} (%)	-7,9E-5	-0,0003	-0,0004	-0,0002	-0,0004	-0,0004
E _{VOC} (%)	0,001	-0,003	0,0004	0,002	-0,002	0,006
E _{PM} (%)	0,02	-0,01	0,05	0,14	-0,009	0,003

Dans la figure 5.2 et dans le tableau 5.1 on donne des résultats comparatifs entre les différents modèles. Pour les exemples analysés appliqués à un module photovoltaïque monocristallin pour des éclairements de 600, 800 et 1000 W/m² et des températures de 25 et 45°C, les erreurs obtenues entre les valeurs mesurées et calculées par les modèles sont données dans le tableau 2.1. Les erreurs sont faibles. Le modèle ajuste avec grande précision la caractéristique I-V et converge dans tous les cas étudiés. Cependant, il nécessite de bonnes mesures dans les zones voisines à ISC, VOC, I_m et V_m et mesurer les pentes en ISC et en VOC.

V.4.2 Corrections à d'autres conditions de température et d'éclairement :

Pour la translation de la courbe I-V donnée à certaines conditions déterminées d'éclairement et de température à d'autres conditions distinctes désirées, nous avons utilisé la méthode selon la norme CEI 891. Elle est appliquée aux caractéristiques I-V mesurées de dispositifs photovoltaïques au silicium cristallin seulement [7]. Avec cette méthode, la caractéristique courant-tension peut être corrigée par rapport aux valeurs de température et d'éclairement choisis :

$$I2 = I1 + Isc \left(\frac{G2}{G1} - 1 \right) + \alpha (T2 - T1) \quad (5.33)$$

$$V2 = V1 - Rs(I2 - I1) - K.I2(T2 - T1) + \beta(T2 - T1) \quad (5.34)$$

CHAPITRE V : DIMENSIONNEMENT DU SYSTEME PHOTOVOLTAIQUE

I_1, V_1	: Coordonnées d'un point de la courbe de référence $I_2,$
V_2	: Coordonnées d'un point de la courbe corrigée
I_{sc}	: Courant de court-circuit de la courbe de référence
G_1, T_1	: Eclairement et température dans les conditions de mesure G_2
$, T_2$: Eclairement et température dans les conditions désirées
α, β	: Coefficients de température du courant et de la tension :
K	:Facteur de correction de la courbe (0,00125 Ohm/°C)

V.5.1 Calcul du nombre de modules nécessaires :

La puissance du module est de 380 W, nous disposons d'un moteur de 1 cheval, équivalent à 750W, comme nous devons faire fonctionner deux moteurs en simultanée. Donc 1500 W

Le nombre de modules est de $1500W/380W= 4$

4 modules

V.5.2. Calcul du nombre de modules nécessaires pour les batteries :

La puissance de batterie est de 250 W pour un besoin de 1500 W

Le seuil de charge de la batterie ne doit dépasser 50% de la charge ; donc la puissance 1500w fois 2 = 3000 W, alors $3000 w / 250 w = 12$

Batteries :

$$12 * 250 W = 3000 W$$

$$3000/380 = 8$$

8 modules

CHAPITRE V : DIMENSIONNEMENT DU SYSTEME PHOTOVOLTAÏQUE

V.5.3 Calcul des pertes :

V.5.3.1 Quantité d'énergie générée par la production d'énergie photovoltaïque :

Le rendement photovoltaïque est un facteur très important pour les composants photovoltaïques et est définie comme le taux de conversion d'énergie d'une cellule PV. L'efficacité est également le pourcentage d'énergie solaire convertie en électricité par une cellule solaire. Caractériser ces composants et définir leurs performances. Le rendement dépend du type de semi-conducteur utilisé et est directement lié à la "bande interdite". Pour le silicium cristallin, le rendement théorique maximal est de 44 %. Le silicium n'est pas le meilleur matériau, sa "bande interdite" est de 1,10 eV, mais l'arséniure de gallium (Gas) a une "bande interdite" de 1,4 eV, ce qui est presque optimal. L'efficacité commerciale maximale des cellules monocristallines est d'environ 12 à 17 %.

V.5.3.2 Calcul du nombre de module photovoltaïque couvrant les pertes :

Pour couvrir les pertes par effet de joule notamment, nous avons considéré le niveau de perte admissible de 10%.

La puissance des deux moteurs est 1500 W donc la puissance nécessaire est :

$$1500 * 1,1 = 1650 \text{ W}$$

D'où le nombre de module :

$$1650 \text{ W} / 380 \text{ w} = 4$$

4 modules

Chapitre VI

Résultats et discussion

Dans le cas général, la différence dans le nombre de modules photovoltaïques d'un système photovoltaïque alimentant un mécanisme d'irrigation par pivot central peut être attribué à plusieurs facteurs. Voici quelques explications technico-économiques :

1/ Besoins énergétiques : La taille du système photovoltaïque dépend des besoins énergétiques du mécanisme d'irrigation par pivot central. Les besoins en énergie peuvent varier en fonction de la taille du pivot central, de la longueur du pivot, du débit d'eau requis, de la pression nécessaire, etc. Si le mécanisme d'irrigation nécessite une plus grande quantité d'énergie, un plus grand nombre de modules photovoltaïques sera nécessaire pour répondre à cette demande.

2/ Disponibilité solaire : La quantité d'énergie solaire disponible dans la région où le système photovoltaïque est installé peut influencer le nombre de modules nécessaires. Les régions avec un ensoleillement plus faible peuvent nécessiter un plus grand nombre de modules pour compenser la production d'énergie réduite. En revanche, dans les régions avec un ensoleillement plus élevé, moins de modules peuvent être nécessaires pour répondre aux besoins énergétiques.

3/ Efficacité des modules photovoltaïques : L'efficacité des modules photovoltaïques utilisés dans le système peut également influencer le nombre requis. Des modules photovoltaïques plus efficaces peuvent générer plus d'énergie à partir de la même surface, ce qui peut réduire le nombre de modules nécessaires pour atteindre la puissance requise.

4/ Contraintes budgétaires : Les contraintes budgétaires peuvent également jouer un rôle dans la détermination du nombre de modules photovoltaïques. Si le budget alloué au système photovoltaïque est limité, cela peut limiter le nombre de modules qui peuvent être installés, ce qui peut entraîner une puissance de sortie inférieure.

En ce qui concerne notre cas, nous avons réalisé une analyse détaillée des besoins énergétiques spécifiques du mécanisme d'irrigation par pivot central, ainsi que des conditions solaires, pour déterminer avec précision le nombre de modules photovoltaïques nécessaires.

Résultats

La comparaison des erreurs d'extrapolation de courbes I-V à d'autres conditions d'éclairement et de température à partir des conditions initiales de référence 1000 W/m^2 et 25°C appliquées au même module photovoltaïque que dans le tableau antérieur et en utilisant la méthode de translation selon CEI-891 (voir tableau 2.2).

Comme on peut voir dans les erreurs obtenues entre les équations de translation et les valeurs mesurées, la méthode est précise pour les paramètres fondamentaux analysés du générateur photovoltaïque (ISC, VOC et Pm).

Tableau 2.2. Translation selon la norme CEI - 891

		Valeurs extrapolées					
Eclairage (W/m ²)		1000	800	600	1000	800	600
Température (°C)		25	25	25	45	45	45
Référence: 1000W/m ² 25 °C	E _{ISC} (%)	—	-0,04	-0,06	-0,78	-1,08	-1,59
	E _{VOC} (%)	—	0,31	0,61	0,96	1,30	1,64
	E _{PM} (%)	—	0,34	0,80	0,51	0,54	0,54

2.2.1 MODELE DE LA TEMPERATURE DE LA CELLULE

La tension à circuit ouvert du générateur photovoltaïque dépend de la température de la cellule; donc le point de fonctionnement du système dépend de ce paramètre.

Ce modèle suppose que la température de la cellule (T_c) est une fonction linéaire de la température ambiante (T_a) et de l'éclairage (G) [8] :

$$T_c = T_a + \left(\frac{T_{ONC} - 20}{800} \right) \cdot G \tag{5.3}$$

Où TONC est la température d'Opération Nominale de la Cellule en °C, définie comme la température que les cellules atteignent quand G est de 800W/m², T_a est de 20°C, la vitesse du vent est de 1m/s et la distribution spectrale est AM1,5G.

Donc le nombre de modules nécessaires pour les moteurs, sont 4 modules pour 2 moteur de 1 cheval chacun équivalent de 1500 W

Pour ce qui est du stockage, nous avons trouvé après calcul 8 modules, pour la charge optimale des batteries de stockage, pour l'irrigation nocturne.

Pour couvrir l'impact des pertes techniques par effet joule, estimées à 10%, nous avons besoin de 4 modules, ce qui fait un total de 16 modules.

Or, nous avons constaté lors de nos différentes sorties au niveau de l'exploitation agricole à El Meniaa, que le nombre en 18 modules

Nous avons pu déceler ce surdimensionnement du système photovoltaïque avec deux modules en plus, ce qui est important, si le nombre de point d'irrigation est démultiplié. Dans cette activité les calculs et la conception du système photovoltaïque doit être aussi optimal que possible, pour répondre aux besoins spécifiques de l'irrigation par pivot central, car le cout de revient du produit final (pomme de terre-carotte..... etc) dépend du cout de l'électricité, notamment dans les premières années d'exploitation post mise en service du système PV (avant amortissement).

Conclusion

Perspectives

CONCLUSION PERSPECTIVES

Conclusion :

Dans le cadre de ce travail, nous avons mené une étude sur le dimensionnement d'un système Photovoltaïque autonome pour alimenter un système d'irrigation à pivot central installé dans un site du sud du pays. Sur la base d'informations obtenue lors des visites de terrain après notre séjour technique au niveau de l'exploitation agricole située à El Menia (wilaya de Ghardaïa), et une estimation de la consommation d'énergie électrique et un dimensionnement pour chaque élément du système photovoltaïque (batterie, modules), tout en prenant en considération les pertes d'énergie qui existent.

Le dimensionnement du système photovoltaïque et les résultats obtenues et après une comparaison faite avec ce qu'on a trouvé sur le site lors de la visite à El Menia, on a constaté qu'il y avait un surdimensionnement dans le nombre de modules photovoltaïques, un surplus qui n'était pas nécessaire pour répondre aux besoins énergétiques. Voici quelques conclusions que l'on peut tirer :

L'inefficacité de l'utilisation des ressources : Le surdimensionnement des modules photovoltaïques indique une utilisation inefficace des ressources, car il y a une surcapacité de production d'énergie qui n'est pas nécessaire pour répondre aux besoins énergétiques de l'irrigation. Cela peut entraîner un gaspillage d'énergie et des coûts inutiles. Aussi, la mauvaise estimation des besoins énergétiques avec la présence d'un surdimensionnement suggère une estimation incorrecte ou une surestimation des besoins énergétiques de l'irrigation. Il est essentiel d'effectuer une évaluation précise des besoins énergétiques afin de dimensionner correctement le système photovoltaïque. Par ailleurs, : Un surdimensionnement excessif entraîne un impact financier avec des coûts supplémentaires liés à l'installation et à l'entretien des modules photovoltaïques inutiles. Cela peut affecter le retour sur investissement du système et prolonger la période de récupération des coûts initiaux.

La Possibilité de réajustement : La détection du surdimensionnement offre l'opportunité de réajuster le système en réduisant le nombre de modules ou en optimisant leur configuration. Cela permet de mieux aligner la capacité de production d'énergie avec les besoins réels, ce qui peut réduire les coûts et améliorer l'efficacité du système. L'importance de l'analyse de performance, et la détection du surdimensionnement souligne l'importance d'une analyse de performance

CONCLUSION PERSPECTIVES

continue du système photovoltaïque. Il est essentiel de surveiller et d'évaluer régulièrement les performances du système afin de détecter les problèmes potentiels et d'apporter les ajustements nécessaires pour optimiser son fonctionnement.

Enfin, la découverte d'un surdimensionnement dans le nombre de modules photovoltaïques pour le système alimentant le pivot central pour l'irrigation met en évidence la nécessité d'une évaluation précise des besoins énergétiques, d'une optimisation de la conception du système et d'un suivi régulier des performances pour assurer une utilisation efficace des ressources et maximiser les avantages économiques.

Perspectives :

L'utilisation du système photovoltaïque pour l'irrigation par pivot central rotatif présente plusieurs perspectives prometteuses. Voici quelques-unes des principales perspectives pour cette application :

1/ Durabilité et autonomie énergétique : Le système photovoltaïque permet d'utiliser une source d'énergie renouvelable, le soleil, pour alimenter l'irrigation par pivot central. Cela réduit la dépendance aux combustibles fossiles et contribue à la durabilité environnementale. De plus, le système peut être conçu pour fonctionner de manière autonome, sans nécessiter de connexion au réseau électrique, offrant ainsi une indépendance énergétique.

2/ Réduction des coûts énergétiques : L'utilisation de l'énergie solaire pour alimenter l'irrigation par pivot central peut entraîner des économies significatives sur les coûts énergétiques à long terme. Les coûts d'exploitation et de maintenance des systèmes photovoltaïques sont généralement inférieurs à ceux des systèmes conventionnels alimentés par des combustibles fossiles.

3/ Adaptabilité aux zones éloignées : Les zones agricoles éloignées ou éloignées du réseau électrique peuvent bénéficier de l'utilisation de systèmes photovoltaïques pour l'irrigation par pivot central. Ces systèmes peuvent être installés dans des endroits reculés sans nécessiter une infrastructure électrique coûteuse.

4/ Utilisation efficace des terres agricoles : Les panneaux solaires peuvent être installés sur les terres agricoles sans nuire à la production alimentaire. En utilisant l'espace disponible sur les

CONCLUSION PERSPECTIVES

champs agricoles pour l'installation des panneaux photovoltaïques, les agriculteurs peuvent maximiser l'utilisation de leurs terres tout en produisant de l'énergie propre pour l'irrigation.

5/ Réduction de l'empreinte carbone : L'utilisation du système photovoltaïque pour l'irrigation par pivot central contribue à la réduction des émissions de gaz à effet de serre. En évitant l'utilisation de combustibles fossiles, on réduit l'impact environnemental et l'empreinte carbone associés à l'irrigation agricole.

Références bibliographiques

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Angel Cid Pastor « conception et réalisation de modules photovoltaïques », thèse doctorat l'Institut National des Sciences Appliquées de Toulouse la France 29 septembre 2006.

- C. Brouwer « Méthodes d'irrigation, gestion des eaux en irrigation » Manuel de formation n° 5 1990.

- Evan Derald « Best Management Practices of a Solar Powered Mini-Pivot for Irrigation of High Value Crops » Master of Science University of Saskatchewan Saskatoon, Saskatchewan 2008.

- Jean Dunglas « Les techniques d'irrigation, Membre de l'Académie d'agriculture » de France Manuscrit publié en février 2014.

- Jean-François Reynaud « Recherches d'optimums d'énergies pour charge/décharge d'une batterie à technologie avancée dédiée à des applications photovoltaïques », thèse doctorat de l'université de Toulouse 4 Janvier 2011.

- KY Thierry S. Maurice « Système Photovoltaïque Dimensionnement pour pompage d'eau pour une irrigation goutte-à-goutte », DEA en Physique Appliquée Option : Semi-conducteurs ANNEE UNIVERSITAIRE 2005-2006.

- Léopold Rielle et Brunon Molle « Le pivot », Éditions Cemagref, 1995.

- M. Djarallah « Contribution à l'étude des systèmes photovoltaïques résidentiels couplés au réseau électrique » Thèse de Doctorat, Université de Batna, Algérie, 2008.

- Petibon, Stéphane. Nouvelles architectures distribuées de gestion et conversion de l'énergie pour les applications photovoltaïques. Diss. Université Paul Sabatier-Toulouse III, 2009.

- Peyvieux, Eric. Analyse du comportement mécanique et optimisation de forme d'une travée de pivot d'irrigation. Diss. Bordeaux 1, 1997.

- R. Chenni, "Étude technico-économique d'un système de pompage photovoltaïque dans un village solaire," Université Mentouri De Constantine 2007.

- Salma Fateh « Modélisation d'un système multi générateurs photovoltaïques interconnectés au réseau électrique » Mémoire de Magistère université ferhat abbas – setif 2011.