



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la
Recherche Scientifique



Université Echahid Hamma Lakhdar d'El-Oued
FACULTE DE TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT DE GENIE MECANIQUE

Mémoire de Fin d'Etude
Présenté pour l'obtention du diplôme de
MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Sciences et Technologie

Filière : Electromécanique

Spécialité : Electromécanique

Thème

**Une Approche de Solution Renouvelable pour
le Système d'Irrigation a Pivot Central**

Devant le jury composé de :

Mr.Guerfi Youcef	Président
Mr.Zine Bachir	Examineur
Dr.Guerrah Ayoub	Encadreur

Présenté par :

- BOUAZZA Khalifa
- GUESBA Chouaib
- BELILA Abdelhamid

2018 - 2019

Remerciements

Avant tout nous tenons nos remerciements à notre allah de nos avoir donné la force et le courage.

*A la suite Nous tenons à remercier vivement
Dr. Guerrah Ayoub notre encadreur qui a fourni des efforts énormes, par ses informations ses conseils et ses encouragements.*

*Et tous les professeurs de département de Génie mécanique
A tous ce qui furent à un moment ou à toute instante partie prenante de ce travail.*

Nous remercions sincèrement M. Brík Mohammed de nous avoir aidés à réaliser ce travail.

Nous remercions tous les agriculteurs qui nous ont aidés

Nos plus chaleureux remerciements pour tous ceux qui de près et de loin ont contribué à la réalisation de cette mémoire.

Dédicace

Louange à Allah le Miséricordieux qui m'a éclairé la voix de la science et de la connaissance et par sa grâce j'ai réussi à achever ce travail. Je dédie ce modeste travail, fruit de mes études:

*A celle qui a veillé à mon chevet et à mon bien être et m'a entouré de tout son amour et son affection, l'être le plus cher au monde et à mon coeur **Ma Mère.***

Mon cher père, la raison de mon existence et mon soutien à la vie, mon grand secret mythique et secret de mon succès, qui peut être fier et trouver ici le résultat de nombreuses années de sacrifices et de difficultés pour m'aider à avancer dans la vie.

*Que **ALLAH** les protège et leur réserve une longue vie pleine de bonheur et de santé.*

*À mes chères frères : **Mohamad Ali, Alarbi, Mariam, Mouaid, Abderrahmane, Raïd...***

*À toute ma famille **Guesba** À tous mes chers amis*

*À mon Encadreur: **Dr. Guerraïh Ayoub,** À mes amis proche : **Khalifa, Abdelhamid***

À tous ce qui m'ont enseigné au long de ma vie scolaire.

Guesba Chouaïb

Dédicace

Louange à Allah le Miséricordieux qui m'a éclairé la voix de la science et de la connaissance et par sa grâce j'ai réussi à achever ce travail. Je dédie ce modeste travail, fruit de mes études:

*A celle qui a veillé à mon chevet et à mon bien être et m'a entouré de tout son amour et son affection, l'être le plus cher au monde et à mon cœur **Ma Mère***

Mon cher père, la raison de mon existence et mon soutien à la vie, mon grand secret mythique et secret de mon succès, qui peut être fier et trouver ici le résultat de nombreuses années de sacrifices et de difficultés pour m'aider à avancer dans la vie.

*Que **ALLAH** les protège et leur réserve une longue vie pleine de bonheur et de santé*

*À mes chères frères : **Nacer, massaoud** À toute ma famille **Bouazza***

*À tous mes chers amis À mon Encadreur : **Dr.Guerrah Ayoub,***

*À mes amis proche : **Chouaib ,Abdelhamid***

À tous ce qui m'ont enseigné au long de ma vie scolaire.

Bouazza Khalia

Dédicace

Louange à Allah le Miséricordieux qui m'a éclairé la voix de la science et de la connaissance et par sa grâce j'ai réussi à achever ce travail. Je dédie ce modeste travail, fruit de mes études:

*A celle qui a veillé à mon chevet et à mon bien être et m'a entouré de tout son amour et son affection, l'être le plus cher au monde et à mon cœur **Ma Mère***

Mon cher père, la raison de mon existence et mon soutien à la vie, mon grand secret mythique et secret de mon succès, qui peut être fier et trouver ici le résultat de nombreuses années de sacrifices et de difficultés pour m'aider à avancer dans la vie.

*Que **ALLAH** les protège et leur réserve une longue vie pleine de bonheur et de santé*

*À mes chères frères: **Abdelkader, Abdelbasset, Ahmed***

*À toute ma famille **Belila***

*À tous mes chers amis À mon Encadreur : **Dr.Guerrah Ayoub,***

*À mes amis proche : **Chouaib ,Khalifa***

À tous ce qui m'ont enseigné au long de ma vie scolaire.

Belila Abdelhamid

Sommaire

Remerciements.....	i
Sommaire.....	v
Liste de figure.....	ix
Liste de tableau.....	xi
Liste de symbole.....	xii
Introduction générale.....	1
<i>Chapitre I : Description Du Système D'irrigation A Pivot Central</i>	
I.1. Introduction.....	4
I.2. Pivot d'irrigation moderne.....	4
I.2.1. Composants du système.....	5
I.2.1.1. L'élément central	5
I.2.1.2. Les tours mobile	6
I.2.1.3. Les travées	7
I.2.1.4. Principe de fonctionnement.....	8
I.3. Pivot traditionnel dans la région d'EL-OUED.....	8
I.3.1. Composent de pivot d'irrigation traditionnelle.....	9
I.3.1.1. L'unité centrale	9
I.3.1.2. La tour mobile	10
I.3.1.3. La travée	11
I.3.2. Principe de fonctionnement du pivot traditionnel	11
I.3.2.1. Arrosage.....	11

I.3.2.2. Déplacement	12
I.4. Conclusion	12

Chapitre II: Description Du Système Photovoltaïque

II.1. Introduction	14
II.2. Rayonnement Solaire	15
II.3. Gisement Solaire En Algérie.....	16
II.4. La cellule photovoltaïque.....	17
II.4.1. L'effet photovoltaïque	18
II.4.2. types des cellules photovoltaïque.....	19
II.4.2.1. Silicium monocristallin	19
II.4.2.2. Silicium poly cristallin.....	19
II.4.2.3. Silicium amorphe.....	19
II.4.2.4. Nouvelle technologie.....	19
II.5. Caractéristique électrique d'un module photovoltaïque	20
II.6. Les systèmes photovoltaïques	22
II.6.1. Les systèmes autonomes avec stockage	22
II.6.2. Systèmes autonomes sans stockage électrochimique	23
II.6.3. Avantages et limites des systèmes photovoltaïques	24
II.7. conclusion	24

Chapitre III: Systèmes De Pivot D'irrigation A Energie Solaire

III.1. Introduction.....	25
III.2. Les systèmes de pompage photovoltaïque	25
III.2.1. Le pompage au fil de soleil	25
III.2.2. Le pompage avec stockage électrochimique (batteries)	26
III.3. Les pompes centrifuges	27

III.3.1. Puissances et rendements d'une pompe	28
III.3.2. Constitution d'une pompe centrifuge et principe de fonctionnement.....	29
III.4. Les moteurs	30
III.4.1. Moteur à courant continu	30
III.4.2. Moteur à courant alternative.....	31
III.4.3. Utilisation des moteurs électriques triphasés asynchrones.....	32
III.4.3.1. Branchements et caractéristiques signalétiques.....	32
III.4.3.2. Adaptation de la puissance du moteur.....	34
III.5. Moteur de traction.....	34
III.6. le système de stockage.....	36
III.6.1. Le stockage électrochimique	36
III.6.1.1. Principe de fonctionnement	37
III.6.1.2. Caractéristiques de fonctionnement photovoltaïque de la batterie.....	37
III.7. Recherche bibliographique	38
III.8. Conclusion	39

*Chapitre IV: Evaluation Expérimentale De Consommation Electrique De
Pivot D'irrigation*

IV.1. Introduction.....	40
IV.2. Matériels et méthodes	40
IV.2.1. Matériels	41
IV.2.2. Méthodes	42
IV.3. Consommation d'énergie électrique de pivot d'irrigation moderne.....	43
IV.3.1. Présentation de la zone d'étude (El Hadjira)	43
IV.3.2. Résultats des mesures	46
IV.3.3. Interprétation des résultats	49

IV.4. Consommation d'énergie électrique de pivot d'irrigation traditionnel.....	49
IV.4.1. Présentation de la zone d'étude	50
IV.4.2. Résultats des mesures	50
IV.4.3. Interprétation des résultats	52
IV.5. conclusion.....	53

Chapitre V: Dimensionnement d'une installation photovoltaïque

V.1. Introduction.....	54
V.2. Présentation de logicielle.....	54
V.3. Dimensionnement du système photovoltaïque pour le pivot moderne.....	56
V.4. Dimensionnement du système photovoltaïque pour le pivot traditionnel.....	60
V.5. Discussion des résultats.....	63
V.6. Conclusion.....	64
Conclusion générale.....	65
Références bibliographiques.....	66

Liste des figures

Chapitre I : Description Du Système D'irrigation A Pivot Central

Figure I.1 : Schéma d'unité central d'un pivot d'irrigation.....	5
Figure I.2 : L'élément central (appelé aussi axe ou pivot)	6
Figure I.3 : Les Tours mobiles d'un pivot d'irrigation moderne	7
Figure I.4: Travées de rampes d'arrosage.....	7
Figure I.5: principe de l'avancement d'un pivot.....	8
Figure I.6: Schéma présentatif du pivot traditionnel	9
Figure I.7: Elément centrale sur pivot d'irrigation traditionnel.....	10
Figure I.8: Tour mobile sur pivot d'irrigation traditionnel.....	10
Figure I.9: La travée de pivot d'irrigation traditionnel	11
Figure I.10 : L'arrosage dans le pivot traditionnel	12

Chapitre II: Description Du Système Photovoltaïque

Figure II.1 : Réponse spectrale d'une cellule solaire (PV).....	15
Figure II.2 : Irradiation solaire en Algérie.....	17
Figure II.3 : Schéma électrique d'une cellule photovoltaïque.....	17
Figure II.4: Schéma d'une cellule photovoltaïque	18
Figure II.5 : caractéristique I(V) d'un module photovoltaïque.....	21
Figure II.6: Caractéristique P (V) d'un panneau solaire.....	22
Figure II.7 : Diagramme d'une installation photovoltaïque autonome avec stockage	23
Figure II.8 : Diagramme d'une installation photovoltaïque autonome sans stockage.....	23

Chapitre III: Systèmes De Pivot D'irrigation A Energie Solaire

Figure III.1 : La caractéristique du pompage au fil du soleil.	27
Figure III.2 : La Caractéristique du pompage avec batteries.....	28
Figure III.3: Pompage photovoltaïque avec pompe centrifuge.	29
Figure III.4: Schéma de principe d'une pompe centrifuge.....	31
Figure III.5: Moteur à courant continu avec balais	32
Figure III.6: Schéma synoptique simplifié du pompage PV par motopompe DC.....	32
Figure III.7 : Schéma synoptique simplifié du pompage PV par motopompe AC.....	32
Figure III.8 : motopompe a courant alternatif	33
Figure III.9: Boîtier de connexion d'un moteur asynchrone.....	34
Figure III.10: schéma de réducteur d'un moteur de traction.....	36

Figure III.11 : caractéristiques vitesse-couple.....	37
Figure III.12 : Cycle de charge et décharge d'une batterie.....	38

Chapitre IV: Evaluation Expérimentale De Consommation Electrique

De Pivot D'irrigation

Figure IV.1 : analyseur d'énergie électrique CHAUVIN ARNOUX (C.A.8332B)	43
Figure IV.2 : schéma de principe de branchement de l'analyseur d'énergie électrique	43
Figure IV.3 : branchement en pratique del'analyseur d'énergie électrique.....	44
Figure IV.4 : situation géographique de la région d'El Hadjira	45
Figure IV.5 : courbe de température dans El Hadjira	45
Figure IV.6 : courbe de Vitesse du Vent dans El Hadjira.....	46
Figure IV.7 : Pluviométrie de El Hadjira.....	46
Figure IV.8 : schéma de pivot d'irrigation dans la région d'El-Hajira.....	47
Figure IV.9 : Evolution de courant des pivots 01et 02	49
Figure IV.10 : Variation d'énergie des pivots 01et 02	49
Figure IV.11 : Dimensions du pivot traditionnel.....	50
Figure IV.12 : schéma du pivot traditionnel.....	51
Figure IV.13 :Evolution du courant des pivots 03et 04.....	52
Figure IV.14 :Variation D'énergie des pivots 03et 04.....	53

Chapitre V: Dimensionnement d'une installation photovoltaïque

Figure V.1 : Interface utilisateur de PVsyst	55
Figure V.2 : Les productions normalisées de pivot 01.....	59
Figure V.3 : Les productions normalisées de pivot 02.....	59
Figure V.4 : Les productions normalisées de pivot 03.....	62
Figure V.5 :Les productions normalisées de pivot 04.....	63

Liste de tableaux

Tableau II.1: Avantage et inconvénient des cellules photovoltaïques.....	20
Tableau IV.1: Résultats des mesures des pivots d'irrigation dans la région d'El-hadjir....	48
Tableau IV.2: Résultats des mesures des pivots d'irrigation dans la région d'El-oued....	52
Tableau V.1: les consommations mensuelles pour les deux pivots modernes.....	7
Tableau V.2: Paramètres des dimensionnement des pivots modern.....	57
Tableau V.3: Bilans et résultats principaux sur pivot 01.....	58
Tableau V.4: Bilans et résultats principaux sur pivot 02.....	58
Tableau V.5: les consommations mensuelles pour Les deux pivots traditionnels.....	60
Tableau V.6: Paramètres des dimensionnement des pivots traditionnels.....	61
Tableau V.7: Bilans et résultats principaux sur pivot 03.....	61
Tableau V.8: Bilans et résultats principaux sur pivot 04.....	62

Liste des symboles

P_{arbre}	la puissance arbre	[W]
P_e	la puissance électrique	[W]
P_n	la puissances nette	[W]
p	la masse spécifique	[kg/m ³]
g	l'accélération locale de la pesanteur	[m / s ²]
q	le débit	[m ³ /s]
H_n	la charge	[m]
η_h	rendement hydraulique	
η_e	rendement électrique	
η_g	rendement globale	
J_L	Inertie de la charge	[kg • m ²]
J_{G1}	Inertie de la vitesse 1	[kg • m ²]
J_{G2}	Inertie de la vitesse 2	[kg • m ²]
J_M	Inertie du moteur	[kg • m ²]
J_T	Inertie du système	[kg • m ²]
N_1	Nombre de dents de l'engrenage 1	
N_2	Nombre de dents de l'engrenage 2	
m	Poids de la charge	[kg]
m_{G1}	Poids de l'engrenage 1	[k]
m_{G2}	Poids de l'engrenage 2	[kg]
D_L	Diamètre	[m]
L	Longueur de la charge	[m]
w_0	Vitesse initiale du moteur	[rad/ s]
w_1	Vitesse finale du moteur	[rad/s]
t	Heure du changement de vitesse	[s]
T_a	Couple d'accélération	[N•m]
T_L	Couple de charge	[N•m]
T_T	Couple de calcul total	[N•m]
T_M	Couple moteur requis	[N•m]
K_S	Facteur de sécurité	[w/m ²]
E	Energie solair	[w/m ²]
E_g	Energie gabe	

Introducción general

Introduction générale

L'irrigation joue un rôle crucial dans la résolution des principaux problèmes liés à l'insécurité alimentaire et à l'incertitude des précipitations. La FAO (2002) a estimé que 80% de la production supplémentaire nécessaire pour faire face aux demandes futures devront provenir de l'intensification et de l'augmentation des rendements. L'objectif principal de l'irrigation est d'appliquer de l'eau sur la zone racinaire de la culture, la quantité optimale d'eau dont la culture a besoin pour se développer et qui ne peut pas non plus être fournie par les pluies. Il existe différentes méthodes d'application de l'eau d'irrigation. Celles-ci sont l'un des systèmes d'irrigation sous pression qui prélève l'eau d'une source et la vaporise dans l'atmosphère sous forme de gouttelettes grâce à un système fermé et sous pression. L'eau est transmise à la surface du sol selon une distribution égale avec le système d'irrigation par aspersion afin d'obtenir une distribution uniforme dans la zone racinaire [39].

Dans les dernières années l'irrigation par aspersion au moyen de la rampe pivotante appelée pivot central a connu un fort développement et devenu très populaire dans le monde du fait de ses capacités. En matière d'irrigation à grande échelle, dans le secteur de l'agriculture les pivots sont devenus les équipements les plus économiques, grâce à leur uniformité d'arrosage et à leur faible besoin en main-d'œuvre.

Actuellement, le réseau de distribution électrique est la source principale d'alimentation des systèmes de pivot d'irrigation. L'opération est limitée pour irriguer des sites où ces lignes électriques n'existent plus ou en raison du coût élevé de leur construction. Dans le cas où ces lignes n'existent pas, l'alimentation du pivot d'irrigation peut être obtenue à partir d'un groupe électrogène (générateur à combustion) [40] comme nous le savons, dans ces deux sources, l'énergie fournie provient de l'utilisation des combustibles fossiles comme le pétrole, le charbon, le gaz naturel ou encore l'énergie nucléaire. Les études et les prévisions récentes nous alertent que l'utilisation massive de ces ressources conduira certainement à l'épuisement total de ces réserves. En plus, tout le monde est mondialement convaincu par le danger de ce processus sur l'environnement. À partir de ce constat, il était nécessaire de chercher d'autres ressources d'énergie de remplacement. Les énergies

renouvelables, comme l'énergie photovoltaïque, éolienne ou hydraulique, représentent une solution de remplacement par excellence et elles sont de plus en plus utilisées dans nos jours. Ce type d'énergie n'est pas seulement gratuit et inépuisable, mais aussi très propre pour l'environnement. D'ailleurs, on parle souvent d'une énergie « verte », puisqu'elle permet d'éviter totalement la pollution produite par les sources traditionnelles) [41].

En Algérie les pivots comme moyen d'irrigation ont été adoptés surtout dans le Sud (El Oued, Biskra, El Meniaa, Ouargla, Adrar, etc.). L'introduction massive des pivots a engendré des consommations énergétiques très élevées et dans certains cas très nuisibles à l'équilibre du réseau électrique. Dans ce contexte vient le rôle de l'énergie photovoltaïque pour permettre aux exploitations agricoles d'autoalimenter en énergie électrique surtout durant les périodes chaudes qui sont caractérisées par une forte demande d'irrigation, forte demande sur le réseau électrique et heureusement un ensoleillement très présent [42].

La situation géographique de l'Algérie favorise le développement et l'épanouissement de l'utilisation de l'énergie solaire. En effet vu l'importance de l'intensité du rayonnement reçu ainsi que la durée de l'ensoleillement qui dépasse les dix heures par jour pendant plusieurs mois, notre pays peut couvrir certains de ces besoins en énergie solaire, ces avantages pourraient être profitables dans les régions les plus reculées surtout dans les applications du pompage [43].

Le présent travail de recherche, a pour objectif de présenter une approche de solution renouvelable pour le système d'irrigation à pivot central moderne utilisé dans la wilaya d'Ouargla pour la production de céréales, et traditionnel dans la wilaya d'El-oued pour la culture maraichère. Cette solution renouvelable est le solaire photovoltaïque, la solution la plus appropriée pour s'adapter en tant qu'énergie alternative au réseau électrique dans ces régions. Ce travail se compose de deux étapes principales, la première est l'évaluation expérimentale de la consommation électrique de chacun des pivots et la deuxième est l'utilisation d'un logiciel approprié afin d'estimer le système photovoltaïque nécessaire.

Ce mémoire de fin d'études est conçu comme suit :

Le premier chapitre présente une description du système d'irrigation à pivot central, moderne et traditionnel adopté dans la vallée d'oued souf.

Le deuxième chapitre présente une description des différentes parties constituant un système de pompage photovoltaïque.

Le troisième chapitre sera consacré aux systèmes de pivot d'irrigation à énergie solaire. Nous présenterons la pompe centrifuge, les moteurs asynchrones et les systèmes de stockage électrochimique avec une recherche bibliographique sur le pompage solaire et le pivot d'irrigation solaire .

Le quatrième chapitre illustre l'évaluation expérimentale de consommation électrique des pivots d'irrigation expérimentalement à l'aide de l'analyseur de réseaux électriques triphasés.

Nous présenterons dans le cinquième chapitre le logiciel **PVsyst** pour le dimensionnement de l'installation photovoltaïque des pivots d'irrigation moderne et traditionnelle avec la discussion des résultats obtenus.

Chapitre I :

Description Du Système

D'irrigation A Pivot Central

I.1. Introduction

L'irrigation par aspersion est un mode d'apport d'eau aux cultures en plein champ. l'eau sous pression est amenée à la parcelle moyennant des conduites en charge cette eau est ensuite pulvérisée, aspergée sur le couvert végétal par des appareils arroseurs dits asperseur. Les inventeurs de cette technique se sont enorgueillis de pouvoir simuler artificiellement la pluie naturelle [1].

Le pivot est un appareillage d'irrigation sous forme d'une rampe métallique mobile en charpente qui se déplace dans un mouvement circulaire autour d'un point fixe par où il alimente en eau l'électricité .

Ce système a connu depuis 1952 un développement considérable quand apparaît l'utilisation des pipes d'arrosage qui étaient transportées d'une place à une autre manuellement ou bien remorquées par des tracteurs. En suite le système moteur par des roues est introduit qui répondait aux plusieurs besoins ; C'est pour cela qu'en 1952 et après avoir palier ces difficultés que le système d'irrigation par le pivot rotatif a connu une application considérable dans de nombreuses régions américaines telle que NEBRASKA où les agricultures étaient les premiers à utiliser ce système dans une région d'élevage et de pâturage [2].

La NEBRASKA seule contient environ 20.000 unités de pivot, occupants une superficie de 0,7 millions d'hectares, dans tous les États unis ou estime que 80% des systèmes d'irrigation sont des pivots. Le pivot a continué à progresser dans d'autres pays du monde tel que l'Ukraine où il y avait en 1981 plus de 2000 pivots qui irriguaient 100.000h D'importants projets d'irrigation sont réalisés avec des systèmes pivot dans plusieurs pays du monde, tels que le CANADA, les pays d'Amérique latine, les pays du Golf et l'Afrique du Nord [2].

I.2. Pivot d'irrigation moderne

Les rampes d'arrosage moderne sont des appareils métalliques mobiles de grandes dimensions. Grâce à plusieurs atouts, ces appareils se sont imposés comme une bonne alternative à d'autres techniques d'irrigation telles que les asperseurs. Parmi ces avantages, on peut citer:

- L'uniformité de l'arrosage assurée, qui permet d'importantes augmentations de la production (les productions d'un champ de maïs arrosé normalement, par enrouleurs et par rampes d'irrigation sont en moyenne respectivement de 40, 90 et 125 quintaux par hectare)
- La simplicité de mise en œuvre, due à la nature automatique de l'arrosage et du déplacement.
- La durée de vie, qui se situe en moyenne aux alentours de 15 ans, l'amortissement étant lui généralement réalisé au bout de trois années.
- Faible pression de fonctionnement.

Depuis les années 60, les rampes d'arrosage ont évolué de façon constante, que ce soit au niveau de leur mode de déplacement, de leur géométrie ou encore de leurs applications [3].

I.2.1. Composants du système

I.2.1.1. L'élément central

C'est le point où se fait l'arrivée d'eau et d'électricité. L'élément central est généralement fixé sur une dalle en béton équipée d'ancrages scellés dans des plots dont le volume dépend du type de structure de la machine **figure I.1**.

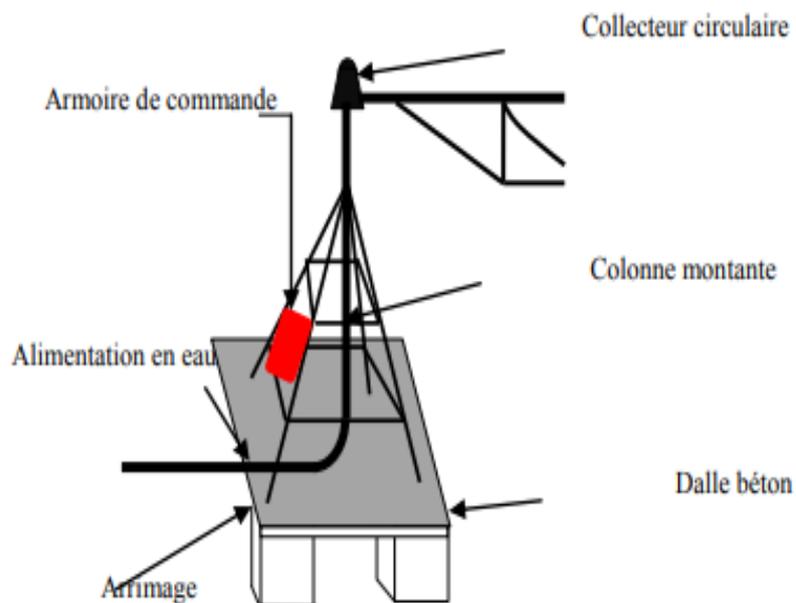


Figure .I.1: schéma d'unité central d'un pivot d'irrigation [4].

La dalle doit permettre de résister au couple de retournement exercé par la rampe, son volume minimum dépend du type de structure. L'eau est amenée à la colonne montante, axe de rotation de l'ensemble. L'électricité est distribuée à la machine soit par un collecteur circulaire à balais pour les appareils effectuant une rotation complète, soit par un câble pour un fonctionnement en secteur [5]. La **figure .I.2** montre L`élément central dans la région El-hadjira.



Figure .I.2:L`élément central dans la région El-hadjira.

I.2.1.2. Les tours mobile

Les tours supportent la canalisation. Elles sont équipées de roues animées par des moteurs électriques, ou hydrauliques (huile) commandés séquentiellement par des micro-rupteurs assurant l'alignement des travées entre elles. La **figure I.3** montre la tour mobile [5].



Figure .I.3: Tour mobile d'un pivot d'irrigation moderne.

I.2.1.3. Les travées

Les travées sont comprises entre deux tours. Elles sont constituées par une canalisation servant de poutre, rigidifiées par une structure. D'une longueur de 30 à 5 m, elles laissent un dégagement sous structure de 2.5 à 3.5 m, pour une hauteur totale de 3.5 à 5 m. Les pivots utilisés en arboriculture, peuvent laisser un dégagement sous structure de 5.5 m au moins. Les grands pivots fixes peuvent avoir plus de quinze travées. Pour les solutions déplaçables, on se limitera à 5 travées [5]. La **figure .I.4.** montre les travées .



Figure .I.4: Travée de rampe d'arrosage.

I.2.1.4. Principe de fonctionnement

La vitesse moyenne de déplacement de la rampe pivotante est fixe par le temps de fonctionnement de la tour d'extrémité. Le mouvement de l'ensemble de l'appareil se fait ensuite par correcteur angulaires successives entre travées, comme décrit et illustré ci-dessous **figure .I.5**.

L'angle entre deux tours voisines doit rester compris entre deux angles limites : A_0 l'angle de déclenchement (angle à partir duquel la tour considérée se met en marche) et A_1 l'angle d'arrêt (angle à partir duquel la tour considérée s'arrête). lorsque l'appareil est mis sous tension (temps $0t$), seule la dernière tour (n) démarre jusqu'à ce que l'angle A_n séparant la tour (n) et la tour (n-1) atteigne la limite de déclenchement, la tour (n-1) se met alors en marche (temps $1t$). comme cette dernière doit parcourir une distance moins important que la tour (n) pour parcourir le même angle, il arrivera un moment où l'angle entre les tour (n) atteindra la limite d'arrêt (temps $2t$), il en est ainsi de proche en proche jusqu'à l'axe du pivot [6].

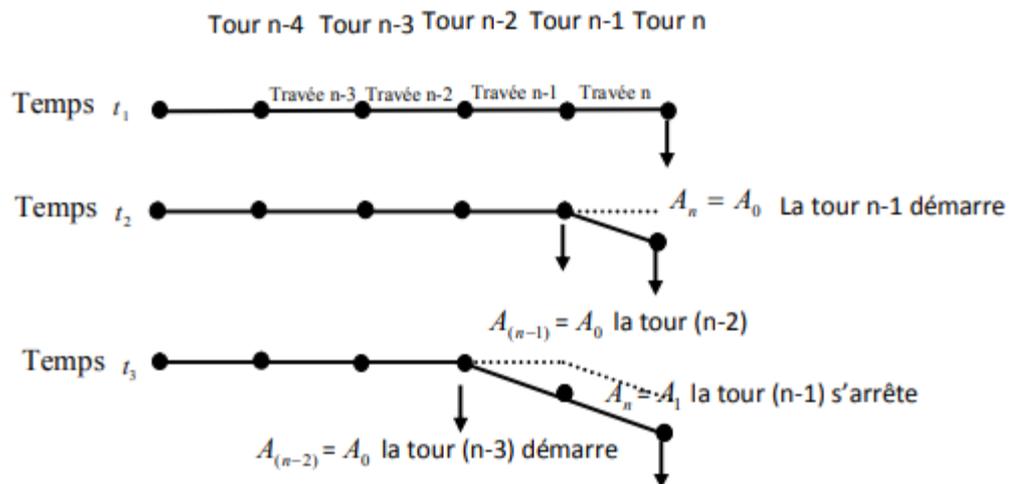


Figure .I.5: principe de l'avancement d'un pivot [6].

I.3. Pivot traditionnel dans la région d'El-oued

On observe depuis une vingtaine d'années l'émergence de bassins de production maraîchère dans le Sahara algérien par la mobilisation des eaux souterraines profondes, en

marge des oasis traditionnelles. Dans la vallée du oued Souf, les agriculteurs se sont orientés vers la culture de la pomme de terre, irriguée par des petits pivots artisanaux [7]. La conception et la mise en place du pivot artisanal résultent d'une innovation incrémentielle à partir des grands pivots conventionnels introduits par l'État, qui étaient coûteux et non adaptés aux objectifs et aux capacités techniques des agriculteurs [7]. Contrairement des pivots moderne, le pivot traditionnel compose d'un seul travée et un part a faux , avec une longueur totale entre 50 m et 80 m, comme le montre la **figure .I.6** .

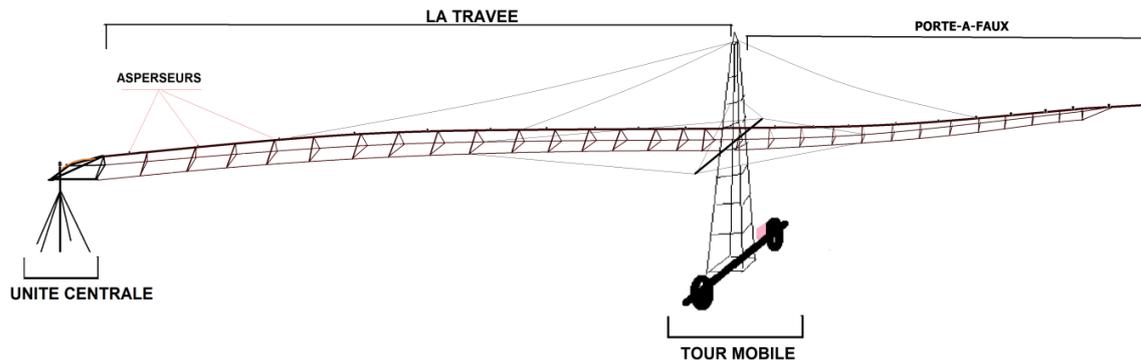


Figure .I.6 : Schéma présentatif du pivot traditionnel [8].

I.3.1. Composants du système

I.3.1.1. L'unité centrale

L'unité centrale est une partie fixe enterrée à 1m de profondeur et ou tour du quelle tourne la rampe pivotante , c'est le point où se fait l'arrivée d'eau et d'électricité. L'eau est amenée à la colonne montante, axe de rotation de l'ensemble et l'électricité est distribuée à la machine par un collecteur circulaire contient trois petits roulements assurant le rôle des balais . comme décrit et illustré ci-dessous **figure .I.7**.



Figure .I.7: Elément centrale de pivot d'irrigation traditionnel.

I.3.1.2. La tour mobile

La tour mobile possède deux fonctions . La première est de supporter la travée à une hauteur au dessus du sol qui corresponde à la taille maximale des cultures. La deuxième fonction consiste à assurer la mobilité de la rampe grâce à deux roues commandées par un moteur électrique, leur structure est constituée de deux montants reliés entre eux par un essieu d'environ de deux a trois mètres où sont fixés le moteur et les deux roues [8].La **figure .I.8** montre la tour mobile.



Figure .I.8: Tour mobile sur pivot d'irrigation traditionnel.

I.3.1.3. La travée

Le pivot traditionnel contient un seul tour mobile et une seule travée. Cette dernière se compose de plusieurs parties de douze mètres de longueur raccordées entre elles par boulonnage, leur élément principal est la canalisation dans laquelle circule l'eau, qui est constituée de la conduite d'arrosage sur laquelle sont fixés les asperseurs, cette canalisation est sous-tendue par deux ou trois lignes de tirants auxquelles elle est reliée par un treillis destiné à rigidifier l'ensemble [8]. La **figure .I.9** présente la travée.



Figure .I.9:La travée de pivot d'irrigation traditionnel

I.3.2. Principe de fonctionnement du pivot traditionnel

I.3.2.1. Arrosage

L'eau d'alimentation des pivots peut provenir d'un cours d'eau, d'un forage ou d'un puits. Elle est propulsée dans la canalisation par une station de pompage, avec une pression délivrée (en moyenne 1.5 bars) étant calculée en fonction des dénivellations, des pertes de charge et de la pression de sortie désirée.

L'arrosage se fait alors au moyen d'asperseurs à basses et moyennes pressions en plastique fixés sur la génératrice supérieure de la conduite d'eau séparées, Le débit de ces différents

organes d'arrosage varie avec leur position sur la rampe, L'installation est souvent complétée par un canon dit "d'extrémité"[8]. comme décrit et illustré ci-dessous **figure .I.10**.



Figure .I.10: L'arrosage dans le pivot traditionnel.

I.3.2.2. Déplacement

La tour mobile est équipée de deux roues entraînées par un moteur électrique fixé à l'essieu avec un réducteur de vitesse. La travée est éloignée de l'unité centrale environ de quarante mètres, La vitesse de progression de la rampe peut aller de un à trois mètres par minutes, est en moyenne de 1.5 mètres par minutes [8].

I.4 .Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté l'appareil d'irrigation mobile appelé "pivot". Deux types de se systèmes d'irrigation sont présentés le premier et un pivot moderne de grande dimension de marc ANABIB installé à El-hadjera, le deuxième est un pivot traditionnel de petite dimension exploité à Oued Souf.

Nous avons aussi fait la différence entre ces deux systèmes par la description de la structure et le mode de fonctionnement de chacun d'eux. Notons que malgré la taille très réduite des pivots artisanaux par rapport au pivot modernes de grandes dimensions mais ils sont très adaptés aux objectifs et aux capacités techniques des agriculteurs dans la wilaya de Oued Souf.

Chapitre II :
Description Du système
Photovoltaïque

II.1. Introduction

Un système photovoltaïque est un dispositif qui convertit directement l'énergie du rayonnement (solaire) en énergie électrique [9].

L'effet photovoltaïque a été découvert dans la première moitié du 19^{ème} siècle. En 1839, un jeune physicien français, Alexandre Edmond Becquerel, a observé un phénomène physique ou un effet permettant la conversion de la lumière en électricité. Le travail des cellules solaires repose sur ce principe de l'effet photovoltaïque. Au cours des années suivantes, de nombreux scientifiques ont contribué au développement de cet effet et de leurs technologies grâce à leurs recherches. Les plus pertinents parmi eux sont Charles Fritts, Edward Weston, Nikola Tesla et Albert Einstein, lauréat du prix Nobel pour ses travaux sur "l'effet photoélectrique" en 1904.

Plusieurs types de matériaux sont susceptibles d'être utilisés dans les capteurs PV, soit seuls ou bien associés sous forme de multicouches afin de mieux couvrir la totalité du spectre solaire. C'est en 1930 que les premières cellules PV à oxyde cuivreux (CuO) ont été créées, suivies de cellules en sélénium (Se). Pendant des années, l'effet photovoltaïque n'était en somme qu'une curiosité de laboratoire, en 1954, les premières cellules au silicium (Si) ont été réalisées dans les laboratoires de la compagnie Bell Téléphone aux États-Unis. Depuis, les cellules PV ont commencé à faire l'objet de recherches plus intenses et se sont développées à l'échelle industrielle. Deux principales raisons en sont à l'origine. Tout d'abord, le faible coût de fabrication de ce matériau qui pouvait en plus être issu en abondance des déchets de la microélectronique [9].

Les travaux chez Bell Téléphone Laboratoires ont abouti à une cellule photovoltaïque au silicium d'une efficacité de 4%. Les laboratoires Bell ont rapidement amélioré cette efficacité, avec une efficacité de %, puis de 11%, annonçant une toute nouvelle ère de cellules produisant de l'énergie [10]. Partant d'une base restreinte, l'utilisation de panneaux solaires a augmenté pour atteindre une capacité totale de 40 GW (40 000 MW) à la fin de 2010. Plus de 100 pays utilisent le photovoltaïque solaire [11].

II.2. Rayonnement Solaire

Malgré la distance considérable qui sépare le soleil de la terre 150.10 Km, la couche terrestre reçoit une quantité d'énergie importante 180.10 GW, c'est pour ça que l'énergie solaire se présente bien comme une alternative aux autre sources d'énergie [3].

Cette quantité d'énergie quittera sa surface sous forme de rayonnement électromagnétique compris dans une longueur variant de 0.22 à 10 μm , l'énergie associe à ce rayonnement solaire se décompose approximativement comme suit [12]:

- 9 % dans la bande des ultraviolets ($< 0.4 \mu\text{m}$).
- 47 % dans la bande visibles ($0.4 \text{ à } 0.8 \mu\text{m}$).
- 44 % dans la bande des infrarouges ($> 0.8 \mu\text{m}$).

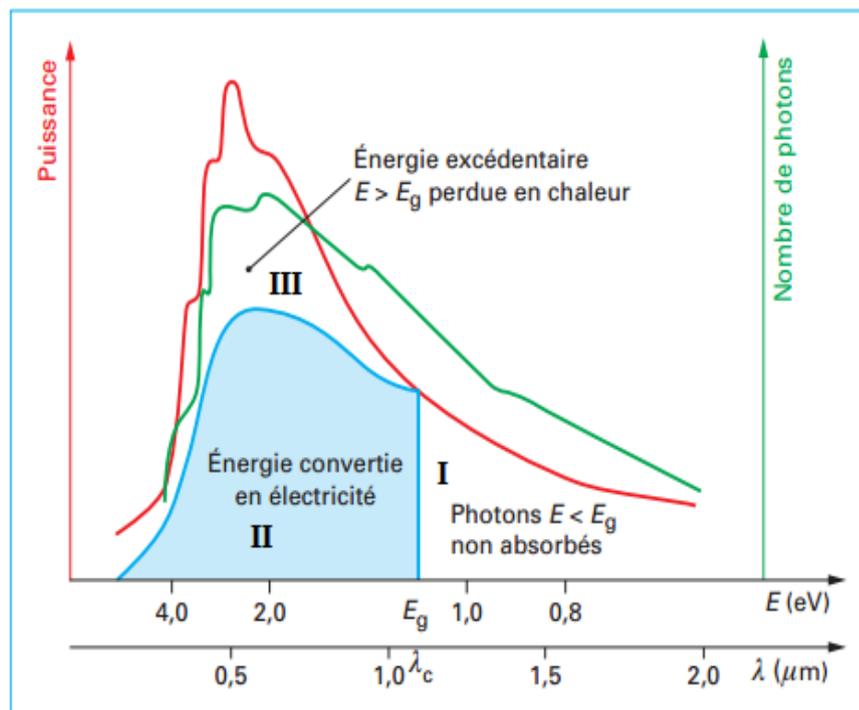


Figure .II.1 : Réponse spectrale d'une cellule solaire (PV) [13].

Au cours de ces dix dernières années ce spectre a été homologués par l'organisation internationale de standardisation (ISO 9845-1 :1992) et la société américaine de test et de matériaux (ASTM E 892-87 :1992) ont fixées le flux de standardisation à 1000 W/m^2 .

Cette énergie est définie comme paramètre solaire qui a une valeur variable suivant la saison, L'heure, la localisation géographique du site, les conditions météorologiques (poussière, humidité,...etc.) [12].

II.3. Gisement Solaire En Algérie

L'étude du gisement solaire est le point de départ de toute investigation dans le domaine de l'énergie solaire. Le gisement solaire est un ensemble de donnée décrivant l'évolution du rayonnement solaire disponible dans un lieu donné et au cours d'une période donnée. Son évaluation peut se faire à partir des données de l'irradiation solaire globale. Elle est utilisée pour simuler le fonctionnement probable d'un système énergétique solaire et donc d'effectuer son dimensionnement le plus exacte possible compte tenu des demandes en énergie à satisfaire. De par sa situation géographique, l'Algérie dispose d'un des gisements solaires les plus élevés au monde.

La durée d'insolation moyenne nationale dépasse les 2000 heures annuellement. Cette valeur peut atteindre facilement les 3900 heures dans les hauts plateaux et le Sahara. Ainsi, l'énergie moyenne reçue quotidiennement sur une surface inclinée à la latitude est d'environ $7 \text{ kWh/m}^2/\text{jour}$ [14]. Elle est répartie comme suit :

- Au Nord : $5 \text{ kWh/m}^2/\text{jour}$
- Au Sud : $7,2 \text{ kWh/m}^2/\text{jour}$

La **figure.II.2** montre l'irradiation globale moyenne annuelle reçue sur plan incliné à la latitude du lieu.

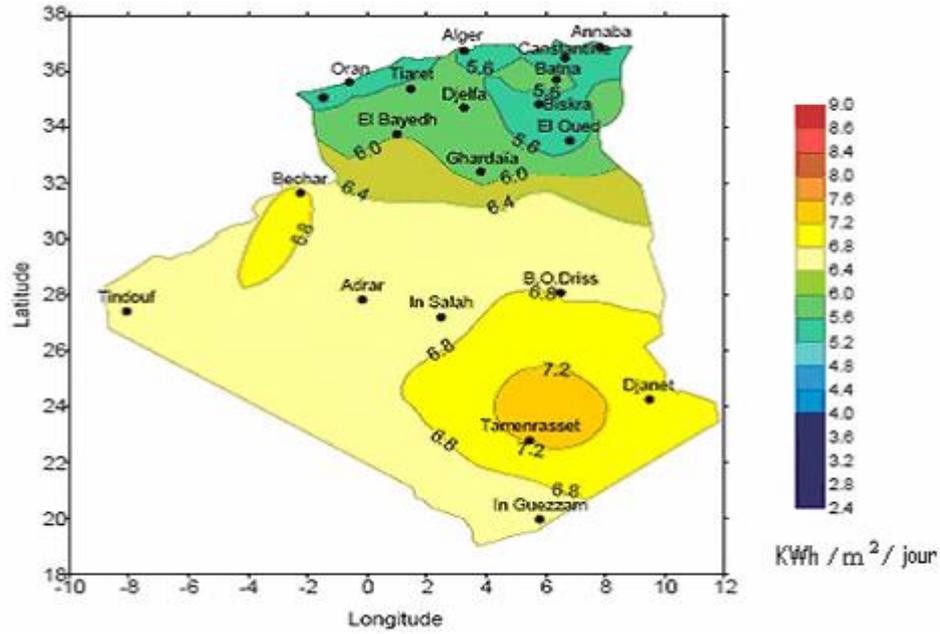


Figure .II.2: Irradiation solaire en Algérie [14].

II.4. La cellule photovoltaïque

Les cellules photovoltaïques ou les plaques solaires sont des composants optoélectroniques qui transforment directement la lumière solaire en électricité par un processus appelé « effet photovoltaïque », a été découverte par E. Becquerel en 1839 [15]. Elles sont réalisées à l'aide de matériaux semi-conducteurs, c'est à dire ayant des propriétés intermédiaires entre les conducteurs et les isolants. La taille de chaque cellule va de quelques centimètres carrés jusqu' à 100 cm² ou plus sa forme est circulaire, carrée ou dérivée des deux géométries. Les cellules se branchent en série, ce qui permet aux électrons générés par une cellule d'être repris par la suivante. Le but est d'avoir une différence de potentiel normalement entre et 24 V. la **figure.II.3** suivante représente le schéma électrique d'une cellule photovoltaïque [16].

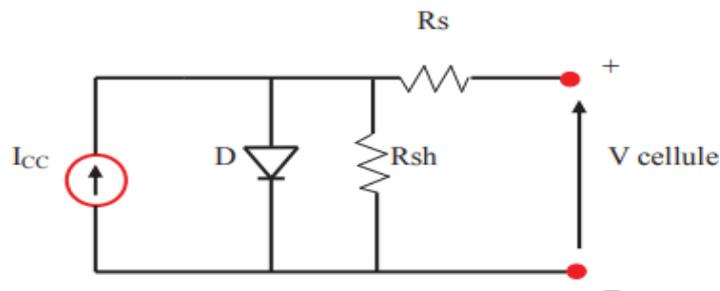


Figure .II.3: Schéma électrique d'une cellule photovoltaïque [17].

Les résistances R_s et R_{sh} permettent de tenir en compte des pertes liées aux défauts de fabrication. R_s représente les diverses résistances de contact et de connexion tandis que R_{sh} caractérise les courants de fuite dus à diode et aux effets de bord de la jonction [18].

II.4.1. L'effet photovoltaïque

Une cellule photovoltaïque est basée sur le phénomène physique appelé effet photovoltaïque qui consiste à établir une force électromotrice lorsque la surface de cette cellule est exposée à la lumière. La tension générée peut varier entre 0.3 V et 0.7 V en fonction du matériau utilisé et de sa disposition ainsi que de la température de la cellule et du vieillissement de la cellule [19]. La **figure.II.4** illustre une cellule PV typique où sa constitution est détaillée. Les performances de rendement énergétique atteintes industriellement sont de 13 à 14 % pour les cellules à base de silicium monocristallin, 11 à 12 % avec du silicium poly cristallin et enfin 7 à 8 % pour le silicium amorphe en films minces [20].

La photopile ou cellule solaire est l'élément de base d'un générateur photovoltaïque [21].

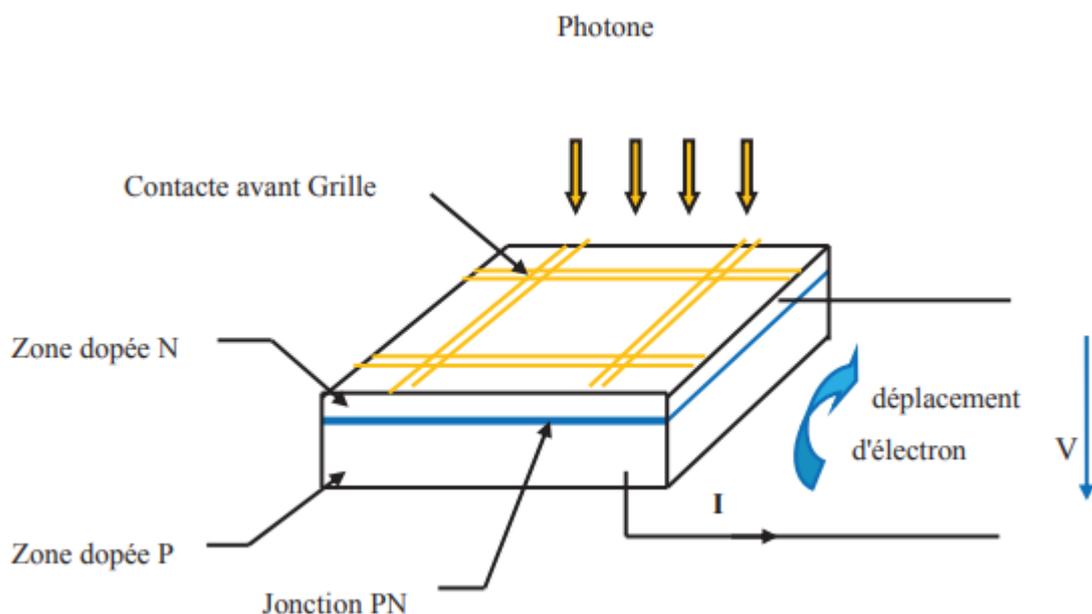


Figure .II.4 : Schéma d'une cellule photovoltaïque [17].

II.4.2. Types des cellules photovoltaïques

II.4.2.1. Silicium monocristallin

Le silicium cristallin est actuellement l'option la plus populaire pour les cellules commerciales, bien que beaucoup d'autres matériaux soient disponibles. Le terme « cristallin » implique que tous les atomes dans le matériau PV actif font partie d'une structure cristalline simple où il n'y a aucune perturbation dans les arrangements ordonnés des atomes [22].

II.4.2.2. Silicium poly cristallin

Il est composé de petits grains de silicium cristallin. Les cellules à base de silicium poly cristallin sont moins efficaces que les cellules à base de silicium monocristallin. Les joints de grains dans le silicium poly cristallin gênent l'écoulement des électrons et réduisent le rendement de puissance de la cellule. L'efficacité de conversion PV pour une cellule à base de silicium poly cristallin modèle commercial s'étend entre 10 et 14% [22].

II.4.2.3. Silicium amorphe

Le silicium est déposé en couche mince sur une plaque de verre ou un autre support souple. L'organisation irrégulière de ses atomes lui confère en partie une mauvaise semi-conduction. Les cellules amorphes sont utilisées partout où une solution économique est recherchée ou lorsque très peu d'électricité est nécessaire, par exemple pour l'alimentation des montres, des calculatrices, ou des luminaires de secours. Elles se caractérisent par un fort coefficient d'absorption, ce qui autorise de très faibles épaisseurs, de l'ordre du micron. Par contre son rendement de conversion est faible (de 7 à 10 %) et les cellules ont tendance à se dégrader plus rapidement sous la lumière [22].

II.4.2.4. Nouvelle technologie

On utilise de plus en plus de matériaux organiques dans le domaine de l'optoélectronique, avec des perspectives d'électronique organique voire moléculaire, pour l'éclairage à l'aide de diodes électroluminescentes organiques (OLED : Organic Light- Emitting Diode). Bien que les optimisations des matériaux à mettre en œuvre ne soient pas les mêmes, le domaine du photovoltaïque bénéficie depuis quelques années des avancées technologiques de l'optoélectronique. Ainsi, bien que cette filière soit vraiment récente, les progrès annuels

sont spectaculaires. Les matériaux organiques, moléculaires ou polymériques, à base de carbone, d'hydrogène et d'azote, sont particulièrement intéressants en termes d'abondance, de coût, de poids et de mise en œuvre [14].

Le **tableau.II.1** présente les avantages et les inconvénients pour les technologies les plus utilisées d'une cellule photovoltaïque [17].

Tableau .II.1: Avantages et inconvénients des cellules photovoltaïques

Type	Silicium mono Crystalline	Silicium poly Crystalline	Amorphe
Durée de vie	35 ans	35 ans	< 10 ans
Avantage	Bon rendement en soleil direct	Bon rendement en soleil direct (moins que le monocristallin mais plus que l'amorphe)	Souplesse Prix moins élevé que les cristallins Bon rendement en diffus
Inconvénient	Mauvais rendement en soleil diffus (temps nuageux), prix élevé	Mauvais rendement en soleil diffus (temps nuageux), prix élevé	Mauvais rendement en plein soleil. Mauvais rendement en plein soleil.

II.5. Caractéristique électrique d'un module photovoltaïque

Les modules sont généralement des parallélépipèdes rectangles rigides minces (quelques centimètres d'épaisseur), dont les caractéristiques suivantes [23]:

a- Courant de court-circuit, I_{cc} : Courant débité par un module en court-circuit pour un éclairage "plein soleil".

b- Tension à vide, V_{co} : Tension aux bornes du module en l'absence de tout courant, pour un éclairage " plein soleil ".

c- Point de fonctionnement optimale, $P_m (V_m, I_m)$: Lorsque la puissance de crête est maximum en plein soleil, $P_m = V_m \cdot I_m$

d- La puissance de crête, P_c : Puissance électrique maximum que peut fournir le module dans les conditions standards (25°C et un éclairement de 1000 W/m^2).

e- Rendement : Rapport de la puissance électrique optimale à la puissance de radiation incidente.

f- Facteur de forme : Rapport entre la puissance optimale P_m et la puissance maximale que peut avoir la cellule : $V_{co} \cdot I_{cc}$.

g- La caractéristique $I=f(V)$: Courbe représentant le courant I débité par le module en fonction de la tension aux bornes de celui-ci.

Les conditions normalisées de test des panneaux solaires sont caractérisées par un rayonnement instantané de 1000 W/m^2 d'une température ambiante de 25°C et d'un spectre AM de 1.5. AM représente l'Air Masse qui est l'épaisseur de l'atmosphère que la lumière doit pénétrer. Ces conditions sont appelées STC (Standard Test Conditions) cela correspond à un ensoleillement assez fort.

La **figure .II.5** présente la courbe courant-tension d'une cellule photovoltaïque avec les points importants qui la caractérise.

Caractéristique courant-tension d'un module photovoltaïque est identique à celle d'une jonction P-N avec un sens bloqué, mais décalé le long de l'axe du courant d'une quantité directement proportionnelle à l'éclairement [23].

Elle se trace sous un éclairement fixe et une température constante dans les conditions standard STC [23].

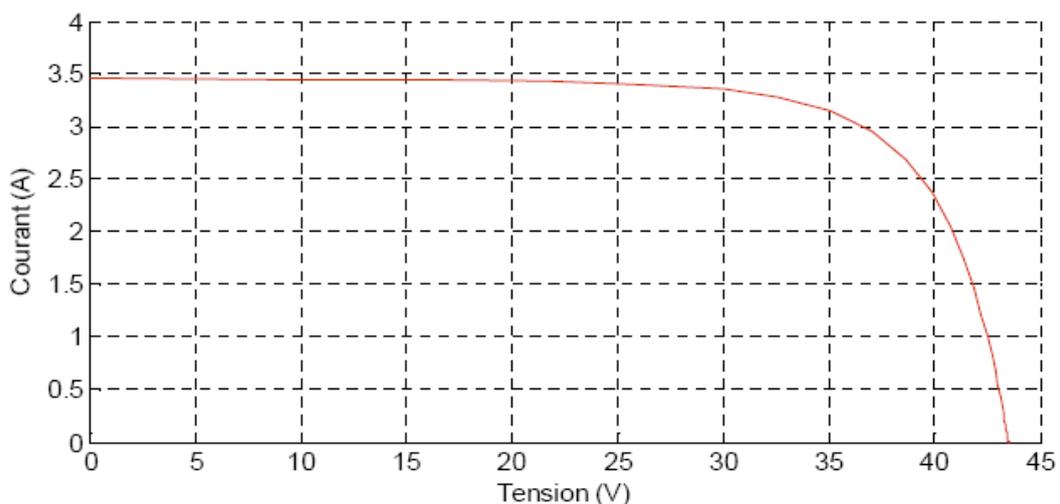


Figure .II.5: Caractéristique $I(V)$ d'un panneau photovoltaïque [24].

La puissance débitée par le module photovoltaïque dépend du point de fonctionnement de cette dernière, c'est le produit de l'intensité de courant et de la tension entre ses bornes [24]. Qui illustre dans la **figure .II.6**.

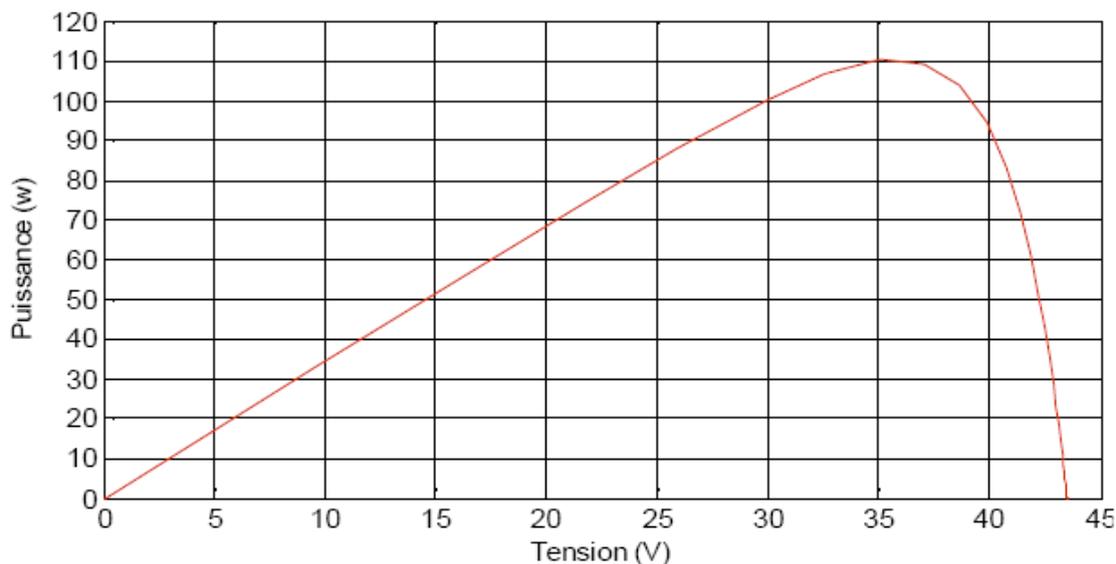


Figure .II. 6: Caractéristique P (V) d'un panneau solaire [24].

II.6. Les systèmes photovoltaïques

Ces systèmes photovoltaïques sont installés pour assurer un fonctionnement autonome sans recours à d'autres sources d'énergie. Généralement, ces systèmes sont utilisés dans les régions isolées et éloignées du réseau. Selon l'utilisation ou non du stockage électrochimique, les systèmes photovoltaïques autonomes sont classés comme suit :

- Des systèmes photovoltaïque autonomes avec stockage.
- Des systèmes photovoltaïque sans stockage (au Fil du soleil) [25].

II.6.1. Les systèmes autonomes avec stockage

C'est la configuration la plus courante des systèmes photovoltaïques autonomes, elle comporte des batteries qui emmagasinent l'énergie électrique produite par le générateur photovoltaïque au cours de la journée. Donc, le stockage électrochimique dans les batteries est indispensable pour assurer le fonctionnement nocturne ou durant un nombre de jours prédéfinis dans le dimensionnement des systèmes photovoltaïques [25]. Qui illustre dans la **figure .II.7**.

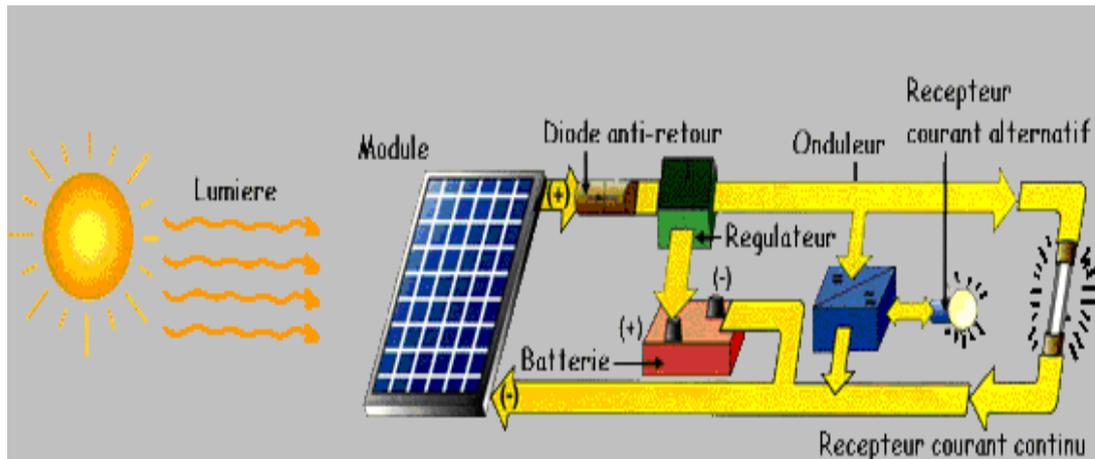


Figure II.7 : Diagramme d'une installation photovoltaïque autonome avec stockage [25].

II.6.2. Systèmes autonomes sans stockage électrochimique :

Dans ce cas, l'appareil alimenté ne fonctionnera qu'en présence d'un éclairage solaire suffisant pour son démarrage. C'est intéressant pour toutes les applications qui n'ont pas besoin de fonctionner dans l'obscurité, et pour lesquelles le besoin en énergie coïncide avec la présence de l'éclairage solaire. Mais il faut bien dimensionner le générateur photovoltaïque de sorte qu'il ait assez de puissance pour alimenter l'appareil à l'éclairage le plus faible. Le pompage photovoltaïque est un exemple de cette catégorie de systèmes autonomes où le stockage de l'eau dans un réservoir est généralement le plus adopté par rapport au stockage électrochimique. Les éléments de ce système seront décrit ultérieurement [25]. Qui illustre dans la figure ci-dessous :

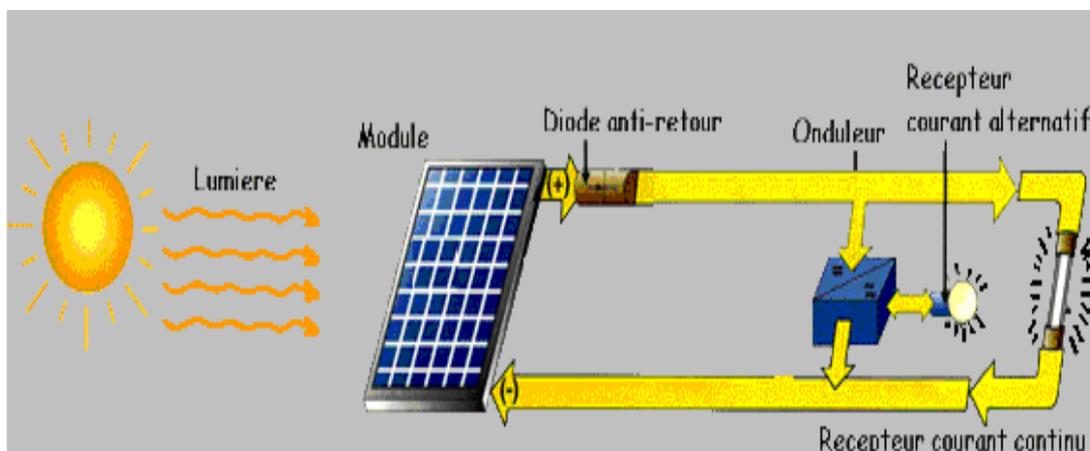


Figure II.8 : Diagramme d'une installation photovoltaïque autonome sans stockage [25].

II.6.3. Avantages et limites des systèmes photovoltaïques

Les systèmes solaires électriques offrent de nombreux avantages, dont les suivants [25] :

- Ils sont de fonctionnements sûrs, non polluants et silencieux.
- Ils sont très fiables.
- Ils n'exigent presque aucun entretien.
- Ils sont flexibles et peuvent être élargis à n'importe quel moment.
- Ils sont compétitifs dans les régions éloignées et dans de nombreuses applications résidentielles et commerciales.
- Ils vous donnent une autonomie accrue, un fonctionnement indépendant du réseau ou un système de secours pendant les pannes d'électricité.

Les systèmes solaires électriques ont aussi des limites :

- Ils ne conviennent pas aux utilisations à forte consommation d'énergie.
- Ils sont dépendants des conditions météorologiques.
- Les systèmes raccordés au réseau sont économiques, surtout parce que le coût actuel de la technologie PV est beaucoup plus élevé que celui de l'énergie traditionnelle.

II.7. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté le principe de conversion de l'énergie solaire en énergie électrique par cellule photovoltaïque. Nous avons aussi décrit les différents éléments d'un système photovoltaïque et les caractéristiques d'un module photovoltaïque. Cette information nous informe sur le choix du système d'irrigation approprié .

Chapitre III:
Systemes De Pivot
D'irrigation
A Energie Solaire

III.1. Introduction

La demande en eau augmente considérablement, le problème se situant principalement dans les zones rurales et les sites isolés où l'accès à l'énergie traditionnelle est difficile.

Le développement récent du secteur de l'agriculture a généralement introduit le système d'irrigation à pivot central. Pour faciliter le développement agricole, plusieurs organisations ont adopté l'irrigation à pivot central à base d'énergie solaire. La technologie photovoltaïque (PV) est une solution attrayante comme remplacement ou complément des sources conventionnelles d'approvisionnement en électricité en raison de ses nombreux avantages.

Le pompage photovoltaïque est l'une des applications prometteuses de l'utilisation de l'énergie photovoltaïque. Le système de pompage PV est généralement composé d'un générateur PV, d'un convertisseur d'énergie, d'un moteur et d'une pompe.

Dans un système d'irrigation à pivot central il faut de l'énergie électrique pour soustraire l'eau du puits et lui appliquée à une certaine pression pendant un temps prés déterminé en fonction de la zone irriguée ainsi que pour motoriser le système.

III.2. Les systèmes de pompage photovoltaïque

Sous le terme général pompage, différentes applications sont regroupées. Les différences entre les types de pompage photovoltaïque résident dans la source d'où provient l'eau (rivière, puits, forage...) et dans le mode de fonctionnement de l'installation (sur batteries ou au fil du soleil) [24]. Ces deux derniers se distinguent par leur application :

III.2.1. Le pompage au fil de soleil

Pour éviter un coût supplémentaire de l'installation, la plus part des systèmes de pompage photovoltaïque fonctionnent au 'fil du soleil' où le moteur d'entraînement est directement couplé au générateur sans stockage d'énergie (la puissance électrique fourni eau récepteur est fonction de la puissance d'éclairément). Cet arrangement est bien adapté aux charges non critiques telles que les pompes, qui ne nécessitent pas une opération continue durant toute la journée, aussi, les horaires de cette production ne sont pas compatibles avec les horaires de la majorité des activités agricoles. (Elles commencent généralement à débiter

vers 8h et fonctionnent à leur maximum de 11h à 13h et s'arrêtent vers 17h, soit environ 8h de fonctionnement par jour).

Le pompage au fil du soleil n'est pas adapté aux régimes particuliers (applications domestiques à débit faible, applications particulières avec une hauteur manométrique totale (HMT) élevée,...). En revanche, le système au fil du soleil fonctionne parfaitement pour le pompage de l'eau qui est alors directement stockée dans un réservoir.

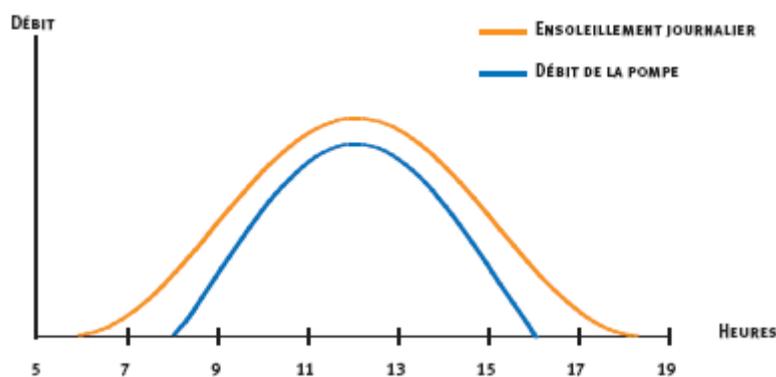


Figure .III. 1 : La caractéristique du pompage au fil du soleil [24].

III.2.2. Le pompage avec stockage électrochimique (batteries)

Très souvent, le pompage photovoltaïque ne correspond pas aux heures d'ensoleillement où nécessite une intensité régulière, ce qui implique un stockage. Cependant, le stockage en photovoltaïque apparaît actuellement comme le maillon faible et le plus coûteux. Lorsqu'un stockage de l'eau n'est pas possible, l'installation de pompage photovoltaïque peut fonctionner sur batteries où le générateur photovoltaïque nécessite un stockage d'énergie sur batteries d'accumulateurs. Un stockage dans des batteries au plomb permet d'assurer une autonomie énergétique de 30 à 40 Wh/kg. On équipe alors le système de batteries qui permettent de stocker l'électricité et de la restituer en temps voulu. Un régulateur est alors indispensable pour protéger la batterie contre les surcharges ou les décharges profondes nocives à sa durée de vie.

La **figure.III.2** montre l'exploitation de la pompe à des instants voulus avec l'intermédiaire de la batterie [24].

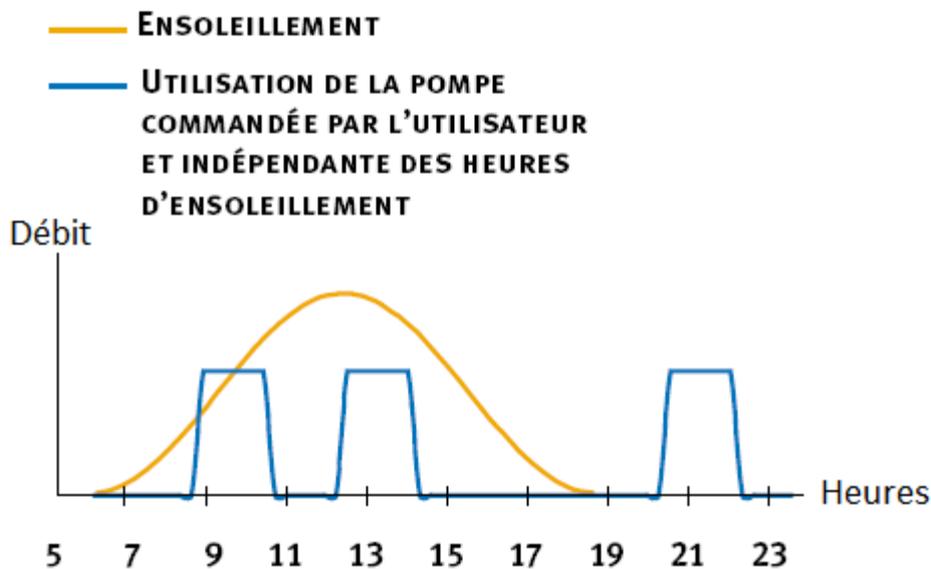


Figure .III. 2 : La Caractéristique du pompage avec batteries [24].

III.3. Les pompes centrifuges

La pompe est un organe de base d'un système d'extraction d'eau. Elle peut être : Centrifuge ou volumétrique, Immergée ou en surface [2] . comme décrit et illustré ci-dessous **figure.III.3**. Les pompes centrifuges utilisent les variations de vitesse du fluide pompé pour obtenir un accroissement de pression. L'énergie mécanique d'un moteur est transmise au fluide. La vitesse donnée au fluide va donner de l'énergie cinétique à celui ci. L'énergie cinétique est ensuite transformée en énergie de pression. Les caractéristiques des pompes centrifuges sont les suivantes:

- Le couple d'entraînement de la pompe est pratiquement nul au démarrage ; cela est particulièrement intéressant dans le cadre de l'utilisation de modules photovoltaïques car la pompe tourne même par très faible ensoleillement.
- Grâce à son extrême simplicité, le système peut être couplé directement sur une machine tournante : moteur électrique, essence, diesel.
- Plusieurs étages (cage + roue à ailettes) peuvent être superposés pour obtenir de grandes pressions.
- Il n'y a pas ou presque pas d'aspiration : elles doivent être amorcées pour fonctionner, de manière à éviter tout risque de destruction si fonctionnement à sec. Certaines sont auto amorçantes.

- Elles peuvent être aussi bien immergées que disposées en surface [26].

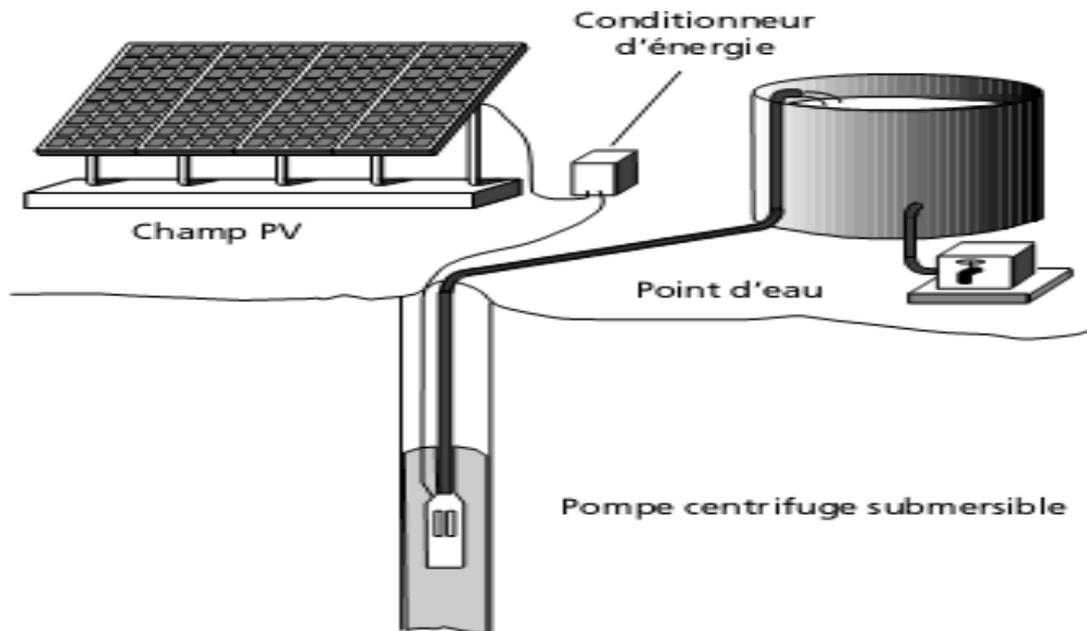


Figure .III.3: Pompage photovoltaïque avec une pompe centrifuge [9].

III.3.1. Puissances et rendements d'une pompe

Pour disposer de l'eau en tous points d'une parcelle à irriguer il va falloir lui transférer une certaine énergie, c'est à dire élever une masse d'eau à une certaine hauteur : c'est le rôle des pompes. Cette eau va ensuite être véhiculée dans des canalisations dans lesquelles elle va perdre une certaine partie de cette énergie, à cause des divers frottements. Pour bien choisir la pompe il faudra parfaitement maîtriser la succession des calculs concernant les tronçons du réseau qui mènent du forage ou du plan d'eau, jusqu'au pied du végétal à irriguer. Nous donnerons ici que les grandes lignes pour ce qui concerne les pompes, par la suite, nous détaillerons pour chaque système d'irrigation, le calcul des pertes de charge , avant d'utiliser une pompe ou un système de pompage, il faut connaître quelques définitions [27]:

- la puissance hydraulique disponible ou puissance nette :

$$P_n = \rho g q H_n \quad (III.1)$$

- le rendement hydraulique (η_h) et la puissance à l'arbre (P_{arbre}) :

- le moteur entraînant l'arbre de la pompe, développe une puissance P_{arbre} supérieure à la

puissance nette délivrée à l'eau, le mécanisme d'entraîne de l'arbre créant des pertes d'énergie.

$$\eta_h = \frac{\text{puissance nette}}{\text{puissance à l'arbre}} = \frac{P_n}{P_{\text{arbre}}} \quad (III.2)$$

ou

$$P_{\text{arbre}} = \frac{\rho g q H_n}{\eta_h} \quad (III.3)$$

- la puissance électrique fournie au moteur (P_e) est supérieure à la puissance à l'arbre car les effets Joule consomment une partie de l'énergie fournie au moteur. On définit alors le rendement électrique :

$$\eta_e = \frac{\text{puissance à l'arbre}}{\text{puissance électrique}} = \frac{P_{\text{arbre}}}{P_e} \quad (III.4)$$

on peut définir, aussi, le rendement global d'une électropompe (η_g) :

$$\eta_g = \frac{\text{Puissance nette}}{\text{puissance électrique}} = \frac{P_n}{P_e} \quad (III.5)$$

soit :

$$\eta_g = \frac{P_n}{P_{\text{arbre}}} \times \frac{P_{\text{arbre}}}{P_e} = \eta_h \times \eta_e \quad (III.6)$$

Dans la pratique de l'irrigation, on a pris l'habitude d'exprimer les débits en m^3/h et les puissances en chevaux (ch), avec l'équivalence utile : 1ch = 75×g (Watte), et avec $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ on obtient: 1 ch = 73 W.

·On écrit, en prenant $p = 1000 \text{ kg/m}^3$:

$$P_e(\text{ch}) \times 75 \times g = 1000 \times g \times \frac{q(\text{m}^3/\text{h})}{300} \times H_n \times \frac{1}{\eta_g} \quad (III.7)$$

qui donnera la formule utile exprimant la puissance développée par le moteur, donc celle qui l'usage doit payer:

$$P_e(\text{ch}) = \frac{q(\text{m}^3/\text{h}) \times H_n(\text{m})}{270 \times \eta_g} \quad (III.8)$$

III.3.2. Constitution d'une pompe centrifuge et principe de fonctionnement

Une pompe centrifuge est construite pour répondre à des conditions précises de fonctionnement (débit Q à élever à une hauteur H) [28].

D'une façon générale, une pompe centrifuge comporte, voir :

Un organe mobile : la roue, encore appelée turbine, impulseur ou rotor. Des organes fixes, un diffuseur encore appelé stator, Des canaux de retour. Qui illustre dans la figure ci-dessous.

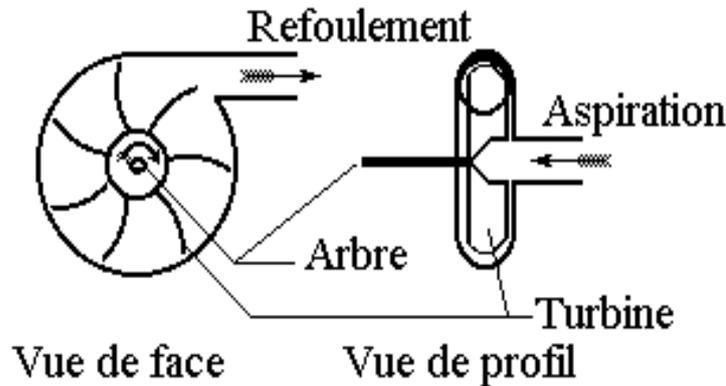


Figure .III.4: Schéma de principe d'une pompe centrifuge[44] .

Le fonctionnement d'une pompe centrifuge est basé sur le principe simple, lorsque la pompe est pleine d'eau, sous l'effet de la rotation de la turbine entraînée par le moteur, l'eau qui arrive dans la région axiale est projetée à la périphérie et de ce fait, engendre une dépression. Cela provoque un appel des tranches suivantes et par suite, un écoulement continu de la veine liquide. Cette dernière est recueillie par le diffuseur et dirigée dans la conduite de refoulement [9].

III.4. Les moteurs

III.4.1. Moteur à courant continu

L'énergie électrique appliquée à un moteur est transformée en énergie mécanique en variant le sens du courant circulant dans un induit (habituellement le rotor) soumis à un champ magnétique produit par un inducteur (habituellement le stator). La commutation du courant dans le rotor d'un moteur à courant continu est effectuée à l'aide de balais composés de charbon et de graphite ou par commutation électronique [29]. La **figure .III.5.** montre le Moteur à courant continu avec balais.

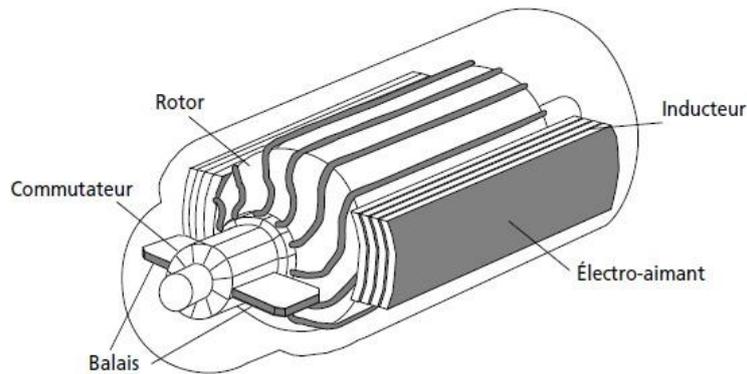


Figure .III.5: Moteur à courant continu avec balais [29].

Le couplage est direct ou avec adaptation du générateur par un hacheur adaptateur de puissance.

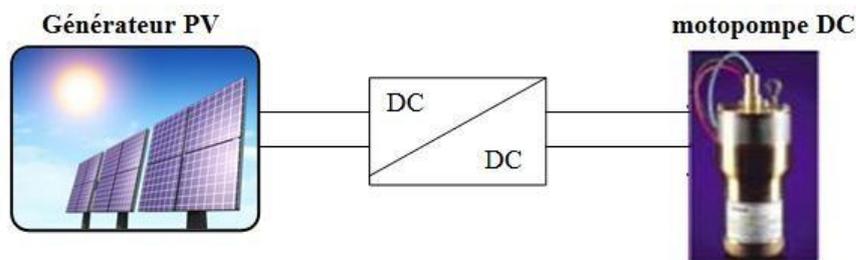


Figure .III.6: Schéma synoptique simplifié du pompage PV par motopompe DC [29].

III.4.2. Moteur à courant alternative

Les moteurs alternatifs asynchrones (rotor à cage) sont les plus couramment employés pour une gamme variée d'applications industrielles. Il est utilisé particulièrement pour le pompage immergé dans les forages et les puits ouverts. L'arrivée d'onduleurs efficaces a permis l'utilisation de ce type de moteurs dans les applications de pompage solaire [29].

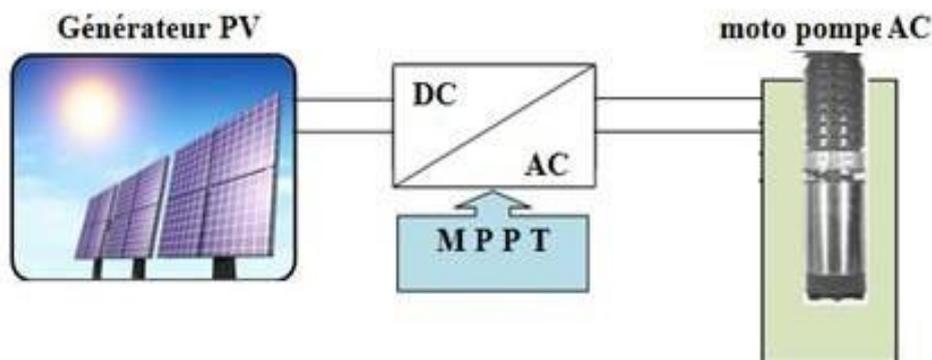


Figure .III.7 : Schéma synoptique simplifié du pompage PV par motopompe AC [29].



Figure .III.8: motopompe a courant alternatif

III.4.3. Utilisation des moteurs électriques triphasés asynchrones

ce sont les moteurs les plus répandus, recommandés systématiquement lorsque le périmètre d'irrigation dispose de l'alimentation électrique [27].

III.4.3.1. Branchements et caractéristiques signalétiques

Ces moteurs utilisent les trois phases de la distribution, l'utilisation du neutre n'étant pas indispensable pour ce récepteur équilibré, les trois enroulements statoriques étant identiques. Leur plaque signalétique doit comporter :

- la puissance à l'arbre (P_{arbre}), développée par l'arbre du moteur, également appelée puissance utile et alors notée (P) exprimée généralement en kilowatts (kW) ou parfois en chevaux (ch) ;
- le rendement (η_e) pour la puissance précédente, permettant d'obtenir la puissance électrique absorbée par le moteur (P_e) ou puissance active, enregistrée au compteur :

$$P_e = \frac{P_{arbre}}{\eta_e} \quad (III.9)$$

- les tensions des branchements, faisant apparaître généralement deux couplages possibles, étoile ou triangle [27].

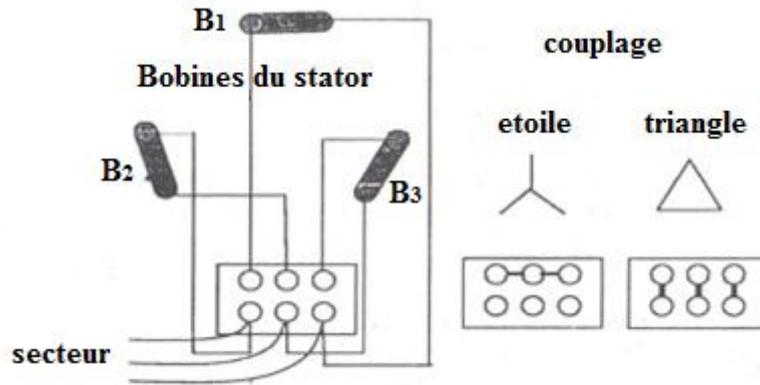


Figure .III.9 : Boîtier de connexion d'un moteur asynchrone [27]

En étoile chaque enroulement du stator est sous la tension simple du réseau et en triangle sous la tension composée. Par exemple si la plaque porte les indications : 220V/380V (anciennes normes) ou 230 V/400 V (nouvelles normes), si on branche sur un secteur 220 V (127 V/220 V) le couplage se fait en triangle pour aller chercher le 220 V alors que si on branche sur un secteur 380 V (ou 400 V) pour aller chercher le 220 V (ou 230 V) le couplage se fait en étoile. On peut remarquer que c'est toujours la tension la plus basse indiquée sur la plaque signalétique qui doit être appliquée aux bornes du stator. Les moteurs possèdent un boîtier de branchement à barrettes modulables pour permettre le couplage souhaité .

Le facteur de puissance ($\cos\Phi$), caractéristique du déphasage tension-courant: l'ensemble de ces caractéristiques se retrouve dans la relation fondamentale exprimant la puissance électrique absorbée par un tel type de moteur :

$$P_e = \frac{P_{arbre}}{\eta_e} = \sqrt{3} UI \cos\Phi \quad (III. 10)$$

- U est la tension composée du secteur, en volts, par exemple 400 V pour un secteur 230 V/400 V; I est l'intensité en ampères, dans les lignes d'alimentation. Celle-ci est souvent indiquée sur la plaque signalétique, pour la puissance utile marquée.

Toutes ces caractéristiques varient, non seulement d'un moteur à un autre, mais ,aussi pour un moteur si l'on s'écarte des données signalétiques.

Souvent les plaques apposées sur le carter du moteur n'indiquent pas le rendement électrique et (ou) le facteur de puissance. Nous donnons ci-dessous les plages de valeurs

nominales entre lesquelles varient ces deux valeurs. La première correspond à un petit moteur (autour de 1 kW), la deuxième à un gros moteur (autour de 100 kW).

Rendement : 75 % à 90 % ; $\cos\Phi$: 0,7 à 0,9 . Le rendement et le facteur de la puissance sont meilleurs pour un gros moteur que pour un petit moteur. Notons également que pour un moteur donné, lorsqu'il tourne à vide, la puissance absorbée est faible et son facteur de puissance (autour de 0,2) devient très mauvais. D'autre part lorsqu'un moteur est utilisé pour des puissances nettement inférieures à sa puissance nominale, le rendement et le facteur de puissance s'abaissent.

En conséquence, il faut éviter de faire tourner un moteur à vide, non embrayé avec la pompe à entraîner. Il faut aussi éviter d'utiliser un moteur surpuissant par rapport à la demande utile.

III.4.3.2. Adaptation de la puissance du moteur

Le projet hydraulique permet, dans un premier temps, de déterminer la puissance absorbée par l'arbre de la pompe,. La puissance nominale utile du moteur électrique doit être supérieure à la puissance sur l'arbre pour éviter un fonctionnement permanent du moteur à pleine charge. On a toutefois indiqué qu'il ne faut pas sur dimensionner le moteur. Un coefficient est appliqué à la puissance développée par l'arbre de la pompe pour obtenir la puissance du moteur à plein régime de pompage. L'installateur pourra le préciser. La recommandation la plus courante est [27].

$$P_{moteur} = P_{arbre} * 1.15 \quad (III.11)$$

Le moteur choisi, dans la gamme des moteurs disponibles, est celui dont la puissance est voisine (par excès) de celle qui est recommandée. C'est la puissance dite normalisée du moteur.

III.5. Moteur de traction

Ce qui étonne au premier abord, c'est la faible puissance nécessaire pour faire fonctionner des systèmes aussi importants. L'expérience a montré que les moteurs doivent être tous identiques pour une rampe donnée. Suivant les cas leur puissance varie de 0,5 à 2 ch.

D'autre part, même lorsque la parcelle à irriguer n'est pas drainée par un réseau de drains enterrés, l'évacuation des eaux en excès est réalisée par des fossés parallèles espacés

suivant les besoins. À chaque passage de roue, au-dessus de ces fossés, il faut, pour minimiser les risques d'efforts sur la structure de la rampe, prévoir une passerelle ou un pont pour franchir chacun des fossés. Ces ponts devront être suffisamment résistants pour supporter le poids de l'élément de rampe qui le franchira. Ils sont généralement constitués par des buses en béton § placées dans le fossé (et de section compatible avec les débits à évacuer par le (fossé), sur lesquelles sont installées des traverses de chemin de fer en bois imputrescibles ou une passerelle en béton [25]. Qui illustre dans la **figure .III.10**.

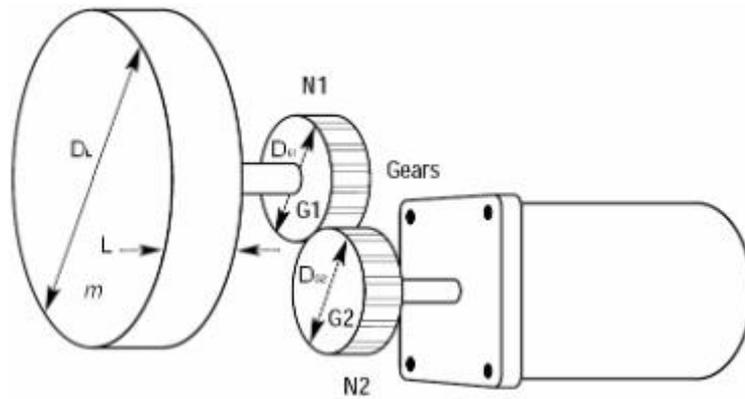


Figure .III.10: schéma de réducteur d'un moteur de traction[30] .

Inertie de moteur de traction :

$$J_L = \frac{1}{8} m D_L^2 \left(\frac{N_2}{N_1}\right)^2 = \frac{\pi}{32} \rho L D_L^4 \left(\frac{N_2}{N_1}\right)^2 \quad [Kg. m^2] \quad (III. 12)$$

$$J_{G1} = \frac{1}{8} m_{G1} D_{G1}^2 \left(\frac{N_2}{N_1}\right)^2 \quad [Kg. m^2] \quad (III. 13)$$

$$J_{G2} = \frac{1}{8} m_{G2} D_{G2}^2 \left(\frac{N_2}{N_1}\right)^2 \quad [Kg. m^2] \quad (III. 14)$$

$$J_T = J_L + J_{G1} + J_{G2} + J_M \quad [Kg. m^2] \quad (III. 15)$$

Couple de moteur de traction :

$$T_a = J_T a = (J_L + J_{G1} + J_{G2} + J_M) \frac{w_1 - w_0}{t} \quad [N.m] \quad (III.16)$$

$$T_T = T_L + T_a \quad [N.m] \quad (III.17)$$

$$T_M = K_s T_T \quad [N.m] \quad (III.18)$$

$$T_L = \frac{FD}{2} + T_F \quad [N.m] \quad (III.19)$$

Le couple requis correspond au couple de traction des caractéristiques vitesse-couple, montre dans la **figure .III.11** suivante :

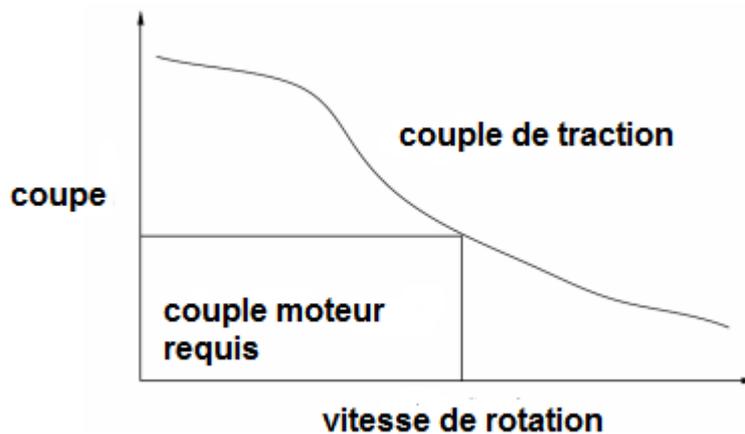


Figure .III.11 : caractéristiques vitesse-couple [35].

III.6. le système de stockage

Le stockage en pompage photovoltaïque peut être réalisé de deux façons :

III.6.1. Le stockage électrochimique

Les caractéristiques de l'énergie solaire imposent d'utiliser un organe de stockage de l'énergie électrique dans les installations autonomes. Ses fonctions sont les suivantes :

- Permettre un déphasage entre la production et la consommation : jour/nuit, courtes périodes de mauvais temps (quelques jours à 15 jours).
- Permettre une puissance élevée, sur un temps court, compatible avec la production journalière, avec une puissance crête installée faible [31].

Il existe des batteries d'accumulateurs conçues spécialement pour fonctionner avec des systèmes PV. La capacité d'une batterie se mesure en Ampère-heure (A/h). La plupart des batteries à décharge profonde ont des rendements d'environ 80 % selon la température [32].

Deux types de batterie sont utilisés dans les applications photovoltaïques :

- Accumulateurs plomb / acide (Pb / Pb SO₄).
- Accumulateurs nickel / cadmium (Ni Cd).

III.6.1.1. Principe de fonctionnement

L'électrode positive est une plaque en plomb renforcée par des nervures entre les quelles sont disposées des oxydes de plomb. L'électrode négative est une plaque de plomb.

L'électrolyte est une solution d'acide sulfurique dont la densité varie en fonction de l'état de charge de la batterie [24].

III.6.1.2. Caractéristiques de fonctionnement photovoltaïque de la batterie

- **Décharge journalière** : Dans le cas de besoins journaliers constants, cette décharge est constante. Pour une autonomie du système compris entre 4 et 8 jours, cette décharge sera de l'ordre de 10 à 20 %.
- **Décharge profonde** : Il s'agit de la décharge maximale de l'accumulateur qui n'est tolérable que quelques jours par an (1 à 3 jours par an).

La **figure III.12.** montre un cycle de charge et décharge de la batterie [24].

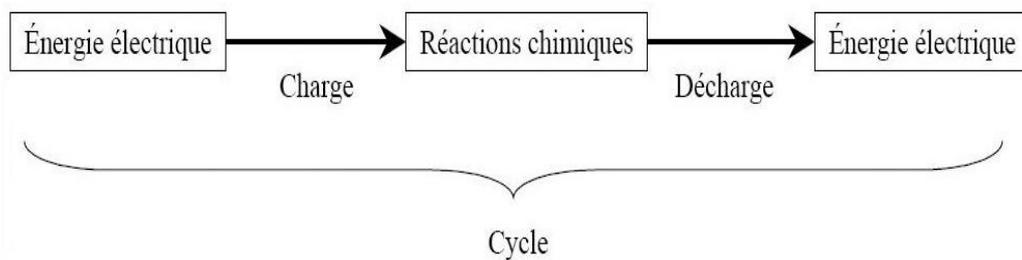


Figure III.12: Cycle de charge et décharge d'une batterie [24].

III.7. Recherche bibliographique

Les systèmes d'irrigations, notamment les pivots centraux sont de plus en plus sollicités pour contribuer à la satisfaction des besoins en produits agricoles vu leurs caractéristiques significatives, et avec le taux de croissance démographique élevé. Le pompage

photovoltaïque est l'une des applications prometteuses de l'utilisation de l'énergie photovoltaïque, Plusieurs travaux sur le dimensionnement de systèmes de pompage photovoltaïque ont été fait, mais malheureusement, peu d'efforts ont été consacrés à l'étude des applications de la technologie photovoltaïque avec un système d'irrigation à pivot central, dans lequel l'énergie nécessaire pour pomper l'eau au débit et à la pression souhaités, ainsi que pour faire fonctionner les moteurs d'entraînement de la machine à pivot, a système de puissance relativement élevée [33].

Citons parmi ses rares auteurs (H.F.Ahmed et W. Helgason 2013), leur contribution d'étude est de développer une approche permettant de déterminer la faisabilité technique et économique d'un système d'irrigation à pivot central alimenté par l'énergie solaire dans un environnement donné tout on combinant les caractéristiques du système de pivot central, les besoins en eau des cultures, l'état de l'humidité du sol en tenant compte des facteurs climatiques et de gestion, la puissance du générateur PV et les performances de la batterie. Partent d' un modèle d'évaluation de la fiabilité du système photovoltaïque développé à l'aide de MATLAB qui a été mis au point pour fournir la puissance requise en tenant compte des conditions variables d'exploitation et de météorologie [34].

Ils ont étudié la variabilité du dimensionnement du système photovoltaïque pour d'autres stratégies de gestion de l'irrigation en utilisant le modèle développé pour atteindre la fiabilité souhaitée afin d'identifier les meilleures pratiques de gestion. Par conséquent, le choix d'une stratégie de gestion de l'irrigation appropriée peut avoir une influence importante sur la taille du système PV pour les systèmes d'irrigation à pivot central. Ces deux stratégies sont : (i) conventionnelle (volume plus rare moins fréquemment, 20-35 mm) et (ii) faible volume fréquent (5-10 mm), sur la taille du système PV pour élaborer des directives de conception de dimensionnement minimal/optimal. Il est a déduit que l'application d'une eau avec une faible capacité du système nécessite un dimensionnement minimal dans la stratégie de gestion de l'irrigation conventionnelle pour atteindre la fiabilité requise [35].

On terminant par une procédure décrivant l'évaluation de faisabilité économique présentée avec une étude de cas pour démontrer le processus approprié.

Le fonctionnement du modèle a été validé avec les données réelles acquises sur le site (un petit pivot d'une longueur de 7 m soit une superficie de 1,4 ha) installé à Outlook, en

Saskatchewan, au Canada, et un excellent accord a été trouvé (NRMSE = 0,027 pour le courant de la batterie) entre les résultats modélisés et les données réelles [33].

V. Roy et al.(2018) ont proposé un système hybride d'énergie renouvelable pour optimiser la demande de charge pour le système d'irrigation à pivot central pour la culture à distance située à Lubbock, au Texas. Pour la facilité des études, une superficie de terres cultivables de 120 acres est considérée comme modèle. Une éolienne et un module PV ont été pris en compte; et dans le même temps, le générateur diesel et le stockage sur batterie ont été considérés comme des sources de compensation pour répondre à la demande de la conception de système souhaitée. Il ont pris en compte Un moteur de 40 volts triphasé de 15 HP pour l'entraînement de pompe dans la conception Simulink, et pour la rotation du pivot central, Il ont considéré un moteur triphasé de 4 CV et 40 volts. Une fois la simulation terminée, la production d'énergie renouvelable représente 39,2% de la production totale avec une réduction des émissions de CO₂ de 23% et un taux de rendement interne de 55% [32].

III.8. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté les deux types de pompage photovoltaïque avec une discussion la pompe centrifuge et les moteurs asynchrones triphasés, nous avons aussi présenté le système de stockage électrochimie. A la fin nous avons terminé par une recherche dans la littérature concernant l'utilisation de l'énergie photovoltaïque pour l'alimentation du pivot central,

Chapitre IV :
Evaluation Expérimentale De
Consommation Électrique De
Pivot D'irrigation

IV.1. Introduction

Le pivot central comme machine d'irrigation par aspersion exige de l'électricité pour son fonctionnement.

Il faut de l'énergie électrique pour la station de pompage et les moteurs de traction , soit pour l'extraction de l'eau du puits et lui appliquée à l'entrée de la rampe à une certaine pression pendant une période prédéterminée en fonction de la superficie arrosée, ainsi que pour le déplacement de la rampe autour de l'axe de rotation par l'intermédiaire du moteur de traction installé sur la tour. Notons que les pivots modernes disposent plusieurs moteurs de traction selon le nombre de travée contrairement aux pivots traditionnels qui disposent un moteur chacun. D'autre part, divers circuits électriques gèrent et sécurisent le fonctionnement général de la rampe pivotante.

Dans notre étude nous avons évalué cette énergie électrique expérimentalement a l'aide de l'appareil de mesure **CHAUVIN ARNOUX(C.A.8332B)**, analyseur d'énergie électrique des réseaux triphasés. Des mesures expérimentales ont été faites sur quatre pivots, deux pivots modernes pour la culture des céréales dans La région d'El-hadjira et deux pivots traditionnels pour la culture de la pomme de terre et de l'ail dans la région d'El-oued.

IV.2. Matériels et méthodes

À El-hadjira notre expérimentation a été réalisée le mercredi 01/05/2019 au niveau de deux exploitations différentes , pivot (1) 30 hectares de blé et le pivot (2)30 hectares de l'orge. Après les enquêtes avec les responsables nous avons appris que les motopompes et les moteurs d'avancements des deux pivots sont identiques.

Le 04/05/2019 nous avons visité les deux autres exploitations agricoles situées à BELILA à la wilaya d'El-oued. Le pivot (3) pour la production de la pomme de terre et le pivot (4) pour la production de l'ail. De même les motopompes et les moteurs d'avancements des deux pivots sont identiques.

Avant de commencer les mesures électriques de chaque pivot, nous avons pris les dimensions (A,B,C,D) décrites sur les schémas montrant les pivots modernes et traditionnels.

IV.2.1. Matériels

Le C.A 8332B est un analyseur d'énergie électrique triphasée, compacte et résistante au choc. Son ergonomie et la simplicité de son interface utilisateur le rende agréable et utilisable de façon instinctive. comme décrit et illustré ci-dessous **figure .IV.1**.

Il permet d'obtenir non seulement une image instantanée des principales caractéristiques d'un réseau mais aussi le suivi de leurs variations dans le temps. Son système de mesure multitâche assure simultanément toutes les fonctions de mesure des différentes grandeurs, de détection, d'enregistrement continu et leurs visualisations sans contrainte.

Il est destiné aux techniciens et ingénieurs des équipes de contrôle et de maintenance dans les industries et les administrations pour réaliser des mesures de vérification et de diagnostic sur des réseaux basse tension monophasés, biphasés ou triphasés.

Les principales mesures réalisées sont :

- Mesure des tensions efficaces alternatives jusqu'à 480 V (phase-neutre) ou 90 V (phase-phase) pour les réseaux 2 fils, 3 fils ou 4 fils.
 - Mesure des courants efficaces alternatifs jusqu'à 500 A eff.
 - Mesure de la fréquence des réseaux 50 Hz, 60 Hz.
 - Calcul du courant de neutre, par sommation vectorielle des courants de phases pour les montages en étoiles.
 - Calcul des facteurs de crête pour les courants et les tensions.
 - Calcul du facteur K pour les courants (transformateurs).
 - Calcul du flicker court terme pour les tensions.
 - Calcul du déséquilibre entre phases pour les tensions et courants (réseaux triphasés uniquement).
 - Mesure des puissances actives, réactives et apparentes par phase et cumulées. Calcul du facteur de puissance, du facteur de déplacement et de la tangente.
- Cumul des énergies générées et reçues à partir d'un instant choisi par l'opérateur.
- Suivi de la valeur moyenne de n'importe quel paramètre, calculée sur une période de 1s à 2 h. Stockage des valeurs sur une durée limitée par la mémoire de l'appareil.
 - Enregistrement, datation et caractérisation des perturbations : Surtensions, creux et coupures, dépassement de puissances, de seuils harmoniques

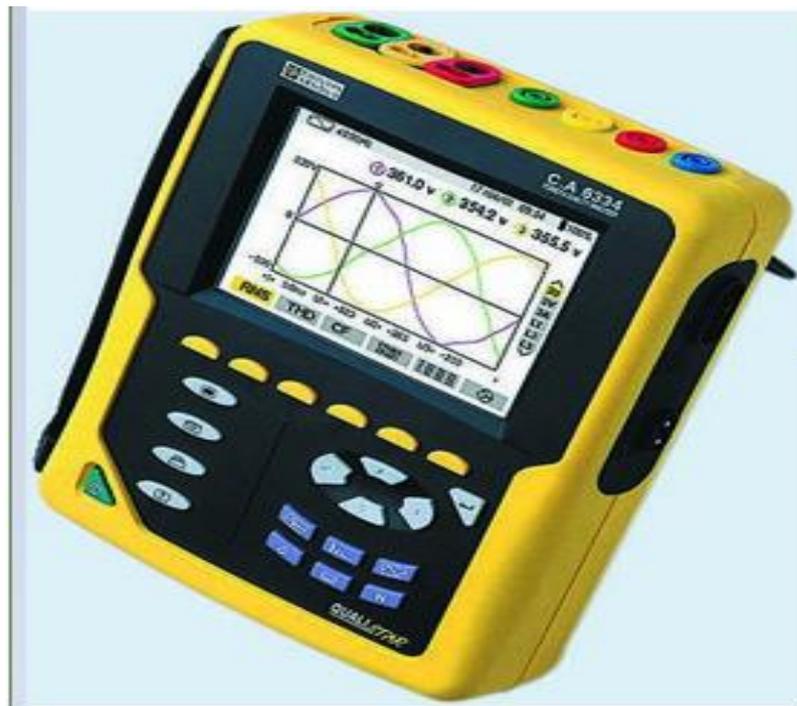


Figure .IV.1: analyseur d'énergie électrique CHAUVIN ARNOUX (C.A.8332B).

IV.2.2. Méthodes

L'instrument de mesure **CHAUVIN ARNOUX(C.A.8332B)** doit être branché aux fils électriques qui alimentent le pivot d'irrigation suivant la méthode illustrée sur la **figure .IV.3** à l'aide de ses propres liaisons, qui sont divisées en deux sections: les trois entrées gauches pour mesurer le courant (L1, L2, L3), et les trois suivantes pour mesurer la tension et la dernière est une prise pour le neutre.

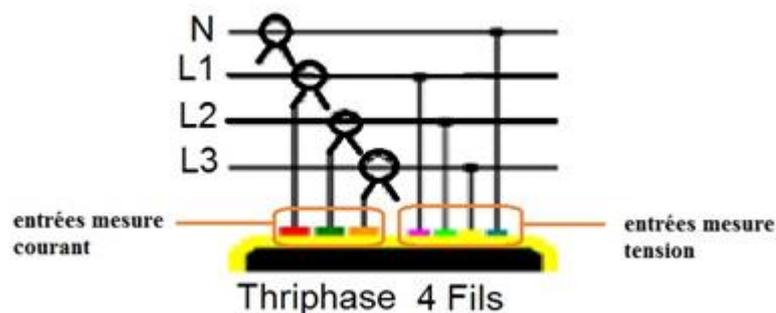


Figure .IV.2: schéma de principe de branchement de l'analyseur d'énergie électrique.

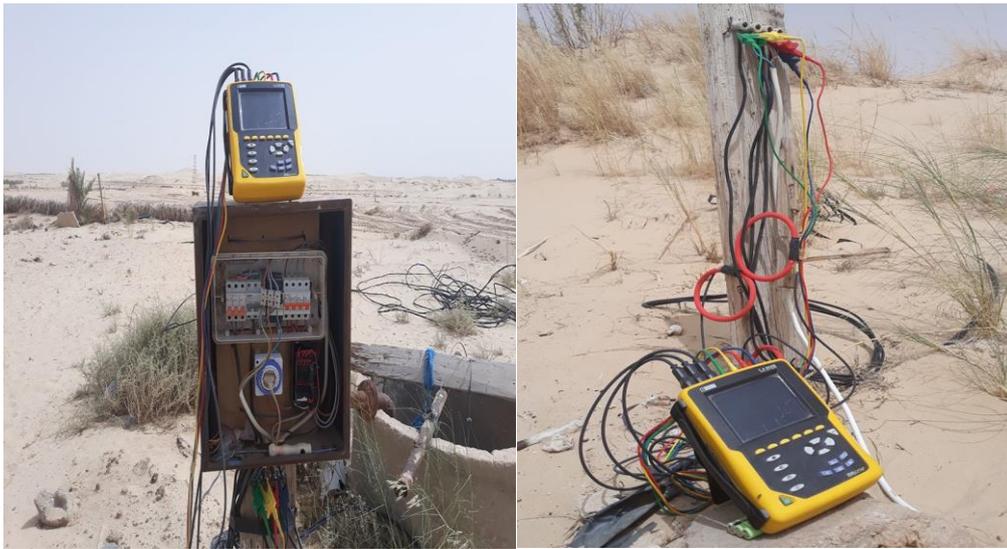


Figure .IV.3:branchement en pratique del'analyseur d'énergie électrique

IV.3. Consommation d'énergie électrique de pivot d'irrigation moderne

IV.3.1. Présentation de la zone d'étude (El Hadjira) :

La région d'**El Hadjira** est située dans le prolongement du grand bassin de la partie nord-est du Sahara, qui s'étend sur une superficie de 9114,49 km² environ du lit quaternaire de la basse vallée fossile de l'Oued M'ya. Il est caractérisé par un ensemble des chottes tel que : chott El Malah et chott Baghdad qui sont des dépressions d'orientation ne -sw. Sebka de Baghdad est une petite dépression endoréique saline du Sahara septentrional. Il est situé à proximité de la ville d'El Hadjira 100km de distance dans la partie nord de chef-lieu willaya de Ouargla [23]. La **figure .IV.4** montre la situation géographique de la région d'El Hadjira.

- Au nord : par les Al-Alia et Touggourt
- A l'est : par l-Manger
- Au sud : par Sidi Abdallah
- A l'ouest : par N'Goussa

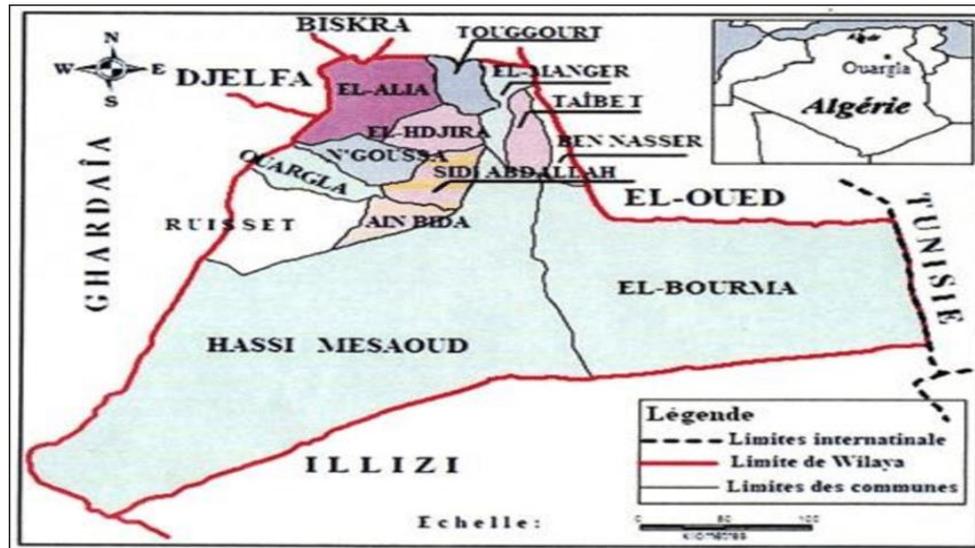


Figure .IV. 4: situation géographique de la région d'El Hadjira [36].

La **chaleur** est un élément important de la production d'électricité et varie d'une région à l'autre, caractérisée par un été chaud et sec avec une température de $42,5^{\circ}\text{C}$ et une baisse en hiver à 4°C . comme illustre a la **figure .IV.5**.

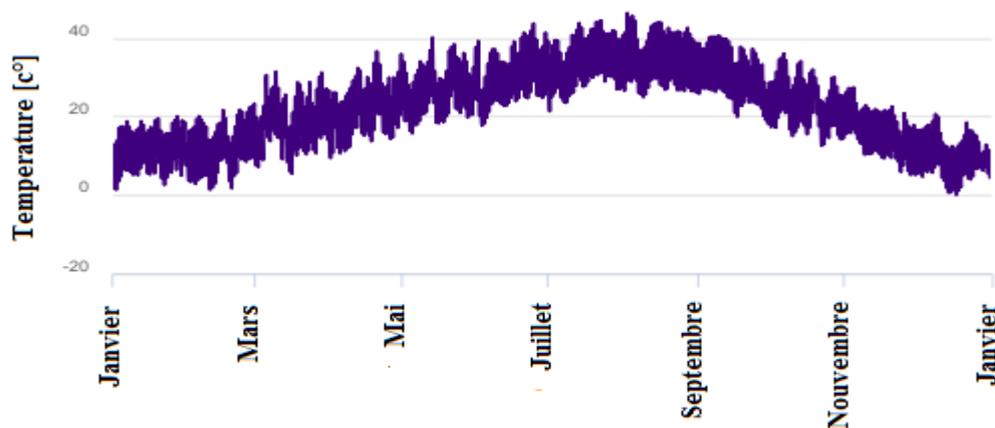


Figure .IV.5: courbe de température dans El Hadjira [37].

Les **vents**, et notamment les vents de sable, jouent un rôle particulièrement desséchant. Les vents les plus forts sont supérieurs à 10 m/s soufflent du Nord-est et de sud en hiver, ce sont des vents d'ouest, printemps du nord, du nord-est et de ouest, en été du quart nord-est. Les vents de sable soufflent, notamment au printemps, du nord-est et du sud-ouest.

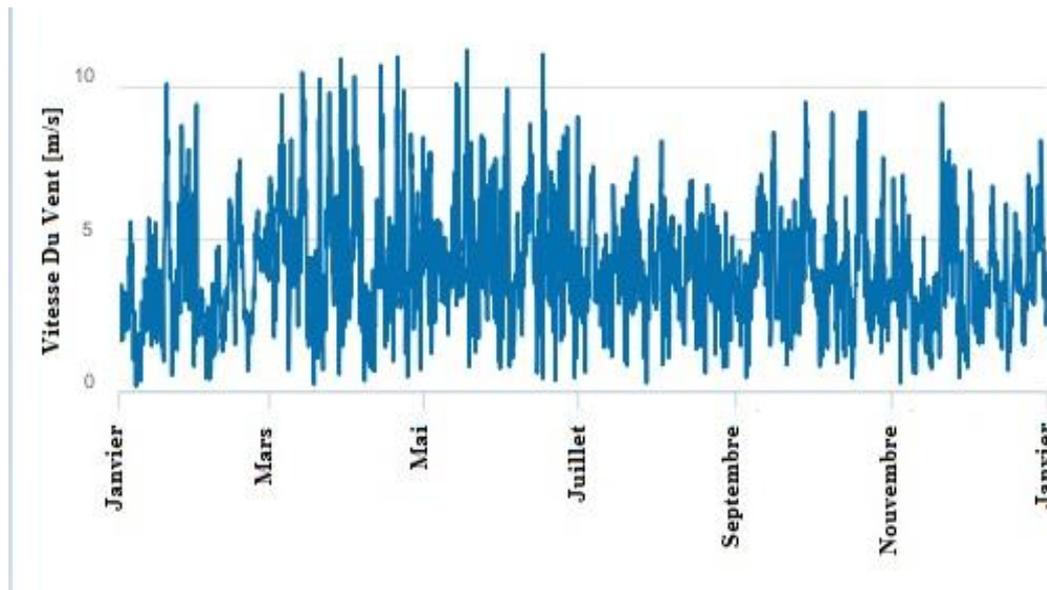


Figure .IV.6: courbe de Vitesse du Vent dans El Hadjira [37].

Le graphique montre le nombre mensuel de jours en soleillés, partiellement nuageux, nuageux et de précipitations. Les jours avec moins de 20% de la couverture nuageuse sont considérés comme des jours ensoleillés, avec 20-80% de de la couverture nuageuse, comme partiellement ensoleillés et plus de 80% comme nuageux .Les precitations affectent les besoins en eau et donc heures d'arrosage . comme illustre a la **figure .IV.7**.

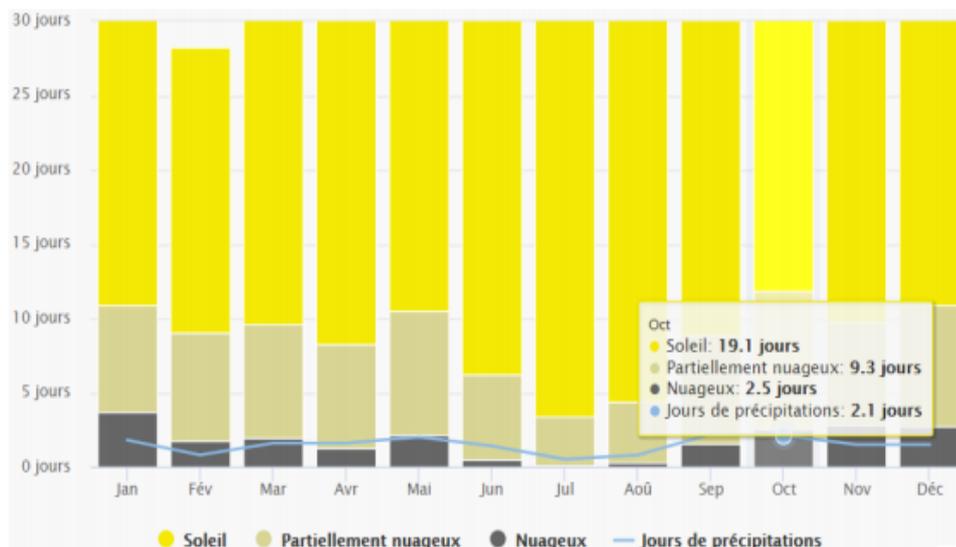


Figure .IV.7: Pluviométrie de El Hadjira [36].

IV.3.2. Résultats des mesures

Les résultats expérimentales obtenues pour les deux systèmes d'irrigation moderne sont illustrées dans le **tableau IV.1** Notons que la consommation mesurée est pour une heure de fonctionnement du système.

Les graphes donnés dans les **figure IV.9** et **figure IV.10** montrent l'évolution du courant en fonction du temps au moment de démarrage du système et de la courbe de variation d'énergie aussi en fonction du temps sur une période de 60 minutes.

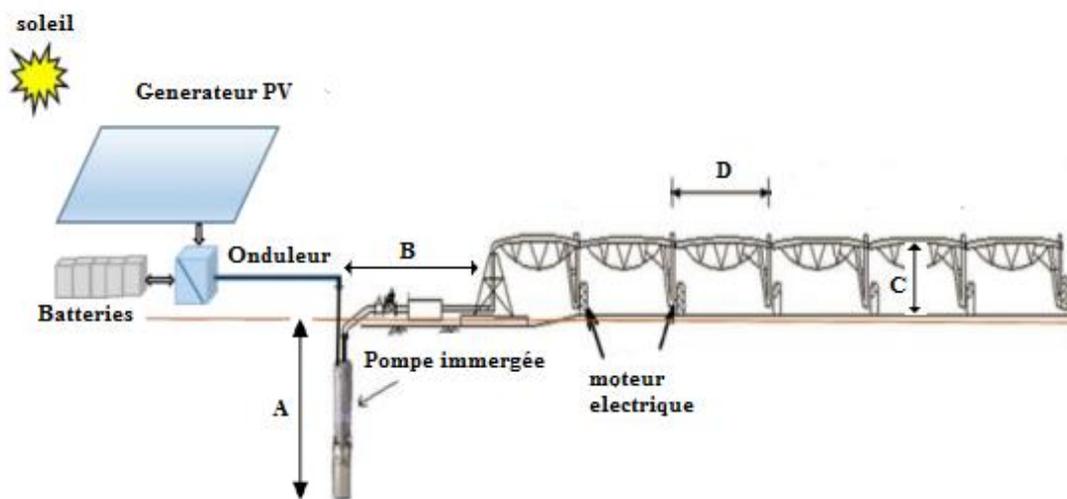


Figure .IV.8: schéma de pivot d'irrigation dans la région d'El-Hajira

Tableau IV. 1: Résultats des mesures des pivots d'irrigation dans la région d'El-Hajira

Eléments	Résultats des mesures (pivot 01)	Résultats des mesures (pivot 02)
A (m)	150	160
B (m)	10.2	14
C (m)	4.4	4.4
D (m)	52.8	50
1 rotation (h)	13	12
Consommation (1heure)(wh)	41725.2	47475
Vitesse de roue 1 (m/s)	0.007	0.0073
Vitesse de roue 2 (m/s)	0.014	0.0146
Vitesse de roue 3 (m/s)	0.021	0.0219
Vitesse de roue 4 (m/s)	0.028	0.0292
Vitesse de roue 5 (m/s)	0.035	0.035
Vitesse de roue 6 (m/s)	0.042	0.0438
Debit (L/S)	49	54
Puissance de moteur électrique de la pompe (kw)	37	37
Puissance de moteur électrique d'avancement (kw)	0.74	0.74

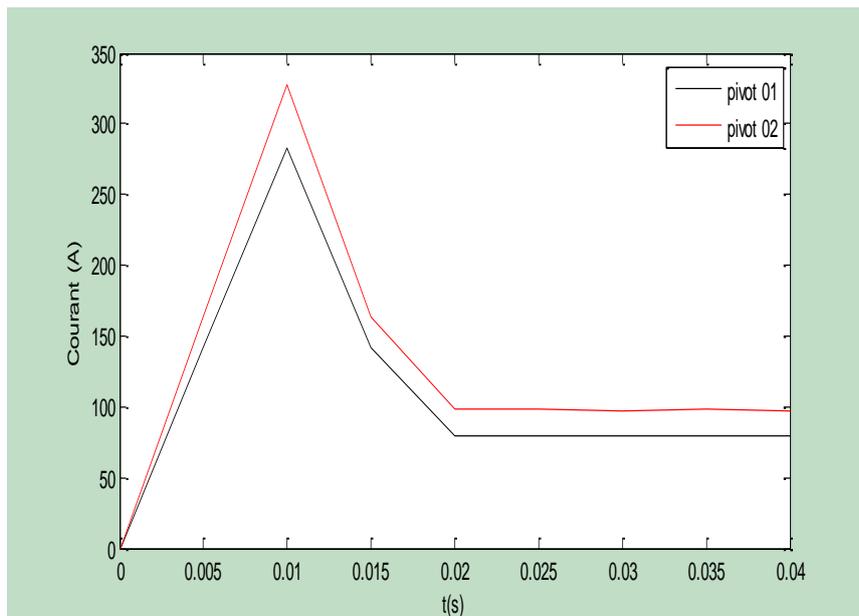


Figure .IV. 9: evolution de courant des pivots 01et 02.

La figure .IV. 9 montre l'évolution du courant en fonction du temps au démarrage des moteurs asynchrones pour les deux pivots modernes (1) et (2). Le saut du courant dans un temps très court de 0.01 seconde qui arrive à des valeurs importantes de 283 ampères pour le premier et 327 ampères pour le deuxième, cela due à l' inertie au démarrage des moteurs asynchrones, puis le courant chute et se stabilise sur la valeur normale de fonctionnement à l'instant 0.02 seconde qui est 79 pour le pivot (1) et 98 pour le pivot (2).

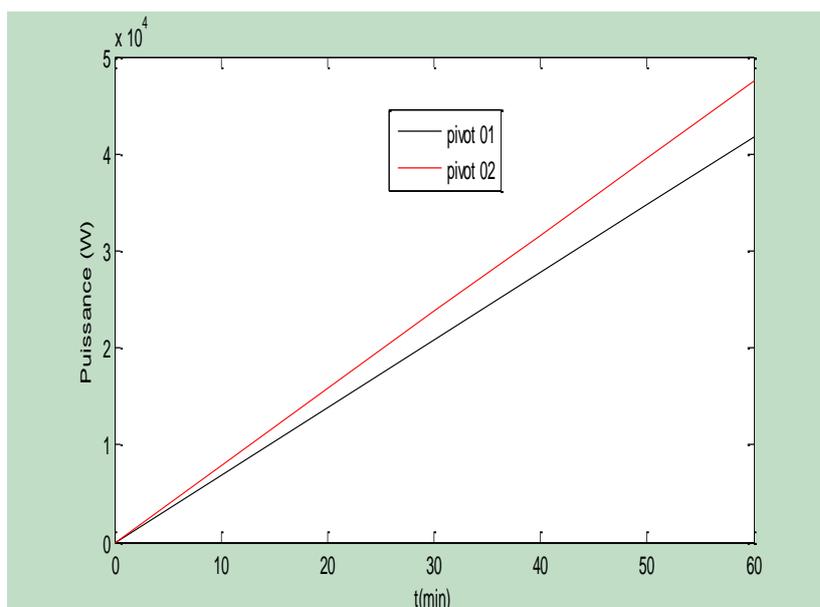


Figure .IV. 10: variation d'énergie des pivots 01et 02.

La **figure .IV.10** montre que la variation d'énergie est proportionnelle au temps, et qui prend au bout de 0 minutes la valeur de 41725,2 watts pour le pivot (1) et 47 475 watts pour le pivot (2).

IV.3.3. Interprétation des résultats

Nous avons mentionné ci-dessus que les équipements électriques des deux pivots sont identiques mais les mesures montrent que les consommations sont différentes, cela due à la différence des distances (A,B,C,D) et du terrain à arroser. La puissance que doit fournir le générateur photovoltaïque sera déterminée par ces deux valeurs expérimentales de la consommation réelle des deux systèmes. Aussi, nous remarquons qu'il faut prendre en considération la puissance importante au démarrage du système.

IV.4. Consommation d'énergie électrique de pivot d'irrigation traditionnel

Le pivot 03 est le pivot cultivé à l'ail et est irrigué pendant environ huit mois. D'autre part, pivot 04 est le pivot cultivé de pommes de terre et l'eau pendant environ quatre mois. La **figure .IV.11** montre le schéma du pivot traditionnel.

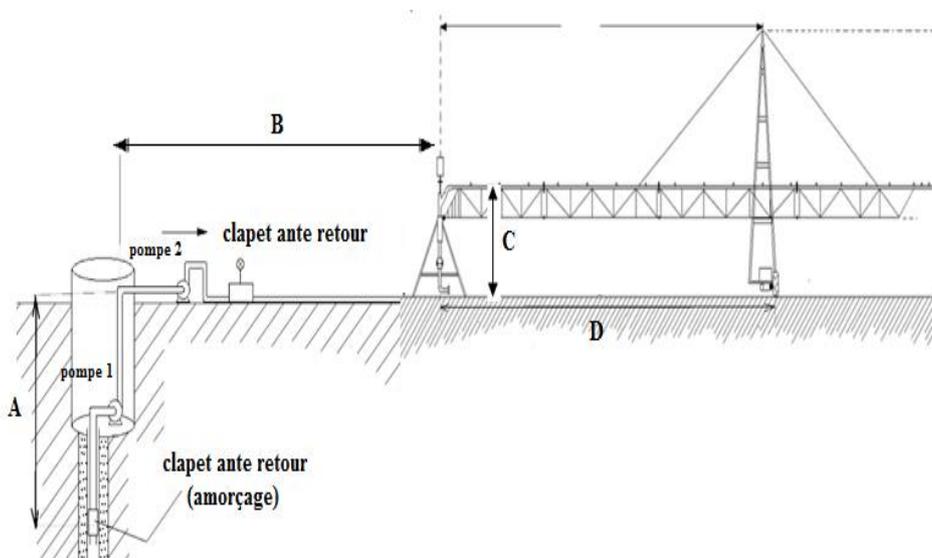


Figure .IV. 11 : Dimensions du pivot traditionnel .

IV.4.1. Présentation de la zone d'étude

La région d'Oued Souf fait partie du département d'El Oued situé dans le Sud-Est algérien. Elle relève du Sahara septentrional et du Grand Erg oriental, couvert par une chaîne de dunes sableuses. Elle se caractérise par un climat hyper-aride, une température moyenne annuelle de l'ordre de 22 °C et des précipitations moyennes annuelles de 78 mm. La région dispose d'une réserve hydrique souterraine importante constituée de trois aquifères : un aquifère libre et deux aquifères captifs, le complexe terminal et le continental intercalaire [28]. Qui illustre dans la figure ci-dessous.

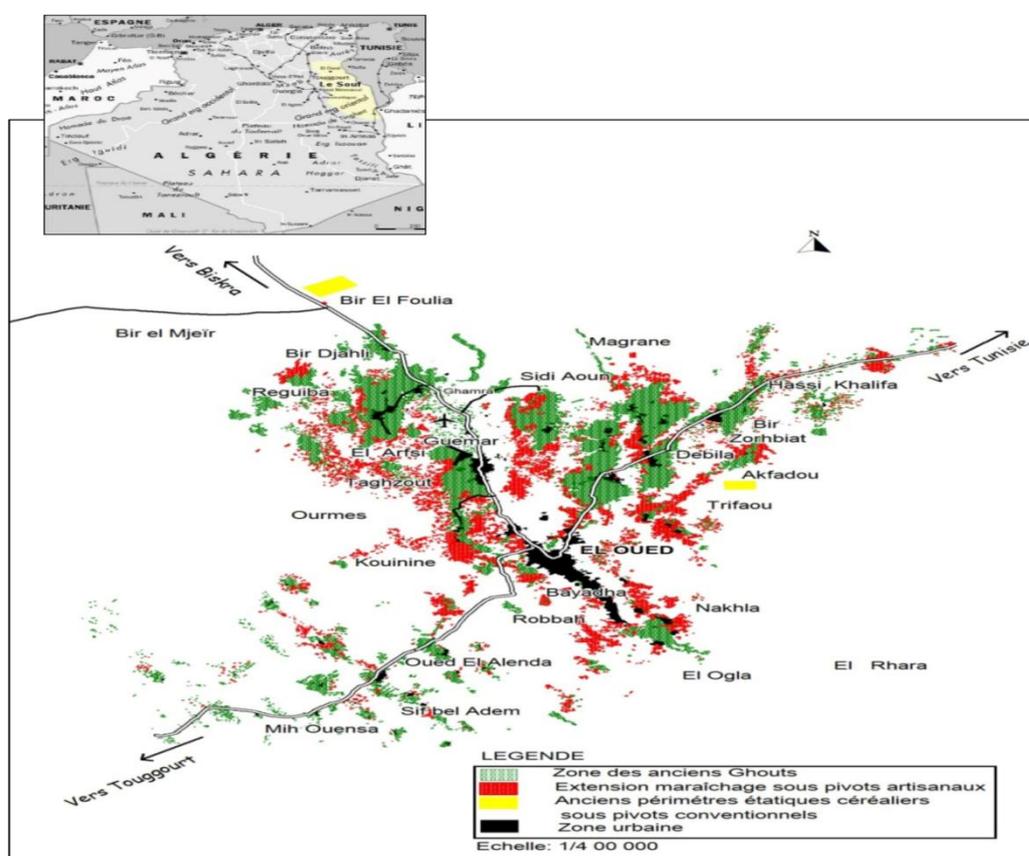


Figure .IV.12: Présentation de la vallée d'Oued Souf [28].

IV.4.2. Résultats des mesures

Les résultats du travail expérimental pour les deux pivots traditionnel (3) et (4) sont illustrées dans le **tableau .IV.2** Notons aussi que la consommation mesurée est pour une heure de fonctionnement du chaque système.

Tableau IV. 2: Résultats des mesures de pivot d'irrigation dans la région d'El-oued

Elements	Résultats des mesures (pivot 03)	Résultats des mesures (pivot 04)
A(m)	33	32
B (m)	70.4	100
C (m)	1.5	1.45
D (m)	29	33
Durée d'un tour (h)	3.25	3.5
Vitesse de roue (m/s)	0.02	0.014
Consommation(1h) (wh)	6479.4	6193.8

Les graphes donnés dans les **figure .IV.13** et **figure .IV.14** montrent l'évolution du courant en fonction du temps au moment de démarrage du système et de la consommation d'énergie aussi en fonction du temps sur une période de 60 minutes.

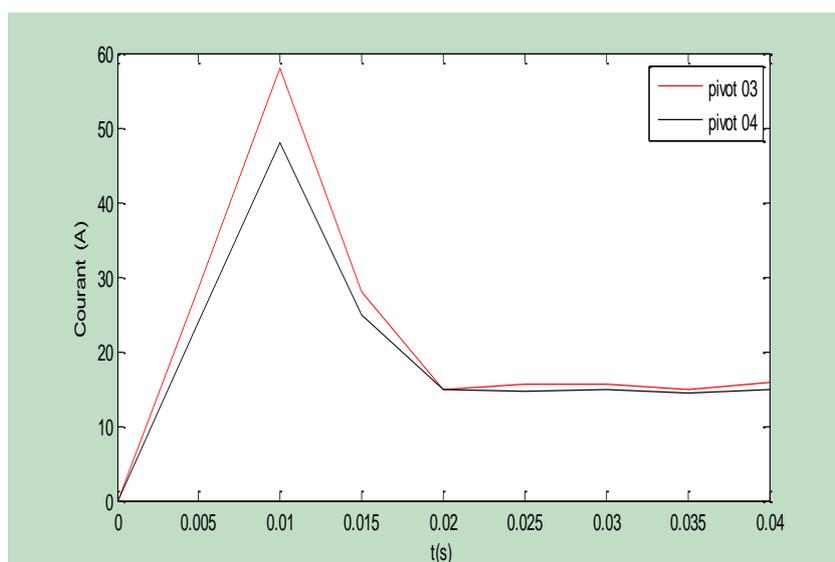


Figure .IV. 13: Evolution du courant des pivots 03et 04.

La **figure .IV.13** montre l'évolution du courant en fonction du temps au démarrage des moteurs asynchrones pour les deux pivots traditionnels (3) et (4). Le saut du courant dans un temps très court de 0.01 seconde qui arrive à des valeurs importantes de 57 ampères pour le troisième et 48 ampères pour le quatrième pivot, cela due à l'inertie au démarrage des moteurs asynchrones, puis le courant chute et se stabilise sur la valeur normale de fonctionnement à l'instant 0.02 seconde qui est 15.5 (A) pour le pivot 3 et 14.8 (A) pour le pivot 4 .

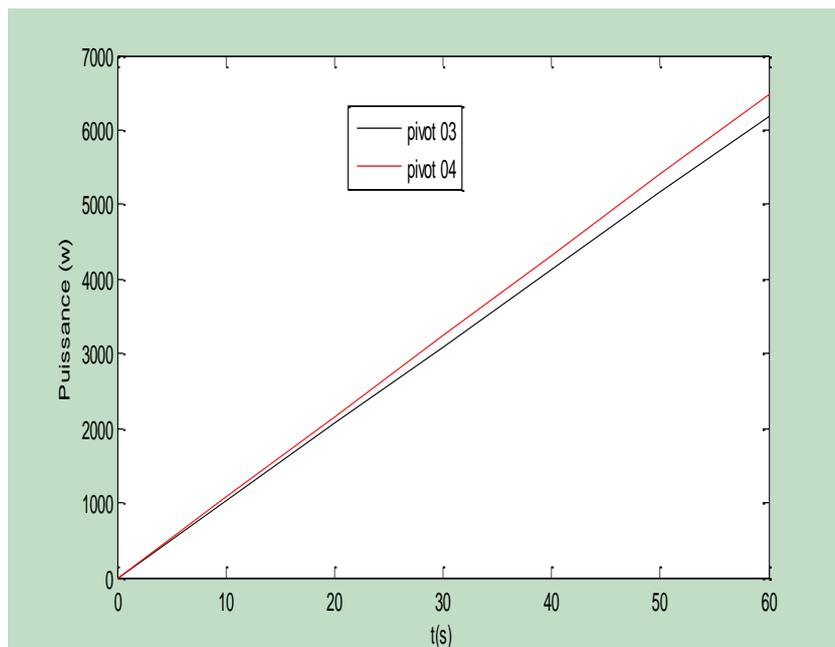


Figure .IV. 14: Variation D'énergie des pivots 03et 04 .

La **figure .IV.14** montre que la courbe de variation d'énergie est proportionnelle au temps, et qui prend au bout de 60 minutes la valeur de 6479,4 watts pour le pivot 3 et 6193,8 watts pour le pivot 4 .

IV.4.3. Interprétation des résultats

Nous avons mentionné ci-dessus que les équipements électriques des deux pivots sont identiques mais les mesures montrent que les consommations sont différentes, cela due à la différence des distances (A,B,C,D) et du terrain à arroser. La puissance que doit fournir le générateur photovoltaïque sera déterminée par ces deux valeurs expérimentales de la consommation réelle des deux systèmes. Aussi, nous remarquons qu'il faut prendre en considération la puissance importante au démarrage du système.

IV.5. conclusion

Nous avons présenté dans ce chapitre les deux zones d'études situées à El-hadjera et El oued avec une définition et exposition de l'appareil de mesure. Nous avons aussi donné la consommation réelle mesurées de chaque pivot, a la quelle on déduit la puissance que doit fournir le générateur photovoltaïque. Le dimensionnement de ce dernier sera le but du chapitre suivant .

Chapitre V :
Dimensionnement D'une
Installation Photovoltaïque

V.1. Introduction

Le générateur photovoltaïque est l'élément clé du système de pivot d'irrigation solaire, il permet de transformer l'énergie solaire en énergie électrique, pour alimenter les moteurs de traction situés sur chaque tour du pivot et le groupe motopompe. Un système photovoltaïque (PV) autonome pour l'alimentation d'un pivot d'irrigation solaire peut consister en générale, en un certain nombre de modules PV qui sont combinés en un champ PV pour satisfaire les demandes d'énergie, un contrôleur de charge et / ou un onduleur, des batteries (pour fournir de l'énergie en l'absence de lumière solaire), un groupe motopompe pour le pompage de l'eau, un ou des moteurs pour motiver le pivot et autres accessoires de câblage.

L'utilisation du logiciel **PVsyst** qui permet à l'utilisateur d'obtenir des données sur la production d'énergie des systèmes photovoltaïques, pour dimensionner nos systèmes photovoltaïque sera l'objectif de ce dernier chapitre.

V.2. Présentation de logicielle

PVsyst est un progiciel pour l'étude, le dimensionnement, la simulation et l'analyse de données de systèmes PV complets.

PVsyst est un logiciel conçu pour être utilisé par les architectes, les ingénieurs et les chercheurs, mais aussi un outil pédagogique très utile. Il inclut une aide contextuelle approfondie, qui explique en détail la procédure et les modèles utilisés et offre une approche économique avec guide dans le développement d'un projet. **PVsyst** permet d'importer des données météo d'une dizaine de sources différentes ainsi que des données personnelles [38].

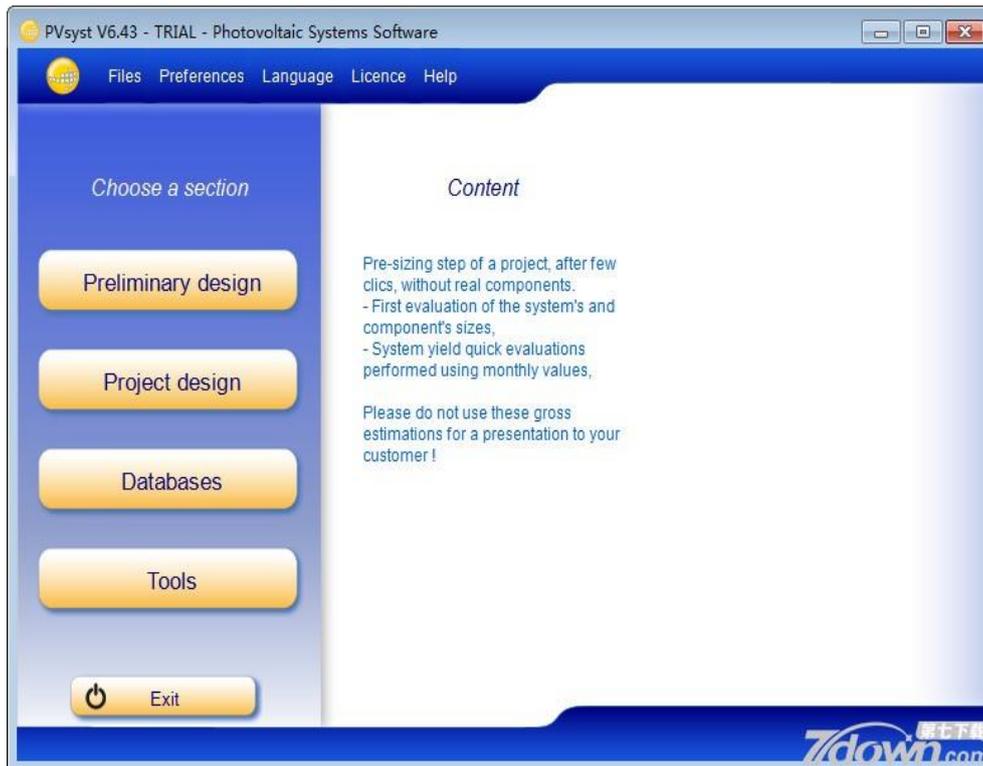


Figure V.1: Interface utilisateur de PVsyst .

Lors du développement d'un projet dans **PVsyst**, il est conseillé de procéder par petites étapes:

- Créer un projet en précisant la localisation géographique et les données météorologiques.
- Définissez une variante de système de base, comprenant uniquement l'orientation des modules PV, la puissance requise ou la surface disponible et le type de modules PV et d'onduleurs que vous souhaitez utiliser. **PVsyst** proposera une configuration de base pour ce choix et définira des valeurs par défaut raisonnables pour tous les paramètres requis pour un premier calcul. Ensuite, vous pouvez simuler cette variante et la sauvegarder. Ce sera la première approximation grossière à être affinée au fil des itérations successives.
- Définissez les variantes successives en ajoutant progressivement des perturbations à ce premier système, par exemple des ombrages lointains, des ombrages proches, des paramètres de perte spécifiques, une évaluation économique, etc. Vous devez simuler et enregistrer chaque variante pour pouvoir les comparer et comprendre l'impact de tous les détails que vous ajoutez à la simulation.

Les principales informations sur les résultats de la simulation sont rassemblées dans le rapport. Les autres boutons donnent accès tableaux et graphiques complémentaires pour une analyse plus approfondie des résultats de la simulation. Lorsque vous cliquez sur, vous obtenez le rapport complet, qui pour cette première variante simple ne comprend que trois pages :

- **Première page:** Tous les paramètres qui sous-tendent cette simulation: situation géographique et données météorologiques utilisées, orientation du plan, informations générales sur les ombrages (à l'horizon et à proximité), composants utilisés et configuration du tableau, paramètres de perte, etc.
- **Deuxième page:** Rappel des principaux paramètres et des principaux résultats de la simulation, avec un tableau mensuel et des graphiques de valeurs normalisées.
- **Troisième page:** Le diagramme de perte de flèche **PVsyst**, montrant un bilan énergétique et toutes les pertes le long du système. Ceci est un indicateur puissant de la qualité de votre système et indiquera immédiatement les erreurs de dimensionnement, le cas échéant.

V.3. Dimensionnement du système photovoltaïque pour le pivot moderne

Le **tableau .V.1** présente les consommations mensuelles des deux pivots modernes (1) et (2) et qui représentent les données d'entrées pour le **PVsyst** comme étant les charges des systèmes. Sachant que la consommation maximale pour le pivot (1) sera dans les mois avril et novembre tandis que pour le pivot (2) sera dans les mois avril et octobre.

Tableau .V.1: les consommations mensuelles pour les deux pivots modernes.

	Pivot 01	Pivot 02
Janvier (kwh)	10008	11400
Fevrier (kwh)	9341	10640
Mars (kwh)	10008	15200
Avril (kwh)	30024	32400
Mai (kwh)	0	0
Juin (kwh)	0	0
Juillet (kwh)	0	0
Aout (kwh)	0	0
Septembre (kwh)	0	0
Octobre (kwh)	0	32400
Novembre (kwh)	30024	11400
Decmebre (kwh)	10008	11400
Module PV	156-350l+ Xm72/	156-350l+ Xm72/
Modèle de Batterie	Powerwall2	Powerwall2

Les résultats des deux simulations concernant les composants des deux systèmes (modules, batteries, onduleur) sont illustrées dans le **tableau .V.2** .

Tableau .V.2: Paramètres des dimensionnement des pivots modernes.

	Caractéristiques du banc de batterie	Nombre de modules PV	Surface modules (m^2)	Onduleur Universel
Pivot 01	5 en série 70 en parallèle	9 en série 45 en parallèle	792	Contrôleur universel avec convertisseur MPPT
Pivot 02	5 en série 75 en parallèle	9 en série 47 en parallèle	892	Contrôleur universel avec convertisseur MPPT

Tableau .V.3: Bilans et résultats principaux sur pivot 01

Nouvelle variante de simulation
Bilans et résultats principaux

	GlobHor kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	E_Avail kWh	EUnused kWh	E_Miss kWh	E_User kWh	E_Load kWh	SolFrac
Janvier	119.2	191.8	23891	11323	0	10008	10008	1.000
Février	129.7	181.5	22442	12512	0	9341	9341	1.000
Mars	187.9	225.3	27048	16386	0	10008	10008	1.000
Avril	214.7	220.5	25165	0	2671	27353	30024	0.911
Mai	244.0	220.3	26031	22293	0	0	0	1.000
Juin	240.3	206.5	24230	23953	0	0	0	1.000
Juillet	247.7	218.5	24994	24708	0	0	0	1.000
Août	222.6	217.7	25009	24723	0	0	0	1.000
Septembre	180.1	199.8	23552	23274	0	0	0	1.000
Octobre	149.7	195.0	23598	23312	0	0	0	1.000
Novembre	122.0	188.1	22160	140	5593	24431	30024	0.814
Décembre	106.9	180.0	22267	8189	0	10008	10008	1.000
Année	2164.9	2445.0	290387	190813	8264	91149	99413	0.917

Tableau .V.4: Bilans et résultats principaux sur pivot 02

Nouvelle variante de simulation
Bilans et résultats principaux

	GlobHor kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	E_Avail kWh	EUnused kWh	E_Miss kWh	E_User kWh	E_Load kWh	SolFrac
Janvier	119.2	195.1	24719	10565	0	11400	11400	1.000
Février	129.7	183.5	23095	11810	0	10640	10640	1.000
Mars	187.9	226.0	27387	11396	0	15200	15200	1.000
Avril	214.7	219.2	25586	0	4460	27940	32400	0.862
Mai	244.0	217.3	26263	22188	0	0	0	1.000
Juin	240.3	203.1	24391	24094	0	0	0	1.000
Juillet	247.7	215.0	25181	24874	0	0	0	1.000
Août	222.6	215.8	25354	25047	0	0	0	1.000
Septembre	180.1	199.6	24048	23751	0	0	0	1.000
Octobre	149.7	196.5	22824	187	6374	26026	32400	0.803
Novembre	122.0	191.0	23370	6905	0	11400	11400	1.000
Décembre	106.9	183.4	23311	11177	0	11400	11400	1.000
Année	2164.9	2445.3	295528	171993	10834	114006	124840	0.913

Les **tableau .V.3.** et **tableau .V.4.** résume les bilans et les résultats principaux. Notant que l'indice de performance (PR) est défini par le rapport de la production du système (y_f) par l'énergie incidente de référence (y_r), donc cet indice est un chiffre exprime la qualité générale de système ou le rendement en fonction de la puissance installée. Il peut attient 80% dans les meilleures installations et dans les pays tempéré . Aussi, La fraction solaire totale (SF) est un paramètre important pour l'évaluation de system PV. Elle est donnée comme suit $SF = E_{utile} / E_{besoin}$.

Les deux tableaux montrent également l'énergie manquante dans les deux systèmes en raison de la consommation maximale d'énergie pendant ces deux mois.

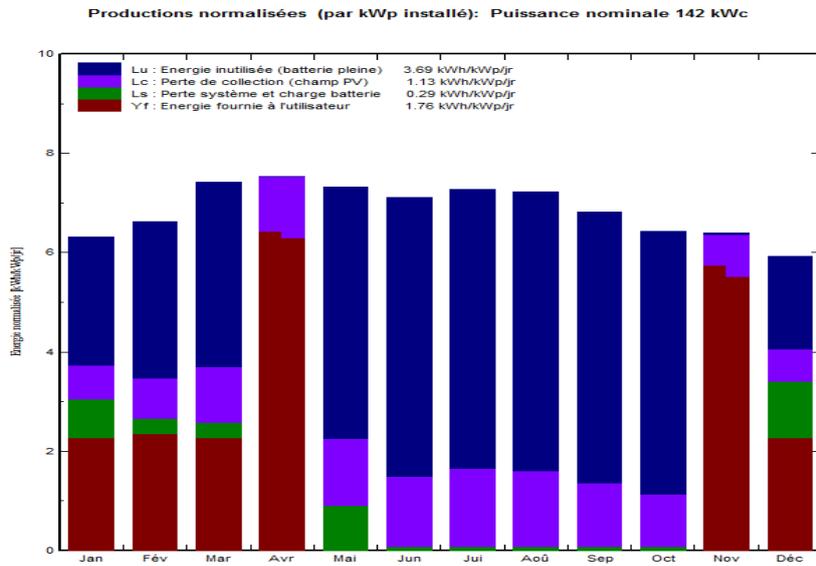


Figure .V.2: Les productions normalisées de pivot 01.

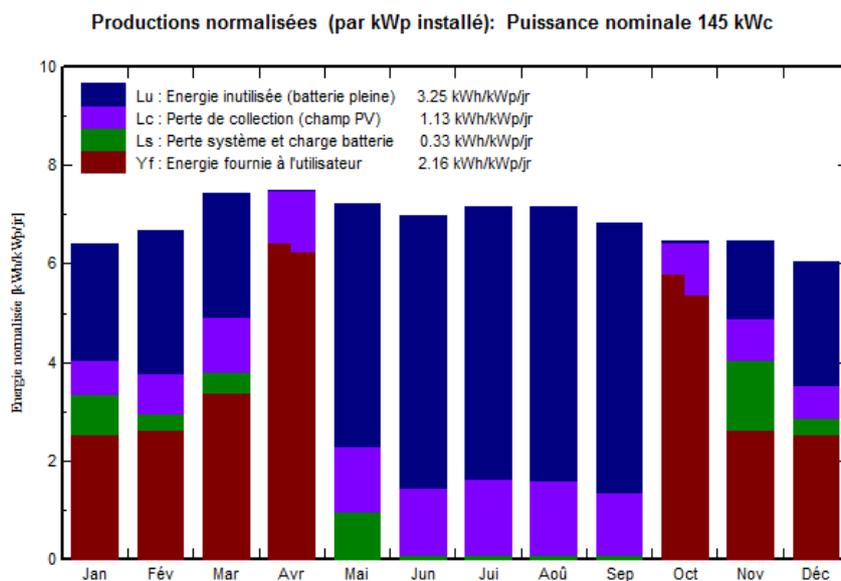


Figure .V.3: Les productions normalisées de pivot 02.

La **figure .V.2** et **figure .V.3** montre l'énergie mensuelle produite par le champ photovoltaïque donnée par le logiciel **PVsys** et Les pertes Lc et Ls et Lu sont des pertes correspondant respectivement au champ PV, au système de stockage et à l'énergie non utilisée.

V.4. Dimensionnement du système photovoltaïque pour le pivot traditionnel.

Le **tableau .V.5** présente les consommations mensuelles des deux pivots traditionnels (3) et (4) et qui représentent les données d'entrées pour le **PVsys** comme étant les charges des systèmes.

Tableau .V.5: les consommations mensuelles pour Les deux pivots traditionnels.

	Pivot 03	Pivot 04
Janvier (kwh)	1268	0
Fevrier (kwh)	1014	0
Mars (kwh)	0	.0
Avril (kwh)	0	0
Mai (kwh)	0	0
Juin (kwh)	0	0
Juillet (kwh)	0	0
Aout (kwh)	1268	107
Septembre (kwh)	1268	651
Octobre (kwh)	1268	1085
Novembre (kwh)	1268	1085
Decmebre (kwh)	951	217
Module PV	156-350l+ Xm72/	156-350l+ Xm72/
Modèle de Batterie	Powerwall2	Powerwall2

Les résultats des deux simulations concernant les composants des deux systèmes (modules, batteries, onduleur) sont illustrées dans les **tableau .V.6** .

Tableau .V.6: Paramètres des dimensionnement des pivots traditionnels.

	Caractéristiques du banc de batterie	Nombre de modules PV	Surface modules (m ²)	Onduleur Universel
Pivot 03	15 en parallèle	2 en série 12 en parallèle	46.9	Contrôleur universel avec convertisseur MPPT
Pivot 04	13 en parallèle	2 en série 9 en parallèle	35.2	Contrôleur universel avec convertisseur MPPT

Tableau .V.7: Bilans et résultats principaux sur pivot 03

Nouvelle variante de simulation
Bilans et résultats principaux

	GlobHor kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	E_Avail kWh	EUused kWh	E_Miss kWh	E_User kWh	E_Load kWh	SolFrac
Janvier	113.6	187.1	1060	973	0.0	0	0	1.000
Février	124.7	176.5	991	982	0.0	0	0	1.000
Mars	180.0	217.4	1186	1175	0.0	0	0	1.000
Avril	198.6	204.5	1102	1092	0.0	0	0	1.000
Mai	234.8	213.6	1128	1118	0.0	0	0	1.000
Juin	236.6	204.3	1061	1051	0.0	0	0	1.000
Juillet	244.0	216.8	1099	1089	0.0	0	0	1.000
Août	218.8	215.4	1088	969	0.0	107	107	1.000
Septembre	175.6	197.4	995	321	0.0	651	651	1.000
Octobre	145.2	190.7	967	0	28.3	1057	1085	0.974
Novembre	116.8	183.8	962	0	154.3	931	1085	0.858
Décembre	99.9	171.3	956	572	0.0	217	217	1.000
Année	2088.5	2378.8	12596	9340	182.6	2962	3145	0.942

Tableau .V.8: Bilans et résultats principaux sur pivot 04

Nouvelle variante de simulation
Bilans et résultats principaux

	GlobHor kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	E_Avail kWh	EUused kWh	E_Miss kWh	E_User kWh	E_Load kWh	SolFrac
Janvier	113.6	187.1	1338	0	0.000	1268	1268	1.000
Février	124.7	176.5	1254	145	0.000	1014	1014	1.000
Mars	180.0	217.4	1580	1555	0.000	0	0	1.000
Avril	198.6	204.5	1469	1457	0.000	0	0	1.000
Mai	234.8	213.6	1505	1493	0.000	0	0	1.000
Juin	236.6	204.3	1415	1403	0.000	0	0	1.000
Juillet	244.0	216.8	1466	1454	0.000	0	0	1.000
Août	218.8	215.4	1381	78	0.000	1268	1268	1.000
Septembre	175.6	197.4	1302	8	0.000	1268	1268	1.000
Octobre	145.2	190.7	1287	5	0.000	1268	1268	1.000
Novembre	116.8	183.8	1281	0	0.000	1268	1268	1.000
Décembre	99.9	171.3	1239	158	0.000	951	951	1.000
Année	2088.5	2378.8	16518	7756	0.000	8305	8305	1.000

Les **tableau .V.7. tableau .V.8** résume les bilans et les résultats principaux. Notant que l'indice de performance (PR) est défini par le rapport de la production du système (y_f) par l'énergie incidente de référence (y_r), donc cet indice est un chiffre exprime la qualité générale de système ou le rendement en fonction de la puissance installée. Il peut attient 80% dans les meilleures installations et dans les pays tempéré .Aussi, La fraction solaire totale (SF) est un paramètre important pour l'évaluation de system PV. Elle est donnée comme suit $SF = E_{utile} / E_{besoin}$.

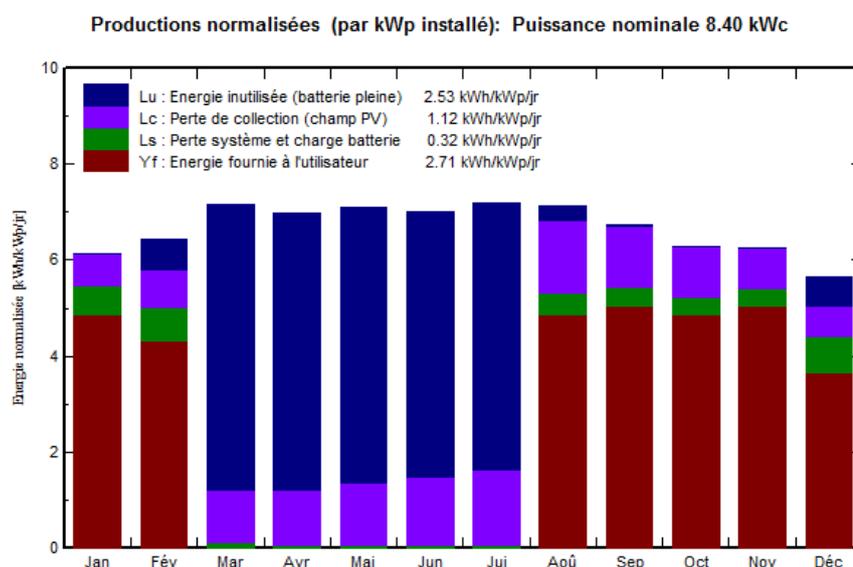


Figure .V.4:Les productions normalisées de pivot 03.

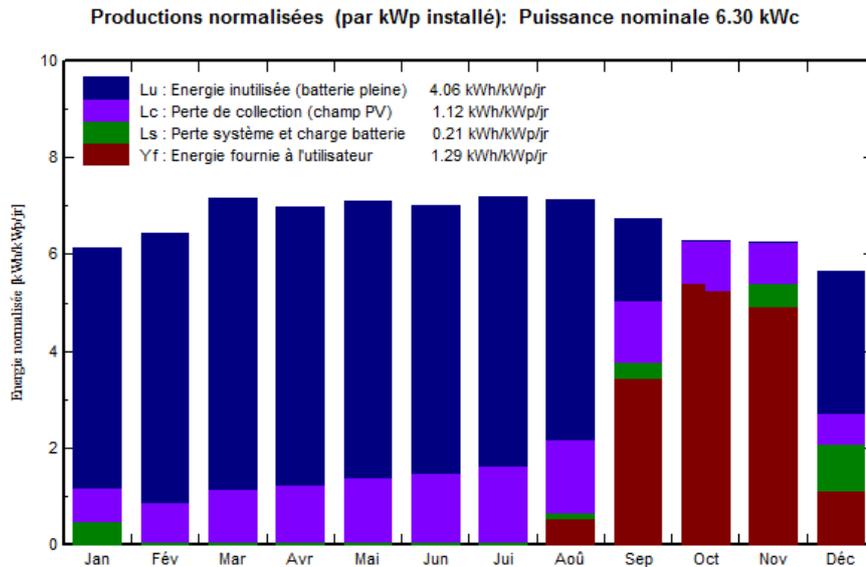


Figure .V.5:Les productions normalisées de pivot 04.

La **figure .V.4** et **figure .V.5** montre l'énergie mensuelle produite par le champ photovoltaïque donnée par le logiciel **PVsys** et Les pertes Lc et Ls et Lu sont des pertes correspondant respectivement au champ PV, au système de stockage et à l'énergie non utilisée.

V.5. Discussion des résultats

A partir des résultats obtenues nous remarquons que les énergies fournies par les systèmes photovoltaïque étudiés sont proportionnelles aux consommations des pivots est cela du à la différence de volume horaire d'arrosage.

Nous soulignons que la consommation d'énergie du pivot (2) est plus élevée que celle du pivot (1) et cela du au volume horaire d'arrosage le plus important de l'orge que le blé. Comme pour les pivots traditionnels, la récolte d'ail dans le pivot (3) nécessite un volume horaire plus important que la culture de pomme de terre dans le pivot (4) et donc la consommation d'énergie est supérieure.

Il est évidant que les deux systèmes photovoltaïque simulés pour les pivots d'arrosage modernes et traditionnels diffèrent considérablement en ce qui concerne le nombre de panneaux, la puissance du convertisseur et le système de stockage en raison de la grande différence de dimensions entre eux.

Pour assurer la faisabilité technique de cette technologie et pour une exploitation optimal de l'énergie solaire il faut orienter vers des études approfondies qui prend en considération la combinant des caractéristiques du système de pivot central, les besoins en eau des cultures, l'état de l'humidité du sol en tenant compte des facteurs climatiques et de gestion, la puissance du générateur PV et les performances de la batterie. Un tel modèle est nécessaire pour analyser avec précision les performances potentielles du système, conduisant à des spécifications de conception de système PV appropriées pour un système d'irrigation à pivot central.

V.6. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté le logiciel **PVsyst**, c'est un outil très adapté pour le dimensionnement complet des systèmes photovoltaïque. Pour la simulation d'un projet à l'aide de **PVsyst** les données d'entrée et les sorties du logiciel sont bien présentées et expliquées. Les résultats des simulations sont illustrées dans des tableaux et des graphes. On peut dire que ces résultats nous permettent de construire des systèmes photovoltaïques à moindre coûts et avec des rendements optimaux.

Conclusión General

Conclusion Générale

Dans le cadre de ce mémoire nous avons fait une étude sur le dimensionnement d'un système photovoltaïque autonome pour alimenter un système d'irrigation à pivot central installé dans le sud de la paye en se basant sur des résultats expérimentaux. Dans notre étude, nous avons présenté un aperçu général des propriétés des composants d'un système de pivot d'irrigation à énergie solaire, les composants de deux types de pivot d'arrosages modernes et conventionnels ont d'abord été présentés, puis les composants de la centrale solaire alimentant cette dernière dans ce travail quatre pivots ont été choisis, deux pivots modernes des grandes dimensions installés à El-hadjera et deux pivots traditionnels des petites dimensions installés à El-oued. La puissance instantanée et la consommation journalière nécessaires pour le dimensionnement du système photovoltaïque autonome de chaque pivot ont été mesurées par l'utilisation d'un analyseur de réseaux électriques triphasés d'après des exploitations agricoles utilisant ces pivots.

Parmi les programmes disponibles pour ce type de calcul, nous avons choisi le logiciel **PVsystem**, afin d'obtenir les éléments de base de ce système photovoltaïque autonome. Les résultats obtenus sont satisfaisants par rapport aux résultats des applications existantes sur le terrain. Mais étant donné le coût élevé de l'énergie photovoltaïque, qui est l'un de ses inconvénients, il appartient à l'État de s'occuper de cette ampleur des investissements. D'autre part, les agriculteurs peuvent être en mesure d'exploiter ce type d'énergie renouvelable pour l'entraînement de leurs pivots.

On conclut que ce travail nécessite des études expérimentales sur la performance des systèmes photovoltaïques, ce qui nécessite un soutien de matériel.

Au rang des perspectives

Etude de stockage de l'eau dans des réservoirs afin de minimiser le stockage de l'électricité dans les batteries.

Références bibliographiques

Références Bibliographiques

- [1] L.Zella, "l'irrigation par aspersion" office des publication universitaires, 2017.
- [2] BEKKAIR A. et DRENI M, "Etude de la production d'une variété de blé tendre (var. ccinia), " 1995.
- [3] Peyvieux, Eric. Analyse du comportement mécanique et optimisation de forme d'une travée de pivot d'irrigation. Diss. Bordeaux 1, 1997.
- [4] Rieul, Léopold, "Irrigation guide pratique, " Editions Quae, 2003.
- [5]www.anabib.com.
- [6] Ait Cheikh, Mohamed Salah. Etude, investigation et conception d'algorithmes de commande appliqués aux systèmes photovoltaïques. Diss. Ecole Nationale Polytechnique, 2007.
- [7] Rebai, Abdelkrim Ould, et al. "Une innovation incrémentielle: la conception et la diffusion d'un pivot d'irrigation artisanal dans le Souf (Sahara algérien)." Cahiers Agricultures 26.3 (2017): 35005.
- [8] S. Heddoud, S.Madi, "Contribution à la vulgarisation des systèmes photovoltaïques utiliser pour l'irrigation par pivots traditionnels dans la région d'EL OUED." (2018).
- [9] R. Chenni, "Etude technico-économique d'un système de pompage photovoltaïque dans un village solaire," Université Mentouri De Constantine 2007.
- [10] Hersch, Paul, and Kenneth Zweibel. Basic photovoltaic principles and methods. No. SERI/SP-290-1448. Solar Energy Research Inst., Golden, CO (USA), 1982.
- [11] Algieri, Bernardina, Antonio Aquino, and Marianna Succurro. "Going “green”: trade specialisation dynamics in the solar photovoltaic sector." Energy Policy 39.11 (2011): 7275-7283
- [12] Bernard, C., et al. "Station solaire autonome pour l'alimentation des antennes de l'expérience de radio détection à l'Observatoire Pierre Auger." (2006): 22-p.
- [13] Hasni.H," Caractérisation Automatisée d'une cellule solaire, " Université Med Khider Biskra , 2014.
- [14] Petibon, Stéphane. Nouvelles architectures distribuées de gestion et conversion de l'énergie pour les applications photovoltaïques. Diss. Université Paul Sabatier-Toulouse III, 2009.
- [15] Villalva, Marcelo Gradella, Jonas Rafael Gazoli, and Ernesto Ruppert Filho. "Comprehensive approach to modeling and simulation of photovoltaic arrays." IEEE Transactions on power electronics 24.5 (2009): 1198-1208.

- [16] A. Bilbao ‘ Réalisation d'un commande mppt numérique’ mémoire de magister ,université de rovira i virgili ,2006.
- [17] O. Benseddik ,F. Djaloud "étude et optimisation du fonctionnement d'un système photovoltaïque " Mémoire de master, Université Kasdi Merbah- Ouargla,2012.
- [18] H. BELGHITRI " Modélisation, simulation et optimisation d'un système hybride éolien-photovoltaïque, " Université abou-bakr belkaid de tlemcen, mémoire de magister, 2010.
- [19] A. labouret et M. villos préface de jean louis bal "Energie solaire photovoltaïque, " livre 4 édition, 2008.
- [20] Flèche, B., and D. Delagnes. "Energie solaire photovoltaïque." Toulouse. juin (2007).
- [21] M.belhad "Modélisation D'un Système De Captage Photovoltaïque Autonome, " mémoire de magister, université de Bachar ,2008.
- [22] S.ABADA " Etude et optimisation d'un générateur photovoltaïque pour la recharge d'une batterie avec un convertisseur sepic, " Mémoire Magister, Université laval, 2011.
- [23] Luque, Antonio, and Steven Hegedus. "Handbook of Photovoltaic Science and Engineering, by John Wiley & Sons." Chichester, England (2011).
- [24] Mezzai, Mokhtar, Sofiane Mouloudji, and D. Rekioua. Contribution à l'étude d'un système de pompage photovoltaïque. Diss. Université Abderrahmane Mira-Bejaia, 2014.
- [25]: J- Royer, T- Djiako, E- Schiller, B- Sadasy, « Le pompage photovoltaïque » (Manuel de cours à l'intention des ingénieurs et des techniciens), Éditions Multi Mondes (1998).
- [26]Eric peyvieux, analyse du comportement mecanique & optimisation de forme d'une travée de pivot d'irrigation, Thèse de doctorat, université Bordeaux I, 1997.
- [27] M.clement, A.Paul, C.Jean-Claude "Base Technique De L'irrigation Par aspersion" Tec & Doc,2007.
- [28] COSTA, Pascale, and Vincent BOITIER. "Electronique de puissance et électrotechnique." Edition Ellipses (1997).
- [29] M.Degla, B.Ben Ahmed, "Dimensionnement d'un Système de Pompage Photovoltaïque, " Université Kasdi Merbah Ouargla, 2017.
- [30] <http://www.leadshine.com>.
- [31] E. Michel, A. Deves, " Energie photovoltaïque : application au traitement de l'eau potable et des eaux usées en zones rurales, " Edition COSTIC, 2003.

- [32] Roy, Vishwajit, et al. "A Renewable Solution Approach for Center Pivot Irrigation System." 2018 IEEE Rural Electric Power Conference (REPC). IEEE, 2018.
- [33] H. Ahmed, "An approach for design and management of a solar-powered center pivot irrigation system," University of Saskatchewan, 2013.
- [34] H. F. Ahmed and W. Helgason, "Reliability model for designing solar-powered center-pivot irrigation systems," Transactions of the ASABE, vol. 58, no. 4, pp. 947-958, 2015.
- [35] Ahmed, Hafiz Faizan, and Warren Helgason. "IMPACT of Irrigation Management Strategy on Sizing of a Solar-powered Center Pivot Irrigation System." 2013 Kansas City, Missouri, July 21-July 24, 2013. American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2013.
- [36] www.meteoblue.com.
- [37] <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php?map=africa>.
- [38] K.Amara, " contribution a l'étude de conception d'une centrale PV, " mémoire Magister université de Tizi-Ouzou 2015.
- [39] Keller, J., and Bliesner, R.D. (1990). Sprinkle and trickle irrigation. Van Nostrand Reinhold, New York, NY. 652 pp.
- [40] Evan Derdall« Best Management Practices of A Solar Powered Mini-Pivot for Irrigation of High Value Crops» Master of Science University of Saskatchewan Saskatoon, Saskatchewan 2008.
- [41] Mohamed Lakhdar LOUAZENE « Étude technico-économique d'un système de pompage photovoltaïque sur le site d'Ouargla» mémoire de magister université el hadj lakhdar batna 2008.
- [42] A. GUERRAH, A. HAMIDAT, M. BRIK, and Y. SAADALLAH, "Contribution de l'énergie solaire photovoltaïque à l'alimentation des pivots d'irrigation : Cas du pivot ANABIB," presented at the International Symposium on Technology & Sustainable Industry Development, ISTSID'19, February 24-25-26, Echahid Hama Lakhdar University - El-Oued, 2019.
- [43] Karima, A. (2008). Etude des performances des systemes de pompage photovoltaïque destinés pour l'alimentation en eau potable (Doctoral dissertation, Université de Béjaia-Abderrahmane Mira).
- [44] <https://www.google.com/imgres>

Titre du mémoire : UNE APPROCHE DE SOLUTION RENOUEVABLE POUR LE SYSTEME D'IRRIGATION A PIVOT CENTRAL.

Master: Electromécanique.

Auteur: BOUAZZA Khalifa, GUESBA Chouaib, BELILA Abdelhamid.

Mots clés : Pivot Centrale, Irrigation, système photovoltaïque, pompage solaire.

Résumé:

Le secteur de l'agriculture dans le sud de notre pays a connu un développement très important en particulier par l'utilisation des pivots centraux. Il en résulte que l'exploitation massive de ces systèmes d'irrigation exige une alimentation très élevée en énergie électrique. Vu l'ensoleillement très présent en Algérie l'utilisation de l'énergie solaire sur des sites isolés pour différentes applications telles que le pompage d'eau est devenu très important. Ce travail porte sur l'exploitation de l'énergie photovoltaïque en tant qu'approche pour alimenter ces rampes rotatives. Quatre exploitations agricoles contenant quatre pivots, deux pivots modernes du type ANABIB et deux pivots traditionnels installés respectivement à El-hadjera et El-oued, ont été choisis pour valoriser expérimentalement leur consommation. Le logiciel PVsys a été utilisé pour simuler le système photovoltaïque de chacun des pivots.

Report title : A RENEWABLE SOLUTION APPROACH FOR THE CENTRAL PIVOT IRRIGATION SYSTEM.

Keywords: Central Pivot, Irrigation, photovoltaic system, solar pumping.

Abstract:

The agriculture sector in the south of our country has experienced a very important development, particularly through the use of central pivots. As a result, the massive exploitation of these irrigation systems requires a very high power supply. Given the sunshine present in Algeria, the use of solar energy on isolated sites for different applications such as pumping water has become very important. This work focuses on the exploitation of photovoltaic energy as an approach to power these rotary ramps. Four farms containing four pivots, two modern pivots of the ANABIB type and two traditional pivots installed respectively in El-hadjera and El-oued, were chosen to experimentally valorize their consumption. The PVsys software was used to simulate the photovoltaic system of each of the pivots.

عنوان المذكرة: منهج الحل المتجدد لنظام الري المحوري المركزي.

الكلمات المفتاحية: المحور المركزي ، الري ، النظام الكهروضوئي ، الضخ بالطاقة الشمسية.

ملخص:

يشهد القطاع الزراعي في جنوب بلدنا تطوراً هاماً للغاية ، لا سيما من خلال استخدام المحاور المركزية. و نتيجة لذلك ، يتطلب الاستغلال الهائل لأنظمة الري هذه تغذية بالطاقة الكهربائية عالية جداً. و نظراً لأشعة الشمس المعتبرة الموجودة في الجزائر ، أصبح استخدام الطاقة الشمسية في مواقع معزولة لتطبيقات مختلفة مثل ضخ المياه أمراً بالغ الأهمية. يركز هذا العمل على استغلال الطاقة الكهروضوئية كمنهج لتغذية هذه السلاسل الدوارة. تم اختيار أربعة مزارع تحتوي على أربعة محاور ، محورين حديثين من النوع ANABIB ومحورين تقليديين موجودين على التوالي في الحجيرة والوادي ، لتقدير استهلاكهم للطاقة الكهربائية بشكل تجريبي. تم استخدام برنامج PVsys لمحاكاة النظام الكهروضوئي لكل من المحاور.

