

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'étude

Présenté pour l'obtention du diplôme de

MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Sciences et Technologies

Filière : Electromécanique

Spécialité : Electromécanique

Thème

Dimensionnement d'une station photovoltaïque pour les
pivots

Devant le jury composé de :

Présenté par :

Mr. MILOUDI Khaled Président
Dr. LOUAMER Mosbah Examineur
Dr. GUERRAH Ayoub Encadreur
Mr. BRIK Mohammed Co-encadreur

- CHBBI Elhadi
- ZERGUINE Chemseddine
- DJABER Abdeljalil

2019-2020

Remerciements

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

*Mes sincères gratitude à notre encadreur **Mr. GUERRAH Ayoub** pour la qualité de son enseignement, ses conseils et son intérêt incontestable.*

*Nous remercions sincèrement **Mr. Brik Mohammed** de nous avoir aidés à réaliser ce travail.*

Nous remercions l'ensemble des professeurs de département du génie mécanique L'université d'Echahid Hamma Lakhdar El-oued , pour leur patience, leurs conseils de plein de sens et pour le suivi et l'intérêt qu'ils ont portaient à mes travaux.

Dans l'impossibilité de citer tous les noms, nos sincères remerciements vont à tous ceux et celles.

*Nous adressons également nos sincères remerciements aux membres de nos familles qui n'ont jamais hésité à nous offrir le meilleur d'eux-mêmes, et surtout les **parents** qui ont supporté les frais de nos études.*

Dédicace

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Tout d'abord je tiens à remercier le tout puissant de m'avoir donné le courage et la patience pour arriver à ce stade afin de réaliser ce travail.

que Je dédie :

A ma très chère mère, qui n'a jamais cessé de prier pour moi. A mon très cher père, pour ses encouragements. A mes très chères frères. A toute ma grande famille : ZERGUINE . A mes meilleurs amis chacun à son nom. A tous mes amis de master promotion

D'ELECTROMECANIQUE . A la fin je dédie très chaleureusement ce mémoire . A tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin pour la réalisation de ce travail.

Chemseddine

Dédicace

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Tout d'abord je tiens à remercier le tout puissant de m'avoir donné le courage et la patience pour arriver à ce stade afin de réaliser ce travail.

que Je dédie :

A ma très chère mère, qui n'a jamais cessé de prier pour moi. A mon très cher père, pour ses encouragements. A mes très chères frères. A toute ma grande famille : CHABBI . A mes meilleurs amis chacun à son nom. A tous mes amis de master promotion D'ELECTROMECANIQUE . A la fin je dédie très chaleureusement ce mémoire . A tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin pour la réalisation de ce travail.

Elhadî

Dédicace

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Tout d'abord je tiens à remercier le tout puissant de m'avoir donné le courage et la patience pour arriver à ce stade afin de réaliser ce travail.

que Je dédie :

A ma très chère mère, qui n'a jamais cessé de prier pour moi. A mon très cher père, pour ses encouragements. A mes très chères frères. A toute ma grande famille : DJABER . A mes meilleurs amis chacun à son nom. A tous mes amis de master promotion D'ELECTROMECANIQUE . A la fin je dédie très chaleureusement ce mémoire . A tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin pour la réalisation de ce travail.

Abdeljalil

Sommaire

LISTE DES FIGURES	I
LISTE DES TABLEAUX.....	III
LISTE DE SYMBOLES	V
INTRODUCTION GENERALE	1

CHAPITRE I : ETAT DE L'ART

I.1. INTRODUCTION	4
I.2. IRRIGATION DANS LE SUD D'ALGERIE.....	4
I.3. DESCRIPTION ELECTRIQUE D'UN PIVOT ARTISANAL	5
I.4. DESCRIPTION ELECTRIQUE D'UN PIVOT MODERN	5
I.5. COMPOSANTS DU SYSTEME D'ALIMENTATION PHOTOVOLTAÏQUE (PV).....	7
I.5.1. PANNEAU PHOTOVOLTAÏQUE.....	7
I.5.2. CONTROLEUR ET ONDULEUR	8
I.5.3. STOCKAGE DE LA BATTERIE.....	10
I.6. POMPAGE SOLAIRE	11
I.6.1 PRINCIPE DE LA POMPE A EAU SOLAIRE	11
I.6.2. TYPES DE POMPES A EAU SOLAIRES.....	12
I.7. PIVOT SOLAIRE	16
I.8. CONCLUSION.....	17

CHAPITRE II : CONCEPTION D'UN SYSTEME D'IRRIGATION A PIVOT SOLAIRE

II.1. INTRODUCTION.....	19
II.2. GISEMENT SOLAIRE EN ALGERIE	19

II.3. GESTION DE L'IRRIGATION.....	20
II.4. BILAN ENERGETIQUE.....	24
II.4.1. ÉNERGIE PRODUITE	24
II.4.2. ÉNERGIE REQUISE	25
II.4.3. ÉNERGIE STOCKEE:	28
II.5. DIMENSIONNEMENT DE L'INSTALLATION DE POMPAGE PV.....	28
II.5.1. ÉVALUATION DES BESOINS EN EAU	29
II.5.2. CALCUL DE L'ENERGIE HYDRAULIQUE NECESSAIRE	29
II.5.3. CALCUL DE L'ENERGIE ELECTRIQUE QUOTIDIENNE REQUISE.....	31
II.5.4. DETERMINATION DE L'ENERGIE SOLAIRE DISPONIBLE	32
II.5.5. CHOIX DES COMPOSANTS.....	32
II.6 CONCLUSION	35

CHAPITRE III : ETUDE EXPERIMENTALE

III.1 INTRODUCTION.....	36
III.2 PRESENTATION DES ZONES D'ETUDE.....	36
III.3. ÉNERGIE REQUISE POUR LES PIVOTS.....	38
III.3.1. RESULTATS DES MESURES	39
III.3.2. DISCUSSION.....	42
III.4. ÉNERGIE PRODUITE PAR DES STATIONS	43
III.4.1. RESULTATS DES MESURES	45
III.4.2. DISCUSSION.....	49
III.5.CONCLUSION	51

CHAPITRE IV : DIMENSIONNEMENT D'UN PIVOT SOLAIRE

IV.1. INTRODUCTION	52
---------------------------------	-----------

IV.2. CAS DE DIMENSIONNEMENT	52
IV.2.1 CAS DE DIMENSIONNEMENT 1.....	53
IV.2.2 CAS DE DIMENSIONNEMENT 2.....	53
IV.2.3 CAS DE DIMENSIONNEMENT 3.....	53
IV.2.4 CAS DE DIMENSIONNEMENT 4.....	54
IV.3. RESULTATS	54
IV.4. DISCUSSION.....	62
IV.5. CONCLUSION.....	62
CONCLUSION GENERALE	63
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	64
ANNEXE A.....	67
ANNEXE B	69
ANNEXE C.....	70
ANNEXE D.....	72

Liste des figures

CHAPITRE I : ETAT DE L'ART

Figure I.1:Le côté électrique de pivot artisanal.....	5
Figure I.2: Le côté électrique de pivot d'irrigation moderne.	6
Figure I.3:Représentation synoptique de la structure d'un système photovoltaïque avec stockage	7
Figure I.4: principe de panneau photovoltaïque	8
Figure I.5: schéma de contrôleur de système photovoltaïque	9
Figure I.6: schéma de convertisseur de système photovoltaïque.	9
Figure I.7:schéma électrique équivalent pour un élément de batterie	10
Figure I.8: Schéma d'un système de pompage d'eau solaire photovoltaïque à couplage direct avec MPPT	12
Figure I.9: Schéma de principe d'un système de pompage d'eau PV DC à couplage direct.....	13
Figure I.10: Schéma fonctionnel d'un système de pompage d'eau PV AC.....	13
Figure I.11: Schéma de principe d'un système de pompage d'eau PV avec stockage par batterie[13].....	14
Figure I.12: profil du pivot central d'irrigation ANABIB étudié	17

CHAPITRE II : CONCEPTION D'UN SYSTEME D'IRRIGATION A PIVOT SOLAIRE

Figure II. 1:Irradiation solaire globale reçu sur plan incliné en Algérie.....	20
Figure II. 2:Caractéristiques d'un module PV.....	24
Figure II. 3: Présentation de l'angle d'inclinaison du panneau solaire par rapport à la surface de la terre.	32

CHAPITRE III : ETUDE EXPERIMENTALE

Figure III. 1: présentation de zones d'étude Hassi Khalifa et ElHadjira.	37
Figure III. 2: Schéma de Pivot d'irrigation moderne dans la région d'El Hadjira.	39
Figure III. 3: L'intensité du courant évoluée en fonction du temps des pivots (1,2,4et5).	40
Figure III. 4 : L'intensité du courant évolué en fonction du temps des pivots (6,7et 8).	41
Figure III. 5: Schéma de la centrale de production d'électricité PV raccordée au réseau de distribution	45
Figure III. 6: Courbes de changement de Rayonnement global en fonction du temps.	45
Figure III. 7: Présentation de changement de température en fonction du temps.	46
Figure III. 8: Présentation de changement d'humidité en fonction du temps.	46
Figure III. 9: Présentation de changement de vitesse de vent en termes de temps.	47
Figure III. 10 : Présentation de changement de pression en fonction du temps.	47
Figure III. 11: Présentation de changement de puissance consommé en fonction du temps.	48
Figure III. 12: Présentation de changement de puissance totale en termes de temps.	48

CHAPITRE IV : DIMENSIONNEMENT D'UN PIVOT SOLAIRE

Figure IV 1 Organigramme des cas de dimensionnement	53
Figure IV 2: Présentation de la variation de Surface modules de pivot 01	55
Figure IV 3: Présentation de la variation de Surface modules de pivot 02.	56
Figure IV 4: Présentation de la variation de Surface modules de pivot 04.	57
Figure IV 5: Présentation de la variation de Surface modules de pivot 05.	58
Figure IV 6: Présentation de la variation mensuelle des énergies de pivot 01.	59
Figure IV 7: Présentation de la variation mensuelle des énergies de pivot 04.	60

Liste des tableaux

CHAPITRE I : ETAT DE L'ART

Tableau I 1 :Résumé des études d'évaluation des performances du système de pompage d'eau PV.....	14
--	----

CHAPITRE II : CONCEPTION D'UN SYSTEME D'IRRIGATION A PIVOT SOLAIRE

Tableau II. 1: Valeurs approximatives des besoins en eau des cultures saisonnières.....	21
Tableau II. 2:Effet des principaux facteurs climatiques sur les besoins en eau des cultures....	21
Tableau II. 3:Besoins quotidiens moyens en eau pour les pelouses standard pendant la saison d'irrigation (mm).	22
Tableau II. 4:Besoins en eau des cultures en période de pointe de diverses cultures par rapport à la culture de graminées standard.	22
Tableau II. 5:Valeurs indicatives de la période de croissance totale.....	23

CHAPITRE III : ETUDE EXPERIMENTALE

Tableau III .1: Caractéristiques des deux régions Hassi Khalifa et El hadjira.	38
Tableau III.2:Résultats des mesures de consommation d'énergie pour pivots d'irrigation.....	41
Tableau III.3:Résultats des mesures de la valeur maximale du courant (Imax) d'une motopompe.....	41
Tableau III. 4:Résultats des mesures de la valeur maximale du courant (Imax) d'une moteur	42
Tableau III.5: montrant Les centrales des énergies Photovoltaïque en Algérie sont les suivantes.....	43

CHAPITRE IV : DIMENSIONNEMENT D'UN PIVOT SOLAIRE

Tableau IV. 1: Le nombre de pivot d'irrigation pouvant être exploités à partir de la centrale photovoltaïque d'El Hadjira.....	61
--	----

Liste de symboles

ET_c	les besoins en eau d'une culture	[mm / jour]
k_c	le "facteur de recadrage".	
ET_o	évapotranspiration de la culture de référence	[mm / jour]
N_{pc}^m	nombre de cellules connectées en parallèle	
N_{sc}^m	nombre de cellules connectées en série	
$I_{cc,f}^c$	courant de court-circuit de fonctionnement	[A]
V_f^m	tension de fonctionnement	[V]
$V_{oc,f}^c$	tension en circuit ouvert de la cellule aux conditions de	[V]
R_{rs}^c	résistance série équivalente de la cellule	[V A ⁻¹]
$V_{b,f}^c$	tension aux bornes de la cellule aux conditions de	[V]
ρ :	densité de l'eau	[1000kg/m ³]
g :	gravité terrestre	[m/s ²]
Q	volume d'eau	[m ³ /jour]
HMT	hauteur manométrique totale	[m]
R_n :	rayonnement net entrant	[MJ m ⁻² d ⁻¹]
G	Densité de flux thermique du sol	[MJ m ⁻² d ⁻¹]
T	température moyenne de l'air à 1,5 à 2,5 m de hauteur	[°C]
U_2	vitesse moyenne journalière	[m s ⁻¹]
e_s	du vent à 2 m de hauteur	[KPa]
e_a	pression de vapeur saturante à 1,5 à 2,5 m de hauteur	[KPa]
Δ	pente de la courbe pression de vapeur-température de	[KPa ° C ⁻¹]
γ	constante psychrométrique	[KPa ° C ⁻¹]
C_n	constante du numérateur	
C_d	constante du dénominateur	
I_{bat}	courant de batterie	[A]
Δt	durée	[h]
η_{bat}	efficacité de la batterie	[%]

CB	la capacité de la batterie	[Ah]
IR _n	Besoin net d'irrigation	[mm/jour]
ET _c	évapotranspiration des cultures	[mm/jour]
IR _g	Les besoins gros d'irrigation	[mm/jour]
E	l'efficacité générale du projet par rapport aux pivots	
E _h	énergie hydraulique	[Wh/jour]
H _{MT}	hauteur manométrique totale	[m]
V _a	volume d'eau	[m ³ /jour]
ρ _a	densité de l'eau	[1000 kg/m ³]
H _s	niveau statique	[m]
Q _p	débit d'essai	[m ³ /h]
H _d	niveau dynamique	[m]
Q _A	débit apparent	[m ³]
F	coefficient de friction des parois de la tuyauterie	
V	vitesse moyenne du fluide	[m/s]
L	longueur de la tuyauterie	[m]
D	diamètre de la tuyauterie	[m]
K _{ac}	est un coefficient dépendant du type d'accessoire	
E _e	Energie électrique exprimé en	[Kwh/j]
η _{mp}	Le rendement du groupe motopompe, en général entre 30%	
η _{ond}	Le rendement d'onduleur	
P _c	puissance de sortie sous	[W]
η _g :	rendement du générateur à la température de référence	
A	surface active du générateur	[m ²]
G _{ce}	éclairement dans les CSM	[1000 W/m ²]
η _{PV}	rendement moyen journalier du générateur dans les	
G _{dm} (β)	irradiation moyenne journalière incidente sur le plan des	[kWh/m ² /jour]
F _m	facteur de couplage, au point de puissance maximum.	
γ	coefficient de température des cellules	

T_c	température moyenne journalière des cellules	[°C]
E_h	énergie hydraulique	[W]
η_{Mp}	rendement du groupe moteur-pompe	
η_{ond}	rendement d'Onduleur	
P_c	La puissance crête du générateur	[Wc]
P_m	La puissance du module PV	[W]
V_{ch} :	La tension nominale de la charge	[V]
V_{mp}	La tension à P_{max}	[V]

Introduction générale

Introduction générale

La principale source d'énergie pour les pivots d'irrigation est le réseau public d'électricité, mais il est très coûteux. La production d'énergie électrique est actuellement largement dépendante des sources fossiles (pétrole, gaz naturel, charbon, etc.), ces sources non renouvelables sont considérées comme les causes de la pollution de l'environnement, et comme notre pays contient une forte valeur de rayonnement, il est devenu nécessaire de répondre à ses besoins énergétiques à partir de sources renouvelables. Comme l'énergie photovoltaïque connectée au réseau, qui allège les problèmes de l'investisseur dans ce domaine pour se débarrasser du fardeau de factures exorbitantes et est confortable pour lui, notamment dans le domaine du pompage de l'eau, car cette source peut être utilisée dans tous les domaines disposant de sources d'énergie et du réseau public.

Dans ce travail, on propose une contribution du côté financier et économique en qualifiant les systèmes PV connectés au réseau pour être utilisés dans l'exploitation des pivots d'irrigation traditionnels dans les zones Hassi Khalifa et des pivots d'irrigation modernes dans les zones d'El Hadjira, Conformément aux normes internationales pour le calcul des besoins réels de l'installation. Le présent travail de recherche, a pour objectif de présenter dimensionnement d'une station photovoltaïque pour les pivots d'irrigation à pivot central moderne utilisé dans la wilaya d'Ouargla, et traditionnel dans la wilaya d'El-oued.

Le présent manuscrit est divisé en quatre chapitres :

Le premier chapitre présente des études et recherches antérieures dans le domaine de l'irrigation à pivot, dans lesquelles une explication de l'irrigation dans le sud de l'Algérie est donnée et une description électrique du système d'irrigation à pivot moderne et traditionnel adopté à Hadjira et Hassi Khalifa, en plus d'une explication du pompage de l'énergie solaire et de l'pivot solaire.

Au deuxième chapitre, apprendrons davantage sur la conception d'un système de pivot solaire, de l'énergie solaire, de la gestion de l'irrigation, au processus des étapes impliquées dans la détermination de la taille d'une installation de pompe PV.

Dans le troisième chapitre, des études expérimentales commençant par la définition des deux zones d'étude, déterminant les besoins en énergie électrique et la consommation réelle des Pivots d'irrigation modern et traditionnel, en déterminant les besoins en énergie électrique du système d'irrigation à pivot traditionnel en effectuant des calculs et des comparaisons. Ensuite soustrayant

les résultats réels du système photovoltaïque de la station photovoltaïque pour la zone d'étude à El Hadjira.

Le quatrième chapitre ,Nous effectuerons le dimensionnement de pivot solaire avec différents états de mise à l'échelle, avec une explication de tous les résultats réels du système photovoltaïque.

Chapitre I : Etat de l'art

Chapitre I : Etat de l'art

I.1. Introduction

Le secteur de l'irrigation en Algérie connaît une augmentation significative de l'utilisation des pivots centraux pour irriguer les cultures de céréales et de légumes. Ces machines présentent des nombreux avantages, mais elles sont devenues une charge pour le réseau électrique, il a donc fallu réfléchir à l'inclusion de l'énergie solaire dans ce secteur stratégique. Le pivot solaire représente un saut qualitatif vers l'investissement agricole dans les zones reculées, où l'approvisionnement du réseau est difficile ou coûteux. Depuis près de deux décennies, les prix des composants de l'énergie photovoltaïque ont connu des baisses successives, et du fait de la situation géographique privilégiée de l'Algérie, l'exploitation de cette énergie renouvelable sera une solution prometteuse pour réduire l'utilisation des énergies fossiles.

I.2. Irrigation dans le sud d'Algérie

Le sud de l'Algérie contient de ressources en eau souterraines très importantes provenant des nappes du Continental Intercalaire et du Complexe Terminal, faiblement renouvelables. Compte tenu d'une partie commune entre eaux de surface et eaux souterraines estimée nulle, les ressources renouvelables totales internes seraient de 11 247 millions m³/an[1]. «L'agriculture moderne a été introduite en milieu saharien par la promulgation de la loi portant Accès à la propriété foncière agricole en 1983, Cette nouvelle loi a été motivée par le constat que les politiques agricoles antérieures n'avaient pas réussi à limiter la dépendance alimentaire du pays dans un contexte caractérisé par une forte croissance démographique»[2].

Dans le cadre de la grande mise en valeur agricole dans le Sahara qui s'est développée selon deux types d'attribution foncière : collectif et individuel, le pouvoir algérien a mis en œuvre un vaste programme , on effectuant de lourds investissements(Figure1. Ce projet de développement s' appuie sur la production céréalière sous pivot. Aussi "Pays de Faqara" était l'un des moyens de soutenir le développement agricole du Sahara. Après quelques années une baisse de rentabilité des cultures céréalières sous pivot, comme à la variabilité des prix, les agriculteurs de la grande mise en valeur agricole se sont orientés vers le maraîchage irrigué par rampes-pivots et la plasticulture [3].

Egalement la région de Souf connaît depuis 2000 une importante dynamique agricole illustrée par la production de pomme de terre irriguée par des pivots « artisanaux » avec une

production annuelle de plus de 1 million de tonnes de pomme de terre grâce à 35 000 unités de ces machines d'aspersion artisanaux en 2014[4].

I.3. Description électrique d'un pivot artisanal

Généralement le pivot artisanal est alimenté par l'électricité réseaux, sauf dans les zones reculées où ces réseaux n'existent plus, dans ce cas le générateur diesel prend le rôle de l'alimentation de l'appareil. L'énergie électrique est utilisée au niveau de l'unité de pompage de l'eau et pour le déplacement du système au champ. Le câble électrique alimentant la machine attend le centre avec la canalisation d'eau venant de l'armoire de commande située au niveau de l'unité de pompage. L'armoire de commande où les câbles électriques du groupe motopompe et moteur de traction sont connectés, est équipée d'un coupe-circuit général, des disjoncteurs et d'une minuterie pour l'auto démarrage et arrêt du système.

Le pivot central artisanal est un pivot miniature de petite dimension, se compose d'une seule travée et d'une seule tour. La tour est équipée de deux roues pour l'avancement qui est assurée par un moteur électrique couplé à un réducteur de vitesse, généralement la gamme de puissance des moteurs utilisés est de 0.7 à 1.5CV.

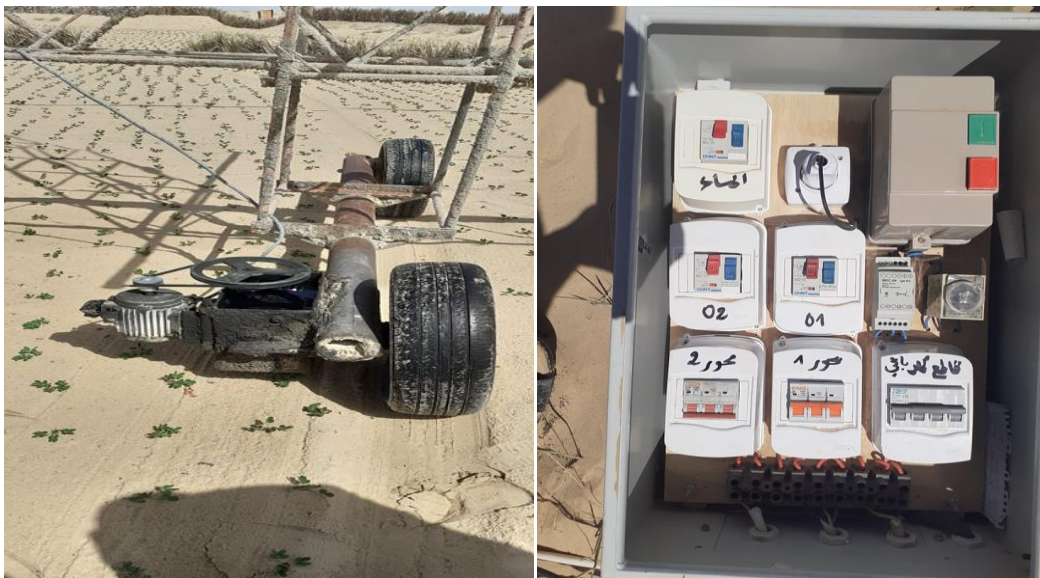


Figure I 1: Le côté électrique de pivot artisanal.

I.4. Description électrique d'un pivot moderne

Dans le système d'irrigation à pivot central, l'énergie électrique est nécessaire pour pomper l'eau et l'appliquer à une pression spécifique pendant une période de temps prédéterminée, car nous comptons sur la zone irriguée, les caractéristiques du système de pivot et la profondeur

d'application de l'eau requise, ainsi que pour faire fonctionner le système et les moteurs. Le Pivot d'irrigation moderne se compose de plusieurs tours jusqu'à 6 ou plus de la même forme et de la même longueur, et chaque tour a son propre moteur avec deux grandes roues et une propriété pour la déplacer correctement. La machine mécanique à pivot central fonctionne complètement automatiquement .

Les motoréducteurs qui entraînent les tours sont constitués d'un moteur électrique asynchrone triphasé et d'un réducteur, il est nécessaire que tous les moteurs de ce système soient les mêmes dans une certaine mesure en fonction de la situation, avec leur puissance allant de 0,5 à 3 CV [5].

Ainsi, il est nécessaire d'amener 380 volts au pied du pivot à moins de 50 Hz avec une puissance correspondant aux besoins de la rampe. Un système installé au pivot appelé « collecteur » est nécessaire pour assurer les liaisons électriques entre le stator et la partie mobile de l'appareil. Tous les appareils électriques «disjoncteurs, connecteurs, appareils de mesure, etc.» doivent être placés dans l'armoire de commande électrique en présence du système électrique et des dispositifs de protection et câblage.

L'alimentation en eau de pivot d'irrigation moderne nécessite une grande énergie électrique, Qui est utilisé pour alimenter des pompes qui pompent l'eau directement du puits vers l'appareil avec un débit variable, de 30 à 50 m³/h pour les petites rampes (2 à 3 travées), les rampes plus importantes allant de 100 à 900 m³/h [6].



Figure I 2: Le côté électrique de pivot d'irrigation moderne.

I.5. Composants du système d'alimentation photovoltaïque (PV)

Le système photovoltaïque (PV) typique pour générer, stocker et fournir de l'énergie au système d'irrigation se compose d'un ensemble de panneaux solaires, d'un contrôleur, d'un onduleur, d'un stockage de batterie et de commutateurs de commande.

Les principaux avantages de ce système sont son respect de l'environnement et l'environnement extérieur, sa faible maintenance, sa longue durée de vie, aucun besoin de carburant et aucun coût pour son fonctionnement, et sa facilité d'installation. Cependant, la technologie présente également certains obstacles comme une faible efficacité, un coût initial élevé et une électronique complexe requise lors de l'utilisation de consoles et de batteries [7].



Figure I 3:Représentation synoptique de la structure d'un système photovoltaïque avec stockage [8]

I.5.1. Panneau Photovoltaïque

Le panneau photovoltaïque consiste en une ou plusieurs unités photovoltaïques constituées de cellules photovoltaïques câblées connectées ensemble en série ou en parallèle pour produire la tension et le courant électrique requis respectivement sous un certain niveau de rayonnement.

Chaque cellule de la plaque contient deux ou plusieurs couches de matériau semi-conducteur lorsqu'elle est exposée à la lumière du soleil, qui produit du courant électrique continu .

Ces couches sont constituées soit d'un film cristallin soit d'un film mince, le cristal est généralement du silicium tandis que le film mince est un métal et de nombreux minéraux sont utilisés à cet effet la tension et le courant produits par le générateur photoélectrique dépendent respectivement du schéma de contact entre les cellules, les unités et l'énergie produite par les panneaux photovoltaïques c'est le produit de la tension et du courant.

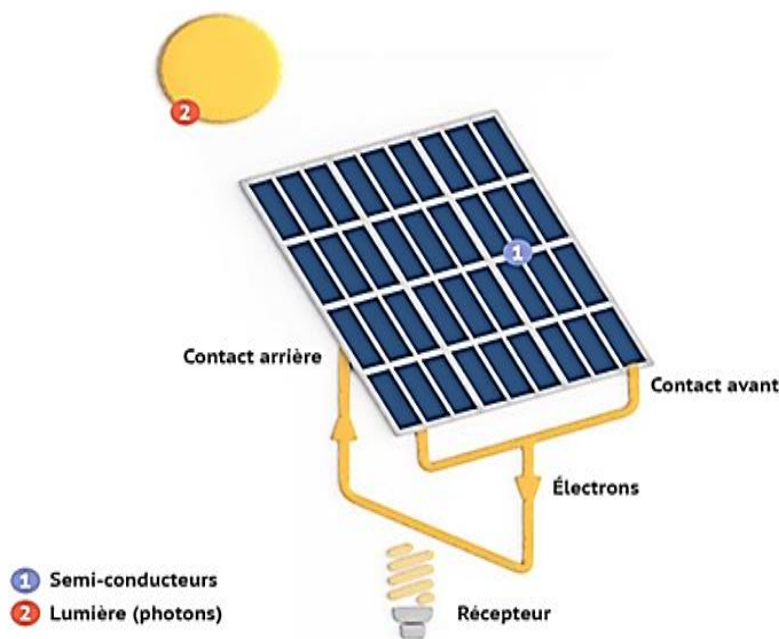


Figure I 4: principe de panneau photovoltaïque [8] .

I.5.2. Contrôleur et onduleur

L'unité de contrôle est un composant de base et très utile du système de pompe PV qui peut effectuer de nombreuses tâches telles que la détermination de la source d'alimentation du chargeur de batterie, le réglage de la tension et du courant pour améliorer les performances de pompage, de sorte que les commutateurs sont automatiquement séparés pour effectuer diverses fonctions telles que la séparation des unités PV avec la pompe et la protection du moteur contre le dessèchement. Lorsque le niveau d'eau dans le puits ou le réservoir est inférieur à la sortie de la pompe et qu'il peut arrêter la pompe lorsque le réservoir est plein , L'unité de contrôle contient une électronique sophistiquée qui en fait le composant le plus vulnérable du système PV car il doit fonctionner dans différentes conditions environnementales [7] .

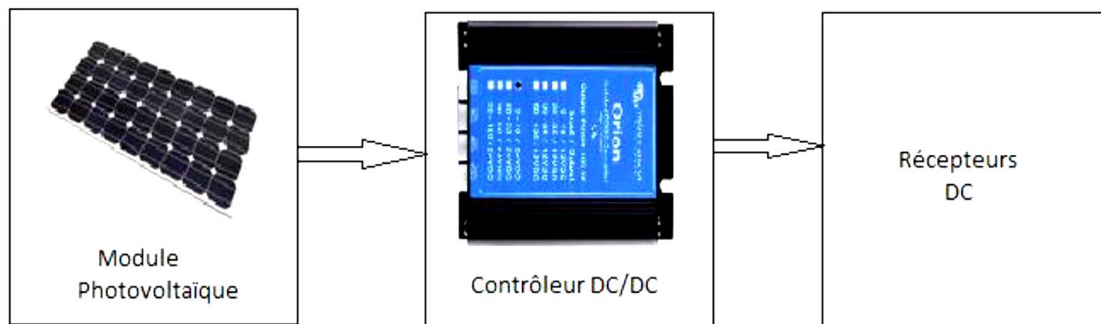


Figure I 5: schéma de contrôleur de système photovoltaïque [8] .

Il y a trois types d'unités de commande de pompe photoélectrique peuvent être utilisés pour contrôler l'énergie absorbée: Point de puissance maximale (PPM), Surveillance de tension constante et Réglage de fréquence ou de fréquence , En mode de point de puissance maximale, la tension et le courant produits par le panneau photovoltaïque sont ajustés pour produire la puissance maximale dans certaines conditions .En mode de tension constante, le générateur photoélectrique fonctionne à une tension constante quel que soit le PPM. En mode de réglage tension ou fréquence, la tension du générateur photoélectrique est ajustée par l'unité de contrôle en fonction de la valeur de fréquence de sortie afin de maintenir une tension ou fréquence fixe , Le courant continu (CC) est produit par le générateur PV tandis que de nombreux moteurs couplés à la pompe nécessitent un courant alternatif (CA); par conséquent, des onduleurs sont utilisés pour convertir le courant CC en CA. Les pertes de puissance causées par l'onduleur peuvent varier de 10% à 20% [7] .



Figure I 6: schéma de convertisseur de système photovoltaïque[8].

I.5.3. Stockage de la batterie

Le processus de stockage d'énergie se produit dans la batterie lorsque le générateur photovoltaïque produit plus d'énergie que l'unité de pompage qui a besoin de deux types de batteries, au plomb-acide et au nickel-fer, qui peuvent être utilisées avec des applications photovoltaïques. Les batteries au fer et au nickel ne sont pas préférées en raison du taux élevé d'autodécharge [9]. La charge et la décharge de la batterie au plomb sont régularisées par l'unité de contrôle de charge. Plusieurs procédures ont été identifiées au fil des ans pour évaluer les performances des batteries. Batterie en raison de sa simplicité et de ses faibles exigences en matière de paramètres[10].

Ce modèle est basé sur le schéma électrique illustré à la **Figure I.7**, qui décrit la batterie en termes de tension et de résistance interne, en tenant compte des effets de la température ambiante.

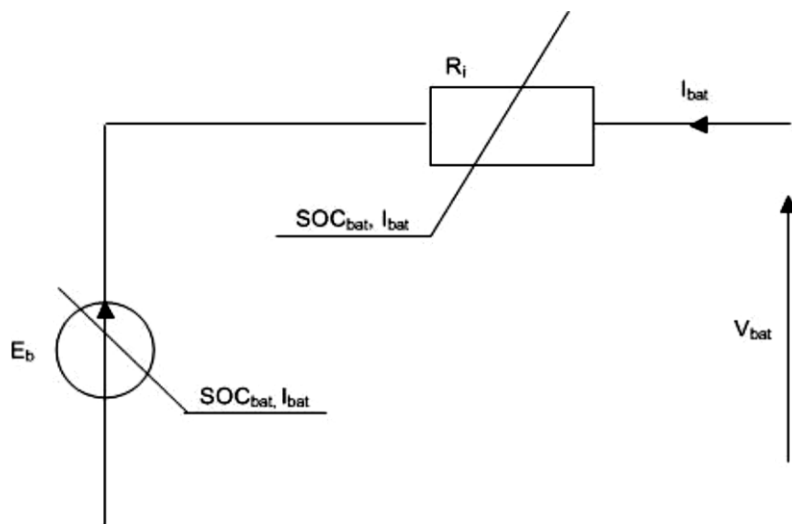


Figure I 7:schéma électrique équivalent pour un élément de batterie [11] .

(V_{bat}) et (I_{bat}) sont la tension et le courant de la batterie, (R_i) est la résistance interne, (E_b) est la puissance en fonction de l'état de la batterie (SOC_{bat}). Le rapport de la capacité actuelle et nominale de la batterie est appelé (SOC_{bat}), où zéro représente la batterie complètement déchargée, Il est conseillé de maintenir (SOC_{bat}) entre 20% et 80% afin d'éviter une augmentation ou une diminution significative de la tension de la batterie qui pourrait affecter la durée de vie de la batterie ont suggéré que le SOC_{bat} minimum soit de 30% pour augmenter les performances et garantir un fonctionnement sûr de la batterie [11].

I.6. Pompage solaire

Le système de pompage d'eau SPE se compose d'un générateur photoélectrique, d'une unité de pompage sur le toit / submersible / flottante, de l'électronique. Le générateur photovoltaïque est installé sur une structure appropriée avec un suivi manuel ou automatique fourni. L'eau est pompée pendant la journée et stockée dans des réservoirs pour une utilisation de jour, de nuit ou dans des conditions nuageuses. Habituellement, la batterie n'est pas utilisée pour stocker la photoélectricité, mais plutôt le réservoir d'eau est utilisé pour le stockage; Cependant, il peut être utilisé pour des exigences fiables spécifiques.

I.6.1 Principe de la pompe à eau solaire

Le pompage d'eau solaire repose sur une technologie photoélectrique qui convertit la lumière du soleil en électricité pour le pompage de l'eau. Les panneaux photovoltaïques sont connectés à un moteur (DC ou AC) qui convertit l'énergie électrique fournie par la plaque photovoltaïque en énergie mécanique qui est convertie en énergie hydraulique par la pompe. La capacité d'un système de pompage solaire à pomper de l'eau est fonction de trois variables principales: la pression, le débit et la puissance de la pompe. À des fins de conception, la pression peut être considérée comme le travail effectué par la pompe pour élever une certaine quantité d'eau vers le réservoir de stockage. La différence de hauteur entre la source d'eau et le réservoir de stockage détermine le travail que la pompe doit effectuer. La pompe à eau consommera une certaine puissance que le générateur photovoltaïque doit fournir. **La Figure I.8** montre un diagramme schématique d'un système PV solaire à couplage direct CC direct avec MPPT.[12]

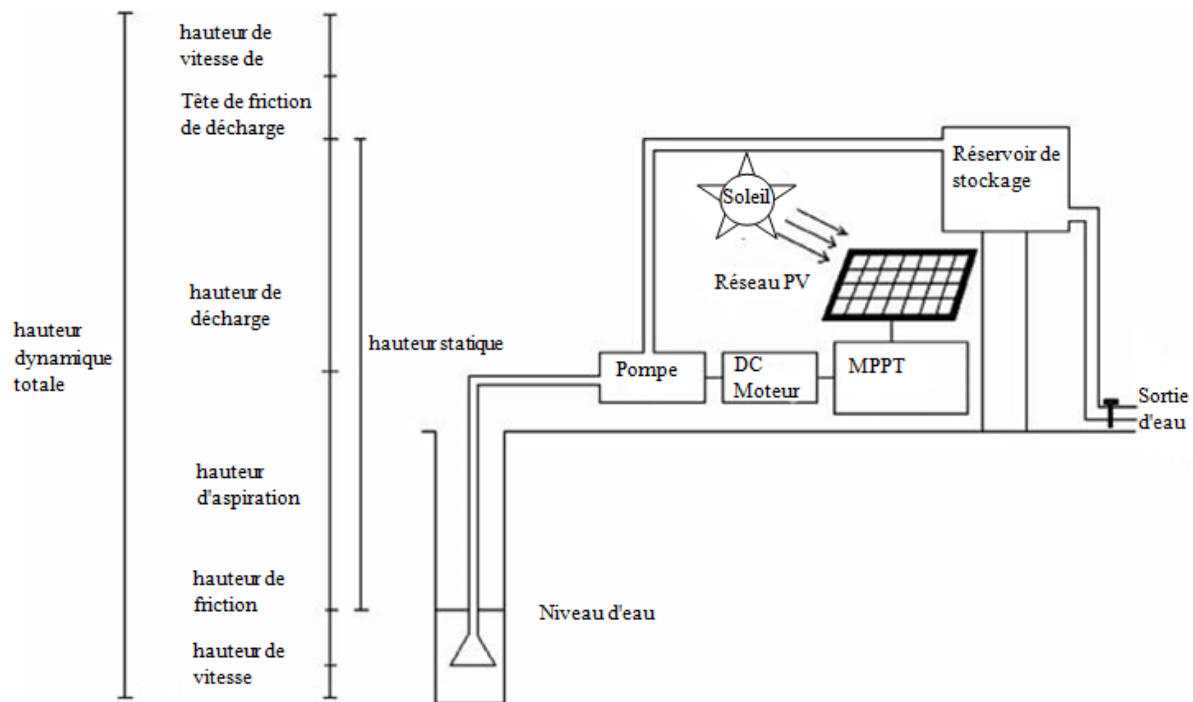


Figure I 8: Schéma d'un système de pompage d'eau solaire photovoltaïque à couplage direct avec MPPT[13] .

I.6.2. Types de pompes à eau solaires

Les différents types de configurations de courant de systèmes de pompage d'eau solaire à couplage direct CC et CA utilisés dans le monde sont illustrés aux **La Figure I.9**.

Le système de pompage d'eau fonctionne avec de l'énergie solaire directement couplée à l'utilisation de courant continu généré à partir d'un réseau photoélectrique, qui à son tour convertit l'énergie solaire en électricité qui alimente le DC Moteur et la DC Pompe, comme le montre la figure suivante[14].

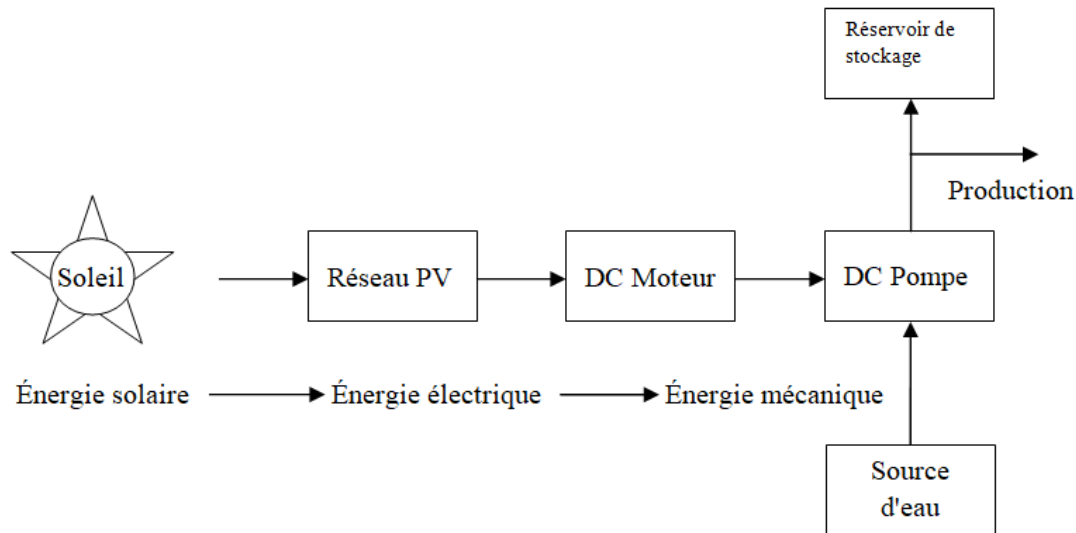


Figure I 9: Schéma de principe d'un système de pompage d'eau PV DC à couplage direct[13].

Ce système fonctionne en pompant de l'eau avec de l'énergie solaire en utilisant le courant alternatif produit par l'onduleur, qui convertit à son tour le courant continu produit par le générateur photovoltaïque en un courant alternatif qui alimente le AC Moteur et la AC Pompe, comme le montre **La Figure I.10[15]**.

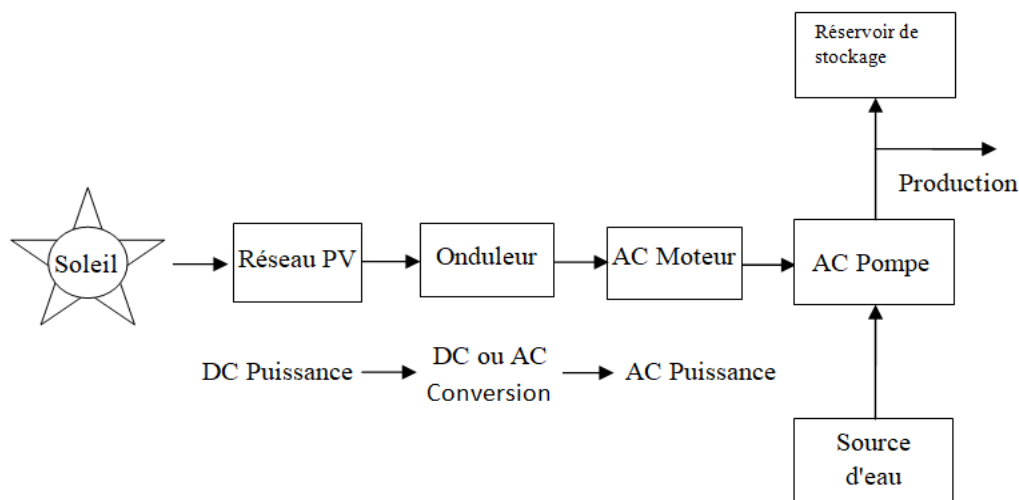


Figure I 10: Schéma fonctionnel d'un système de pompage d'eau PV AC[13].

Dans ce système, nous pompons de l'eau avec de l'énergie solaire en utilisant le courant alternatif et la batterie, où nous installons le régulateur de charge et la batterie avant l'onduleur, qui à son tour convertit le courant continu produit par le réseau photoélectrique et

stocké dans la batterie en un courant alternatif pour alimenter le AC Moteur et la AC Pompe[16], comme le montre **La Figure I.11.**

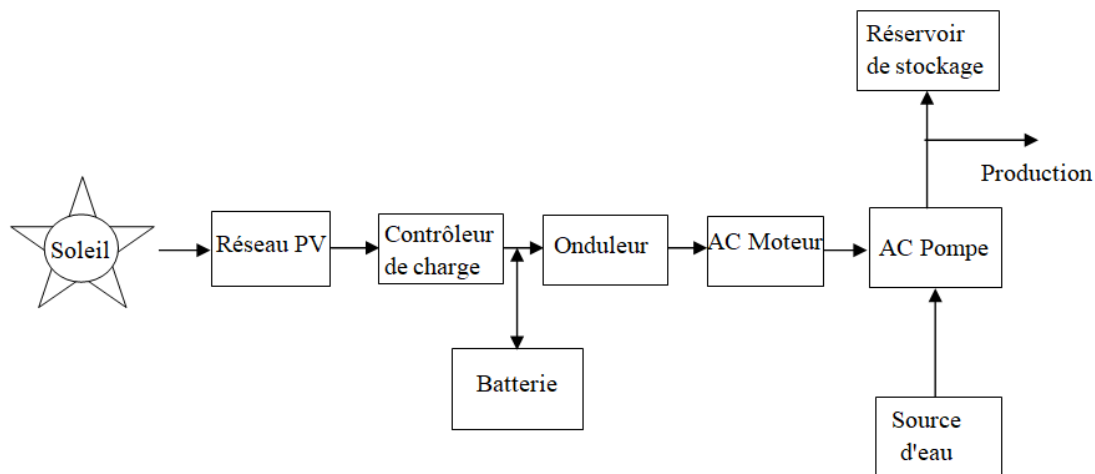


Figure I 11: Schéma de principe d'un système de pompage d'eau PV avec stockage par batterie[13].

Dans cette section, les méthodologies d'évaluation des performances utilisées dans diverses études sont passées en revue pour fournir des informations supplémentaires au chercheur.

Les faits saillants et les résultats de recherche des études d'évaluation des performances des pompes à eau PV dans différents pays sont résumés dans le tableau : .

Tableau I 1 :Résumé des études d'évaluation des performances du système de pompage d'eau PV.

Référence	Paie	Application	Résultats de recherche
Gad [17].	Egypte	Domestique	Un programme de simulation informatique est utilisé pour simuler les performances d'un système de pompage d'eau PV proposé.
Katan et al [18].	Australie	Domestique	L'efficacité du système augmente avec MPPT et suiveur solaire.
Loxson etvero [19].	Thaïlande	Irrigation	Un algorithme est développé pour estimer l'eau pompée selon l'insolation.

Khan et al [20].	Bengladesh	Approvisionnement en eau en milieu rural	L'efficacité du système est augmentée en ajoutant un convertisseur abaisseur CC – CC pour un système de pompage d'eau PV à couplage direct.
Mokeddam et al [21].	Algérie	Irrigation	L'efficacité du système est augmentée par l'orientation et le dimensionnement du générateur photovoltaïque et du système de motopompe.
Kou et al [14].	Etats-Unis	Domestique	Eau mensuelle prévue pompée par un système à moins de 6% de la prévision TRNSYS basée sur des données horaires
Hadj Arab et al [22].	Espagne	Domestique	Optimisation d'un système de pompage d'eau PV proposé en étudiant les besoins individuels avec un programme de simulation.
Pande et al [23].	Inde	Irrigation	Période de remboursement de 6 ans, y compris les subventions sur les modules photovoltaïques.
Mohanlal et al [24].	Egypte	Irrigation	L'efficacité du système est augmentée jusqu'à 20% en effectuant un suivi manuel trois fois par jour.
Alghuwainem et al [25].	Arabie Saoudite	Irrigation	L'utilisation du générateur d'induction auto-excité évite le besoin d'appareils et de systèmes de suivi correspondants.
Ben-Ghanem et al [26]	Arabie Saoudite	Irrigation	La configuration du générateur électronique doit être incluse afin de faire correspondre les points de puissance maximum du générateur photovoltaïque avec la pompe
Atlam et kolhe [27].	Dinde	Domestique	Les performances et l'efficacité du système peuvent être améliorées en faisant correspondre les caractéristiques de sortie.

Setiawan et al[28]	Inde	Irrigation	Deux aspects de conception importants pour le système de pompage d'eau PV sont identifiés; analyser le système de tuyauterie pour déterminer le type de pompe à utiliser et la planification du système d'alimentation.
Reddy et reddy [13].	Inde	Domestique	La configuration du système photovoltaïque peut être améliorée avec des modèles dynamiques pour l'onduleur, le moteur à induction monophasé et le suivi du point de puissance maximum basé sur un réseau neuronal.

I.7. Pivot solaire

La principale source d'énergie pour les systèmes d'irrigation à pivot est actuellement le réseau de distribution électrique. Si ces lignes électriques n'existent plus ou en raison du coût élevé de leur construction. La source d'alimentation de pivot d'irrigation peut être obtenue à partir du générateur de combustion [5].

L'épuisement prévisible des combustibles fossiles et les dommages irréversibles qu'ils causent à l'environnement exigent la nouvelle adoption de stratégies de production d'énergie, comme base d'un modèle de développement durable, qui permettent de répondre aux besoins des générations actuelles et futures. Une augmentation de l'utilisation de l'irrigation des cultures nécessite une plus grande exploitation des ressources en eau et des ressources énergétiques pour atteindre de plus grandes productions avec des rendements élevés et stables [29] .

Des études sur les systèmes de pompage photovoltaïque ont été faites, mais peu d'efforts ont été consacrés à l'étude des applications de la technologie photovoltaïque avec le système d'irrigation à pivot central [7]. (H.F.Ahmed et W. Helgason 2013), ont développé 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 en 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 [30].

(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. 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 [31].

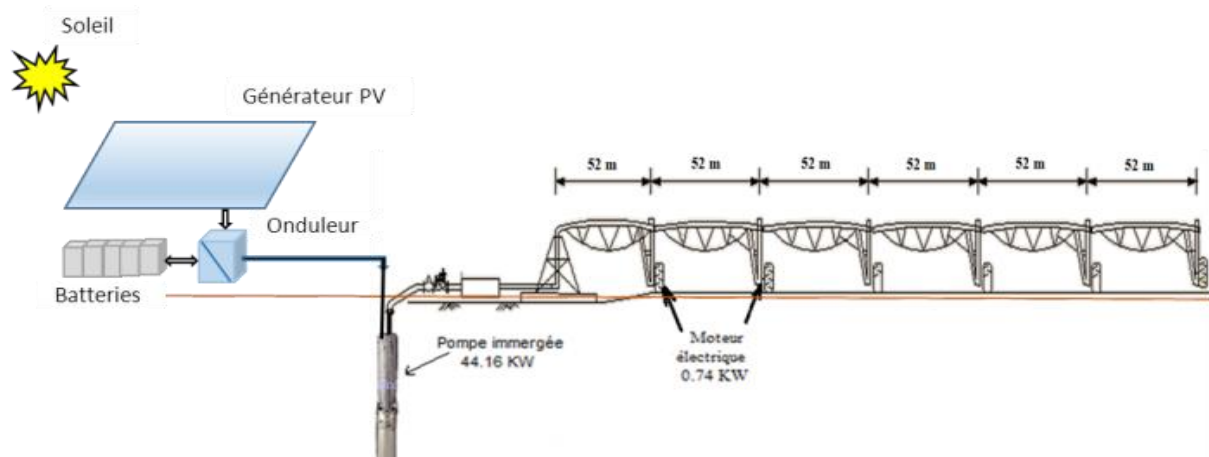


Figure I 12: profil du pivot central d'irrigation ANABIB étudié[32] .

La Figure I.12: montre le schéma du système d'irrigation à pivot solaire ANABIB, dans un travail précédent, (Brik M. et al.) ont dimensionné le système photovoltaïque avec stockage pour cet appareil en utilisant le logiciel PVsyst, l'un des cas de notre travail se concentre sur le dimensionnement du même système mais avec connexion à l'électricité réseau tous en examinons la planification d'irrigation actuelle selon la culture cultivée .

I.8. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons introduit l'irrigation dans le sud de l'Algérie avec un système d'irrigation mobile appelé "PIVOT", tout en introduisant deux types de systèmes d'irrigation. Le premier est le petit pivot traditionnel qui fonctionne à Oued Souf, et le second est le grand pivot moderne et littéral tel qu'il est installé à EL Hadjira.

Nous avons également distingué ces deux systèmes par la description électrique et le fonctionnement de tous les deux. Nous avons remarqué que les pivots artisanaux sont très adaptés aux objectifs et aux capacités techniques des agriculteurs de Oued-Souf.

Nous avons ensuite discuté des composants de l'énergie photovoltaïque et du fonctionnement de la pompe et des pivots d'irrigation avec l'énergie photovoltaïque.

Chapitre II : Conception d'un **système d'irrigation à pivot** **solaire**

Chapitre II : Conception d'un système d'irrigation à pivot solaire

II.1. Introduction

L'Algérie regorge de son emplacement très important dans le domaine de l'énergie solaire car elle contient un rayonnement solaire important dû à la géographie de l'Algérie, car elle contient l'un des champs solaires les plus élevés du monde, en particulier dans le sud de l'Algérie.

Ces données sont utilisées dans la production de la centrale photovoltaïque et répondent aux besoins énergétiques de nous pour faire fonctionner le système d'irrigation, en tenant compte de toutes les étapes de fonctionnement de l'irrigation.

II.2. Gisement solaire en Algérie

Le gisement solaire est un ensemble de données décrivant l'évolution du rayonnement solaire disponible dans un site donné et au cours d'une période donnée. Son évaluation peut se faire à partir des données de l'irradiation solaire globale. Pour effectuer le dimensionnement le plus exact possible, compte tenu des demandes en énergie à satisfaire, l'étude du gisement est le point de départ de toute investigation. Cette étude est très indispensable dans le domaine de l'énergie solaire afin de simuler le fonctionnement probable du système énergétique de s'assurer de son intérêt et de sa faisabilité.

Lorsqu'il s'agit de toute enquête dans le domaine de l'énergie solaire, il est toujours connu de commencer par l'étude des sédiments solaires. Ces dépôts sont un ensemble de données qui décrivent l'étendue du développement du rayonnement solaire disponible à un endroit et à une période spécifique avec la possibilité d'avoir des évaluations des données mondiales sur le rayonnement solaire, et elles sont également utilisées Simuler les performances potentielles du système solaire, et donc évoluer au maximum tout en respectant les besoins énergétiques à satisfaire et à disperser.

Cela est dû à la géographie de l'Algérie, car elle possède l'un des champs solaires les plus élevés du monde entier $7 \text{ kWh} / \text{m}^2 / \text{jour}$ [8]. Elle est répartie comme suit :

- Au Nord : $5,6 \text{ kWh/m}^2/\text{jour}$
- Au Sud : $7,2 \text{ kWh/m}^2/\text{jour}$

La figure II.1 montre l'irradiation globale moyenne annuelle reçue sur plan incliné à la latitude du lieu.

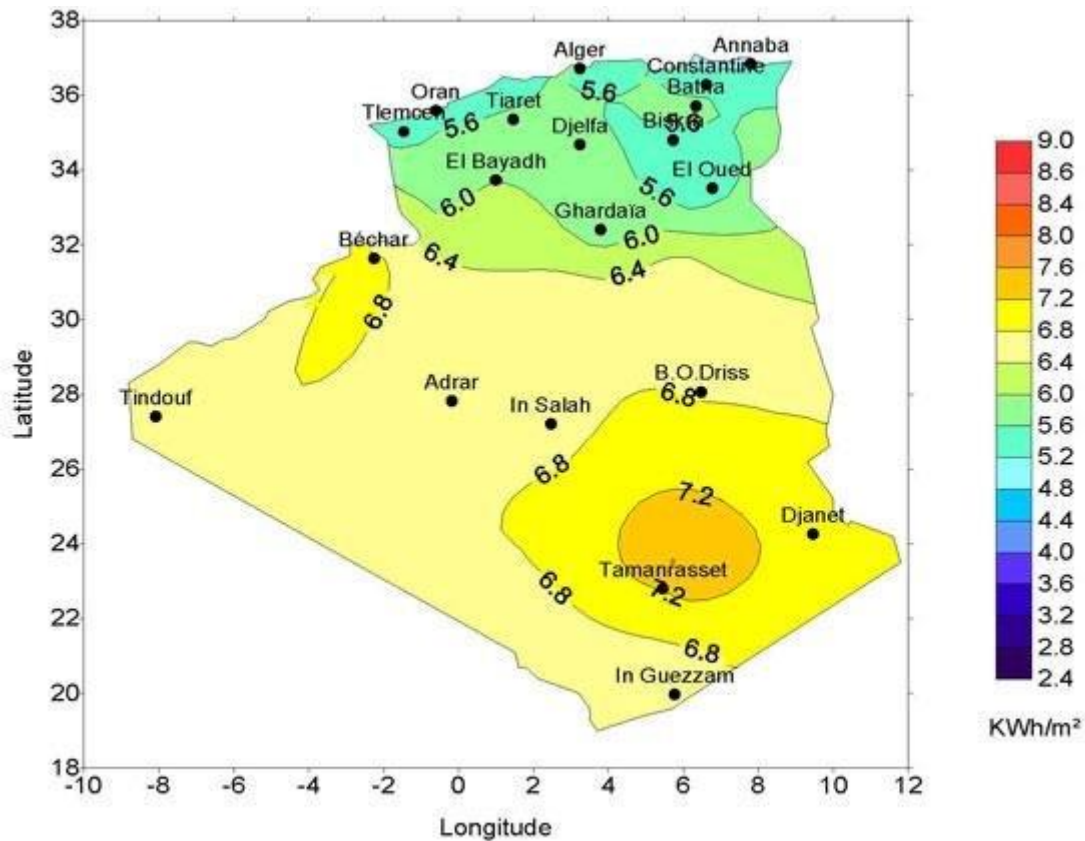


Figure II. 1: Irradiation solaire globale reçu sur plan incliné en Algérie[33]

II.3. Gestion de l'irrigation

La gestion de l'irrigation est indispensable pour une rationalisation de l'utilisation de l'énergie et de l'eau, aussi pour l'amélioration du rendement de production. Diverses pratiques de gestion qui améliorent l'efficacité de l'utilisation de l'eau comprennent: la planification de l'irrigation, la mesure du débit d'eau, la gestion du débit de drainage, conservation de labour, le nivellement des terres, la gestion des nutriments et la minimisation des pertes par évaporation, ruissellement et percolation profonde[34]. Les programmes d'irrigation sont un facteur affectant la viabilité économique et agricole des agriculteurs, ce qui est important pour économiser l'eau et augmenter les rendements des cultures. L'eau d'irrigation est appliquée aux cultures selon des programmes prédéterminés, basés sur la gestion de l'état de l'eau dans le sol et les besoins en eau des cultures[35]. Le type de sol et les conditions climatiques ont un effet significatif sur les principaux aspects pratiques de l'irrigation, qui sont la détermination de la quantité d'eau à distribuer et le moment auquel elle doit être appliquée à une certaine culture.

Il est souvent approprié d'utiliser les besoins en eau des cultures communes (tableau) en l'absence de données climatiques mesurées, et afin de comprendre les différents facteurs qui affectent la demande en eau dans une Plante particulière, le tableau suivant a été extrait du Manuel de formation à la gestion de l'eau d'irrigation publié par la FAO n ° 3[35].

Tableau II. 1: Valeurs approximatives des besoins en eau des cultures saisonnières.

Culture	Besoin en eau des cultures (mm / période de croissance totale)
Blé	450-650
Pommes de terre	500-700
Des haricots	300 – 500
Agrumes	900 – 1200
Maïs	500 – 800

L'un des facteurs les plus importants affectant les besoins en eau pour les cultures est l'influence du climat, car il y a les besoins en eau les plus élevés pour les cultures dans les régions chaudes, sèches, venteuses et ensoleillées, et la valeur la plus basse est trouvée lorsque le temps est froid, humide et nuageux avec peu ou pas de vent, et il est clair que les cultures cultivées dans différentes régions auront des besoins en eau. Par conséquent, il est utile de prendre une culture standard spécifique et de déterminer la quantité d'eau dont cette culture a besoin quotidiennement dans différentes zones climatiques. L'herbe a été choisie comme culture standard.

Tableau II. 2: Effet des principaux facteurs climatiques sur les besoins en eau des cultures.

Facteur climatique	Besoin en eau des cultures	
	Haute	Faible
Ensoleillement	ensoleillé (pas de nuages)	nuageux (pas de soleil)
Température	chaud	Cool
Humidité	faible (sec)	élevé (humide)
Vitesse du vent	venteux	peu de vent

Tableau II. 3: Besoins quotidiens moyens en eau pour les pelouses standard pendant la saison d'irrigation (mm).

Zone climatique	Température quotidienne moyenne		
	faible (<15 ° C)	moyen (15-25 ° C)	élevé (> 25 ° C)
Désert / aride	4-6	7-8	9-10
Semi-aride	4-5	6-7	8-9

La quantité d'eau requise par différentes cultures de plein champ peut être déterminée par rapport à l'herbe standard, car la quantité de cultures nécessite la même quantité d'eau que l'herbe standard, et un certain nombre de cultures nécessitent moins ou plus d'eau que l'herbe standard.

Tableau II. 4: Besoins en eau des cultures en période de pointe de diverses cultures par rapport à la culture de graminées standard.

-30%	-10%	identique à l'herbe standard	+10%	+20%
Agrumes Olives	Écraser	Les crucifères Arachides Melons Oignons Poivrons Herbe Nettoyer les noix et les arbres fruitiers cultivés	Orge Des haricots Maïs Coton Lentilles Millet Carthame Sorgho Le soja Tournesol Blé	Noix et arbres fruitiers avec culture de couverture

D'autre part, le type de culture affecte les besoins en eau de la culture de deux manières :

- Selon la qualité de la récolte
- Durée de la saison de croissance totale de la culture

Le tableau II.5 donne des valeurs indicatives ou approximatives de la durée de la saison de croissance totale pour différentes grandes cultures.

Tableau II. 5: Valeurs indicatives de la période de croissance totale.

Culture	Période de croissance totale (jours)	Culture	Période de croissance totale (jours)
Pommes de terre	120-150	Melon	120-160
Orge / Avoine / Blé	120-150	Millet	105-140
Haricot, vert	75-90	Oignon vert	70-95
Sec	95-110	Sec	150-210
Agrumes	240-365	Poivre	120-210
Coton	180-195	Riz	90-150
Grain / petit	150-165	Sorgho	120-130
Lentille	150-170	Soja	135-150
Maïs doux	80-110	Écraser	95-120
Grain	125-180	Tournesol	125-130

Pour calculer les besoins en eau des cultures, nous utilisons la formule de base suivante

$$ET_c = k_c \times E_{to} \quad \text{(II.1)}$$

où:

ET_c = les besoins en eau d'une culture donnée en mm par unité de temps, par ex. mm / jour, mm / mois ou mm / saison.

k_c = le "facteur de recadrage".

E_{to} = «évapotranspiration de la culture de référence» en mm par unité de temps, par ex. mm / jour, mm / mois ou mm / saison.

Les facteurs affectant les besoins du sol pour la récolte de l'eau sont la texture du sol, la structure du sol, la profondeur de la zone racinaire, la fertilité du sol, le taux de teneur en sel dans le sol, le taux d'infiltration du sol, la capacité en eau disponible et les caractéristiques structurelles du sol.

II.4. Bilan énergétique

II.4.1. Énergie produite

L'unité photovoltaïque produit de l'énergie (**P**) qui est le résultat de la multiplication de la tension (**V**) et du courant (**I**). Pendant la production d'énergie, la tension unitaire reste pratiquement constante et le courant varie à mesure que le rayonnement environnant change, pour augmenter la valeur de la tension et du courant électrique du système photovoltaïque, nous connectons les unités photovoltaïques à série et parallèle respectivement pour atteindre le résultat souhaité.

Le rayonnement solaire, la température ambiante, en plus des caractéristiques des panneaux photovoltaïques et des spécifications généralement indiquées dans le document technique du fabricant (tension en circuit ouvert, courant de court-circuit, température de la cellule, puissance de sortie maximale, irradiation standard et nombre des cellules connectées série et parallèle) sont des données principales pour déterminer la caractéristique I et V.

Le courant produit par le générateur / réseau photovoltaïque à toute irradiance (conditions de fonctionnement) peut être estimé en représentant la cellule solaire comme un modèle électrique équivalent à une diode [36].

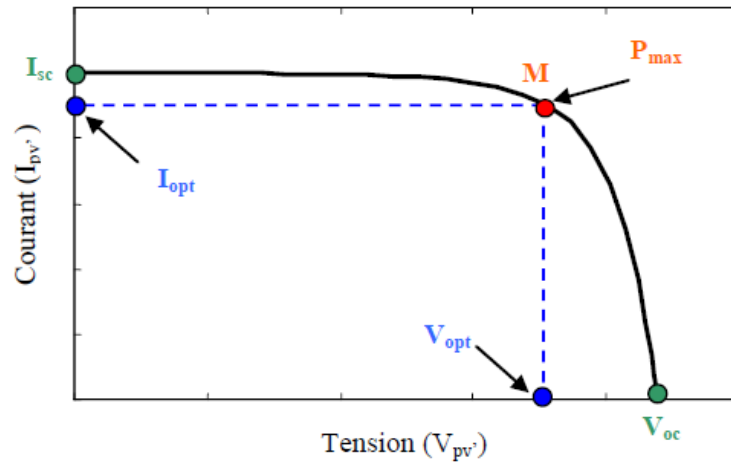


Figure II. 2:Caractéristiques d'un module PV.

$$I_o^m = N_{pc}^m I_{sc,o}^c \left[1 - \exp \left(\frac{V_o^m - N_{sc}^m V_{oc,o}^c + \frac{I_o^m R_{sr}^c N_{sc}^m}{N_{pc}^m}}{N_{sc}^m V_{t,o}^c} \right) \right] \quad (II.2)$$

Où :

N_{pc}^m et N_{sc}^m : nombre de cellules connectées en parallèle et en série dans un module respectivement.

$I_{cc,f}^c$: courant de court-circuit de la cellule aux conditions de fonctionnement (A).

V_f^m : tension de fonctionnement du module (V).

$V_{oc,f}^c$: tension en circuit ouvert de la cellule aux conditions de fonctionnement (V).

R_{rs}^c : résistance série équivalente de la cellule ($V A^{-1}$).

$V_{b,f}^c$: tension aux bornes de la cellule aux conditions de fonctionnement (V).

Les spécifications du module PV et les variables climatiques (température ambiante et rayonnement) étaient les entrées requises par l'équation II.2 la puissance maximale produite par le module à tout moment, qui a ensuite été multipliée par le nombre de modules utilisés dans un système PV donné pour déterminer la puissance produite par le générateur photovoltaïque (P_{pro}). L'énergie produite par le générateur photovoltaïque (E_p) a été calculée comme suit :[34]

$$E_p = \int_{t-1}^t (P_{max}) dt \quad (II.3)$$

Où (P_{max}) est la puissance maximale produite par le générateur photovoltaïque.

II.4.2. Énergie requise

La puissance instantanée totale requise par le système d'irrigation à pivot central (P_{charge}) pourrait être estimée en combinant la puissance nécessaire au pompage (P_{pompe}) ainsi qu'à la rotation du pivot via les moteurs électriques de la tour. La puissance requise pour le pompage est directement proportionnelle à la capacité du système (Q) et à la hauteur dynamique totale (HDT). où C est une constante pour l'incorporation de la densité de l'eau, accélération due à la gravité, facteurs d'efficacité de la pompe et du moteur. La hauteur dynamique totale est la somme de la perte de charge par friction (latérale, ligne principale et raccords), de la hauteur d'aspiration et de la pression de fonctionnement de la pompe. La puissance d'entraînement du pivot a été l'énergie moyenne requise pendant le fonctionnement du système a été calculée par pourcentage des paramètres de la minuterie de pivot. Il s'agit du réglage qui régule le

moteur de la machine à pivot à allumer et à éteindre pendant la durée de fonctionnement du système en fonction de la quantité d'eau à appliquer. temps, qui dépend de la dernière vitesse de déplacement de la tour et de sa distance par rapport au point de pivot[7].

$$P_{\text{pompe}} = \rho * g * Q * H_{MT} \quad (\text{II.4})$$

Où

ρ : densité de l'eau 1000kg/m³

g : la gravité terrestre 9.81m/s²

Q : volume d'eau m³/jour

H_{MT} : hauteur manométrique totale m

La stratégie de gestion de l'irrigation, qui détermine la fréquence de l'irrigation, la profondeur de l'eau à appliquer (IR) et l'heure de début de l'irrigation, a été considérée comme le facteur déterminant de la distribution de l'énergie requise (E_r) pendant la saison de croissance des cultures sur la base de (P_{charge}). La stratégie de gestion de l'irrigation vise à maintenir l'humidité du sol au niveau souhaité. État d'humidité du sol à tout moment t (SM_t) a été estimé en tenant compte de l'humidité du sol précédemment stockée dans la zone racinaire efficace de la culture, des précipitations efficaces (PE), de l'irrigation (IR), de la percolation / infiltration profonde (DP) et de l'utilisation de l'eau des cultures, également appelée évapotranspiration des cultures (ET_c) par une méthode simple de bilan hydrique:

$$SM_t = SM_{t-1} + PE + IR - DP - ET_c \quad (\text{II.5})$$

La capacité en eau maximale disponible est déterminée à partir de la texture du sol, qui est fournie pour la profondeur d'enracinement de la culture. La profondeur d'enracinement effective compte tenu du modèle d'absorption des cultures peut être pour la surveillance de l'humidité du sol dans la zone souhaitée[37] Voir l'équation II.1.

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{c_n}{T+273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + C_d U_2)} \quad (\text{II.6})$$

Où

R_n : rayonnement net entrant (MJ m⁻² d⁻¹).

G :Densité de flux thermique du sol ($\text{MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$).

T :température moyenne de l'air à 1,5 à 2,5 m de hauteur ($^{\circ}\text{C}$).

U_2 :vitesse moyenne journalière du vent à 2 m de hauteur (m s^{-1}).

e_s :pression de vapeur saturante à 1,5 à 2,5 m de hauteur (KPa).

e_a :pression de vapeur réelle moyenne à 1,5 à 2,5 m de hauteur (KPa).

Δ :pente de la courbe pression de vapeur-température de saturation ($\text{KPa } ^{\circ} \text{C}^{-1}$).

γ : constante psychrométrique ($\text{KPa } ^{\circ} \text{C}^{-1}$).

C_n :constante du numérateur qui change avec le type de référence et le pas de temps de calcul

C_d :constante du dénominateur qui change avec le type de référence et le pas de temps de calcul.

Les variables climatiques (irradiation solaire, température, vitesse du vent et humidité relative) ainsi que les attributs du site (élévation et latitude) étaient les paramètres d'entrée requis dans le modèle pour l'équation **II.8** la flexibilité du modèle permet à l'utilisateur de choisir puis de modifier la gestion de l'irrigation stratégie en fonction des besoins. La profondeur d'irrigation dérivée de la stratégie de gestion de l'irrigation a été utilisée avec la superficie irrigable et la capacité du système pour déterminer le temps requis pour l'irrigation. La puissance nécessaire a ensuite été distribuée en fonction de l'heure de démarrage donnée et de la durée d'irrigation prédéterminée pour tous les jours d'irrigation. L'énergie requise (E_r) pendant la durée de fonctionnement du système a été calculée à l'aide de l'équation 4. Le système d'irrigation ne fonctionnant pas en continu tout au long de la saison, l'autodécharge (épuisement de l'énergie stockée) du groupe de batteries ne pouvait pas être négligée. Par conséquent, une demande de charge moyenne basée sur les spécifications du système pourrait être supposée pour le moment où le système d'irrigation ne fonctionne pas et pour s'adapter à cette caractéristique[7].

$$E_r = \int_{t-1}^t (P_{pump} + p_{piv}) dt \quad (\text{II.7})$$

II.4.3. Énergie stockée:

Une batterie est l'un des composants les plus critiques d'un système photovoltaïque autonome. Il stocke l'excédent d'énergie lorsque l'énergie générée par le module PV est supérieure à celle requise par la charge, qui peut ensuite être utilisée pour combler le déficit par temps nuageux ou la nuit. L'état de charge (ECH) de la batterie peut être utilisé pour déterminer l'énergie stockée à tout moment (t) pour un système de tension connu et la capacité de la batterie (Ah). Une charge ou une décharge excessive réduit considérablement la durée de vie et l'efficacité de la batterie. Il a donc été supposé qu'un contrôleur de charge limiterait le fonctionnement de la batterie dans les limites souhaitées : $ECH_{\min} \leq ECH_t \leq ECH_{\max}$. a été sélectionné pour la modélisation de la batterie et la détermination de l'état de charge équation (II.8)[10] .

$$ECH_t = ECH_{t-1} + \frac{I_{bat}\Delta t\eta_{bat}}{CB} \quad (II.8)$$

Où

I_{bat} : courant de batterie (A).

Δt : durée (h).

η_{bat} : efficacité de la batterie (%).

CB : la capacité de la batterie, peut être restaurée en fonction du courant de décharge moyen (Ah)

II.5. Dimensionnement de l'installation de pompage PV

Les différentes étapes pour le dimensionnement d'un système de pompage PV sont :

- Evaluation des besoin eau
- Calcul de l'énergie hydraulique nécessaire
- Calcul de l'énergie électrique quotidienne requise
- Détermination de l'énergie solaire disponible
- Choix des composants

II.5.1. Évaluation des besoins en eau

Cela dépend principalement de la détermination des besoins en eau consommés par le sol. Les besoins d'eau pour l'irrigation, il est important de se baser sur la pratique et l'expérience locale.

Les besoins nets d'irrigation sont les besoins réels dont la plante a besoin en termes de quantité d'eau qui est l'évaporation de translation culture ET_c mentionnée ci-dessus dans l'équation II.1 qui est:

$$IR_n = ET_c \quad (\text{II.9})$$

Où

IR_n : Besoin net d'irrigation (mm/jour)

ET_c : évapotranspiration des cultures (mm/jour)

Les besoins gros d'irrigation en eau sont estimés avec les pertes résultant du transport et de l'application sur le terrain, et sont liés à l'efficacité et aux besoins nets d'irrigation et prouvent la relation suivante:

$$IR_g = \frac{IR_n}{E} \quad (\text{II.10})$$

Où

IR_g : Les besoins gros d'irrigation(mm/jour).

E : l'efficacité générale du projet par rapport aux pivots d'irrigation, comprise entre 70% et 80%.

II.5.2. Calcul de l'énergie hydraulique nécessaire

Une fois définies les besoins nécessaires en volume d'eau pour chaque mois de l'année et les caractéristiques du puits, nous pouvons calculer l'énergie hydraulique moyenne journalière et mensuelle nécessaire à partir de la relation :

$$E_h = g \rho_a V_a H_{MT} / 3600 \quad (\text{II.11})$$

où

E_h : énergie hydraulique (Wh/jour)

H_{MT} : hauteur manométrique totale (m)

V_a : volume d'eau (m³/jour)

ρ_a : densité de l'eau (1000 kg/m³)

g : accélération de la pesanteur (9,81m/s²)

Durant le processus de pompage, le niveau d'eau à l'intérieur du puits tend à baisser, jusqu'à ce que la vitesse avec laquelle la régénération du puits arrive à équilibrer la quantité pour que l'on puisse pomper l'eau de nouveau. L'abaissement du niveau d'eau dans le puits dépend d'un certain nombre de facteurs, comme le type et la perméabilité du sol et l'épaisseur de l'aquifère.

La hauteur totale de pompage est la somme de la hauteur statique et de la hauteur dynamique :

$$H_{MT} = H_s + H_d \quad (\text{II.12})$$

Dans le cas de puits qui présentent des variations importantes du niveau d'eau en fonction du débit, on peut ajouter un terme correctif et cette équation devient :

$$H_{MT} = H_s + H_d + \left(\frac{H_d - H_s}{Q_p} \right) Q_A \quad (\text{II.13})$$

où

H_s : niveau statique (m)

Q_p : débit d'essai (m³/h)

H_d : niveau dynamique (m)

Q_A : débit apparent (m³/h)

La hauteur statique H_s est la distance entre le niveau statique de l'eau dans le puits jusqu'au point le plus élevé auquel on doit pomper l'eau.

La hauteur dynamique H_d représente les pertes d'eau dans la tuyauterie. La formule de Darcy-Weisbach permet le calcul de la hauteur dynamique :

$$H_d = \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} \quad (\text{II.14})$$

Où

f : coefficient de friction des parois de la tuyauterie

v : vitesse moyenne du fluide (m/s)

L : longueur de la tuyauterie (m)

D : diamètre de la tuyauterie (m)

g : accélération de la pesanteur (m/s²)

Dans le cas où le système de tuyauterie aurait un autre type d'accessoires (vannes, coudes, tés, jonctions, ... etc.), nous pouvons calculer les pertes de charge dans chaque élément additionnel comme :

$$H_d = k_{ac} \frac{v^2}{2g} \quad (\text{II.15})$$

Où

K_{ac} : est un coefficient dépendant du type d'accessoire.

Une autre méthode pour tenir compte des accessoires du circuit est d'ajouter à la longueur réelle de la tuyauterie (seulement pour effet de calcul) des longueurs de tubes de même diamètres que le conducteur en étude, capables de causer les mêmes pertes de charge occasionnés par les pièces qu'elles substituent. De cette façon, n'importe quel accessoire peut être substitué par une longueur imaginaire dont la hauteur dynamique ne doit pas dépasser 10% de la hauteur totale de pompage.

II.5.3. Calcul de l'énergie électrique quotidienne requise

L'énergie nécessaire pour soulever une certaine quantité d'eau sur une certaine hauteur donnée pendant une journée est calculée à partir de l'équation suivante :

$$E_e = E_h / \eta_{mp} \eta_{ond} \quad (\text{II.16})$$

Où

E_e : Energie électrique exprimé en (Kwh/j)

η_{mp} : Le rendement du groupe motopompe, en général entre 30% et 60%.

η_{ond} : Le rendement d'onduleur.

II.5.4. Détermination de l'énergie solaire disponible

La méthode de mise à l'échelle utilisée dépend du calcul des valeurs quotidiennes moyennes du rayonnement solaire disponible et de la puissance hydraulique requise, en fonction de la zone étudiée.

L'inclinaison β des modules photovoltaïques (PV) par rapport au plan horizontal doit se faire de manière à optimiser le rapport entre l'irradiation solaire et l'énergie hydraulique nécessaire.

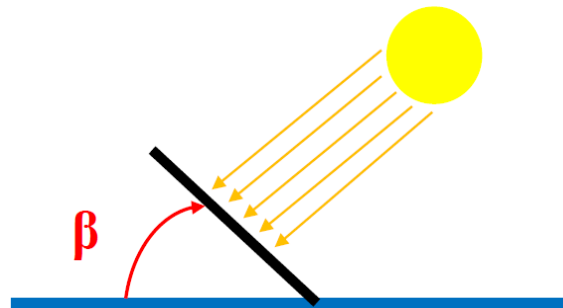


Figure II. 3: Présentation de l'angle d'inclinaison du panneau solaire par rapport à la surface de la terre[38]

Le mois de dimensionnement sera le mois le plus défavorable, c'est-à-dire celui dont le rapport entre l'irradiation solaire et l'énergie hydraulique nécessaire soit minimum. Comme idée de principe, à chaque inclinaison β , correspond un mois le plus défavorable.

Le mois de dimensionnement à l'inclinaison optimale sera précisément celui qui présente le plus petit rapport entre l'irradiation solaire et l'énergie hydraulique. L'irradiation solaire $G_{dm}(\beta)$ et l'énergie hydraulique nécessaire E_h correspondantes à ce mois serviront pour le choix des composants du système.

II.5.5. Choix des composants

a-Taille du générateur PV

Il existe deux méthodes pour déterminer la taille d'un système de pompage PV: une méthode analytique et une méthode graphique. Une bonne détermination de la taille de la station de

pompage PV à répondre aux besoins de l'eau consommée. On sait que la méthode analytique est utilisée.

La puissance de sortie d'un générateur photovoltaïque sous les conditions standards de mesure, CSM, est :

$$P_c = \eta_g G_{ce} \quad (\text{II.17})$$

Où

P_c : puissance de sortie sous CSM (W)

η_g : rendement du générateur à la température de référence (25 °C)

A : surface active du générateur (m²)

G_{ce} : éclairement dans les CSM (1000 W/m²)

l'énergie électrique journalière E_e est donnée par :

$$E_e = \eta_{PV} A G_{dm}(\beta) \quad (\text{II.18})$$

où

η_{PV} : rendement moyen journalier du générateur dans les conditions d'exploitation

$G_{dm}(\beta)$: irradiation moyenne journalière incidente sur le plan des modules à l'inclinaison β (kWh/m²/jour).

Le rendement η_{PV} peut être calculé à l'aide de l'expression :

$$\eta_{PV} = F_m [1 - \gamma (T_c - T_{c,ref})] \eta_g \quad (\text{II.19})$$

Où

F_m : facteur de couplage, défini comme le rapport entre l'énergie électrique générée sous les conditions d'exploitation et l'énergie électrique qui se générerait si le système travaillait au point de puissance maximum.

γ : coefficient de température des cellules. γ prend des valeurs entre 0,004 et 0,005 /°C pour des modules au silicium mono et poly cristallin, et entre 0,001 et 0,002 pour des modules au silicium amorphe.

T_c : température moyenne journalière des cellules durant les heures d'ensoleillement L'énergie électrique nécessaire est liée avec l'énergie hydraulique par l'expression :

$$E_e = \frac{E_h}{\eta_{Mp} * \eta_{ond}} \quad (\text{II.20})$$

Où

E_h : énergie hydraulique moyenne mensuelle (kWh)

η_{Mp} : rendement du groupe moteur-pompe.

η_{ond} : rendement d'Onduleur .

En substituant les équations (II.18),(II.19)et (II.20) dans (II.17) , nous obtenons pour la puissance crête du générateur :

$$P_c = \frac{G_{ce}}{F_m [1 - \gamma(T_c - T_{c,ref})] G_{dm}(\beta)} \frac{E_h}{\eta_{Mp} * \eta_{ond}} \quad (\text{II.21})$$

b-Nombres de modules

Le nombre total de modules (N_m) constituant le générateur PV est calculé par la formule suivante :

$$N_m = \frac{p_c}{p_m} \quad (\text{II.22})$$

Avec :

P_c : La puissance crête du générateur.

P_m : La puissance du module PV.

Le processus de détermination de la tension appropriée pour alimenter une charge donnée en plaçant plusieurs modules PV en série, le nombre de ces modules est calculé avec l'expression suivante:

$$N_{ms} = \frac{V_{ch}}{V_{mp}} \quad (\text{II.23})$$

Ou

V_{ch} : La tension nominale de la charge (l'onduleur)

V_{mp} : La tension à P_{max} .

La mise en parallèle de modules donne l'intensité nécessaire à la charge. Le nombre de branches est calculé par l'équation suivante :

$$N_{mp} = \frac{N_m}{N_{ms}} \quad (\text{II.24})$$

II.6 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons discuté de l'importance de l'emplacement de l'Algérie, de ses immenses ressources solaires et de son exploitation de la technologie d'irrigation axiale. Nous avons également discuté de la technologie de gestion de l'irrigation et de son importance dans l'utilisation optimale et efficace des ressources en eau et en énergie. Nous avons conclu qu'il était important de traiter les étapes de la gestion de l'irrigation et les besoins en énergie et en eau des pivots d'irrigation.

Chapitre III : Etude **expérimentale**

Chapitre III : Etude expérimentale

III.1 Introduction

Les pivots d'irrigation se sont développés dans le sud de l'Algérie, en particulier dans les régions de El Hadjira et Hassi Khalifa. Les pivots d'irrigation ont des propriétés agricoles très importantes, mais ils consomment beaucoup d'énergie pour pomper l'eau et déplacement des moteurs, et c'est l'un des obstacles qui empêchent les agriculteurs de pratiquer leurs activités agricoles.

Les deux régions précitées sont riches d'une énorme quantité de rayonnement solaire, ce qui les qualifie pour être une source d'énergie photovoltaïque, car cette énergie est utilisée pour alimenter les pivots d'irrigation.

III.2 Présentation des zones d'étude

La région de Hassi Khalifa 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 hyperaride. 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[4]. Le wilayat d'El Oued est considéré comme une région d'importance stratégique par rapport à la richesse. Qui illustre dans la **Figure III.1**.

- Il comprend la plus grande richesse de palmiers au niveau national et le plus grand produit.
- Il contient la plus grande réserve nationale d'eau souterraine.
- Il produit 25% du produit national du tabac (première place).
- Le premier produit national pour les arachides avec une production importante de pommes de terre.
- Ses terres permettent la culture de 10 millions de palmiers, plus de terre et d'eau.
- Fort potentiel et qualification pour le rayonnement solaire.

Hassi Khalifa est considérée comme une zone d'importance stratégique, nous avons donc effectué des excursions sur le terrain pour les pivot d'irrigation dans la région et les environs afin d'étudier.

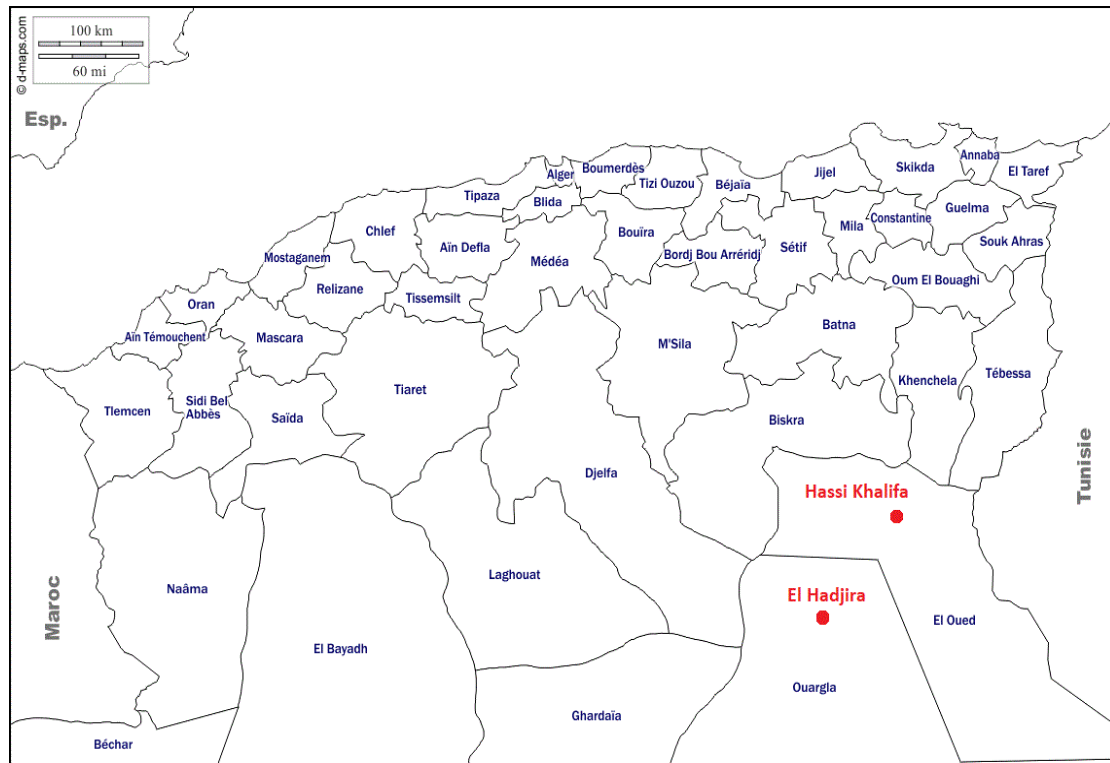


Figure III. 1: présentation de zones d'étude Hassi Khalifa et ElHadjira.

La deuxième zone d'étude est la zone d'El Hadjira est une commune de la wilaya d'Ouargla en Algérie et 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. Sebkha 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 cheflieu willaya de Ouargla [39].

Cette zone contient de grandes surfaces agricoles irriguées par des arroseurs pivotants pour produire du blé et de l'orge.

Tableau III .1: Caractéristiques des deux régions Hassi Khalifa et El hadjira.

Zone	Hassi khalifa	El hadjira
Latitude	7°00'19.4"E	5°44'21.7"E
Longitude	33°30'54.6"N	32°36'13.8"N
Température moyenne annuelle [°C]	21	21.4
Précipitations moyennes annuelles [40]	89.6	77
Evapotranspiration (mm/jour)	4.67	4.34
Irradiation solaire annuelle [Kwh/m²jour]	4.8	5.25

III.3. Énergie requise pour les pivots

Pour évaluer l'énergie électrique utilisée par les machines d'irrigation à pivot central adoptés dans le Sud-est de l'Algérie un nombre de ces derniers ont été sélectionnés dans les deux zones d'étude.

Afin de mener à bien cette étude, nous avons réalisé des sorties terrain vers plusieurs destinations dans les deux zones d'étude pour sélectionner et diagnostiquer un certain nombre de ces dispositifs d'arrosage électriques. Des informations et données sont collectées auprès des agriculteurs possédant les exploitations agricoles enquêtées.

La consommation d'énergie électrique dans les machines pivotantes est déterminée à l'aide de l'analyseur d'énergie électrique triphasés CHAUVIN ARNOUX (C.A.8332B) et le multimètre KOBAN (KP-06)) .Les caractéristiques des machines étudiés sont données dans le tableau (**Annexes A,B et C**).

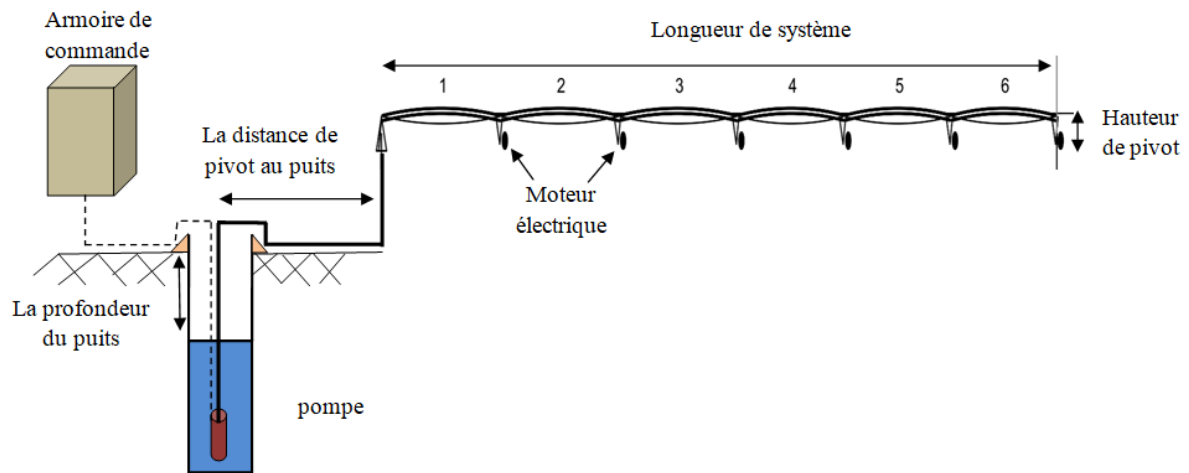


Figure III. 2: Schéma de Pivot d'irrigation moderne dans la région d'El Hadjira.

La **Figure III.2** Représente le pivot d'irrigation moderne situé dans la région d'El Hadjira sur lequel nous avons étudié, car il se compose de 6 parties en plus de la pompe.

III.3.1. Résultats des mesures

ont été utilisés Les résultats expérimentaux des **pivots (1, 2, 4, 5, 6, 7 et 8)**, nous avons mesuré la valeur maximale de l'intensité du courant au démarrage en utilisant l'analyseur d'énergie CHAUVIN ARNOUX (C.A.8332B) pour **les pivots** des études précédentes **(1, 2, 4 et 5)** [41], et le multimètre KOBAN (KP-06) pour les **pivots (6, 7 et 8)** où nous avons obtenu les résultats suivants comme indiqué **dans la figure suivante:**

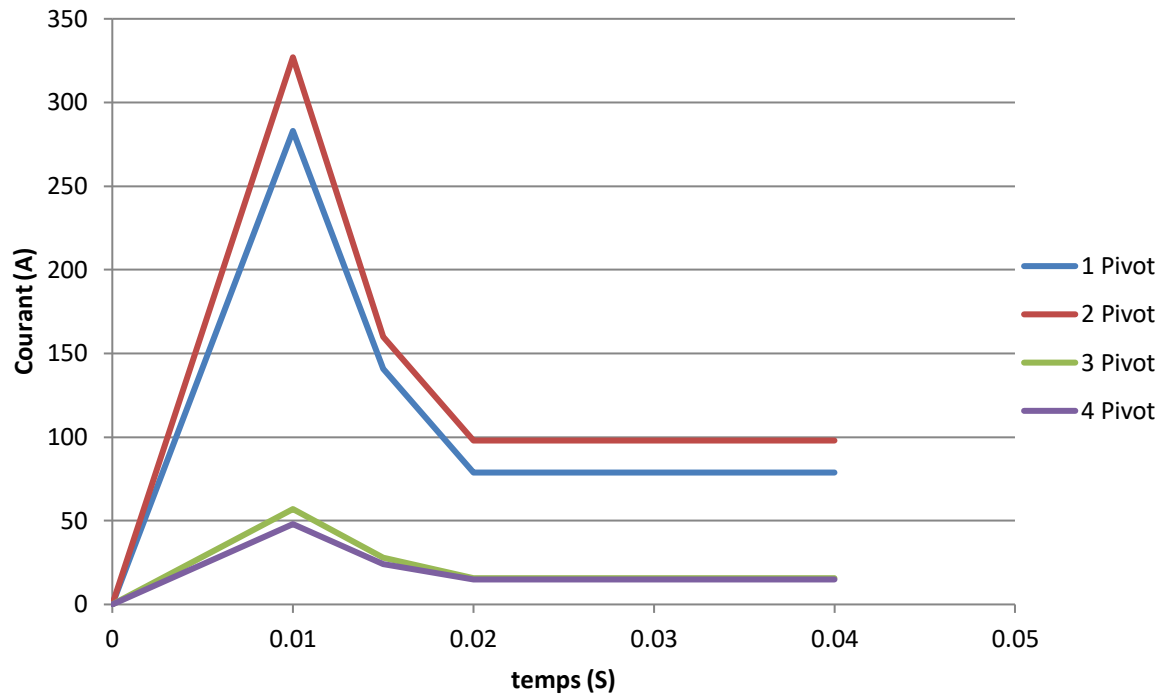


Figure III. 3: L'intensité du courant évoluée en fonction du temps des pivots (1,2,4 et 5) [41]

La **Figure III.3** montre l'évolution de l'intensité du courant en fonction du temps au démarrage de la pompe et des moteurs asynchrones des deux pivots modernes (1) et (2) et des pivots traditionnels (4) et (5). Le saut momentané en un temps très court de 0,01 seconde, qui atteint des valeurs importantes de 283 ampères pour le premier pivot, 327 ampères pour le deuxième pivot, 57 ampères pour le pivot 4 et 48 pour le pivot 5, cela est due à l'inertie du démarrage du motopompe et des moteurs de traction, puis il diminue le courant et se stabilise à la valeur de fonctionnement normale au moment 0,02 seconde, 79 ampères pour le pivot (1), 98 ampères pour le pivot (2), 15,5 ampères pour le pivot 4 et 14,8 ampères pour le pivot 5.

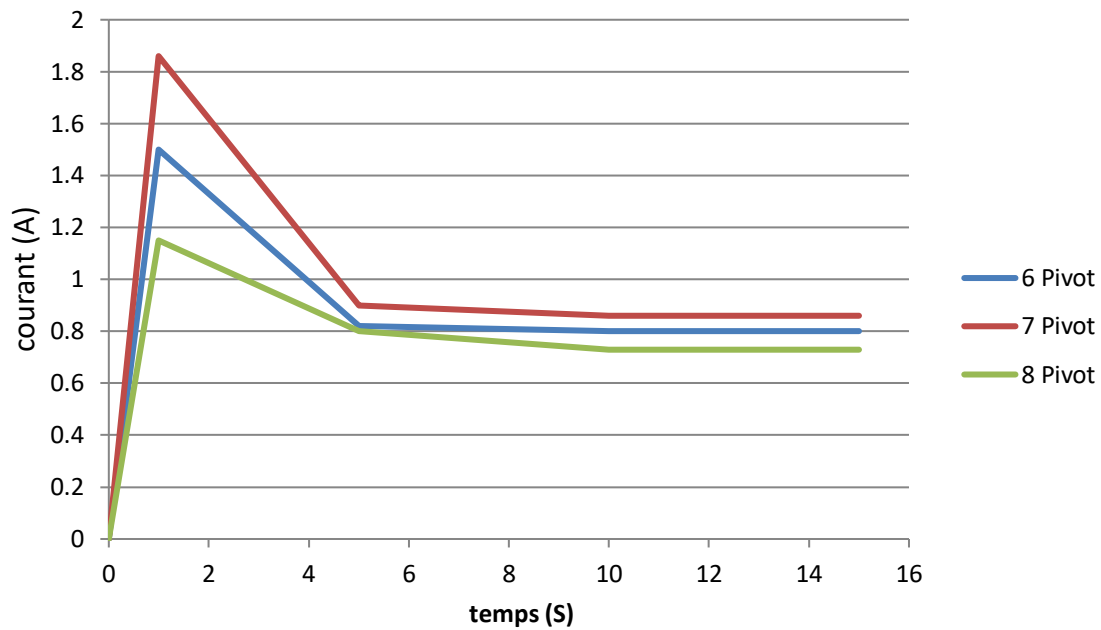


Figure III. 4 : L'intensité du courant évolué en fonction du temps des pivots (6,7et 8).

La **Figure III.4** montre l'évolution du courant en fonction du temps au démarrage des moteurs asynchrones des pivots traditionnels (6), (7) et (8). Le saut instantané en un temps très court de 1 seconde qui atteint des valeurs importantes de 1,5 ampère pour le pivot (6) et 1.86 ampère pour le pivot (7) et 1.15 ampère pour le pivot (8), cela est due à l'inertie du démarrage des moteurs asynchrones, alors le courant diminue et se stabilise à la valeur de fonctionnement normale à l'instant 10 secondes qui est 0.8 ampère pour le pivot (6) et 0.86 ampère pour le pivot (7) et 0.73 ampère pour le pivot (8).

Tableau III. 2:Résultats des mesures de consommation d'énergie pour pivots d'irrigation[41]

Pivot	1	2	4	5
Consommation (1h) (Wh)	41725.2	47475	6479.4	6193.8

Le **Tableau III.2** représente les résultats des mesures de consommation d'énergie pour les pivots d'irrigation (1,2,4 et 5), où les pivots d'irrigation modernes (1 et 2) dans l'El Hadjira prennent la valeur maximale 47475 Wh/h Comme pour les pivots d'irrigation traditionnels (4 et 5) à Hassi Khalifa, la valeur maximale est prise 6479.4 Wh/h

Tableau III. 3:Résultats des mesures de la valeur maximale du courant (Imax) d'une motopompe.

Pivot	9	10	11	12	13
Imax motopompe (A)	19	21.3	15.8	15.8	19.4

Le **Tableau III.3** présente les résultats des mesures de la valeur de courant maximum (Imax) d'une motopompe pour Pivots d'irrigation (9, 10, 11, 12 et 13), comprise entre 21.3 A et 15.8 A

Tableau III. 4:Résultats des mesures de la valeur maximale du courant (Imax) d'une moteur.

Pivot	9	10	11	12	13	15	16	17	18	19	20
Imax motopompe (A)	4	4.2	1	2	1.5	1.2	1.2	0.3	0.8	0.3	0.8

Le **Tableau III.4** représente les résultats des mesures de la valeur de courant maximum (Imax) pour les moteurs pivotants (9, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 17, 18, 19 et 20), où la valeur de courant est comprise entre 0.3 A et 4.2 A

Afin d'évaluer l'intensité du courant du moteur, nous avons fait deux essais sur le pivot 14, dans le premier essai, nous avons mesuré l'intensité du moteur sans faire fonctionner la pompe, ce qui signifie que le moteur se déplace sans la charge d'eau et nous avons obtenu la valeur de 1,66 ampères, et dans le deuxième essai, nous avons effectué le processus de mesure après le fonctionnement de la pompe là où la charge d'eau a été ajoutée, alors sur le moteur, on a obtenu la valeur de 2,13 ampères.

III.3.2. Discussion

En se basant sur les résultats des mesures expérimentales précédentes, nous avons maintenant une estimation de la consommation d'énergie dans les pivots d'irrigation des deux régions Hassi Khalifa et El Hadjira.

D'après les résultats des courbes précédentes (1, 2, 4, 5, 6, 7 et 8), nous avons remarqué dans le cas des pivots (1, 2, 4 et 5) **Figure III.3** que l'intensité de courant au démarrage du fonctionnement du système dépasse 300% du courant dans le cas du fonctionnement normal. Ainsi dans le cas des pivots (6, 7 et 8), nous avons observé à travers la **Figure III.4** que

l'intensité du courant au démarrage atteint 150% le courant de fonctionnement normal, et prouver le saut de courant est la raison du démarrage des moteurs asynchrones.

Selon les résultats illustrées du tableau (2), la forte intensité du courant de la motopompe est due à plusieurs facteurs, dont la puissance de la pompe, la distance entre la pompe et le centre de pivot, la longueur du système et la pression requise à l'arroseur de l'extrémité.

Selon les résultats du tableau (3), la forte intensité du courant moteur est due au poids de la structure du système, à sa longueur et à la vitesse du vent en plus du poids de l'eau, selon les résultats d'essai qui a été menée sur le pivot 14.

III.4. Énergie produite par des stations

En Algérie, l'énergie électrique produite à partir d'énergies renouvelables augmente avec le temps. Elle dépend principalement de l'énergie solaire car le grand potentiel de l'énergie solaire laisse les systèmes solaires à l'écart des autres systèmes, car l'Algérie a une localisation très stratégique, ce qui la rend éligible pour de tels domaines d'énergies modernes. Les centrales solaire photovoltaïque qui sont installées sur le territoire algérienne sont indiquées dans le **Tableau.III.5** :

Tableau III. 5: montrant Les centrales des énergies Photovoltaïque en Algérie sont les suivantes[42]

Nom de la centrale	Localité	Puissance kw _c
Oued Kebrit	Souk Ahras	15
El Hadjira	Touggourt	30
Ain El Melh	M'Sila	20
Ain El Bel 1+2	Djelfa	53
Ain Skhouna	Saida	30
Labiodh Sidi Chikh	El Bayadh	23
Telagh	Sidi-Bel-Abbes	12
Sedret le ghzel	Naama	20
Kaberten	Sud Algérie	03
Timimoune	Sud Algérie	09
Ain Salah	Sud Algérie	05
Aoulef	Sud Algérie	05

Regguene	Sud Algérie	05
Zaouiat Kounta	Sud Algérie	06
Adrar	Sud Algérie	20
Tamanrasset	Tamanrasset	13
Djanet	Il izi	03
Tindouf	Tindouf	09
Oued Nechou PV	Ghardaia	1.1
Lekhneg 1+2	Laghouat	60
Oued El Ma	Batna	02

Nous avons mené une formation sur le terrain pendant cinq jours (**du 22/02/2020 au 26/02/2020**) dans le centre d'énergie photovoltaïque d'El-Hadjira la cellule de l'entreprise Algérienne Shariket Kahraba wa Taket Moutadjadida SKTM est une Filiale de Sonalgaz, La centrale photovoltaïque d'El Hadjira à proximité de la nouvelle ville de Hadjira, avec les coordonnées géométriques 32,35° N et 05,50° E. Le terrain d'assiette est d'une envergure de 60 hectares. Le générateur PV de la centrale connectée au réseau de distribution 30 KV de Hadjira, est composé de 120120 modules de 250Wc avec un angle d'inclinaison de 30 degrés, répartis en 30 sous-champs de un (01) MW, chacun est composé de quatre-vingt et onze (91) chaines, chaque chaine regroupe deux (02) string en parallèle et chaque string contient vingt et deux (22) modules en série (soit 4004 modules par sous champ). Et cntient un (01) compartiment contenant deux (02) Onduleurs triphasés de 500W chacun. Et aussi un (01) transformateur élévateur triphasé 0.315/30KV de puissance nominale de 1500 KVA **La figure III.5** suivante montre le raccordement des composants de l'installation.

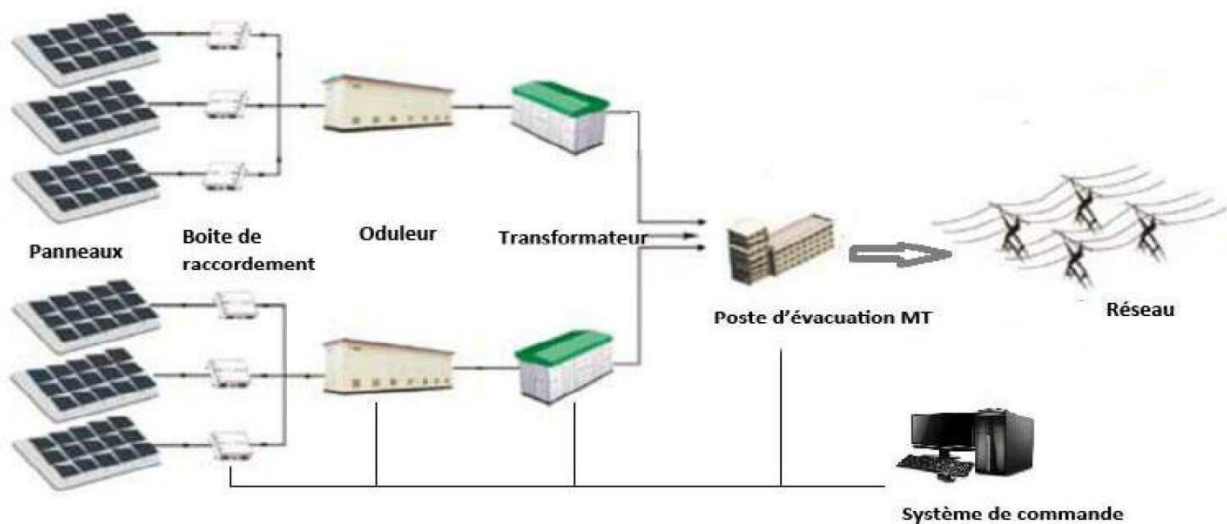


Figure III. 5: Schéma de la centrale de production d'électricité PV raccordée au réseau de distribution[43].

III.4.1. Résultats des mesures

À la station El Hadjira, le processus de sauvegarde des données liées aux variables météorologiques est basé sur la présence d'un endroit où des capteurs sont installés (pluie, rayonnement solaire, température, humidité, vitesse du vent et pression), et ces capteurs sont connectés à des ordinateurs pour enregistrer les données périodiquement toutes les demi-heures. Ces ordinateurs enregistrent également les valeurs de consommation d'énergie et les valeurs de sortie d'énergie totale.

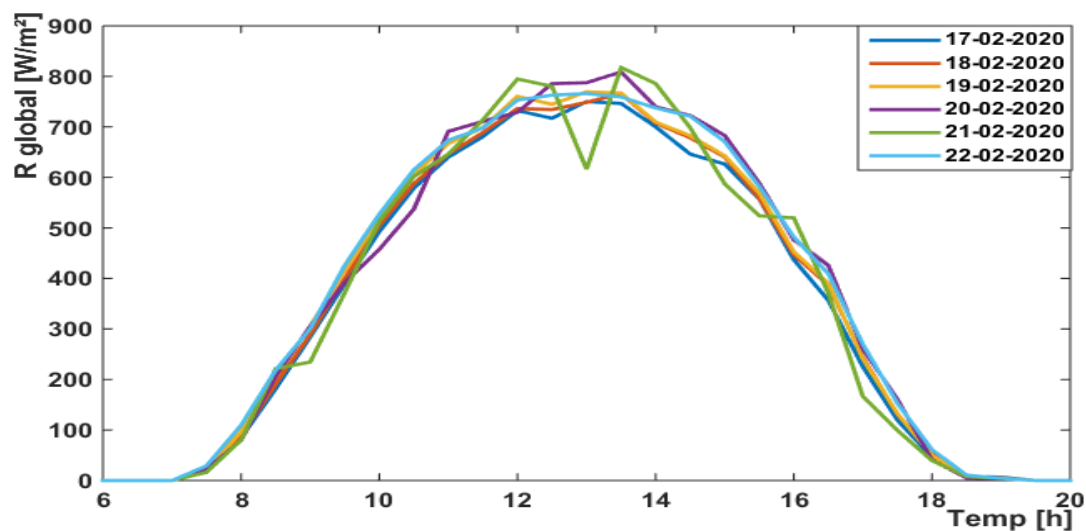


Figure III. 6: Courbes de changement de Rayonnement global en fonction du temps.

La Figure.III.6 représente les variations du rayonnement solaire global [W/m^2] dans la station en fonction de changement du temps [h] en 6 jours, où: Les courbes augmentent, de la

valeur 0 jusqu'à ce qu'elle atteigne son pic de midi [12h-14h] puis diminue jusqu'à ce qu'elle revienne à la valeur 0.

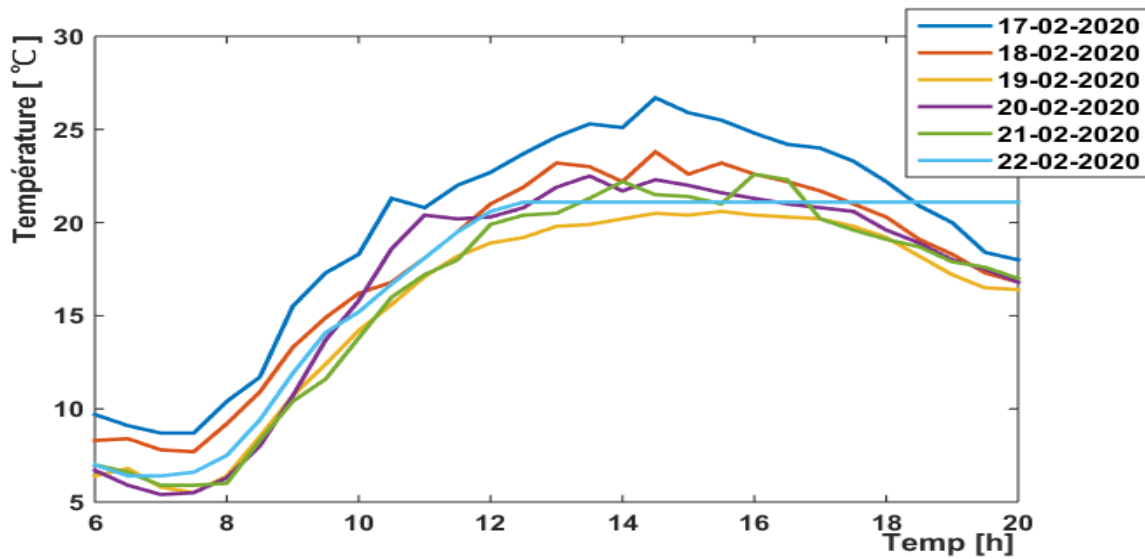


Figure III. 7:Présentation de changement de température en fonction du temps.

La **Figure.III.7** représente les changements de température à la station en fonction de changement du temps [h] en 6 jours où: Les courbes sont basses et augmentes progressivement avec le temps jusqu'à ce qu'elle atteigne la valeur maximale au milieu de la journée [12h-14h] et ensuite la température diminue progressivement avec le temps.

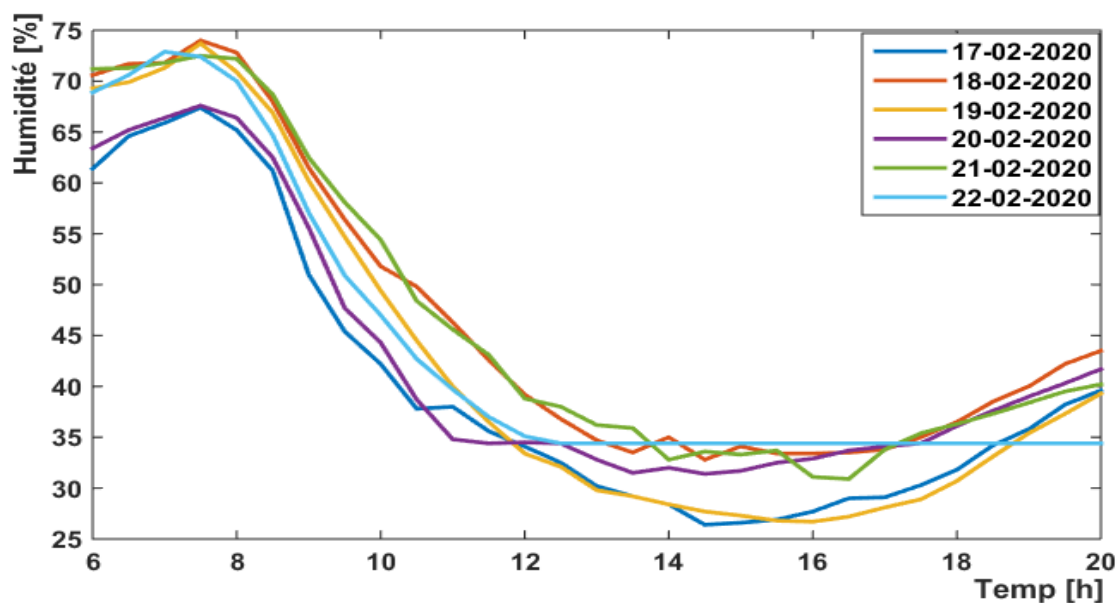


Figure III. 8:Présentation de changement d'humidité en fonction du temps.

La **Figure.III.8** représente les changements d'humidité [%] dans l'usine en fonction de changement du temps [h] en 6 jours, où: Les courbes diminues, de la valeur maximale de près de 70% jusqu'à ce qu'elle atteigne sa valeur minimale de 30% au milieu de la journée et ensuite qu'elle augmente progressivement avec le temps.

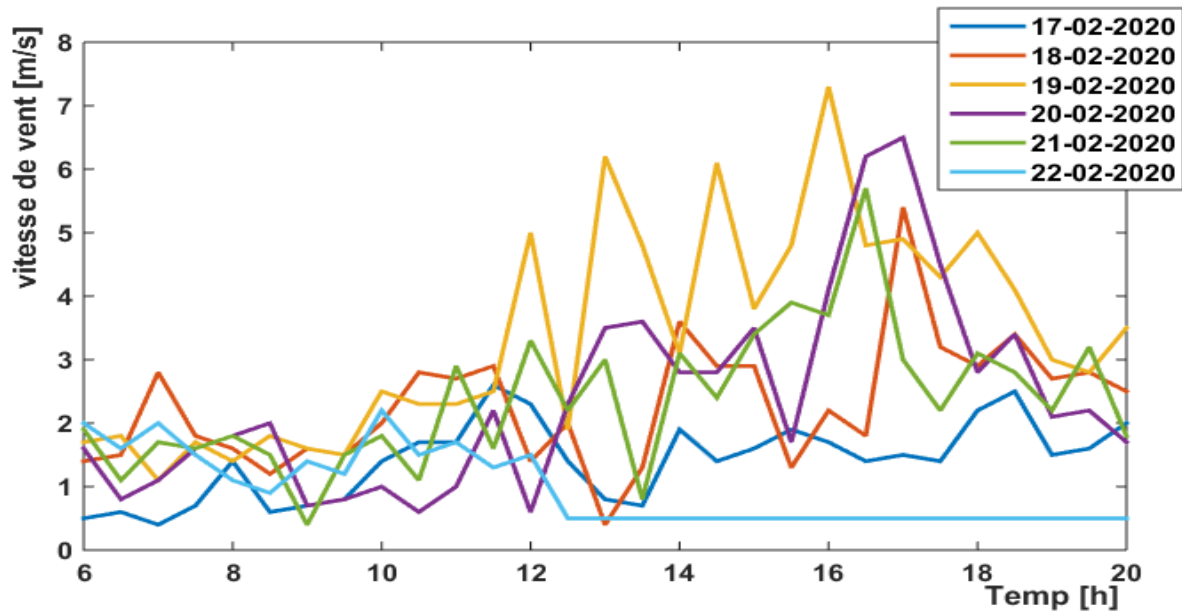


Figure III. 9:Présentation de changement de vitesse de vent en termes de temps.

La **Figure.III.9** représente les changements de vitesse du vent [m/s] à la station en fonction de changement du temps [h] en 6 jours où:Les courbes sont basses et changes dans le temps, au fur et à mesure qu'elle diminue et augmente, elle n'a pas d'uniformité, une courbe oscillante.

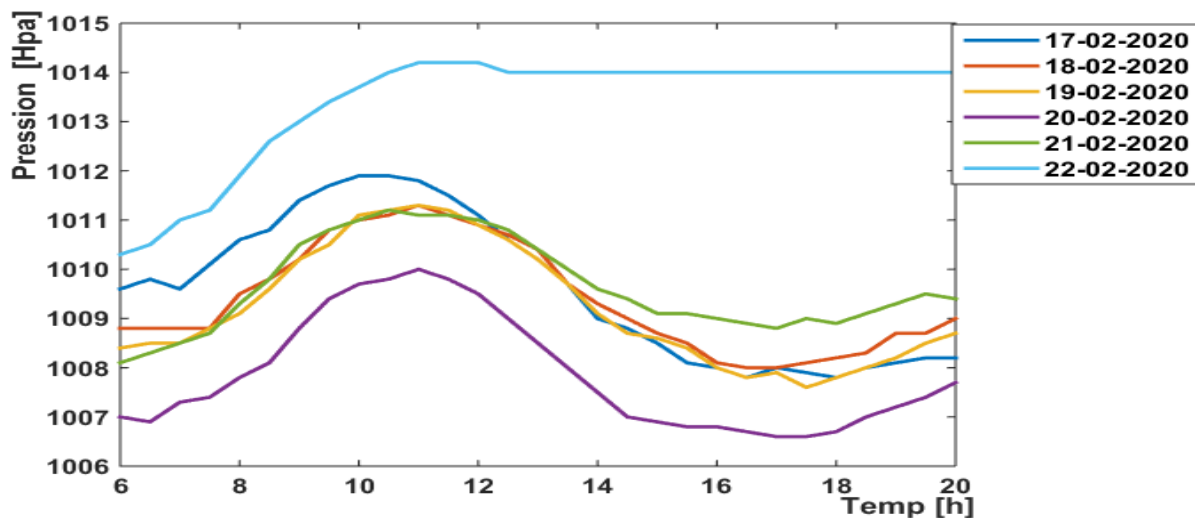


Figure III. 10 :Présentation de changement de pression en fonction du temps.

La **Figure.III.10** représente les changements de pression [Hpa] à la station en fonction de changement du temps [h] en 6 jours où: Les courbes ne changent pas de façon spectaculaire, car elle est presque conservatrice à sa valeur initiale.

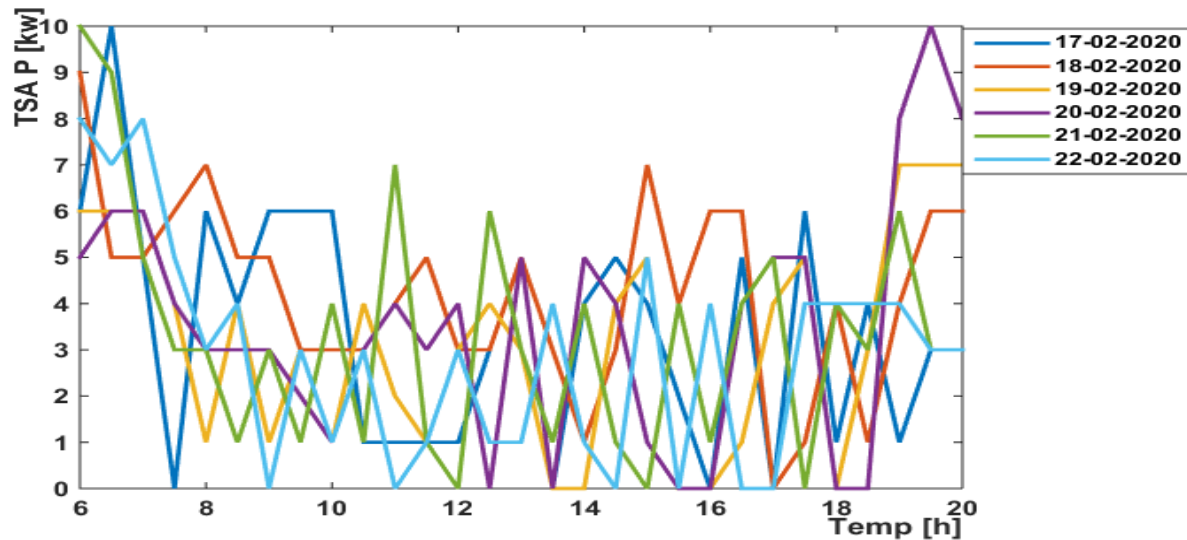


Figure III. 11:Présentation de changement de puissance consommée en fonction du temps.

La **Figure.III.11** représente les changements d'énergie consommés [KW] à la station en termes de changement de temps [h] en 6 jours, grâce à quoi: Les courbes augmentent et diminuent au besoin par jour.

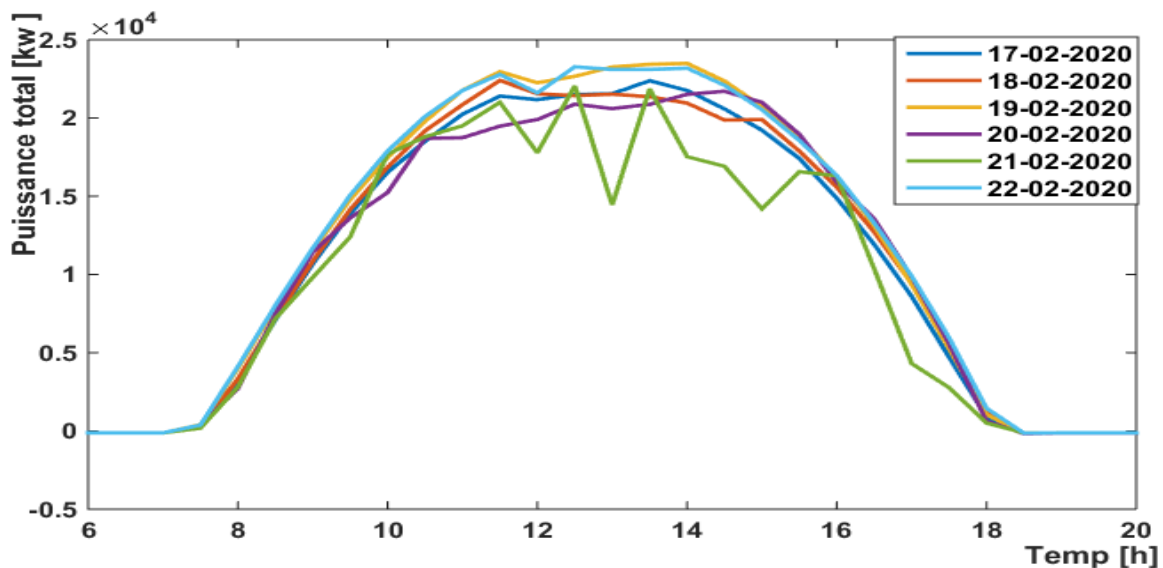


Figure III. 12:Présentation de changement de puissance totale en termes de temps.

La **Figure III.12** représente les changements de puissance totale [KW] produits à la station en fonction de changement de temps [h] en 6 jours où: Les courbes augmentent, de la valeur 0 jusqu'à ce qu'elle atteigne son pic de midi [12 h-14h], puis diminuent jusqu'à ce qu'elle revienne à la valeur 0.

III.4.2. Discussion

Le rayonnement solaire est la quantité de rayonnement solaire incident sur une zone spécifique qui est capable de générer de l'énergie électrique. D'abord sur la **Figure.III.6**, on remarque que les valeurs du rayonnement solaire prennent la valeur 0 avant 06 heures, cela est dû à l'absence du soleil et du rayonnement solaire. Ensuite cela commence à augmenter depuis 06h00 en raison de l'apparition de la lumière du soleil. Et il continue d'augmenter jusqu'à atteindre sa valeur maximale en milieu de journée, quand un jour de 21-02-2020 il a atteint une valeur 817.6 w / m^2 à 13:30, et cela est dû à l'arrivée du lever du soleil à sa plus grande valeur, là où les panneaux sont saturés de la valeur du rayonnement solaire perpendiculaire à sa surface. Dans l'après-midi, la valeur du rayonnement diminue progressivement jusqu'à ce qu'elle diminue, ce qui est dû à la disparition du soleil et du rayonnement solaire.

L'augmentation de la température de l'air entraîne une augmentation de la température du panneau solaire, ce qui affecte négativement l'efficacité de la productivité des panneaux, ce qui explique le manque de productivité par temps chaud. On voit sur la **Figure. III.7** les courbes de la température sont faibles en raison de l'absence du soleil et du rayonnement solaire. encore cela commence à augmenter progressivement au fil du temps, cela est dû à la montée du soleil et à la présence de rayonnement solaire appliqué sur les surfaces des panneaux solaires avec la présence de productivité, et il continue d'augmenter jusqu'à atteindre sa valeur maximale, car il a fallu un jour 17-02-2020 pour atteindre une valeur 26.7°C à l'heure 14 :30 Ceci est dû à la position du soleil, où il se trouve au milieu de la journée et où le rayonnement est à sa valeur la plus élevée. Ensuite, la température diminue progressivement avec le temps et revient à une petite valeur en raison de l'absence de soleil et de l'absence de rayonnement solaire.

L'humidité provoque la corrosion des panneaux solaires, la corrosion attaque les connexions métalliques des cellules du module PV provoquant une augmentation des courants de fuite et ainsi une perte de performance, Remarque sur la **Figure.III.8** Les courbes montrent que

l'humidité est à un niveau élevé, cela est dû à l'absence de soleil, de rayonnement solaire et de chaleur. Il commence à diminuer progressivement en raison de la présence de soleil et de chaleur, continue de diminuer, comme on le remarque un jour 17-02-2020 il a atteint sa valeur la plus basse 26.4% à l'heure 14 :30 cela est dû à la présence de rayonnement et à la température à la valeur maximale. Et puis il commence à augmenter progressivement et à revenir à son état d'origine en raison de l'absence de lumière du soleil et de la diminution du rayonnement et de la température.

La vitesse du vent affecte les panneaux solaires, comme si le vent est léger, il aide à refroidir les panneaux solaires et ainsi leur efficacité augmente. Mais si le vent est fort, il est généralement accompagné de poussière et de sable, et bloque ainsi l'arrivée de la lumière du soleil à la surface des panneaux et donc l'efficacité diminue, On peut voir sur la **Figure.III.9** les courbes changent tous les temps et quand elles augmentent et diminuent tout le temps et l'heure, donc un jour 19-02-2020 ça a pris sa meilleure valeur 7.3 m/s à l'heure 16 :00 , C'est un bon rapport qualité-prix pour les panneaux solaires car il les aide à refroidir, augmentant ainsi l'efficacité et la productivité .

La consommation quotidienne de la station varie en fonction des besoins: leurs besoins énergétiques résident dans le fonctionnement des ordinateurs, l'éclairage, le chargement des téléphones et le fonctionnement des glacières. Et certains appareils ne devraient jamais cesser de fonctionner sans interruption, tels que les dispositifs de protection, les ordinateurs et les caméras de surveillance, On peut voir sur la **Figure.III.11** les courbes changent tout le temps en fonction du besoin d'énergie.

La production quotidienne d'énergie de la station est rétroactivement liée aux variables météorologiques (Rayonnement solaire, Température, Humidité et Vitesse du vent).

À partir de la **Figure.III.12** on notes :

- Qu'il y a une fluctuation de la production pour le jour 02-21-2020, comme si on retour à la **Figure.III.6** on remarque que la courbe de rayonnement solaire pour le jour 02-21-2020 oscille et cela prouve l'exactitude de dire que le rayonnement solaire affecte la valeur de la production à mesure qu'il augmente la valeur du rayonnement solaire, plus la valeur de productivité est élevée, et plus la valeur de rayonnement est faible, moins la production est importante.

- La valeur de production pour le jour 02-22-2020 est inférieure à celle du jour 20-02-2020, comme si on revenait à la **Figure.III.7** on note que la valeur de température pour le jour 02-22-2020 est inférieure à la valeur de 20 -02-2020 et c'est ce qui prouve que la température affecte la valeur de la production, car plus la température est élevée, plus la valeur de production est basse, et plus la température est basse, plus la production est élevée.
- Que la valeur de la production au 19-02-2020 est supérieure à la valeur de la production au 18-02-2020, donc si l'on revient à la **Figure.III.8** on constate que la vitesse du vent au 19-02-2020 est plus élevée qu'au 18-02-2020, où Ces vents ne sont pas d'une grande valeur et ne sont pas attirés par la poussière et le sable en raison de leur valeur, car ils ont aidé à refroidir les panneaux solaires et ainsi nous donner une meilleure productivité et cela prouve que la vitesse du vent affecte la productivité des panneaux solaires.
- La valeur de production pour le 18-02-2020 est inférieure à la journée du 19-02-2020, donc si on retour à la **Figure.III.9** nous notons que la valeur d'humidité pour le 18-02-2020 jour est supérieure à la valeur d'humidité pour le 19-02-2020 **et** c'est ce qui prouve que les valeurs d'humidité affectent la productivité, car plus l'humidité est basse, plus la production est élevée.

III.5.Conclusion

Dans ce chapitre, été traité des pivots d'irrigation dans les zones d'El Hadjira et de Hassi Khalifa, car nous avons vu que ces zones sont des zones agricoles distinctes, et dépendent de l'électricité publique pour alimenter les pivots d'irrigation et sont utilisées pour déplacer des moteurs et pomper de l'eau et été discuté des résultats des mesures de consommation pour 20 pivots d'irrigation, et Été visité fait une visite de terrain à la centrale solaire d'El Hadjira . Nous avons découvert les composants de la station de base utilisés dans le processus de production d'électricité.

Dans le chapitre suivant, il sera proposé de faire fonctionner les dispositifs d'irrigation à pivot central avec l'énergie produite par les centrales solaires de Hassi Khalifa et El Hadjira.

Chapitre IV :
Dimensionnement d'un pivot
solaire

Chapitre IV : Dimensionnement d'un pivot solaire

IV.1. Introduction

Les pivots d'irrigation solaire repose principalement sur le générateur photovoltaïque, car il convertit l'énergie solaire en énergie électrique, pour entraîner les moteurs de traction et le fonctionnement des pompes, Système photovoltaïque connecté au réseau public est constitué de modules solaires photovoltaïques reliés entre eux (en série et en parallèle) et branchés sur un ou plusieurs onduleur(s) eux-mêmes connecté(s) au réseau de distribution ou de transport d'électricité (pour fournir de l'énergie en l'absence de rayonnement solaire ou pendant la période de nuit).

En utilisant le programme PVsyst, qui facilite le processus d'obtention de données liées au processus de production d'énergie pour les systèmes photovoltaïques, et en utilisant le programme CROPWAT de l'**Organisation pour l'alimentation et l'agriculture**(FAO), qui permet d'obtenir des données liées au calcul de l'eau des cultures et aux besoins d'irrigation en fonction des données du sol, du climat et des cultures.

IV.2. Cas de dimensionnement

Le plan de travail utilisé par les techniciens locaux dans le processus de dimensionnement d'une station photovoltaïque pour alimenter un projet basé sur le processus d'estimation, c'est-à-dire qu'ils construisent la station à partir de la fiche technique en prenant la valeur de puissance nominale des appareils sans prendre en compte la valeur de consommation réelle, dans notre sujet, nous avons quatre cas de dimensionnement (voire **Annexe D**)Montré **dans Figure IV.1**, pour les pourcentages (75% 50% 25%) de la consommation totale des quatre pivots d'irrigation mesuré précédemment[41] :

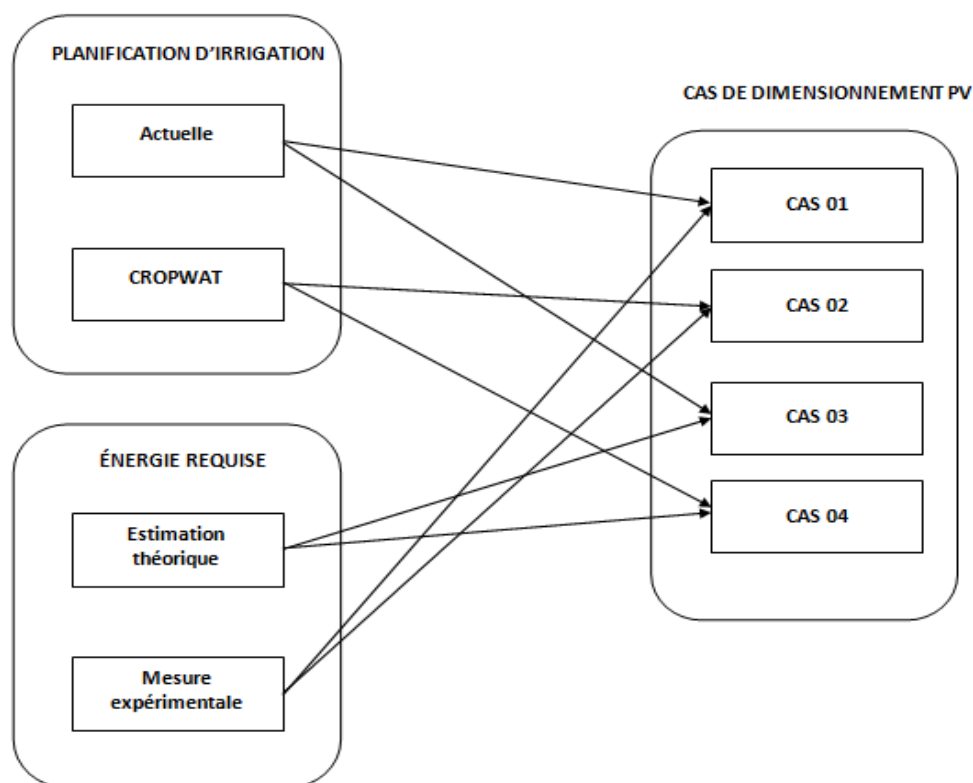


Figure IV 1 Organigramme des cas de dimensionnement

IV.2.1 Cas de dimensionnement 1

Dans ce cas, dépend principalement de la valeur de la consommation réelle de l'appareil, le calcul de l'énergie totale quotidienne prenant en compte la valeur du rayonnement solaire moyen pour la zone étudiée, ceci est complètement différent du travail des techniciens travaillant dans le domaine de l'énergie solaire, en s'appuyant sur la planification d'irrigation conventionnelle.

IV.2.2 Cas de dimensionnement 2

Dans ce cas, on dépend principalement de la valeur de la consommation réelle de l'appareil, avec le calcul de l'énergie totale journalière, en tenant compte de la valeur du rayonnement solaire moyen pour la zone étudiée comme dans le cas précédent, en s'appuyant sur la planification d'irrigation tirées du programme « CROPWAT ».

IV.2.3 Cas de dimensionnement 3

Dans ce cas, Être utilisé la méthode adoptée par les techniciens dans le processus de dimensionnement, en prenant la valeur énergétique dans le plaque signalétique pour chacune

des pompes et moteurs, en tenant compte du nombre d'heures de fonctionnement, et en plus de la planification d'irrigation adopté par les agriculteurs El Hadjira et Hassi Khalifa.

IV.2.4 Cas de dimensionnement 4

Dans ce cas également comme dans le cas précédent, nous nous appuyons sur la méthode adoptée par les techniciens dans le processus de dimensionnement, en prenant la valeur énergétique sur la plaque signalétique de chacune des pompes et moteurs, en tenant compte du nombre d'heures de fonctionnement, et on dépend la planification d'irrigation idéal et nous la prenons du programme « **CROPWAT** » qui il détermine la valeur réelle des besoins en eau de l'usine et devient ainsi une méthode d'arrosage idéale et donc une bonne utilisation de l'électricité sans perte.

IV.3. Résultats

Est expliqué une partie du processus de dimensionnement d'une station photovoltaïque pour plus d'un pivot d'irrigation avec des pourcentages différents, les différents cas de dimensionnement qu'il été mentionné plus tôt.

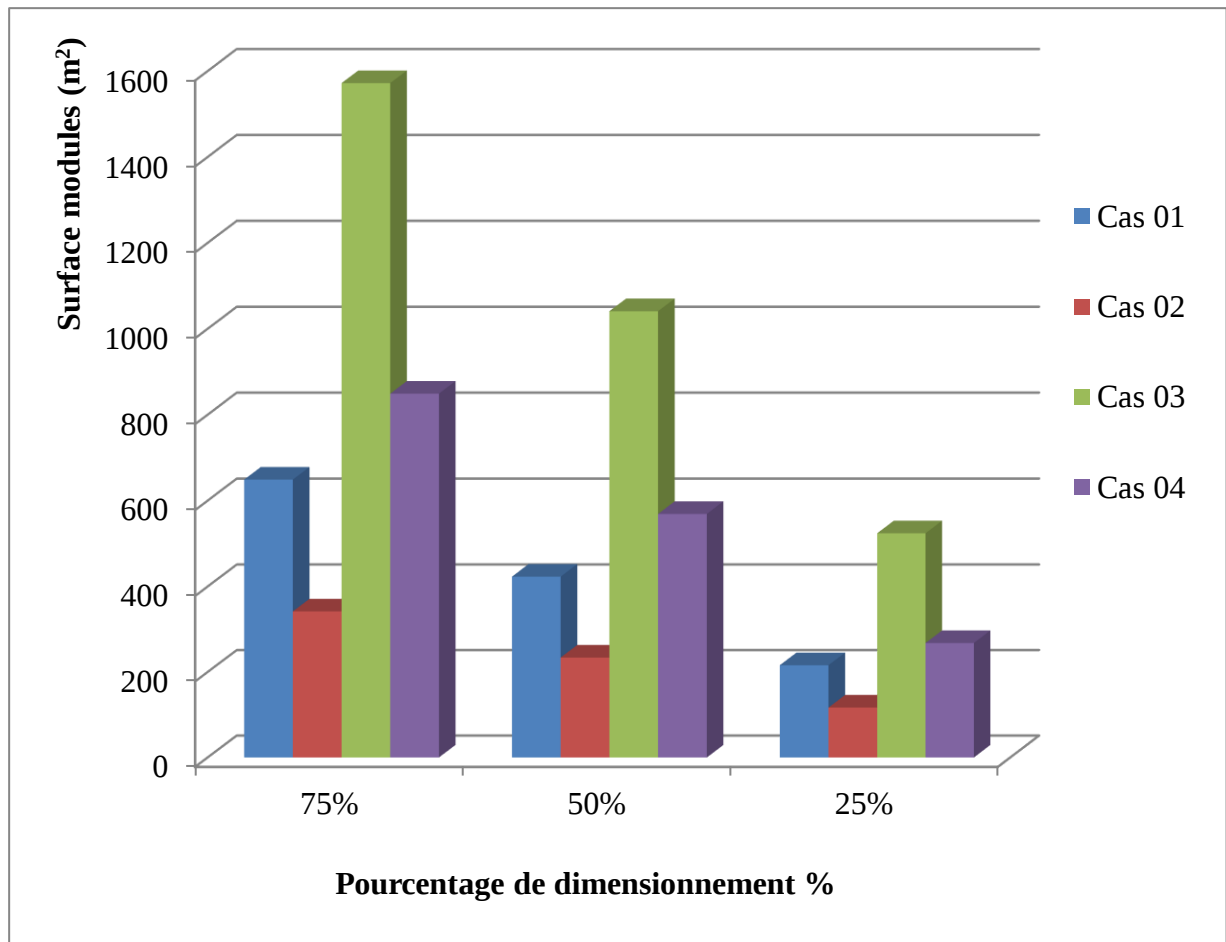


Figure IV 2: Présentation de la variation de surface modules de pivot 01

La figure IV.2 montre la variation de surface modules en fonction de différents cas et de pourcentages de dimensionnement tandis que

- Les colonnes varient avec différents pourcentages de dimensionnement
- Les colonnes diffèrent également selon les cas de dimensionnement

Indépendamment de la différence pourcentages de dimensionnement des stations PV, on remarquons que de tous les cas de dimensionnement, le **Cas 3** prend le plus grand Surface et le **Cas 2** prend le plus petit Surface.

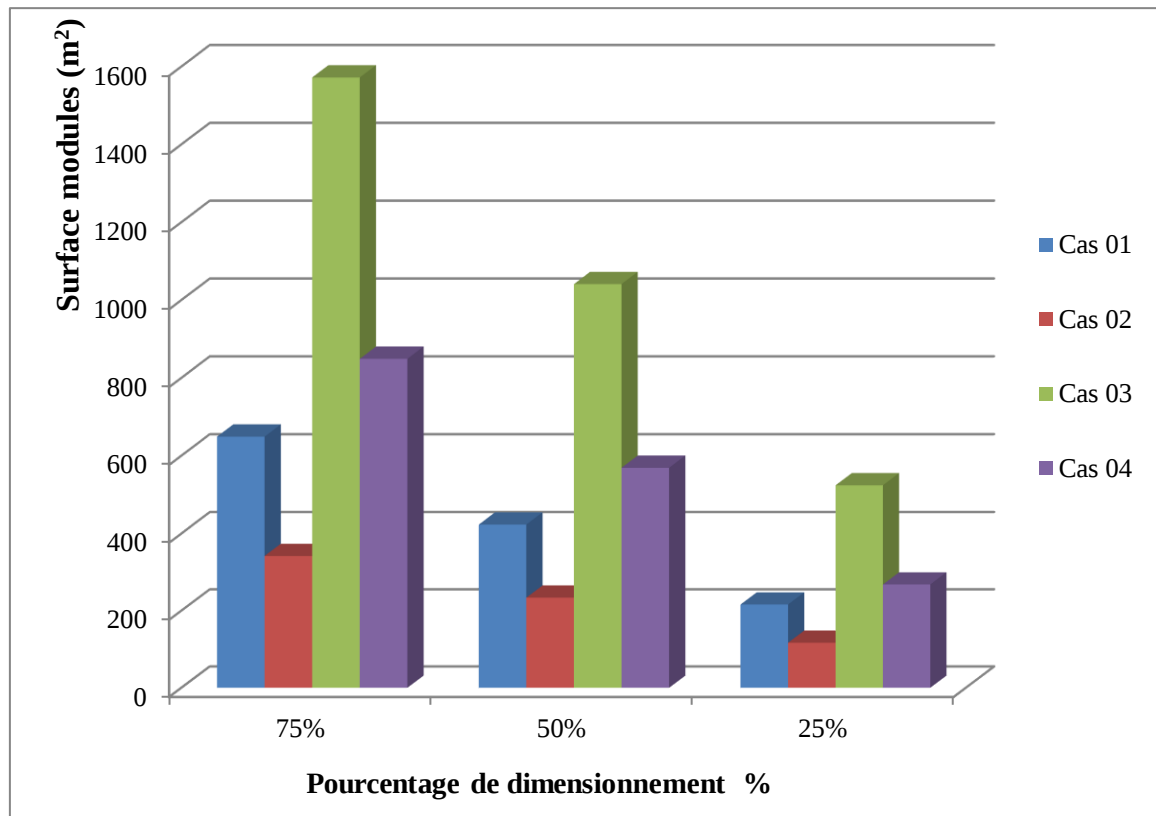


Figure IV 3: Présentation de la variation de surface modules de pivot 02.

La figure IV.3 montre la variation de surface modules en fonction de différents états de la station et de différents pourcentages de dimensionnement tandis que :

- Les colonnes varient avec différents pourcentages de dimensionnement
- Les colonnes diffèrent également selon les cas de dimensionnement

En négligeant la différence pourcentages de dimensionnement des stations PV, on remarquons que de tous les cas de dimensionnement, le **Cas 3** prend le plus grand Surface et le **Cas 2** prend le plus petit Surface.

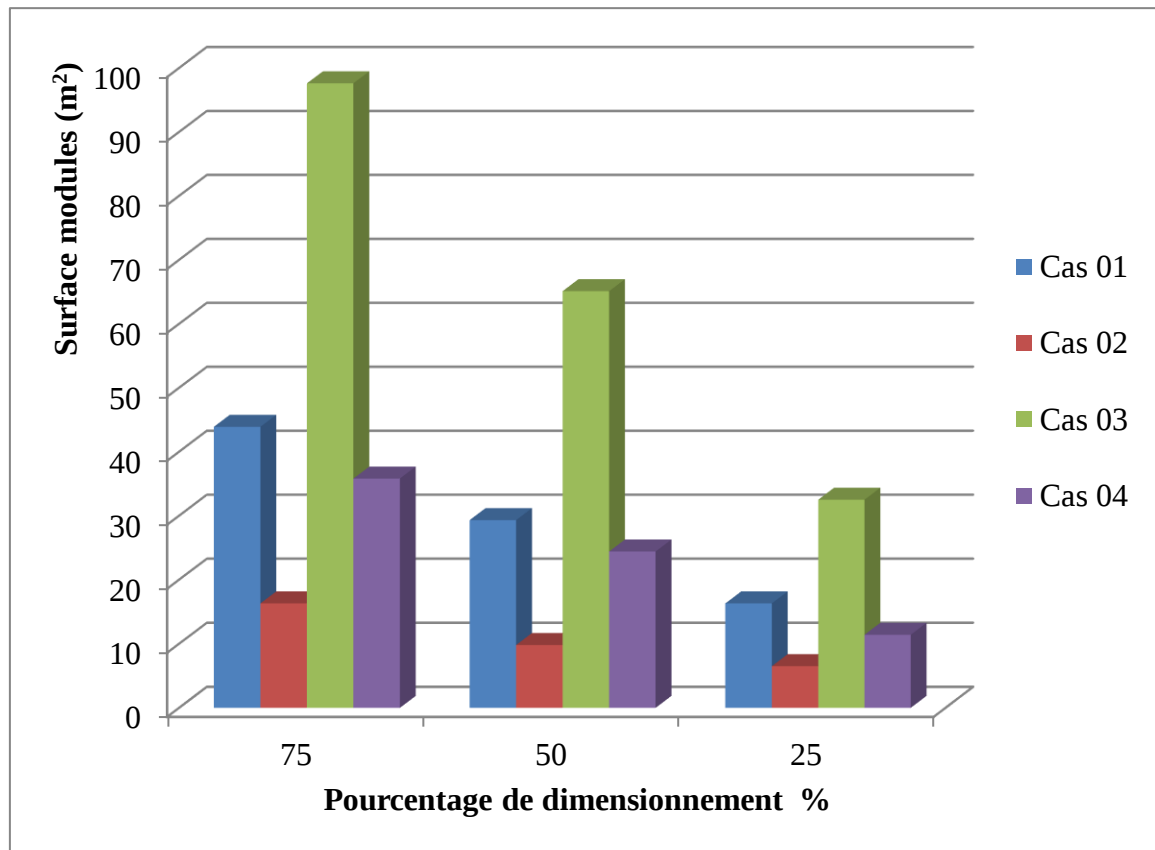


Figure IV 4: Présentation de la variation de surface modules de pivot 04.

La figure IV.4 montre la variation de surface modules en fonction de différents états de la station et de différents pourcentages de dimensionnement tandis que

- Les colonnes varient avec différents pourcentages de dimensionnement
- Les colonnes diffèrent également selon les cas de dimensionnement

Indépendamment de la différence pourcentages de dimensionnement des stations PV, on remarquons que de tous les cas de dimensionnement, le **Cas 3** prend le plus grand Surface et le **Cas 2** prend le plus petit Surface.

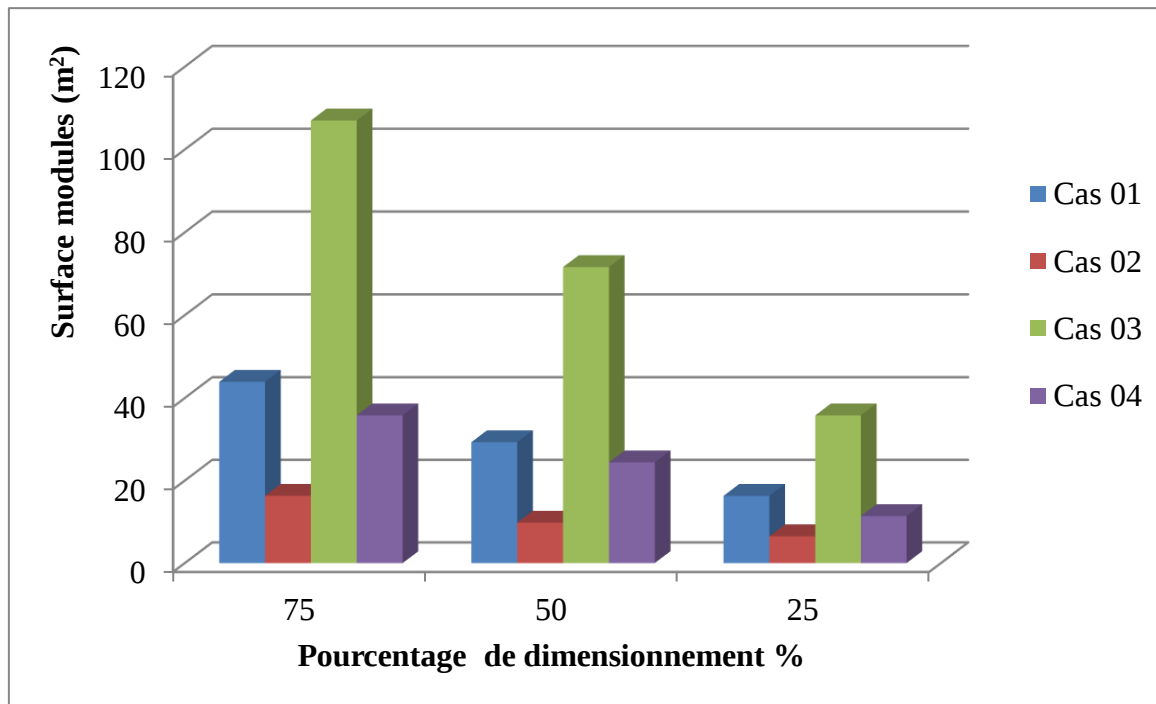


Figure IV 5: Présentation de la variation de surface modules de pivot 05.

La figure IV.5 montre la variation de surface modules en fonction de différents états de la station et de différents pourcentages de dimensionnement tandis que

- Les colonnes varient avec différents pourcentages de dimensionnement
- Les colonnes diffèrent également selon les cas de dimensionnement

En négligeant de la différence pourcentages de dimensionnement des stations PV, être vu que de tous les cas de dimensionnement, le **Cas 3** prend le plus grand Surface et le **Cas 2** prend le plus petit Surface.

Dans notre travail, on dimensionner les deux pivots d'irrigation, **Pivot 01** pour El Hadjira et **Pivot 04** pour Hassi Khalifa, avec un pourcentage de dimensionnement **50%** pour la taille de la station PV connectée au réseau et les résultats indiqués dans les (**Figure IV.6 et Figure IV.7**)

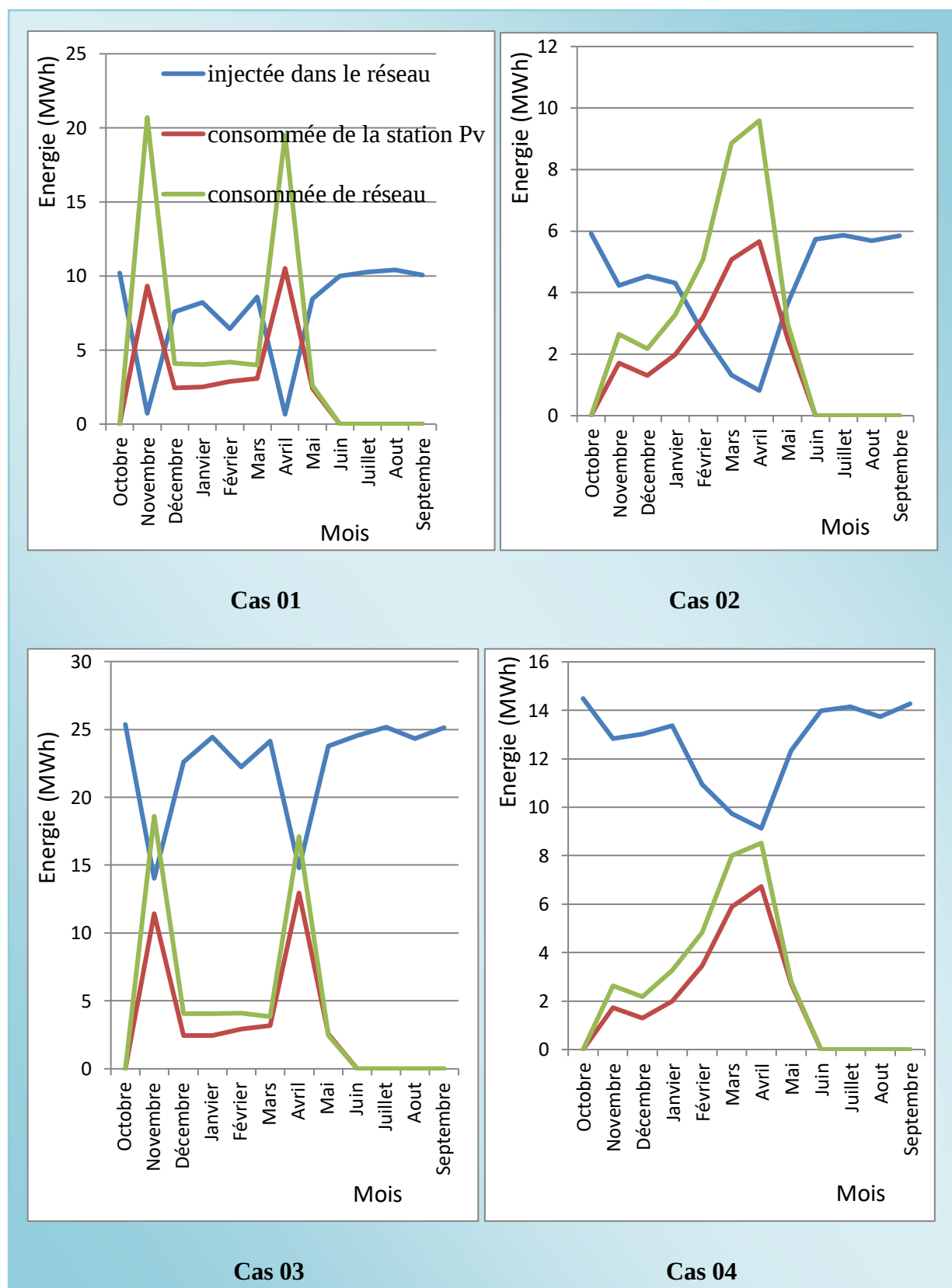


Figure IV 6: Présentation de la variation mensuelle des énergies de pivot 01.

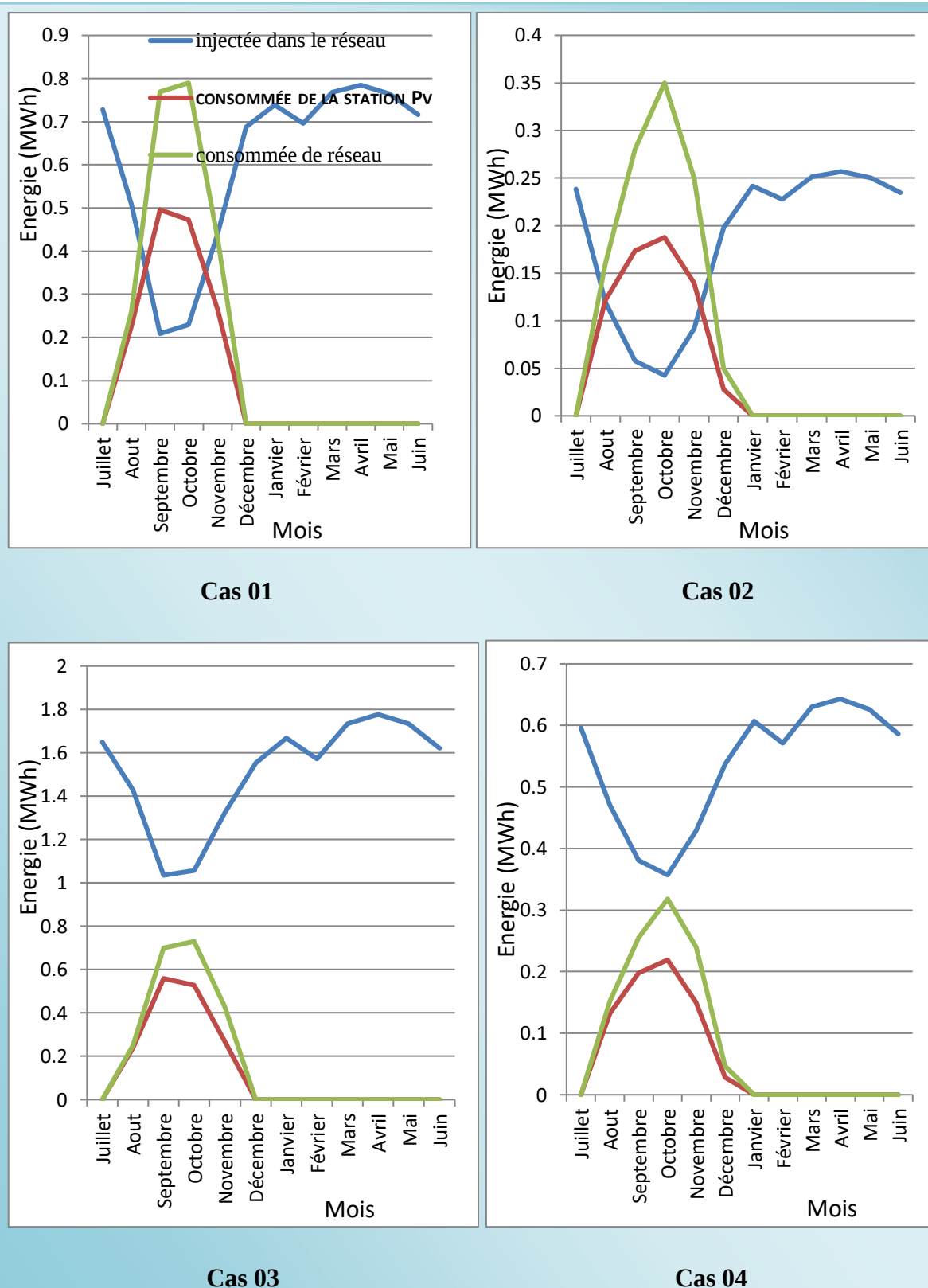


Figure IV 7: Présentation de la variation mensuelle des énergies de pivot 04.

La **figure IV.5** montre les différents cas de dimensionnement de la station PV pour le **pivot(1)**. On remarque dans les **deux cas (1) et (2)** que l'énergie injectée au réseau prend des petites valeurs et minimales lorsque la consommation pris de la station est maximal ce qui est rationnelle. Aussi il apparut que dans le cas d'irrigation conventionnelle l'énergie consommée du réseau et de station est maximale dans les deux mois **novembre** et **avril** mais pour la **planification CROPWAT** cela est pour le mois d'**avril** seulement.

D'autre part, dans les **deux cas (3) et (4)** où la consommation est évaluée par les techniciens analytiquement l'énergie injectée au réseau prend des valeurs extrêmes dans le **cas** de la consommation normale mensuelle et prend une valeur minimale mais reste importante pour la consommation maximale des mois novembre et avril. La comparaison entre la **planification conventionnelle** et **CROPWAT** reste la même.

La **figure IV.6** montre les différents cas de dimensionnement de la station PV pour le **pivot (4)**. Les notes sont les mêmes sauf que le mois de la consommation maximale et le mois d'octobre seulement.

La visite de terrain de la centrale photovoltaïque d'El Hadjira et en prenant quotidiennement les résultats de l'énergie produite par la station et de connaître le nombre de pivot d'irrigation pouvant répondre à ses besoins cette station, et qu'après avoir obtenu les résultats de mesure expérimentale de l'énergie consommée que nous avons lors de la visite de terrain sur les pivots d'irrigation moderne d'El Hadjira les pivots d'irrigation traditionnel à Hassi Khalifa, et sur la base des résultats des deux visites de terrain, nous avons extrait les résultats du tableau suivant:

Tableau IV. 1: Le nombre de pivot d'irrigation pouvant être exploités à partir de la centrale photovoltaïque d'El Hadjira.

	Station PV d'El Hadjira	Pivot d'irrigation moderne	pivot d'irrigation traditionnel
Totale énergie produite(kwh)	160000	/	/
Totale énergie consommée(kwh)	/	354.66	55.07
Nombre de pivot	/	451	2905

IV.4. Discussion

Le dimensionnement d'une station photovoltaïque connectée au réseau public est basé sur la capacité financière de l'investisseur, où l'investisseur peut choisir la capacité de la station en fonction de l'argent dont il dispose, car la station photovoltaïque connectée au réseau est considérée comme une aide à l'agriculteur en lui fournissant de l'électricité dans la journée et en se débarrassant des factures d'électricité exorbitantes.

Concernant la superficie des panneaux, à travers les résultats obtenus dans les deux cas pour les pivots d'irrigation traditionnels et modernes, il a été constaté que:

La planification de l'irrigation utilisant le programme **CROPWAT** avec la mesure expérimentale de l'énergie utilisée a donné de l'espace aux panneaux solaires avec une station inférieure au cas 02, et cela est le résultat de l'utilisation rationnelle de l'eau d'irrigation ainsi que de la mesure réelle de la consommation d'énergie.

En revanche, la superficie a pris la plus grande valeur à cas 03 dans l'irrigation conventionnelle dans laquelle il y a une utilisation excessive de quantités d'eau associée à une plus grande consommation d'énergie, et l'estimation théorique de l'énergie consommée on donne une estimation loin de la consommation d'énergie réelle.

Dans le Cas des résultats de simulation concernant l'énergie consommée de la station PV et du réseau, ainsi que celle injectée dans le réseau, les ratios étaient raisonnables en (Cas 01 et Cas 02) du fait de calculs expérimentaux contrairement aux cas de l'estimation théorique de l'énergie consommée (Cas 03 et Cas 04) car les estimations des techniciens ont construit un système de centrale photovoltaïque qui dépasse de loin les besoins des appareils.

IV.5. Conclusion

Dans ce chapitre, nous suggestion du dimensionnement d'une station PV connecté au réseau public à partir de plusieurs cas de dimensionnement, où on effectué un processus complet de dimensionnement à l'aide d'un programme de simulation **PVsyst** avec les estimations faites par les techniciens et on basés-sur des calculs expérimentaux, avec l'inclusion de corrections de planning d'irrigation tirées du programme **CROPWAT**.

A été conclu-que dans le processus de dimensionnement d'une station photovoltaïque pour les appareils d'pivots d'irrigation utilisant le programme **PVsyst**, nous devons prendre en compte

les processus expérimentaux qui déterminent le besoin réel d'énergie électrique et également l'utilisation du programme de correction de planning d'irrigation **CROPWAT** qui aide dans le processus d'utilisation optimale et rationnelle de l'électricité.

Conclusion Generale

Conclusion générale

Dans ce travail, nous avons étudié une étude théorique du dimensionnement d'une station photovoltaïque connectée au réseau avec différents ratios de dimensionnement (25% 50% 75) pour le fonctionnement des pivots d'irrigation sur la base des résultats expérimentaux obtenus à partir de la visite de terrain sur plusieurs pivots, dont le pivot d'irrigation moderne à El Hadjira et le pivot d'irrigation traditionnel à Hassi Khalifa, en tenant compte du processus de dimensionnement du programme d'irrigation actuel et du programme d'irrigation CROPWAT, et d'autre part, comparaison des résultats obtenus avec les résultats de dimensionnement précédemment utilisés par les techniciens.

Afin d'obtenir les résultats et les éléments de base de ce système PV connecté au réseau, nous avons utilisé le programme PVsyst, qui est l'un des programmes disponibles pour ce type de simulation. Là où le plus important que nous ayons atteint est la conception d'une station photovoltaïque connectée au réseau avec différents ratios de dimensionnement pour les pivots, de manière optimale dans le cas où le schéma d'irrigation est conforme aux normes de l'Organisation internationale pour l'agriculture et la nutrition et qu'il y a une évaluation expérimentale de l'énergie électrique requise, ou pour d'autres cas où le dimensionnement n'est pas rentable.

Les résultats les plus importants obtenus sont l'amélioration de la qualité des produits et les économies d'énergie, contribuant ainsi au profit de l'investisseur.

Références Bibliographiques

- [1] K. Frenken, "FAO L'irrigation en Afrique en Chiffres," *Enquête Aquastat*, 2005.
- [2] O. Bessaoud and C.-I. Montpellier, "L'agriculture et la paysannerie en Algérie, les grands handicaps," *L'Algérie*, vol. 50, pp. 1954-2004, 2008.
- [3] T. Otmane and Y. Kouzmine, "Bilan spatialisé de la mise en valeur agricole au Sahara algérien. Mythes, réalisations et impacts dans le Touat-Gourara-Tidikelt," *Cybergeo: European Journal of Geography*, 2013.
- [4] A. O. Rebai, T. Hartani, M. N. Chabaca, and M. Kuper, "Une innovation incrémentielle: la conception et la diffusion d'un pivot d'irrigation artisanal dans le Souf (Sahara algérien)," *Cahiers Agricultures*, vol. 26, p. 35005, 2017.
- [5] Rned and Cemagref, *Le pivot*, 1995.
- [6] C. Mathieu, P. Audoye, and J.-C. Chossat, *Bases techniques de l'irrigation par aspersion*: Éditions Tec et Doc, 2007.
- [7] H. Ahmed, "An approach for design and management of a solar-powered center pivot irrigation system," University of Saskatchewan, 2013.
- [8] A. Maafi, "A survey on photovoltaic activities in Algeria," *Renewable Energy*, vol. 20, pp. 9-17, 2000.
- [9] N. Achaibou, M. Haddadi, and A. Malek, "Modeling of lead acid batteries in PV systems," *Energy procedia*, vol. 18, pp. 538-544, 2012.
- [10] J. Copetti, E. Lorenzo, and F. Chenlo, "A general battery model for PV system simulation," *Progress in Photovoltaics: research and applications*, vol. 1, pp. 283-292, 1993.
- [11] O. Gergaud, G. Robin, B. Multon, and H. B. Ahmed, "Energy modeling of a lead-acid battery within hybrid wind/photovoltaic systems," 2003.
- [12] V. C. Sontake and V. R. Kalamkar, "Solar photovoltaic water pumping system-A comprehensive review," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 59, pp. 1038-1067, 2016.
- [13] S. Chandel, M. N. Naik, and R. Chandel, "Review of solar photovoltaic water pumping system technology for irrigation and community drinking water supplies," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 49, pp. 1084-1099, 2015.
- [14] Q. Kou, S. Klein, and W. Beckman, "A method for estimating the long-term performance of direct-coupled PV pumping systems," *Solar Energy*, vol. 64, pp. 33-40, 1998.
- [15] S. Kumar and S. Kumar, "SOLAR PV POWERED WATER PUMPING SYSTEM USING DC MOTOR DRIVE: A CRITICAL REVIEW."
- [16] C. Protogeropoulos and S. Pearce, "Laboratory evaluation and system sizing charts for a 'second generation' direct PV-powered, low cost submersible solar pump," *Solar energy*, vol. 68, pp. 453-474, 2000.

- [17] H. E. Gad and S. El-Gayar, "Performance prediction of a proposed photovoltaic water pumping system at South Sinai, Egypt climate conditions," in *Thirteenth International Water Technology Conference, IWTC13*, 2009.
- [18] R. E. Katan, V. G. Agelidis, and C. V. Nayar, "Performance analysis of a solar water pumping system," in *Proceedings of International Conference on Power Electronics, Drives and Energy Systems for Industrial Growth*, 1996, pp. 81-87.
- [19] F. Loxsom and P. Durongkaveroj, "Estimating the performance of a photovoltaic pumping system," *Solar energy*, vol. 52, pp. 215-219, 1994.
- [20] M. T. A. Khan, M. R. Ahmed, S. I. Ahmed, and S. I. Khan, "Design and performance analysis of water pumping using solar PV," in *2nd international conference on the developments in renewable energy technology (ICDRET 2012)*, 2012, pp. 1-4.
- [21] A. Mokeddem, A. Midoun, D. Kadri, S. Hiadsi, and I. A. Raja, "Performance of a directly-coupled PV water pumping system," *Energy conversion and management*, vol. 52, pp. 3089-3095, 2011.
- [22] A. H. Arab, F. Chenlo, K. Mukadam, and J. Balenzategui, "Performance of PV water pumping systems," *Renewable Energy*, vol. 18, pp. 191-204, 1999.
- [23] P. Pande, A. Singh, S. Ansari, S. Vyas, and B. Dave, "Design development and testing of a solar PV pump based drip system for orchards," *Renewable Energy*, vol. 28, pp. 385-396, 2003.
- [24] M. Kolhe, J. Joshi, and D. Kothari, "Performance analysis of a directly coupled photovoltaic water-pumping system," *IEEE Transactions on Energy Conversion*, vol. 19, pp. 613-618, 2004.
- [25] S. Alghuwainem, "Performance analysis of a PV powered DC motor driving a 3-phase self-excited induction generator," *IEEE transactions on energy conversion*, vol. 11, pp. 155-161, 1996.
- [26] M. Benghanem, K. Daffallah, A. Joraid, S. Alamri, and A. Jaber, "Performances of solar water pumping system using helical pump for a deep well: A case study for Madinah, Saudi Arabia," *Energy Conversion and Management*, vol. 65, pp. 50-56, 2013.
- [27] O. Atlam and M. Kolhe, "Performance evaluation of directly photovoltaic powered DC PM (direct current permanent magnet) motor-propeller thrust system," *Energy*, vol. 57, pp. 692-698, 2013.
- [28] A. A. Setiawan, D. H. Purwanto, D. S. Pamuji, and N. Huda, "Development of a solar water pumping system in Karsts Rural Area Tepus, Gunungkidul through student community services," *Energy Procedia*, vol. 47, pp. 7-14, 2014.
- [29] M. López, A. Mujica, O. Brown, and L. Castellano, "Evaluación del consumo energético de las máquinas de pivotes centrales eléctricas en la empresa cultivos varios la Cuba provincia Ciego de Ávila," *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, vol. 21, pp. 30-34, 2012.
- [30] H. F. Ahmed and W. Helgason, "Reliability Assessment of a Solar-powered Center Pivot Irrigation System," 2013.

- [31] V. Roy, S. S. Noureen, S. Bayne, A. Bilbao, and M. Giesselmann, "A Renewable Solution Approach for Center Pivot Irrigation System," in *2018 IEEE Rural Electric Power Conference (REPC)*, 2018, pp. 61-66.
- [32] M. Brik, A. Guerrah, A. Hamidat, A. Atia, and and M. S. Hadji, "Dimensionnement d'un système photovoltaïque pour l'irrigation par pivot dans le Sahara algérien,," *presented at the 1st International Symposium on Materials, Energy and Environment*, El Oued, ALGERIA, January 20-21st; 2020.
- [33] A. Karima, "Etude des performances des systemes de pompage photovoltaïque destinés pour l'alimentation en eau potable," Université de Béjaia-Abderrahmane Mira, 2008.
- [34] H. F. Ahmed and W. Helgason, "Reliability model for designing solar-powered center-pivot irrigation systems," *Transactions of the ASABE*, vol. 58, pp. 947-958, 2015.
- [35] A. Phocaides, *Manuel des techniques d'irrigation sous pression*: FAO, 2008.
- [36] E. Lorenzo, *Solar electricity: engineering of photovoltaic systems*: Earthscan/James & James, 1994.
- [37] J. E. Turco, G. d. S. Rizzatti, and L. C. Pavani, "Custo de energia elétrica em cultura do feijoeiro irrigado por pivô central, afetado pelo manejo da irrigação e sistemas de cultivo," *Engenharia Agrícola*, vol. 29, pp. 311-320, 2009.
- [38] S. MADI and and S. HEDDOUD, "Contribution à la vulgarisation des systèmes photovoltaïques utiliser pour l'irrigation par pivots traditionnels dans la région d'EL OUED . Encadré par Guerrah Ayoub," Mémoire de master, Département de génie mécanique, Université d'El-Oued, , 2018.
- [39] https://fr.wikipedia.org/wiki/El_Hadjira.
- [40] H. Djilali, "Adaptation d'un système d'entraînement d'un pivot d'irrigation alimenté par énergie PV," Université Mohamed Khider–Biskra, 2016.
- [41] K. BOUAZZA, C. GUESBA, and and A. BELILA, "Une Approche de Solution Renouvelable pour le Système d'Irrigation a Pivot Central," Mémoire de master, Université d'El-Oued, 2019.
- [42] "www.SKTM.com."
- [43] A. ITRABELSI, M. SALEM, and A. Y. KADRI, "Effets des harmoniques générées par les systèmes photovoltaïques sur le réseau de distribution électrique."

Les Annexes

Annexe A : Tableau présentant les caractéristiques géométriques des pivots .

Annexe C : Tableau présentant les caractéristiques électriques des pivots .

Annexe B : Tableau montrant la superficie de l'installation photovoltaïque avec différents rapports de dimensionnement.

Annexe D : Rapports de logiciel PVsyst .

Annexe A

Tableau présentant les caractéristiques géométriques des pivots

Les pivots	Propriétés					
	La profondeur de l'eau(m)	La distance de pivot au puits (m)	Hauteur de pivot (m)	Longueur de système (m)	nombre des travée	Surface d'irrigation (ha)
Pivot 01	170	4	4.5	312	6	33
Pivot 02	160	3	4.5	312	6	33
Pivot 03	150	3	4.5	312	6	33
Pivot 04	33	70.4	1.5	48	1	0.78
Pivot 05	32	100	1.45	54	1	0.98
Pivot 06	23	70	1.5	60	1	1.2
Pivot 07	23	75	1.55	60	1	1.2
Pivot 08	23	80	1.6	60	1	1.2
Pivot 09	24	80	1.8	60	1	1.2
Pivot 10	26	85	1.8	60	1	1.2
Pivot 11	13	100	1.6	48	1	0.78
Pivot 12	13	27	1.6	48	1	0.78
Pivot 13	27	90	1.5	60	1	1.2
Pivot 14	/	/	1.45	65	1	1.33
Pivot 15	17	70	1.6	60	1	1.2
Pivot 16	18	80	1.55	48	1	0.78

Pivot 17	17	61	1.5	60	1	1.2
Pivot 18	15	77	1.6	60	1	1.2
Pivot 19	15	89	1.6	60	1	1.2
Pivot 20	17	69	1.54	48	1	0.78

Annexe B

Tableau montrant la superficie de l'installation photovoltaïque avec différents rapports de dimensionnement

Les pivots	Pourcentage de dimensionnement %	Surface modules (m ²)			
		Mesure expérimental d'énergie requise		Estimation théorique d'énergie requise	
		Planification d'irrigation actuelle	CROPWAT	Planification d'irrigation actuelle	CROPWAT
Pivot 01	75	649	342	1572	849
	50	423	234	1041	569
	25	216	117	524	268
Pivot 02	75	717	360	1572	786
	50	478	234	1041	524
	25	239	117	524	260
Pivot 04	75	43.9	16.3	97.6	35.8
	50	29.3	9.8	65.1	24.4
	25	16.3	6.5	32.5	11.4
Pivot 05	75	43.9	16.3	107	35.8
	50	29.3	9.8	71.6	24.4
	25	16.3	6.5	35.8	11.4

Annexe C

Tableau présentant les caractéristiques électriques des pivots

	Propriétés		
Les pivots	Puissance de la pompe 1 et 2 (w)	Puissance du moteur (w)	Temps de rotation (h)
Pivot 01	37000	740	(13h)
Pivot 02	37000	740	(12h)
Pivot 03	37000	740	(12h)
Pivot 04	5500	740	(3h15min)
Pivot 05	5500	740	(3h30min)
Pivot 06	5500	550	(3h30min)
Pivot 07	5500	550	(3h30min)
Pivot 08	5500	550	(3h30min)
Pivot 09	4000	1100	(3h50min)
Pivot 10	5500	1100	(4h15min)
Pivot 11	4000	550	(3h10min)
Pivot 12	4000	550	(3h05min)
Pivot 13	5500	750	(4h30min)
Pivot 14	5500	750	(4h45min)
Pivot 15	3000+1500	750	(4h02min)
Pivot 16	3000+2200	550	(3h57min)
Pivot 17	1570	550	(4h16min)
Pivot 18	2200+1500	550	(3h38min)

Pivot 19	4000+3000	550	(3h55min)
Pivot 20	4000+2200	550	(4h07min)

Annexe D

Rapports de logiciel PVsyst

Deux Pivots sont sélectionnés pour le dimensionnement, pivot 01 pour la zone de Hadjira et pivot 04 pour la zone d'ElOued, A été utilisé les quatre cas de dimensionnement par simulation avec le logiciel PVsyst, 50% c'est le pourcentage de dimensionnement.

Système couplé au réseau: Paramètres de simulation													
Projet :		pivot modern 01											
Site géographique		El Hadjira				Pays Algérie							
Situation		Latitude		32.62° N		Longitude		5.52° E					
Temps défini comme		Temps légal		Fus. horaire TU+1		Altitude		126 m					
		Albédo		0.20									
Données météo:		El Hadjira		Meteonorm 7.1 (1991-2000), Sat=100% - Synthétique									
Variante de simulation : Nouvelle variante de simulation													
Date de la simulation				30/08/20 à 21h22									
Paramètres de simulation		Type de système		No 3D scene defined									
Orientation plan capteurs		Inclinaison		35°		Azimut		0°					
Modèles utilisés		Transposition		Perez		Diffus		Perez, Meteonorm					
Horizon		Pas d'horizon											
Ombres proches		Sans ombres											
Caractéristiques du champ de capteurs													
Module PV		Si-poly		Modèle		Poly 250 Wp 60 cells							
Original PVsyst database				Fabricant		Generic							
Nombre de modules PV				En série		20 modules		En parallèle 13 chaînes					
Nombre total de modules PV				Nbre modules		260		Puissance unitaire 250 Wc					
Puissance globale du champ				Nominale (STC)		65.0 kWc		Aux cond. de fonct. 58.2 kWc (50°C)					
Caractéristiques de fonct. du champ (50°C)				U mpp		546 V		I mpp 107 A					
Surface totale				Surface modules		423 m²		Surface cellule 379 m²					
Onduleur				Modèle		30 kWac inverter							
Original PVsyst database				Fabricant		Generic							
Caractéristiques		Tension de fonctionnement		450-700 V		Puissance unitaire		30.0 kWac					
Batterie d'onduleurs		Nbre d'onduleurs		2 unités		Puissance totale		60 kWac					
						Rapport Pnom		1.08					
Facteurs de perte du champ PV													
Fact. de pertes thermiques		Uc (const)		20.0 W/m²K		Uv (vent)		0.0 W/m²K / m/s					
Perte ohmique de câblage		Rés. globale champ		87 mOhm		Frac. pertes		1.5 % aux STC					
Perte de qualité module						Frac. pertes		-0.8 %					
Perte de "mismatch" modules						Frac. pertes		1.0 % au MPP					
Perte de "mismatch" strings						Frac. pertes		0.10 %					
Effet d'incidence, paramétrisation ASHRAE		IAM =		1 - bo (1/cos i - 1)		Param. bo		0.05					
Besoins de l'utilisateur : valeurs mensuelles													
Jan.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Jui.	Août	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Année	
6509	7051	7051	30042	5007	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	30042	6509	92212	kWh/mth

Système couplé au réseau: Résultats principaux

Projet : pivot modern 01

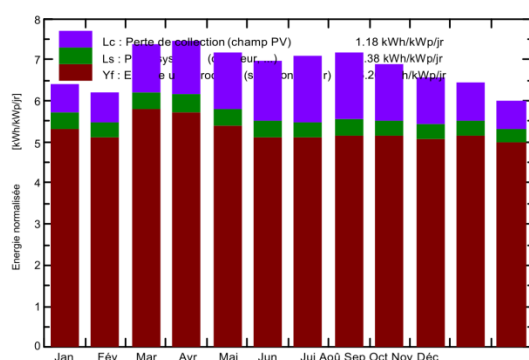
Variante de simulation : Nouvelle variante de simulation

Principaux paramètres système		Type de système	Couplé au réseau	
Orientation plan capteurs		inclinaison	35°	azimut 0°
Modules PV		Modèle	Poly 250 Wp 60 cells	Pnom 250 Wc
Champ PV		Nombre de modules	260	Pnom total 65.0 kWc
Onduleur		Modèle	30 kWac inverter	Pnom 30.0 kW ac
Batterie d'onduleurs		Nombre d'unités	2.0	Pnom total 60.0 kW ac
Besoins de l'utilisateur		valeurs mensuelles		Global 92.2 MWh/an

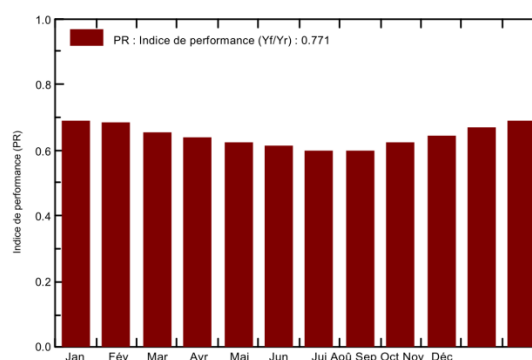
Principaux résultats de la simulation

Production du système	Energie produite	124.7 MWh/an	Productible	1919 kWh/kWc/an
	Indice de performance (PR)	77.12 %	Fraction solaire (SF)	35.93 %

Productions normalisées (par kWp installé): Puissance nominale 65.0 kWc



Indice de performance (PR)



Nouvelle variante de simulation

Bilans et résultats principaux

	GlobHor kWh/m ²	DiffHor kWh/m ²	T Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	E Load MWh	E User MWh	E_Grid MWh
Janvier	119.0	18.12	10.56	199.1	195.5	6.51	2.49	8.23
Février	122.2	32.23	13.00	174.2	170.6	7.05	2.86	6.43
Mars	186.7	35.91	18.37	228.9	224.2	7.05	3.08	8.59
Avril	213.8	48.23	22.07	223.2	217.6	30.04	10.51	0.66
Mai	241.8	59.25	27.59	222.2	215.6	5.01	2.41	8.44
Juin	239.7	63.68	31.90	208.9	202.0	0.00	0.00	9.99
Juillet	246.0	62.02	35.70	220.3	213.4	0.00	0.00	10.27
Août	223.7	60.91	34.66	222.5	216.4	0.00	0.00	10.41
Septembre	180.7	55.05	29.11	206.9	201.8	0.00	0.00	10.07
Octobre	150.3	42.72	24.27	203.0	198.5	0.00	0.00	10.19
Novembre	121.6	21.71	15.99	192.8	189.4	30.04	9.34	0.72
Décembre	106.4	19.04	11.90	186.0	182.5	6.51	2.44	7.59
Année	2151.9	518.86	22.99	2488.0	2427.4	92.21	33.13	91.59

Légendes: GlobHor

Irradiation globale horizontale

DiffHor

Irradiation diffuse horizontale

T Amb

Température ambiante

GlobInc

Global incident plan capteurs

GlobEff

Global "effectif", corr. pour IAM et ombrages

E Load

Besoin d'énergie de l'utilisateur

E User

Energie fournie à l'utilisateur

E_Grid

Energie injectée dans le réseau

Système couplé au réseau: Paramètres de simulation

Projet : **pivot modern 01**Site géographique **El Hadjira** Pays **Algérie**

Situation Latitude 31.76° N Longitude 7.44° E

Temps défini comme Temps légal Fus. horaire TU+1 Altitude 126 m

Albédo 0.20

Données météo: **El Hadjira** Meteornorm 7.1 (1986-2005), Sat=100% -SynthétiqueVariante de simulation : **Nouvelle variante de simulation**

Date de la simulation 01/09/20 à 17h36

Paramètres de simulation Type de système **No 3D scene defined**

Orientation plan capteurs Inclinaison 35° Azimut 0°

Modèles utilisés Transposition Perez Diffus Perez, Meteornorm

Horizon Pas d'horizon

Ombrages proches Sans ombrages

Caractéristiques du champ de capteurs

Module PV Si-mono Modèle **Mono 250 Wp 60 cells**

Original PVsyst database Fabricant Generic

Nombre de modules PV En série 16 modules En parallèle 9 chaînes

Nombre total de modules PV Nbre modules 144 Puissance unitaire 250 Wc

Puissance globale du champ Nominale (STC) **36.0 kWc** Aux cond. de fonct. 31.9 kWc (50°C)

Caractéristiques de fonct. du champ (50°C) U mpp 434 V I mpp 74 A

Surface totale Surface modules **234 m²** Surface cellule 205 m²

Onduleur Modèle **12 kWac inverter**

Original PVsyst database Fabricant Generic

Caractéristiques Tension de fonctionnement 350-600 V Puissance unitaire 12.0 kWac

Puissance max. (=>25°C) 14.0 kWac

Batterie d'onduleurs Nbre d'onduleurs 3 unités Puissance totale 36 kWac

Rapport Pnom 1.00

Facteurs de perte du champ PV

Fact. de pertes thermiques U_c (const) 20.0 W/m²K U_v (vent) 0.0 W/m²K / m/s

Perte ohmique de câblage Rés. globale champ 100 mOhm Frac. pertes 1.5 % aux STC

Perte de qualité module Frac. pertes -0.8 %

Perte de "mismatch" modules Frac. pertes 1.0 % au MPP

Perte de "mismatch" strings Frac. pertes 0.10 %

Effet d'incidence, paramétrisation ASHRAE IAM = 1 - bo (1/cos i - 1) Param. bo 0.05

Besoins de l'utilisateur : valeurs mensuelles

Jan.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Jui.	Août	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Année	
5266	8269	13913	15253	5499	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4359	3476	56036	kWh/mth

Système couplé au réseau: Résultats principaux

Projet : pivot modern 01

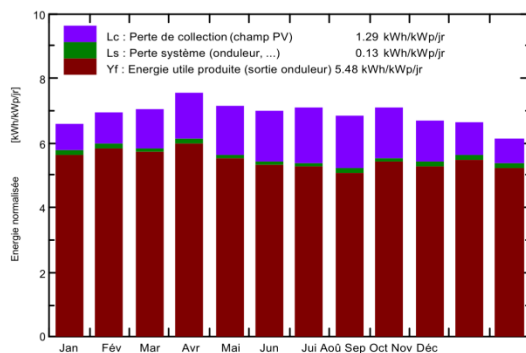
Variante de simulation : Nouvelle variante de simulation

Principaux paramètres système	Type de système	Couplé au réseau		
Orientation plan capteurs	inclinaison	35°	azimut	0°
Modules PV	Modèle	Mono 250 Wp 60 cells	Pnom	250 Wc
Champ PV	Nombre de modules	144	Pnom total	36.0 kWc
Onduleur	Modèle	12 kWac inverter	Pnom	12.00 kW ac
Batterie d'onduleurs	Nombre d'unités	3.0	Pnom total	36.0 kW ac
Besoins de l'utilisateur	valeurs mensuelles		Global	56.0 MWh/an

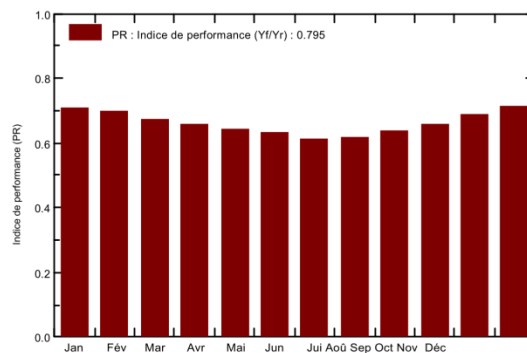
Principaux résultats de la simulation

Production du système	Energie produite	72.03 MWh/an	Productible	2001 kWh/kWc/an
	Indice de performance (PR)	79.47 %	Fraction solaire (SF)	38.23 %

Productions normalisées (par kWp installé): Puissance nominale 36.0 kWc



Indice de performance (PR)



Nouvelle variante de simulation

Bilans et résultats principaux

	GlobHor	DiffHor	T Amb	GlobInc	GlobEff	E Load	E User	E_Grid
	kWh/m²	kWh/m²	°C	kWh/m²	kWh/m²	MWh	MWh	MWh
Janvier	124.9	18.38	11.23	204.8	201.3	5.27	1.982	4.306
Février	135.7	23.70	13.71	194.6	191.0	8.27	3.198	2.687
Mars	181.0	42.17	19.45	218.4	213.4	13.91	5.065	1.317
Avril	219.6	42.75	23.18	227.2	221.7	15.25	5.661	0.816
Mai	244.6	52.69	28.87	221.0	214.4	5.50	2.506	3.646
Juin	244.1	57.79	32.87	209.9	203.0	0.00	0.000	5.734
Juillet	251.5	51.50	36.60	220.6	213.7	0.00	0.000	5.866
Août	215.6	65.98	35.76	211.8	205.9	0.00	0.000	5.680
Septembre	187.2	49.86	30.63	212.5	207.4	0.00	0.000	5.856
Octobre	155.5	40.13	25.46	207.3	202.9	0.00	0.000	5.915
Novembre	126.5	20.88	17.18	199.7	196.2	4.36	1.710	4.235
Décembre	110.1	18.91	12.68	189.8	186.3	3.48	1.304	4.545
Année	2196.3	484.75	24.03	2517.8	2457.2	56.04	21.424	50.603

Légendes: GlobHor

Irradiation globale horizontale

DiffHor

Irradiation diffuse horizontale

T Amb

Température ambiante

GlobInc

Global incident plan capteurs

GlobEff

Global "effectif", corr. pour IAM et ombrages

E Load

Besoin d'énergie de l'utilisateur

E User

Energie fournie à l'utilisateur

E_Grid

Energie injectée dans le réseau

Système couplé au réseau: Paramètres de simulation

Projet : **pivot modern 01**

Site géographique	El Hadjira	Pays	Algérie	
Situation	Latitude	31.76° N	Longitude	7.44° E
Temps défini comme	Temps légal	Fus. horaire TU+1	Altitude	126 m
	Albédo	0.20		
Données météo:	El Hadjira	Meteonorm 7.1 (1986-2005), Sat=100% -Synthétique		

Variante de simulation : Nouvelle variante de simulation

Date de la simulation 05/09/20 à 20h33

Paramètres de simulation	Type de système	No 3D scene defined	
Orientation plan capteurs	Inclinaison	35°	Azimut 0°
Modèles utilisés	Transposition	Perez	Diffus Perez, Meteonorm
Horizon	Pas d'horizon		
Ombrages proches	Sans ombrages		

Caractéristiques du champ de capteurs

Module PV	Si-poly	Modèle	Poly 250 Wp 60 cells	
Original PVsyst database		Fabricant	Generic	
Nombre de modules PV		En série	20 modules	En parallèle 32 chaînes
Nombre total de modules PV		Nbre modules	640	Puissance unitaire 250 Wc
Puissance globale du champ		Nominale (STC)	160 kWc	Aux cond. de fonct. 143 kWc (50°C)
Caractéristiques de fonct. du champ (50°C)		U mpp	546 V	I mpp 262 A
Surface totale		Surface modules	1041 m²	Surface cellule 933 m²

Onduleur

	Modèle	30 kWac inverter	
Original PVsyst database	Fabricant	Generic	
Caractéristiques	Tension de fonctionnement	450-700 V	Puissance unitaire 30.0 kWac
Batterie d'onduleurs	Nbre d'onduleurs	5 unités	Puissance totale 150 kWac
			Rapport Pnom 1.07

Facteurs de perte du champ PV

Fact. de pertes thermiques	Uc (const)	20.0 W/m²K	Uv (vent)	0.0 W/m²K / m/s
Perte ohmique de câblage	Rés. globale champ	35 mOhm	Frac. pertes	1.5 % aux STC
Perte de qualité module			Frac. pertes	-0.8 %
Perte de "mismatch" modules			Frac. pertes	1.0 % au MPP
Perte de "mismatch" strings			Frac. pertes	0.10 %
Effet d'incidence, paramétrisation ASHRAE	IAM = 1 - bo (1/cos i - 1)		Param. bo	0.05

Besoins de l'utilisateur :

valeurs mensuelles

Jan.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Jui.	Août	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Année	
6509	7052	7052	30042	5007	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	30042	6509	92213	kWh/mth

Système couplé au réseau: Résultats principaux

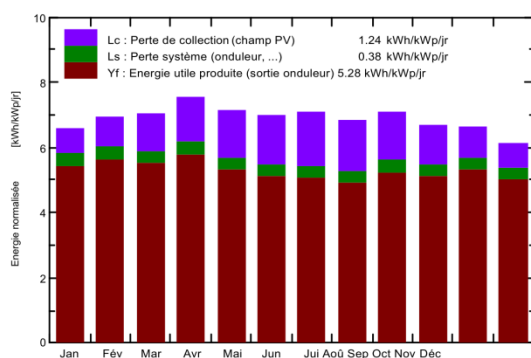
Projet : **pivot modern 01**Variante de simulation : **Nouvelle variante de simulation**

Principaux paramètres système		Type de système	Couplé au réseau	
Orientation plan capteurs		inclinaison	35°	azimut 0°
Modules PV		Modèle	Poly 250 Wp 60 cells	Pnom 250 Wc
Champ PV		Nombre de modules	640	Pnom total 160 kWc
Onduleur		Modèle	30 kWac inverter	Pnom 30.0 kW ac
Batterie d'onduleurs		Nombre d'unités	5.0	Pnom total 150 kW ac
Besoins de l'utilisateur		valeurs mensuelles		Global 92.2 MWh/an

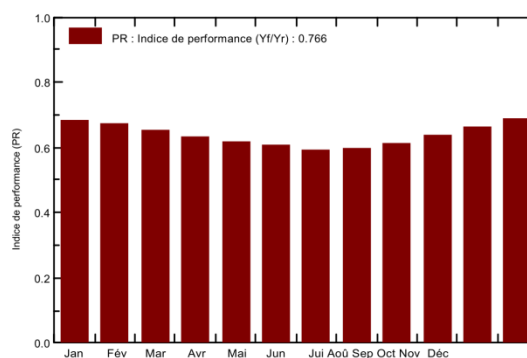
Principaux résultats de la simulation

Production du système	Energie produite	308.5 MWh/an	Productible	1928 kWh/kWc/an
	Indice de performance (PR)	76.59 %	Fraction solaire (SF)	41.19 %

Productions normalisées (par kWp installé): Puissance nominale 160 kWc



Indice de performance (PR)



Nouvelle variante de simulation

Bilans et résultats principaux

	GlobHor kWh/m²	DiffHor kWh/m²	T Amb °C	GlobInc kWh/m²	GlobEff kWh/m²	E Load MWh	E User MWh	E_Grid MWh
Janvier	124.9	18.38	11.23	204.8	201.3	6.51	2.46	24.45
Février	135.7	23.70	13.71	194.6	191.0	7.05	2.94	22.25
Mars	181.0	42.17	19.45	218.4	213.4	7.05	3.20	24.13
Avril	219.6	42.75	23.18	227.2	221.7	30.04	12.95	14.78
Mai	244.6	52.69	28.87	221.0	214.4	5.01	2.55	23.79
Juin	244.1	57.79	32.87	209.9	203.0	0.00	0.00	24.56
Juillet	251.5	51.50	36.60	220.6	213.7	0.00	0.00	25.15
Août	215.6	65.98	35.76	211.8	205.9	0.00	0.00	24.34
Septembre	187.2	49.86	30.63	212.5	207.4	0.00	0.00	25.13
Octobre	155.5	40.13	25.46	207.3	202.9	0.00	0.00	25.36
Novembre	126.5	20.88	17.18	199.7	196.2	30.04	11.43	14.03
Décembre	110.1	18.91	12.68	189.8	186.3	6.51	2.44	22.60
Année	2196.3	484.75	24.03	2517.8	2457.2	92.21	37.98	270.55

Légendes: GlobHor

Irradiation globale horizontale

DiffHor

Irradiation diffuse horizontale

T Amb

Température ambiante

GlobInc

Global incident plan capteurs

GlobEff

Global "effectif", corr. pour IAM et ombrages

E Load

Besoin d'énergie de l'utilisateur

E User

Energie fournie à l'utilisateur

E_Grid

Energie injectée dans le réseau

Système couplé au réseau: Paramètres de simulation

Projet : **pivot modern 01**

Site géographique	El Hadjira	Pays	Algérie
Situation	Latitude	31.76° N	Longitude
Temps défini comme	Temps légal	Fus. horaire TU+1	Altitude
	Albédo	0.20	126 m
Données météo:	El Hadjira	Meteonorm 7.1 (1986-2005), Sat=100% -Synthétique	

Variante de simulation : Nouvelle variante de simulation

Date de la simulation 05/09/20 à 20h50

Paramètres de simulation	Type de système	No 3D scene defined	
Orientation plan capteurs	Inclinaison	35°	Azimut 0°
Modèles utilisés	Transposition	Perez	Diffus Perez, Meteonorm
Horizon	Pas d'horizon		
Ombrages proches	Sans ombrages		

Caractéristiques du champ de capteurs

Module PV	Si-poly	Modèle	Poly 250 Wp 60 cells	
Original PVsyst database		Fabricant	Generic	
Nombre de modules PV		En série	14 modules	En parallèle 25 chaînes
Nombre total de modules PV		Nbre modules	350	Puissance unitaire 250 Wc
Puissance globale du champ		Nominale (STC)	87.5 kWc	Aux cond. de fonct. 78.3 kWc (50°C)
Caractéristiques de fonct. du champ (50°C)		U mpp	382 V	I mpp 205 A
Surface totale		Surface modules	569 m²	Surface cellule 510 m²

Onduleur

	Modèle	12 kWac inverter	
Original PVsyst database	Fabricant	Generic	
Caractéristiques	Tension de fonctionnement	350-600 V	Puissance unitaire 12.0 kWac
			Puissance max. (=>25°C) 14.0 kWac
Batterie d'onduleurs	Nbre d'onduleurs	6 unités	Puissance totale 72 kWac
			Rapport Pnom 1.22

Facteurs de perte du champ PV

Fact. de pertes thermiques	Uc (const)	20.0 W/m²K	Uv (vent)	0.0 W/m²K / m/s
Perte ohmique de câblage	Rés. globale champ	32 mOhm	Frac. pertes	1.5 % aux STC
Perte de qualité module			Frac. pertes	-0.8 %
Perte de "mismatch" modules			Frac. pertes	1.0 % au MPP
Perte de "mismatch" strings			Frac. pertes	0.10 %
Effet d'incidence, paramétrisation ASHRAE	IAM =	1 - bo (1/cos i - 1)	Param. bo	0.05

Besoins de l'utilisateur : valeurs mensuelles

Jan.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Jui.	Août	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Année	
5266	8269	13913	15253	5499	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4359	3476	56036	kWh/mth

Système couplé au réseau: Résultats principaux

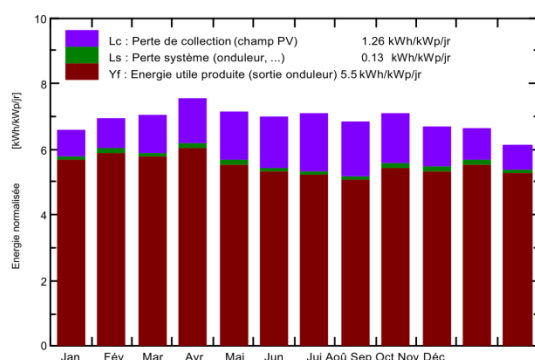
Projet : **pivot modern 01**Variante de simulation : **Nouvelle variante de simulation**

Principaux paramètres système		Type de système	Couplé au réseau	
Orientation plan capteurs		inclinaison	35°	azimut 0°
Modules PV		Modèle	Poly 250 Wp 60 cells	Pnom 250 Wc
Champ PV		Nombre de modules	350	Pnom total 87.5 kWc
Onduleur		Modèle	12 kWac inverter	Pnom 12.00 kW ac
Batterie d'onduleurs		Nombre d'unités	6.0	Pnom total 72.0 kW ac
Besoins de l'utilisateur		valeurs mensuelles		Global 56.0 MWh/an

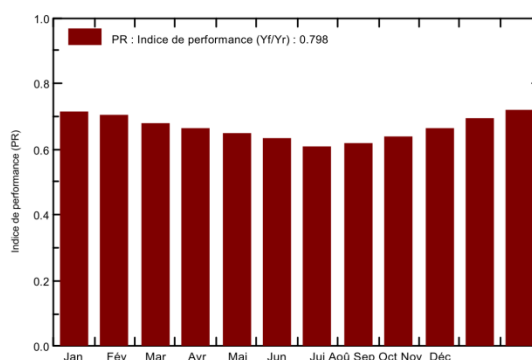
Principaux résultats de la simulation

Production du système	Energie produite	175.8 MWh/an	Productible	2009 kWh/kWc/an
	Indice de performance (PR)	79.79 %	Fraction solaire (SF)	42.49 %

Productions normalisées (par kWp installé): Puissance nominale 87.5 kWc



Indice de performance (PR)



Nouvelle variante de simulation

Bilans et résultats principaux

	GlobHor kWh/m²	DiffHor kWh/m²	T Amb °C	GlobInc kWh/m²	GlobEff kWh/m²	E Load MWh	E User MWh	E_Grid MWh
Janvier	124.9	18.38	11.23	204.8	201.3	5.27	1.994	13.36
Février	135.7	23.70	13.71	194.6	191.0	8.27	3.446	10.95
Mars	181.0	42.17	19.45	218.4	213.4	13.91	5.899	9.73
Avril	219.6	42.75	23.18	227.2	221.7	15.25	6.730	9.13
Mai	244.6	52.69	28.87	221.0	214.4	5.50	2.709	12.34
Juin	244.1	57.79	32.87	209.9	203.0	0.00	0.000	13.99
Juillet	251.5	51.50	36.60	220.6	213.7	0.00	0.000	14.14
Août	215.6	65.98	35.76	211.8	205.9	0.00	0.000	13.73
Septembre	187.2	49.86	30.63	212.5	207.4	0.00	0.000	14.28
Octobre	155.5	40.13	25.46	207.3	202.9	0.00	0.000	14.49
Novembre	126.5	20.88	17.18	199.7	196.2	4.36	1.727	12.83
Décembre	110.1	18.91	12.68	189.8	186.3	3.48	1.304	13.01
Année	2196.3	484.75	24.03	2517.8	2457.2	56.04	23.808	151.98

Légendes: GlobHor

Irradiation globale horizontale

GlobEff

Global "effectif", corr. pour IAM et ombrages

DiffHor

Irradiation diffuse horizontale

E Load

Besoin d'énergie de l'utilisateur

T Amb

Température ambiante

E User

Energie fournie à l'utilisateur

GlobInc

Global incident plan capteurs

E_Grid

Energie injectée dans le réseau

Système couplé au réseau: Paramètres de simulation

Projet : **pivot traditionnel 04**

Site géographique	Hassi Khalifa		Pays	Algeria
Situation	Latitude	33.51° N	Longitude	7.00° E
Temps défini comme	Temps légal	Fus. horaire TU+1	Altitude	48 m
	Albédo	0.20		
Données météo:	Hassi Khalifa	Meteonorm 7.1 (1991-2000), Sat=100% -Synthétique		

Variante de simulation : **Nouvelle variante de simulation**

Date de la simulation 01/09/20 à 10h04

Paramètres de simulation	Type de système	No 3D scene defined		
Orientation plan capteurs	Inclinaison	35°	Azimet	0°
Modèles utilisés	Transposition	Perez	Diffus	Perez, Meteonorm
Horizon	Pas d'horizon			
Ombrages proches	Sans ombrages			

Caractéristiques du champ de capteurs

Module PV	Si-mono	Modèle	Mono 250 Wp 60 cells		
Original PVsyst database		Fabricant	Generic		
Nombre de modules PV		En série	9 modules	En parallèle	2 chaînes
Nombre total de modules PV		Nbre modules	18	Puissance unitaire	250 Wc
Puissance globale du champ		Nominale (STC)	4500 Wc	Aux cond. de fonct.	3990 Wc (50°C)
Caractéristiques de fonct. du champ (50°C)		U mpp	244 V	I mpp	16 A
Surface totale		Surface modules	29.3 m²	Surface cellule	25.6 m²

Onduleur

	Modèle	UNO-DM-2.0-TL-PLUS			
Original PVsyst database	Fabricant	ABB			
Caractéristiques	Tension de fonctionnement	90-580 V	Puissance unitaire	2.00 kWac	
Batterie d'onduleurs	Nbre d'onduleurs	2 unités	Puissance totale	4.0 kWac	
			Rapport Pnom	1.13	

Facteurs de perte du champ PV

Fact. de pertes thermiques	Uc (const)	20.0 W/m²K	Uv (vent)	0.0 W/m²K / m/s	
Perte ohmique de câblage	Rés. globale champ	254 mOhm	Frac. pertes	1.5 % aux STC	
Perte de qualité module			Frac. pertes	-0.8 %	
Perte de "mismatch" modules			Frac. pertes	1.0 % au MPP	
Perte de "mismatch" strings			Frac. pertes	0.10 %	
Effet d'incidence, paramétrisation ASHRAE	IAM =	1 - bo (1/cos i - 1)	Param. bo	0.05	

Besoins de l'utilisateur : valeurs mensuelles

Jan.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Jui.	Août	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Année	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	484	1263	1263	695	0.00	3706	kWh/mth

Système couplé au réseau: Résultats principaux

Projet : pivot traditionnel 04

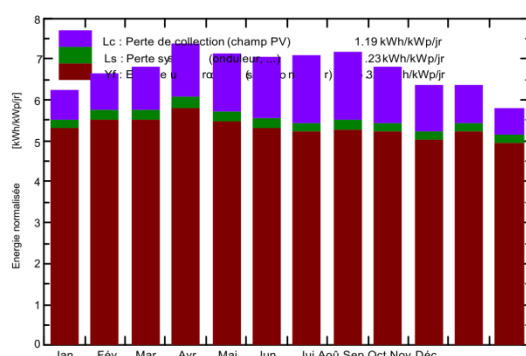
Variante de simulation : Nouvelle variante de simulation

Principaux paramètres système		Type de système	Couplé au réseau	
Orientation plan capteurs		inclinaison	35°	azimut 0°
Modules PV		Modèle	Mono 250 Wp 60 cells	Pnom 250 Wc
Champ PV		Nombre de modules	18	Pnom total 4500 Wc
Onduleur		Modèle	UNO-DM-2.0-TL-PLUS	Pnom 2000 W ac
Batterie d'onduleurs		Nombre d'unités	2.0	Pnom total 4000 W ac
Besoins de l'utilisateur		valeurs mensuelles		Global 3706 kWh/an

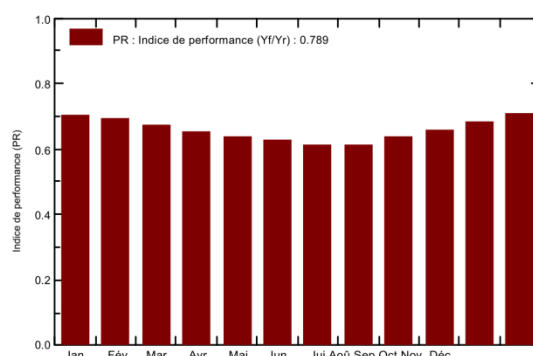
Principaux résultats de la simulation

Production du système	Energie produite	8.73 MWh/an	Productible	1941 kWh/kWc/an
	Indice de performance (PR)	78.91 %	Fraction solaire (SF)	39.39 %

Productions normalisées (par kWp installé): Puissance nominale 4500 Wc



Indice de performance (PR)



Nouvelle variante de simulation

Bilans et résultats principaux

	GlobHor kWh/m ²	DiffHor kWh/m ²	T Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	E Load MWh	E User MWh	E_Grid MWh
Janvier	114.6	18.08	10.62	193.9	190.5	0.000	0.000	0.739
Février	127.0	26.05	12.91	185.7	182.1	0.000	0.000	0.696
Mars	172.6	45.84	17.87	211.5	206.6	0.000	0.000	0.768
Avril	210.6	50.32	21.50	221.6	216.1	0.000	0.000	0.785
Mai	238.8	62.75	26.90	221.2	214.6	0.000	0.000	0.765
Juin	239.5	65.08	30.94	211.2	204.4	0.000	0.000	0.716
Juillet	242.7	67.48	34.69	219.9	213.2	0.000	0.000	0.728
Août	221.6	62.32	33.88	221.8	215.7	0.484	0.226	0.509
Septembre	177.5	56.75	28.49	204.2	199.0	1.263	0.496	0.209
Octobre	146.5	42.39	23.98	197.8	193.5	1.263	0.473	0.230
Novembre	117.7	20.65	16.00	190.6	187.2	0.695	0.265	0.440
Décembre	101.1	20.16	11.80	179.8	176.3	0.000	0.000	0.688
Année	2110.1	537.87	22.52	2459.3	2399.2	3.706	1.460	7.273

Légendes: GlobHor	Irradiation globale horizontale	GlobEff	Global "effectif", corr. pour IAM et ombrages
DiffHor	Irradiation diffuse horizontale	E Load	Besoin d'énergie de l'utilisateur
T Amb	Température ambiante	E User	Energie fournie à l'utilisateur
GlobInc	Global incident plan capteurs	E_Grid	Energie injectée dans le réseau

Système couplé au réseau: Paramètres de simulation

Projet : pivot traditionnel 04

Site géographique	Hassi Khalifa	Pays	Algeria	
Situation	Latitude	33.51° N	Longitude	7.00° E
Temps défini comme	Temps légal	Fus. horaire TU+1	Altitude	48 m
	Albédo	0.20		
Données météo:	Hassi Khalifa	Meteonorm 7.1 (1991-2000), Sat=100% - Synthétique		

Variante de simulation : Nouvelle variante de simulation

Date de la simulation 12/09/20 à 11h24

Paramètres de simulation	Type de système	No 3D scene defined	
Orientation plan capteurs	Inclinaison	35°	Azimut 0°
Modèles utilisés	Transposition	Perez	Diffus Perez, Meteonorm
Horizon	Pas d'horizon		
Ombrages proches	Sans ombrages		

Caractéristiques du champ de capteurs

Module PV	Si-poly	Modèle	Poly 250 Wp 60 cells	
Original PVsyst database		Fabricant	Generic	
Nombre de modules PV		En série	6 modules	En parallèle 1 chaînes
Nombre total de modules PV		Nbre modules	6	Puissance unitaire 250 Wc
Puissance globale du champ		Nominale (STC)	1500 Wc	Aux cond. de fonct. 1342 Wc (50°C)
Caractéristiques de fonct. du champ (50°C)		U mpp	164 V	I mpp 8.2 A
Surface totale		Surface modules	9.8 m²	Surface cellule 8.7 m²

Onduleur

	Modèle	UNO-DM-1.2-TL-PLUS	
Original PVsyst database	Fabricant	ABB	
Caractéristiques	Tension de fonctionnement	90-580 V	Puissance unitaire 1.20 kWac
Batterie d'onduleurs	Nbre d'onduleurs	1 unités	Puissance totale 1.2 kWac
			Rapport Pnom 1.25

Facteurs de perte du champ PV

Fact. de pertes thermiques	Uc (const)	20.0 W/m²K	Uv (vent)	0.0 W/m²K / m/s
Perte ohmique de câblage	Rés. globale champ	338 mOhm	Frac. pertes	1.5 % aux STC
Perte de qualité module			Frac. pertes	-0.8 %
Perte de "mismatch" modules			Frac. pertes	1.0 % au MPP
Perte de "mismatch" strings			Frac. pertes	0.10 %
Effet d'incidence, paramétrisation ASHRAE	IAM = 1 - bo (1/cos i - 1)		Param. bo	0.05

Besoins de l'utilisateur : valeurs mensuelles

Jan.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Jui.	Août	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Année	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	284	453	537	389	74.0	1737	kWh/mth

Système couplé au réseau: Résultats principaux

Projet : pivot traditionnel 04

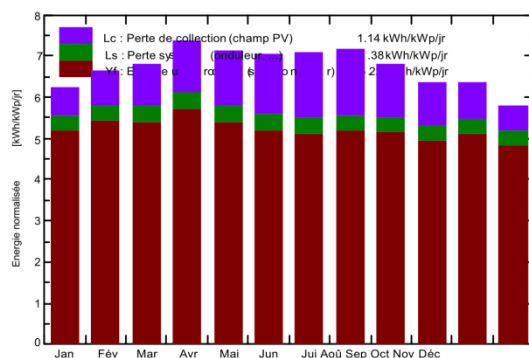
Variante de simulation : Nouvelle variante de simulation

Principaux paramètres système		Type de système	Couplé au réseau	
Orientation plan capteurs		inclinaison	35°	azimut 0°
Modules PV		Modèle	Poly 250 Wp 60 cells	Pnom 250 Wc
Champ PV		Nombre de modules	6	Pnom total 1500 Wc
Onduleur		Modèle	UNO-DM-1.2-TL-PLUS	Pnom 1200 W ac
Besoins de l'utilisateur		valeurs mensuelles		Global 1737 kWh/an

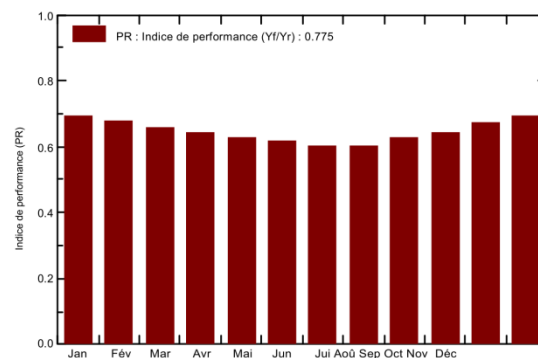
Principaux résultats de la simulation

Production du système	Energie produite	2859 kWh/an	Productible	1906 kWh/kWc/an
	Indice de performance (PR)	77.50 %	Fraction solaire (SF)	37.41 %

Productions normalisées (par kWp installé): Puissance nominale 1500 Wc



Indice de performance (PR)



Nouvelle variante de simulation

Bilans et résultats principaux

	GlobHor	DiffHor	T Amb	GlobInc	GlobEff	E Load	E User	E_Grid
	kWh/m ²	kWh/m ²	°C	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh	kWh	kWh
Janvier	114.6	18.08	10.62	193.9	190.5	0.0	0.0	241.7
Février	127.0	26.05	12.91	185.7	182.1	0.0	0.0	227.7
Mars	172.6	45.84	17.87	211.5	206.6	0.0	0.0	251.2
Avril	210.6	50.32	21.50	221.6	216.1	0.0	0.0	256.8
Mai	238.8	62.75	26.90	221.2	214.6	0.0	0.0	250.3
Juin	239.5	65.08	30.94	211.2	204.4	0.0	0.0	234.4
Juillet	242.7	67.48	34.69	219.9	213.2	0.0	0.0	238.6
Août	221.6	62.32	33.88	221.8	215.7	284.0	121.6	119.2
Septembre	177.5	56.75	28.49	204.2	199.0	453.0	173.4	57.7
Octobre	146.5	42.39	23.98	197.8	193.5	537.0	187.6	42.5
Novembre	117.7	20.65	16.00	190.6	187.2	389.0	139.5	91.3
Décembre	101.1	20.16	11.80	179.8	176.3	74.0	27.7	197.5
Année	2110.1	537.87	22.52	2459.3	2399.2	1737.0	649.9	2208.9

Légendes: GlobHor	Irradiation globale horizontale	GlobEff	Global "effectif", corr. pour IAM et ombrages
DiffHor	Irradiation diffuse horizontale	E Load	Besoin d'énergie de l'utilisateur
T Amb	Température ambiante	E User	Energie fournie à l'utilisateur
GlobInc	Global incident plan capteurs	E_Grid	Energie injectée dans le réseau

Système couplé au réseau: Paramètres de simulation

Projet : **pivot traditionnel 05**

Site géographique	Hassi Khalifa		Pays	Algeria
Situation	Latitude	33.51° N	Longitude	7.00° E
Temps défini comme	Temps légal	Fus. horaire TU+1	Altitude	48 m
	Albédo	0.20		
Données météo:	Hassi Khalifa	Meteonorm 7.1 (1991-2000), Sat=100% -Synthétique		

Variante de simulation : **Nouvelle variante de simulation**

Date de la simulation 05/09/20 à 10h57

Paramètres de simulation	Type de système	No 3D scene defined		
Orientation plan capteurs	Inclinaison	35°	Azimet	0°
Modèles utilisés	Transposition	Perez	Diffus	Perez, Meteonorm
Horizon	Pas d'horizon			
Ombrages proches	Sans ombrages			
Caractéristiques du champ de capteurs				
Module PV	Si-poly	Modèle	Poly 250 Wp 60 cells	
Original PVsyst database		Fabricant	Generic	
Nombre de modules PV		En série	10 modules	En parallèle 4 chaînes
Nombre total de modules PV		Nbre modules	40	Puissance unitaire 250 Wc
Puissance globale du champ		Nominale (STC)	10.00 kWc	Aux cond. de fonct. 8.95 kWc (50°C)
Caractéristiques de fonct. du champ (50°C)		U mpp	273 V	I mpp 33 A
Surface totale		Surface modules	65.1 m²	Surface cellule 58.3 m²
Onduleur				
		Modèle	4.2 kWac inverter	
Original PVsyst database		Fabricant	Generic	
Caractéristiques		Tension de fonctionnement	125-500 V	Puissance unitaire 4.20 kWac
Batterie d'onduleurs		Nbre d'onduleurs	2 unités	Puissance totale 8.4 kWac
				Rapport Pnom 1.19
Facteurs de perte du champ PV				
Fact. de pertes thermiques		Uc (const)	20.0 W/m²K	Uv (vent) 0.0 W/m²K / m/s
Perte ohmique de câblage		Rés. globale champ	141 mOhm	Frac. pertes 1.5 % aux STC
Perte de qualité module				Frac. pertes -0.8 %
Perte de "mismatch" modules				Frac. pertes 1.0 % au MPP
Perte de "mismatch" strings				Frac. pertes 0.10 %
Effet d'incidence, paramétrisation ASHRAE		IAM =	1 - bo (1/cos i - 1)	Param. bo 0.05

Besoins de l'utilisateur : valeurs mensuelles

Jan.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Jui.	Août	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Année	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	484	1263	1263	695	0.00	3706	kWh/mth

Système couplé au réseau: Résultats principaux

Projet : pivot traditionnel 05

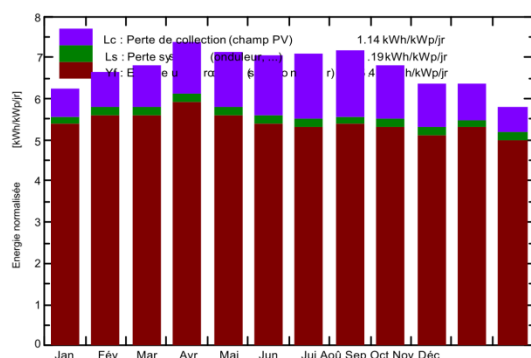
Variante de simulation : Nouvelle variante de simulation

Principaux paramètres système		Type de système	Couplé au réseau	
Orientation plan capteurs		inclinaison	35°	azimut 0°
Modules PV		Modèle	Poly 250 Wp 60 cells	Pnom 250 Wc
Champ PV		Nombre de modules	40	Pnom total 10.00 kWc
Onduleur		Modèle	4.2 kWac inverter	Pnom 4200 W ac
Batterie d'onduleurs		Nombre d'unités	2.0	Pnom total 8.40 kW ac
Besoins de l'utilisateur		valeurs mensuelles		Global 3706 kWh/an

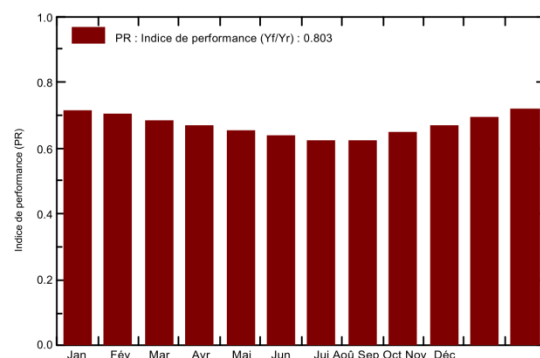
Principaux résultats de la simulation

Production du système	Energie produite	19.75 MWh/an	Productible	1975 kWh/kWc/an
	Indice de performance (PR)	80.30 %	Fraction solaire (SF)	43.04 %

Productions normalisées (par kWp installé): Puissance nominale 10.00 kWc



Indice de performance (PR)



Nouvelle variante de simulation

Bilans et résultats principaux

	GlobHor kWh/m ²	DiffHor kWh/m ²	T Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	E Load MWh	E User MWh	E_Grid MWh
Janvier	114.6	18.08	10.62	193.9	190.5	0.000	0.000	1.668
Février	127.0	26.05	12.91	185.7	182.1	0.000	0.000	1.571
Mars	172.6	45.84	17.87	211.5	206.6	0.000	0.000	1.735
Avril	210.6	50.32	21.50	221.6	216.1	0.000	0.000	1.777
Mai	238.8	62.75	26.90	221.2	214.6	0.000	0.000	1.733
Juin	239.5	65.08	30.94	211.2	204.4	0.000	0.000	1.621
Juillet	242.7	67.48	34.69	219.9	213.2	0.000	0.000	1.650
Août	221.6	62.32	33.88	221.8	215.7	0.484	0.238	1.429
Septembre	177.5	56.75	28.49	204.2	199.0	1.263	0.559	1.035
Octobre	146.5	42.39	23.98	197.8	193.5	1.263	0.529	1.058
Novembre	117.7	20.65	16.00	190.6	187.2	0.695	0.269	1.323
Décembre	101.1	20.16	11.80	179.8	176.3	0.000	0.000	1.552
Année	2110.1	537.87	22.52	2459.3	2399.2	3.706	1.595	18.152

Légendes:	GlobHor	Irradiation globale horizontale	GlobEff	Global "effectif", corr. pour IAM et ombrages
	DiffHor	Irradiation diffuse horizontale	E Load	Besoin d'énergie de l'utilisateur
	T Amb	Température ambiante	E User	Energie fournie à l'utilisateur
	GlobInc	Global incident plan capteurs	E_Grid	Energie injectée dans le réseau

Système couplé au réseau: Paramètres de simulation

Projet : pivot traditionnel 04**Site géographique** Hassi Khalifa Pays **Algeria**

Situation Latitude 33.51° N Longitude 7.00° E
 Temps défini comme Temps légal Fus. horaire TU+1 Altitude 48 m
 Albédo 0.20

Données météo: Hassi Khalifa Meteonorm 7.1 (1991-2000), Sat=100% - Synthétique**Variante de simulation :** Nouvelle variante de simulation

Date de la simulation 12/09/20 à 10h39

Paramètres de simulation Type de système **No 3D scene defined**
Orientation plan capteurs Inclinaison 35° Azimut 0°
Modèles utilisés Transposition Perez Diffus Perez, Meteonorm
Horizon Pas d'horizon
Ombrages proches Sans ombrages

Caractéristiques du champ de capteurs

Module PV Si-poly Modèle **Poly 250 Wp 60 cells**
 Original PVsyst database Fabricant Generic
 Nombre de modules PV En série 5 modules En parallèle 3 chaînes
 Nombre total de modules PV Nbre modules 15 Puissance unitaire 250 Wc
 Puissance globale du champ Nominale (STC) **3750 Wc** Aux cond. de fonct. 3355 Wc (50°C)
 Caractéristiques de fonct. du champ (50°C) U mpp 136 V I mpp 25 A
 Surface totale Surface modules **24.4 m²** Surface cellule 21.9 m²

Onduleur Modèle **UNO-DM-1.2-TL-PLUS**
 Original PVsyst database Fabricant ABB
 Caractéristiques Tension de fonctionnement 90-580 V Puissance unitaire 1.20 kWac
 Batterie d'onduleurs Nbre d'onduleurs 3 unités Puissance totale 3.6 kWac
 Rapport Pnom 1.04

Facteurs de perte du champ PV

Fact. de pertes thermiques U_c (const) 20.0 W/m²K U_v (vent) 0.0 W/m²K / m/s
 Perte ohmique de câblage Rés. globale champ 94 mOhm Frac. pertes 1.5 % aux STC
 Perte de qualité module Frac. pertes -0.8 %
 Perte de "mismatch" modules Frac. pertes 1.0 % au MPP
 Perte de "mismatch" strings Frac. pertes 0.10 %
 Effet d'incidence, paramétrisation ASHRAE IAM = 1 - bo (1/cos i - 1) Param. bo 0.05

Besoins de l'utilisateur : valeurs mensuelles

Jan.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Jui.	Août	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Année	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	284	453	537	390	73.7	1737	kWh/mth

Système couplé au réseau: Résultats principaux

Projet : pivot traditionnel 04

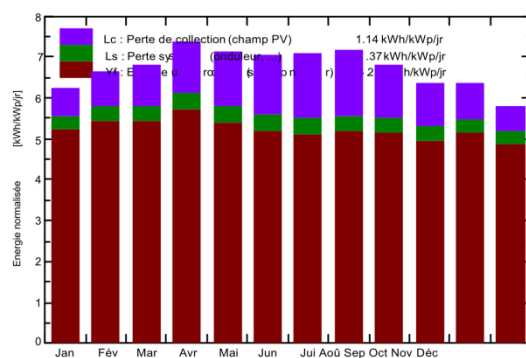
Variante de simulation : Nouvelle variante de simulation

Principaux paramètres système		Type de système	Couplé au réseau	
Orientation plan capteurs		inclinaison	35°	azimut 0°
Modules PV		Modèle	Poly 250 Wp 60 cells	Pnom 250 Wc
Champ PV		Nombre de modules	15	Pnom total 3750 Wc
Onduleur		Modèle	UNO-DM-1.2-TL-PLUS	Pnom 1200 W ac
Batterie d'onduleurs		Nombre d'unités	3.0	Pnom total 3600 W ac
Besoins de l'utilisateur		valeurs mensuelles		Global 1737 kWh/an

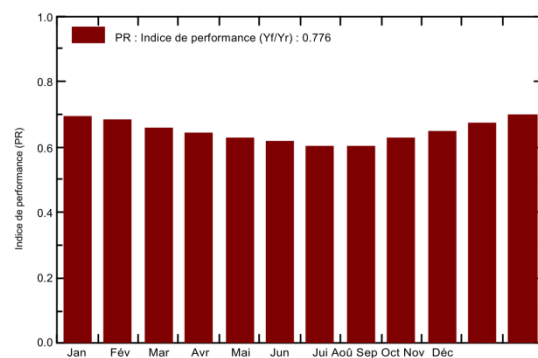
Principaux résultats de la simulation

Production du système	Energie produite	7.16 MWh/an	Productible	1910 kWh/kWc/an
	Indice de performance (PR)	77.65 %	Fraction solaire (SF)	41.84 %

Productions normalisées (par kWp installé): Puissance nominale 3750 Wc



Indice de performance (PR)



Nouvelle variante de simulation

Bilans et résultats principaux

	GlobHor kWh/m ²	DiffHor kWh/m ²	T Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	E Load MWh	E User MWh	E_Grid MWh
Janvier	114.6	18.08	10.62	193.9	190.5	0.000	0.000	0.607
Février	127.0	26.05	12.91	185.7	182.1	0.000	0.000	0.571
Mars	172.6	45.84	17.87	211.5	206.6	0.000	0.000	0.630
Avril	210.6	50.32	21.50	221.6	216.1	0.000	0.000	0.643
Mai	238.8	62.75	26.90	221.2	214.6	0.000	0.000	0.626
Juin	239.5	65.08	30.94	211.2	204.4	0.000	0.000	0.586
Juillet	242.7	67.48	34.69	219.9	213.2	0.000	0.000	0.596
Août	221.6	62.32	33.88	221.8	215.7	0.284	0.132	0.470
Septembre	177.5	56.75	28.49	204.2	199.0	0.453	0.198	0.381
Octobre	146.5	42.39	23.98	197.8	193.5	0.537	0.219	0.357
Novembre	117.7	20.65	16.00	190.6	187.2	0.390	0.150	0.429
Décembre	101.1	20.16	11.80	179.8	176.3	0.074	0.028	0.537
Année	2110.1	537.87	22.52	2459.3	2399.2	1.737	0.727	6.434

Légendes: GlobHor	Irradiation globale horizontale	GlobEff	Global "effectif", corr. pour IAM et ombrages
DiffHor	Irradiation diffuse horizontale	E Load	Besoin d'énergie de l'utilisateur
T Amb	Température ambiante	E User	Energie fournie à l'utilisateur
GlobInc	Global incident plan capteurs	E_Grid	Energie injectée dans le réseau

Titre du mémoire : Dimensionnement d'une station photovoltaïque pour les pivots

Master: Electromécanique.

Auteur: ZERGUINE Chemseddine, CHABBI Elhadi, DJABER Abdeljalil.

Mots clés : pivot d'irrigation, station photovoltaïque, besoin en eau, conditions climatiques, dimensionnement.

Résumé:

L'objectif de ce travail est de proposer une contribution du côté financier et économique à travers la réhabilitation des systèmes d'énergie photovoltaïque raccordés au réseau pour être utilisés dans l'exploitation des Pivots d'irrigation conformément aux normes internationales pour calculer les besoins réels de l'installation. Ce travail se concentre sur l'énergie photovoltaïque connectée au réseau public à différents pourcentages de dimensionnement à utiliser dans le fonctionnement des Pivots. Quatre Pivots d'irrigation ont été choisis pour cette étude, deux Pivots traditionnels pour la zone de Hassi Khalifa et deux Pivots modernes pour la zone d'El Hadjira, pour estimer leur consommation d'énergie électrique expérimentalement et théoriquement en même temps. Avec l'utilisation de l'irrigation traditionnel et L'irrigation conforme aux normes internationales provient du programme CROPWAT. Logiciel PVsyst a été utilisé pour simuler le système photovoltaïque connecté au réseau pour chaque Pivot. D'après les résultats, a été noté le cas 3 est le pire des cas de dimensionnement qui repose d'irrigation conventionnel et des estimations théoriques de l'énergie consommée, Le cas 2 est le meilleur à compter d'irrigation par la planification de « CROPWAT » et mesure expérimentale de la consommation électrique. Afin de développer des applications dans le domaine des énergies solaires pour le fonctionnement des Pivots d'irrigation, une base doit être utilisée pour l'étude tout au long de l'année, dans laquelle toutes les mesures expérimentales de consommation, et d'irrigation conformément aux normes internationales en planifiant pour « CROPWAT ».

Report title : Sizing of a photovoltaic station for the pivots

Keywords: irrigation pivot, photovoltaic station, water requirement, climatic conditions, sizing.

Abstract:

The objective of this work is to propose a contribution from the financial and economic field through the rehabilitation of the photovoltaic energy systems to be connected with the electricity network, which, allowing the well running of the pivots irrigation systems in accordance with international standards to calculate the real needs of the installation. However, this study focuses on photovoltaic energy connected to the public network at different sizing percentages to be used for the functionality of the pivots. Four irrigation Pivots systems were chosen, two traditional located in Hassi Khalifa area and two modern pivots systems conform to the international standards using CROPWAT program and located in El Hadjira area, to estimate its electrical energy consumption experimentally and theoretically at the same time. PVsyst software was used to simulate the photovoltaic system connected for each pivot's network. Results shows that the third case represent the worst sizing case, which deal with the traditional irrigation and theoretical estimation of the energy consumed. The second case is the best irrigation by applying "CROPWAT" and experimental measurement of power consumption. In the field of solar energies to develop applications for the operating pivot irrigation systems, a basis should be used for the study throughout the year, in which all-experimental measures of consumption, and irrigation in accordance with international standards applying "CROPWAT".

عنوان المذكرة : تحجيم محطة كهروضوئية لأجهزة الرش المحوري
الكلمات المفتاحية : محور الرش، محور الري، محطة كهروضوئية، متطلبات المياه، الظروف المناخية، التحجيم.
ملخص:

الهدف من هذا العمل هو اقتراح مساهمة من المجال المالي والاقتصادي من خلال إعادة تأهيل أنظمة الطاقة الكهروضوئية لربطها بشبكة الكهرباء، مما يسمح بالتشغيل الجيد لأنظمة الري المحورية وفقاً للمعايير الدولية لحساب الاحتياجات الحقيقية للتركيب، ومع ذلك، تركز هذه الدراسة على الطاقة الكهروضوئية المتصلة بالشبكة العامة بنسب مختلفة من التحجيم لاستخدامها في وظائف المحاور. تم اختيار أربعة أنظمة ري محورية، نظامان تقليديان موجودان في منطقة حاسي خليفة ونظامان محوريان حديثان موجودان في منطقة الحجيرة، مع مراعاة السقي التقليدي و السقي الذي يتوافق مع المعايير الدولية باستخدام برنامج CROPWAT، لتقدير استهلاكها من الطاقة الكهربائية تجريبياً ونظرياً في نفس الوقت. محاكاة النظام الكهروضوئي المتصل لكل شبكة محورية. أظهرت النتائج أن الحالة الثالثة تمثل أسوأ حالة تحجيم والتي تتناول الري التقليدي والتقدير النظري للطاقة المستهلكة، أما الحالة الثانية فهي الأفضل عن طريق تطبيق ري "CROPWAT" والقياس التجريبي لاستهلاك الطاقة. في مجال الطاقة الشمسية لتطوير التطبيقات بالنسبة لأنظمة الرش المحوري، يجب استخدام قاعدة للدراسة على مدار العام، حيث يتم إجراء جميع القياسات التجريبية للاستهلاك، واستخدام الري بما يتوافق مع المعايير الدولية ببرنامج "CROPWAT".