

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

Université de Mohamed El-Bachir El-Ibrahimi - Bordj Bou Arreridj

Faculté des Sciences et de la technologie

Département génie mécanique

Mémoire

Présenté pour obtenir

LE DIPLOME DE MASTER

FILIERE : *génie mécanique*

Spécialité : énergétique

Par

➤ **REMILI AZZEDDENE**

➤ **SAADI HAMZA**

Intitulé

*Intégration de système photovoltaïque aux pivots d'irrigation de Type
ANABIB.*

Soutenu le : 26/06/2022

Devant le Jury composé de :

<i>Nom & Prénom</i>	<i>Grade</i>	<i>Qualité</i>	<i>Etablissement</i>
<i>M. Ben Toumi</i>	<i>MCB</i>	<i>Président</i>	<i>Univ-BBA</i>
<i>Z.Rouabah</i>	<i>PR</i>	<i>Encadreur</i>	<i>Univ-BBA</i>
<i>S.Daoud</i>	<i>PR</i>	<i>Examineur</i>	<i>Univ-BBA</i>

Année Universitaire 2021/2022

Remerciements

Tout d'abord, je remercie Dieu qui

courbe de force

Et de la patience pour faire le travail.

Je voudrais exprimer ma gratitude

*Aux superviseurs de Rouabah Zahair qui ont proposé et géré cette
note.*

Merci également aux membres

Jury d'admission pour évaluation pratique.

Je tiens à remercier les gérants et tout le personnel

Département Génie Mécanique Je tiens également à remercier tous

les collaborateurs de la société Bordj Bou Arreridj ANABIB

*Compagnie qui ont contribué directement à la réalisation de cette
mémoire.*

Dédicaces

*Je dédie ce message à tous les membres de ma famille, mon père
Lakhdar, ma mère Nasira, mes frères et sœurs, et tous les membres
de la famille Remili.*

*Je dédie également ce travail à tous mes amis avec qui j'ai
beaucoup côtoyé*

Des souvenirs inoubliables : Yasser, Abdelkader, Faisal.

Azzedine

Dédicaces

Je dédie ce message à tous les membres de ma famille, mon père

Belkacem, ma mère Aichouch, mes frères et sœurs, et toute la

famille Saadi.

Je dédie également ce travail à tous mes amis avec qui j'ai

beaucoup partagé

Souvenirs inoubliables : Yasser, Abdelkader, Azzedine.

Hamza.

Nomenclatures

H est la constante de Planck

C la vitesse de la lumière

λ sa longueur d'onde. Ainsi, plus la longueur d'onde n'est courte

E l'énergie du photon est grand

NVT représente la potentielle thermodynamique

I_{sat} Le courant de saturation de la jonction

K la constante de Boltzmann (1.381 10⁻²³ Joules/Kelvin)

T la température de la cellule en Kelvin, e, la charge d'un électron

N le facteur de non idéalité de la jonction

I_{CELL} Le courant fourni par la cellule

V_{CCL} La tension aux bornes de la cellule

I_{CC} Le courant produit par la cellule lorsqu'elle est mise en court-circuit

R_{SHUM} La résistance modélisant les courants de fuites de la jonction, et finalement

R_{erie} La résistance série caractérisant les diverses résistances de contacts et de connexions

P Puissance mesurée aux bornes de la cellule PV

V Tension mesurée aux bornes de la cellule PV

I Intensité mesurée aux bornes de la cellule PV

C *la capacité de la batterie*

CR *la capacité résiduelle*

Cu *la capacité utile*

CU *la capacité utile*

C1 *la capacité nécessaire pour faire face au soleil*

C1 *la capacité nécessaire pour utiliser au mieux le dimensionnement du panneau*

IPV *le courant débité par le panneau*

IU *le courant utilisé par les occupants*

IU le courant de recharge

CSK énergie totale demandée à la batterie

K le nombre de jours sans soleil

Bi énergie électrique demandée par jour à la batterie

N_h Est le nombre d'heures de fonctionnement de la charge (moteur-pompe) par jour (7 heures par jour)

N_g Est le rendement du générateur

E_c Est l'éclairement moyen quotidien (la valeur moyenne annuelle est de 5 kWh/m²)

η_m Est le rendement du module

F_{pa} Est le facteur de désadaptation entre le point de travail du moteur est le point de puissance maximale (on le prend de l'ordre de 0.9)

F_{pt} Est le facteur de désadaptation entre le point de travail du moteur est le point de puissance maximale (on le prend de l'ordre de 0.9)

ρ La masse volumique de l'eau étant de 1000 kg/m³

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

ω La vitesse de la pompe

K_q, K_h Constantes données de la pompe

N_h Nombre des heures effectif

E_{max} La consommation maximale

$Exergy_x$ La quantité d'énergie consommée

Liste des figures

Figure 1.1 : Coupe d'un capteur solaire thermique plan	5
Figure 1.2 : La solaire thermodynamique	6
Figure 1.3: Panneau photovoltaïque	7
Figure 1.4 : Représentation en coupe une cellule photovoltaïque	8
Figure 1.5: Électrique équivalent Schéma d'une cellule en silicium cristallin	9
Figure 1.6 : Puissance maximum d'une cellule PV	10
Figure 1.7: Etape de fabrication des cellules	11
Figure 1.8 : Cellule mono cristalline et poly cristalline	12
Figure 1.9 : Modules verre-verre au Telluride de Cadmium, efficacité de 9 à 11%	13
Figure 2.1: Schéma descriptif du système hybride	17
Figure 2.2: Schéma descriptif du système connecté au réseau	18
Figure 2.3: Schéma descriptif du système autonome	19
Figure 2.4: Système photovoltaïque	20
Figure 3.1.irrigation par le pivot	33
Figure 3.2.principe de fonctionnement du pompage« Au fil du soleil »	34
Figure 3.3 : Principe de fonctionnement du pompage avec batteries	35
Figure 3.4 : chaîne de composant d'un pompage PV	35
Figure 3.5 : Schéma d'un onduleur de tension connecté au PV	37
Figure 3.6: schéma d'une pompe Centrifuge	38
Figure 3.7: <i>Caractéristiques de la pompe (Q) et de la canalisation</i>	39
Figure 3.8: Caractéristique de la puissance hydraulique de la pompe centrifuge.	39
Figure 3.9: schéma d'une pompe volumétrique	40
Figure 3.10 : Caractéristiques débit-hauteur d'une pompe volumétrique	41
Figure 3.11: Diagramme du pompage PV par motopompe à CC	43
Figure 3.12: Diagramme du pompage PV par motopompe à AC	44
Figure 3.13: pivot solaire	45
Figure 3.14 : Les différents systèmes d'irrigation	46
Figure 3.15 : Schéma de principe d'un pivot solaire	47

Figure 3.16 :L'élément central	48
Figure 3.17 :Les travées d'un pivot	48
Figure 3.18 : Tour d'un pivot	49
Figure 3.19 : Le réducteur de vitesse	49
Figure 4.1: Système pivot type ANABIB à deux tours mobiles	56
Figure 4.2 : Situation géographique de la ville de Boussaâda	57
Figure 4.3 : La page d'accueil d'Homer	58
Figure.4.4: d'analyse de la charge	62
Figure 4.5: Caractéristique cuves and performance data	64
Figure 4.6: Panneaux solaires longis solaires LR6-72PH	64
Figure 4.7. Fiche technique du panneau solaire	65
Figure 4.8: Fiche technique du l'onduleur	66
Figure 4.9: Fiche technique dé battre	67
Figure 4.10: Fiche technique du générateur Electrogène	67
Figure 4.11 : Emplacement spécifique pour le carburant	68
Figure 4.12 : Graphique montrant l'e système de panneau solaire avec Electrogène Diesel	69
Figure 4.13 : Graphique montrant les heures de travail du l'électrogène Diesel pour chaque mois	70
Figure 4.14 : Graphique montrant l'étude du panneau solaire+Batterie	71
Figure 4.15 : Résultats des caractéristiques électriques pour l'électrogène Diesel	72
Figure 4.16 : Résultats des caractéristiques électriques pour électrogène Diesel et le système PV	72
Figure 4.17 : Résultats des caractéristiques électriques pour système PV avec batteries	73
Figure 4.18 : Classifications du panneau solaire et sa capacité de production d'énergie électrique	74
Figure 4.19 : Émission de CO2 du générateur diesel,	75
Figure 4.20 : Émission de CO2 du générateur diesel	75
Figure 4.21 : Émission de CO2 du générateur diesel (Phase sans générateur diesel)	76
Figure 4.22. Installation de panneaux solaires Panneaux solaires au sol	77
Figure 4.23 : Un dessin montrant l'installation de l'axe d'irrigation avec le panneau solaire	78
Figure 4.24 : Conception de panneaux solaires	79

Figure 4.25 : Conception de support de panneaux solaires	80
Figure 4.26 : Conception de tubes	80
Figure 4.27. Conception de coller	81

Liste des tableaux

Tableau2.1: Les tensions du système correspondantes à chaque intervalle de puissance crête	21
Tableau 3.1: Les avantages et les inconvénients des moteurs mentionné	44
Tableau.4.1: Résumant les heures effectives au cours des mois	59
Tableau .4.2:.d'analyse du profil de charge par essieu	61
Table.4.3: Informations générales sur la pompe (6sr30)	63
Table.4.4: Fiche technique de la pompe submersible (6sr30)	63
Table.4.5:..Informations générales sur la Panneaux solaires longis solaires LR6-72PH	65
Table.4.6:Fiche technique du moteur	66

T able des matières

Remerciements	
Dédicaces	
Nomenclature	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Table des matières	
Introduction	1

Chapitre 1 : Énergie Solaire photovoltaïque

Sommaire

1.1.Introduction.....	4
1.2. Généralité sur l'énergie solaire.....	4
1.2.1. Définition de l'énergie solaire.....	4
1.2.2. Historique de l'effet photovoltaïque.....	4
1.3. Gisement solaire.....	5
1.3.1. L'énergie solaire thermique.....	5
1.3.3.1.1. Principe de la conversion Photovoltaïque.....	8
1.3.3.1.2. Paramètres essentiels caractérisant les cellules photovoltaïques.....	10
1.3.3.1.3. Différents types de technologies de cellules photovoltaïques.....	11
1.3.2. L'énergie solaire thermodynamique.....	12
1.3.3. L'énergie solaire photovoltaïque.....	12
1.3.3.1. Conversion Photovoltaïque.....	13
1.4. Avantages et inconvénients de l'énergie PV.....	13
1.4.1 Avantage.....	13
1.4.2. Inconvénients :.....	13
1.5. Conclusion.....	14

Chapitre 2 : Dimensionnement des systèmes Photovoltaïques

Sommaire

2.1. Introduction.....	17
2.2. Les type de systèmes photovoltaïque.....	17
2.2.1 Systèmes hybrides.....	17
2.2.2. Systèmes connectés à un réseau (Grid-connected photovoltaic power plants).....	19
2.2.3. Système photovoltaïque autonome.....	19
2.2.4. Système semi-connecté au réseau.....	19
2.3. Les composants d'un système photovoltaïque.....	20
2.3.1. Le régulateur.....	20
2.3.2. Les batterie.....	21
2.3.3. Les convertisseurs.....	22
2.3.4. Les câble.....	22
2.3.5. Les récepteurs.....	22
2.4. Dimensionnement des systèmes Photovoltaïques.....	22
2.4.1. Dimensionnement du panneau photovoltaïque.....	23
2.4.1.1. Principes de dimensionnement et de positionnement du panneau.....	23
2.4.1.1.2. Dimensionnement sur le mois le plus ensoleillé.....	24
2.4.1.2. Stockage inter-saisonnier de l'énergie.....	24
2.4.1.3. Procédure de dimensionnement du panneau solaire.....	24
2.4.2. Choix de la tension du fonctionnement.....	25
2.4.3. Dimensionnement de la batterie.....	25
2.4.3.1. Rôle du stock d'énergie.....	25
2.4.3.2. Capacité de la batterie.....	25
2.4.3.3. Choix de la capacité de la batterie.....	26
2.4.4. Dimensionnement de l'onduleur.....	27
2.4.5. Dimensionnement des câbles de raccordement.....	28
2.4.5.1. La liaison électrique panneau-batterie.....	28
2.4.5.2. La liaison électrique batterie-appareils.....	29
2.5. CONCLUSION.....	29

Chapitre 3 : Les systèmes de pompage photovoltaïque

Sommaire

3.1. Introduction.....	32
3.2. Le pompage solaire.....	32
3.3. Méthodes de pompages.....	33
3.3.1. Pompage « au fil du soleil ».....	33
3.3.2. Pompage avec batteries.....	34
3.4. Les composants d'un système de pompage PV.....	35
3.4.1 Le générateur photovoltaïque.....	36
3.4.1.1. Dimension d'un générateur PV.....	36
3.4.2. L'onduleur.....	37
3.4.3. Les pompes.....	37
3.4.3.1. La pompe centrifuge.....	37
3.4.3.2 .La pompe volumétrique.....	40
3.4.3.3. Comparaisons entre les pompes centrifuges et les pompes volumétriques.....	42
3.4.3.4. Dimensionnement de la pompe.....	42
3.4.3.5. Les moteurs électriques.....	42
3.4.3.6. Les avantages et les inconvénients des moteurs mentionnés.....	44
3.5. Pivot d'irrigation.....	45
3.5.1. Classification des Systèmes d'irrigation.....	46
3.5.2. Principe général de conception des Pivot type ANABIB	46
3.5.2.1. Descriptif technique.....	47
3. 6.Conclusion.....	51

Chapitre 4 : Dimensionnement et conception du système photovoltaïque pour le pivot d'irrigation de Type ANANBIB

Sommaire

4.1. Introduction	55
4.2. Description du projet	55
4.2.1. Explication des dimensions de la structure.	56
4.3. Situation géographique de la région de Boussaâda	57
4.3.1. Localisation.....	57
4.4. Les logiciels utilisés dans cette étude	57
4.4.1. Description du logiciel Homer.....	57
4.4.2. Description du logiciel Solide Works	58
4.5. Dimensionnement du pompage solaire de Type ANANBIB	59
4.5.1. Profile de charge.....	60
4.5.2. Choix des composants du système.....	61
4.5.2.1. Choix de la pompe submersible (6sr30).....	62
4.5.2.2. Choix des panneaux solaires	64
4.5.2.3. Choix du moteur.....	66
4.5.2.4. Choix de l'onduleur.....	66
4.5.2.5. Choix des batteries	67
4.5.2.6. Choix du générateur	67
4.6. Résultats obtenus pour la mise à l'échelle de la pompe solaire de type ANANBIB	68
4.6.1. Première cas : Electrogène Diesel.....	68
4.6.2. Deuxième cas : Electrogène Diesel avec un système PV	69
4.6.3. Le troisième cas : Système PV avec batterie de compensation	70
4.6.4. Résultats et discussion	71
4.6.4.1. Production électrique.....	71
4.6.4.2. Performances globales du système PV	74
4.6.4.3. Haut du formulaire. Impact environnant	75
4.7. Conception du système d'irrigation à pivot ANANBIB	76
4.7.1. Conception de système d'irrigation en plaçant des panneaux solaires au sol	76
4.7.2. Conception du système d'irrigation en plaçant le panneau solaire sur le tuyau	77
4.7.2.1. Conception de panneaux solaires	78
4.7.2.2. Conception de support de panneau solaire	79
4.7.2.3. Conception de tubes	80
4.7.2.4. Conception de coller.....	81
4.8. Conclusion.....	82

Introduction

La production d'énergie est un grand défi pour les années à venir, car l'énergie est un facteur essentiel du développement économique, dans tous les pays du monde. Son importance relative augmente avec les progrès techniques et de fabrication et le besoin d'équipements modernes. Aujourd'hui, une grande partie de la production énergétique mondiale est assurée par des combustibles fossiles, tels que le pétrole, le gaz et le charbon. Malheureusement, consommer ces sources augmente les émissions de gaz à effet de serre et donc la pollution. Un autre danger réside dans le fait qu'une consommation excessive des stocks de ressources naturelles réduit gravement les réserves de ce type d'énergie pour les générations futures, ainsi que face aux multiples crises économiques et pétrolières. Ces défis ont poussé les gouvernements à prêter attention aux ressources dites renouvelables, l'énergie solaire étant l'une des premières solutions d'énergie renouvelable. En fait, de nombreuses études scientifiques ont prouvé qu'une partie du rayonnement qui nous vient du soleil peut, en théorie, suffire à couvrir tous les besoins énergétiques humains. En outre, l'entretien fréquent étant relativement faible. En outre, cette source d'énergie peut être intégrée dans les différents secteurs et de nombreux types d'usages, afin de réduire la facture d'électricité, réduire la pollution et économiser les énergies fossiles.

Dans cette optique, notre projet de fin d'étude consiste en l'intégration des systèmes Photovoltaïques dans le domaine d'irrigation agricole par l'étude de conception et de Dimensionnement de systèmes photovoltaïques intégrés aux pivots d'irrigation de type ANNABIB afin d'alimenter les moteurs du pivot et la pompe immergée par l'énergie électrique.

En effet, l'irrigation agricole par les systèmes d'irrigation à pivot central est l'une des méthodes d'irrigation les meilleures et les plus importantes au monde en termes d'efficacité, de précision, de crédibilité et de capacité à réduire les dépenses, mais également pour pallier au manque d'eau de pluie comme le cas de la majorité des surfaces agricoles en Algérie. Notre objectif principal de ce projet est d'étudier l'intégration des systèmes photovoltaïques aux pivots d'irrigation de type ANNABIB dans la région de Boussaâda dont la profondeur des

puis sont entre 80 à 150m. Ce projet est encadré en collaboration entre l'université de Bordj Bou Arreridj et l'entreprise ANABIB Unité IRRAGRIS Irrigation de Bordj Bou Arreridj.

Pour atteindre cet objectif, nous avons divisé notre thèse en quatre chapitres :

Dans le premier chapitre, nous allons présenter des généralités sur l'énergie solaire photovoltaïque. Nous étudierons ainsi la conversion photoélectrique, la technologie photovoltaïque, en mentionnant certains avantages et inconvénients de l'énergie solaire

Dans le second chapitre, on présente les types et le dimensionnement de systèmes photovoltaïques, leurs composants et de la façon de les mettre en œuvre. Le troisième chapitre comprend deux grandes parties. Dans la première, nous allons évoquer les deux techniques de pompage solaire, les pompes et ses types, ainsi que les moteurs utilisés dans le pompage. Dans la deuxième section, nous allons étudier, avec un peu de détails, le système de pivot d'irrigation.

Dans le quatrième chapitre nous allons effectuer le dimensionnement photovoltaïque et hybride (d'un pivot d'irrigation de deux travées de type ANABIB, par l'utilisation du logiciel HOMER. Ensuite nous allons proposer une nouvelle implantation des panneaux photovoltaïques sur le tube principal, en utilisant le logiciel SOLIDWORKS. Ce pivot de deux travées peut couvrir l'irrigation d'une superficie de quatre Hectare.

Chapitre 01

Énergie solaire photovoltaïque

Sommer

1.1. Introduction.....	3
1.2. Généralité sur l'énergie solaire.....	4
1.2.1. Définition de l'énergie solaire.....	4
1.2.2. Historique de l'effet photovoltaïque.....	4
1.3. Gisement solaire.....	5
1.3.1. L'énergie solaire thermique.....	5
1.3.3.1.1. Principe de la conversion Photovoltaïque.....	8
1.3.3.1.2. Paramètres essentiels caractérisant les cellules photovoltaïques.....	10
1.3.3.1.3. Différents types de technologies de cellules photovoltaïques.....	11
1.3.2. L'énergie solaire thermodynamique.....	11
1.3.3. L'énergie solaire photovoltaïque.....	12
1.3.3.1. Conversion Photovoltaïque.....	12
1.4. Avantages et inconvénients de l'énergie PV.....	13
1.4.1. Avantage.....	13
1.4.2. Inconvénients.....	13
1.5. Conclusion.....	14

1. 1.Introduction

L'énergie solaire photovoltaïque provient de la conversion de la lumière du soleil en Électricité à travers des matériaux semi-conducteurs comme le silicium. Ces matériaux Photosensibles ont la propriété de libérer leurs électrons sous l'influence d'une énergie Extérieure. L'énergie est apportée par les photons, (composants de la lumière) qui heurtent les Électrons et les libèrent, induisant un courant électrique. Ce courant continu de micro Puissance calculé en watt crête (WC) peut être transformé en courant alternatif grâce à un Onduleur [1].

L'électricité produite est disponible sous forme d'électricité directe ou stockée en batteries (Énergie électrique décentralisée) ou en électricité injectée dans le réseau.

Dans ce chapitre, nous parlerons informations générales sur énergie solaire, étudierons la conversion photoélectrique et mentionnerons certains avantages et inconvénients de; énergie solaire.

1.2. Généralité sur l'énergie solaire

1.2.1. Définition de l'énergie solaire

L'énergie solaire est principalement produite à partir de réactions de fusion géantes qui se Produisent en continu à la surface du soleil, dans lesquelles hydrogène est transformé en hélium, et de grandes quantités d'énergie sont produites en raison de cette fusion, est propre, énergie renouvelable et disponible en permanence, et elle nous parvient sous deux formes La première est énergie thermique, et la seconde est énergie lumineuse, et homme su inventer de nombreuses applications pour tirer le meilleur parti de énergie solaire, dans le but de répondre aux besoins croissants des humains, et il a été utilisé pour produire de électricité comme une alternative sûre et propre qui ne cause pas de dommages à environnement par rapport à autres sources.

1.2.2. Historique de l'effet photovoltaïque

La découverte de l'effet photovoltaïque remonte à 1839, l'année où le physicien français Alexandre Edmond Bécquerait découvre la possibilité de produire de l'électricité grâce à la lumière et la présence de matériaux semi-conducteurs comme le silicium.

1958 : Apparition de la photovoltaïque et première utilisation dans le cadre de la course de l'espace.

1974 : Le premier bâtiment alimenté uniquement par l'énergie solaire.

1990 : Le premier obstacle utilisé une méthode efficace pour stocker électricité.

2010 : Solari pulse réalise le premier vol jour/nuit.

2015 : Parti d'Abou Dhabi le prototype Solari Impulse 2 (HB-SIB) boucle le tour du Monde.

1.3. Gisement solaire

1.3.1. L'énergie solaire thermique

Énergie solaire thermique consiste à utiliser la chaleur du rayonnement solaire : En usage direct de la chaleur : chauffe-eau et chauffages solaires, cuisinières et Sécheuses solaires.

En usage indirect, la chaleur servant pour un autre usage : rafraîchissement solaire, dessalement, etc. De fait, elle est utilisée principalement pour le chauffage de l'eau ou des locaux. On utilise Pour cela des capteurs thermiques. Il en existe plusieurs catégories des capteurs irrésolu thermiques (Plan, à tube et moquette...etc.) mais le principe est toujours le même : le capteur Thermique absorbe les photons solaires et les transforme en chaleur. Celle-ci est ensuite Transmise à un liquide ou à un gaz (dit « caloporteur ») qui la transporte vers un réservoir déstockage de chaleur [3].

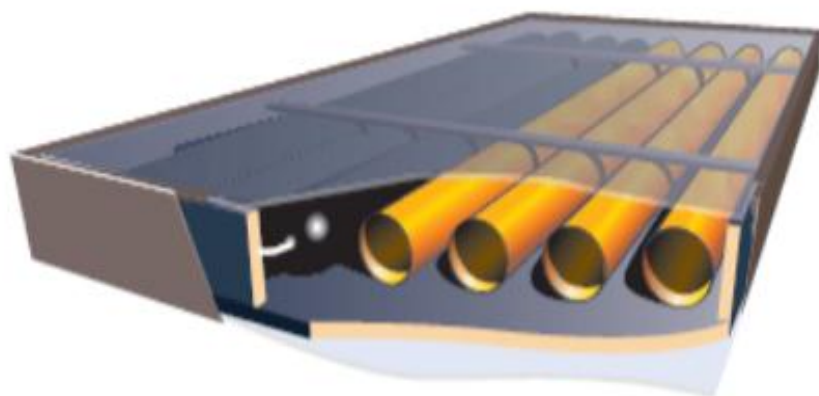


Figure 1.1. Coupe d'un capteur solaire thermique plan [3].

1.3.2. L'énergie solaire thermodynamique

L'énergie solaire thermodynamique utilise le solaire thermique pour produire de l'électricité selon le même principe qu'une centrale électrique classique mais en utilisant des centrales hélios thermoélectriques [4].

Trois types principaux de centrales sont utilisés :

- * Les centrales à capteur cylindre-parabolique pour atteindre des températures entre 300 et 350°C.
- * Les centrales à capteurs parabolique pour atteindre des températures de 1000 °C ou plus.
- * Les centrales à tour pour atteindre 1000 °C.



Figure 1.2 : La solaire thermodynamique [4].

1.3.3. L'énergie solaire photovoltaïque

L'énergie solaire photovoltaïque désigne l'énergie récupérée et transformée directement en électricité à partir de la lumière du soleil par des panneaux photovoltaïques. Elle résulte de la conversion directe dans un semi-conducteur d'un photon en électron. Outre les avantages liés au faible coût de maintenance des systèmes photovoltaïques, cette énergie répond parfaitement aux besoins des sites isolés et dont le raccordement au réseau électrique est trop onéreux [5].



Figure 1.3. Panneau photovoltaïque.

1.3.3.1. Conversion Photovoltaïque

1.3.3.1.1. Principe de la conversion Photovoltaïque

Le terme « photovoltaïque » désigne le processus physique qui consiste à transformer l'énergie lumineuse en énergie électrique par le transfert de l'énergie des photons aux électrons d'un matériau. Le préfixe Photo vient du grec « phots » qui signifie lumière. « Volt » vient du patronyme d'Alessandro Volta (1745-1827), physicien qui a contribué aux recherches sur l'électricité. Photovoltaïque (PV) signifie donc littéralement électricité lumineuse [6].

Français, Edmond Becquerel, fut le premier à découvrir en 1839 l'effet photoélectrique. Il a trouvé que certains matériaux pouvaient produire une petite quantité de courant sous l'effet de la lumière. Par la suite, Albert Einstein a découvert, en travaillant sur l'effet photoélectrique, que la lumière n'avait pas qu'un caractère ondulatoire, mais que son énergie était portée par des particules, les photons. L'énergie scientifique d'un photon est donnée par la relation.

$$E = c \cdot \frac{h}{\lambda} \quad (1.1)$$

Où :

H : est la constante de Planck, **c** la vitesse de la lumière et **λ** sa longueur d'onde. Ainsi, plus la longueur d'onde est courte, plus l'énergie du photon est grande. Cette découverte valut à Albert Einstein le prix Nobel en 1905.

La conversion photovoltaïque aujourd'hui largement utilisée peut être simplement définie comme la transformation de l'énergie des photons en énergie électrique grâce au processus d'absorption de la lumière par la matière. Lorsqu'un photon est absorbé par le matériau, il passe une partie de son énergie par collision à un électron l'arrachant littéralement de la matière. Ce dernier étant précédemment à un niveau d'énergie inférieur où il était dans un état stable passe alors vers un niveau d'énergie supérieur, créant un déséquilibre électrique au sein de la matière se traduisant par une paire électron-trou, de même énergie électrique. Généralement, la paire électron-trou revient rapidement à l'équilibre en transformant son énergie électrique en énergie thermique [7] (**Figure 1.4**).

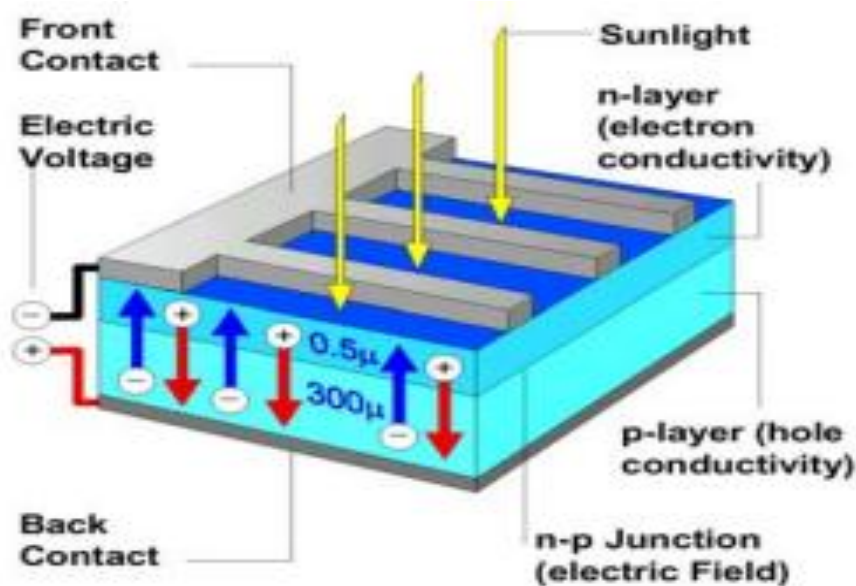


Figure 1.4. Représentation en coupe une cellule photovoltaïque [7].

Modélisation électrique d'une cellule photovoltaïque Lorsqu'une jonction PN réalisée à partir de matériaux sensibles à la lumière est éclairée, elle présente la particularité de pouvoir fonctionner en générateur d'énergie. Ce comportement en statique peut être décrit par l'équation électrique définissant le comportement d'une diode classique. Ainsi, le régime électrique statique d'une cellule photovoltaïque constituée d'une jonction PN en silicium peut être décrit via l'équation suivante.

$$I_{CELL} = I_{CC} - I_{Sat} \times e^{\frac{I_{CELL} + R_{erie}}{NVT} - 1} - V_{CCL} + \frac{(I_{CELL} \times R_{erie})}{R_{SHUM}} \quad (1.2)$$

Où :

$NVT = K \times T / e$ représente la potentielle thermodynamique.

I_{Sat} : Le courant de saturation de la jonction.

K : la constante de Boltzmann ($1.381 \cdot 10^{-23}$ Joules/Kelvin).

T : la température de la cellule en Kelvin, e , la charge d'un électron.

N : le facteur de non idéalité de la jonction.

I_{CELL} : Le courant fourni par la cellule.

V_{CCL} : La tension aux bornes de la cellule.

I_{CC} : Le courant produit par la cellule lorsqu'elle est mise en court-circuit.

R_{SHUM} : La résistance modélisant les courants de fuites de la jonction, et finalement.

R_{erie} : La résistance série caractérisant les diverses résistances de contacts et de connexions. La Figure I-2 représente avec des composants électriques, le comportement électrique équivalent déduit de l'équation (1-2) [8].

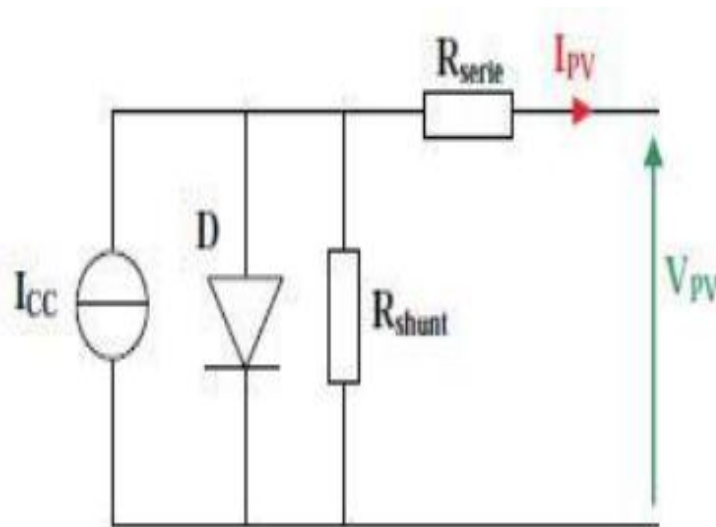


Figure 1.5. Électrique équivalent Schéma d'une cellule en silicium cristallin [9].

1.3.3.1.2. Paramètres essentiels caractérisant les cellules photovoltaïques

Une cellule photovoltaïque est caractérisée par un rendement de conversion, une tension à circuit ouvert V_{co} , un courant de court-circuit I_{cc} et un facteur de forme FF. Les caractéristiques courant-tension sont utilisées pour déterminer ces paramètres, Ces caractéristiques permettent de comparer différentes cellules éclairées dans des conditions identiques.

a) Courant de court-circuit.

$$I_{PH} = q \times G \times (L_n + L_p) \quad (1.3)$$

b) Tension de circuit ouvert.

$$v_{co} = \left(\frac{kT}{q}\right) \cdot \ln \left[\left(\frac{u_o}{i_o}\right) + 1\right] \quad (1.4)$$

c) puissance caractéristique d'une cellule PV

$$P = V \cdot I \quad (1.5)$$

Ou:

P : Puissance mesurée aux bornes de la cellule PV.

V : Tension mesurée aux bornes de la cellule PV.

I : Intensité mesurée aux bornes de la cellule PV.

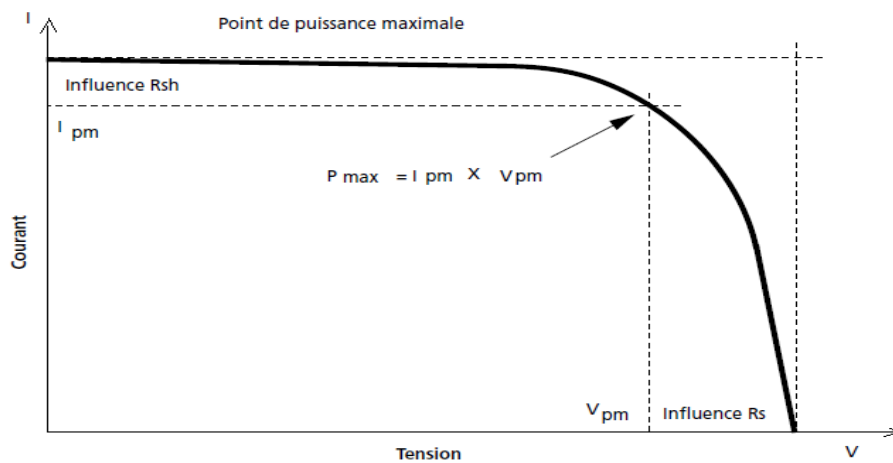


Figure 1.6. Puissance maximum d'une cellule PV [10].

d) Facteur de forme.

$$FF = \frac{p_{max}}{p_i} = \frac{v_m \cdot I_m}{v_{co} \cdot I_{cc}} \quad (1.6)$$

e) Rendement de conversion d'énergie.

$$m = v_m \cdot I_m / P_o = FF v_{co} \cdot I_{cc} / P_o \quad (1.7)$$

F) Puissance STC. On appelle puissance crête aussi nommée puissance "catalogue" la puissance délivrée par une cellule est sous conditions standard STC, notée WC (Watt crête) ou WP.

J) Puissance NOCT. La puissance NOCT (Nominal Operating Cella Température TUC en français) d'un uléma photovoltaïque s'exprime en Watt: c'est la puissance qu'il peut fournir s'il est fermé sur sa charge optimale et soumis à une irradiante de 800 W / m² (spectre AM 1.5) a lorsque la température ambiante est de 20 °C, son inclinaison de 45°, ses deux faces libres, un vent de face de 1 m/s dans les conditions de circuit ouvert.

1.3.3.1.3. Différents types de technologies de cellules photovoltaïques

A. 1ère génération: Silicium cristallin (mono et poly)

Cette génération de cellule repose sur les wafers (fine tranches) de silicium cristallin. Ces wafers sont sciés dans des lingots de silicium. Ces lingots sont le résultat d'un processus de purification de manière à obtenir un matériau contenant 99.99999% de Silicium.

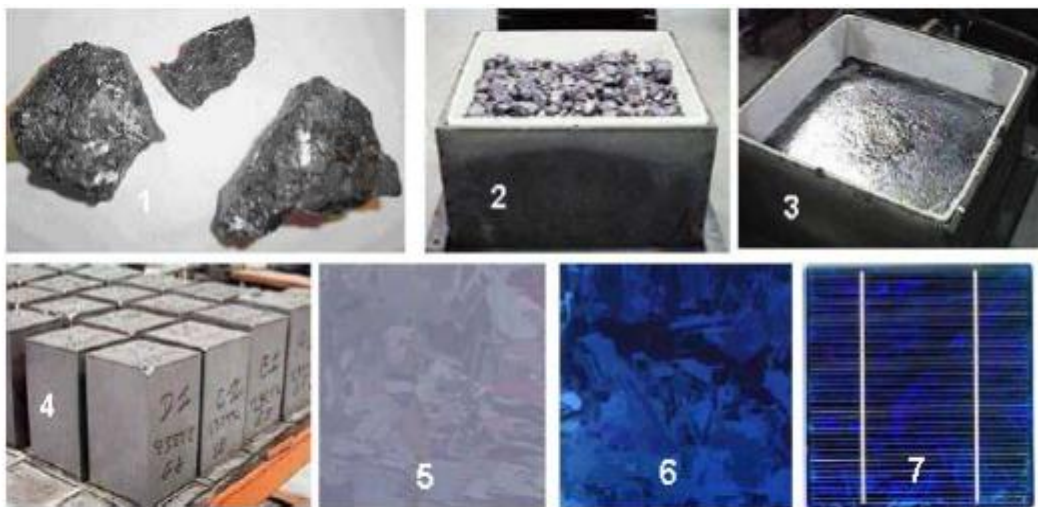


Figure .1.7. Etape de fabrication des cellules [11].

Les cellules cristallines se subdivisent en 2 catégories : mono- et poly- cristalline selon le type de structure. Ces deux types de cellules proviennent de procédé de purification et de solidification différents (processus Czochralski (Cz) et processus Siemens). Les procédés de purification Cz et Siemens ont des structures d'approvisionnement différentes et sont généralement réalisées par des industries différentes *Figure 1.8*.

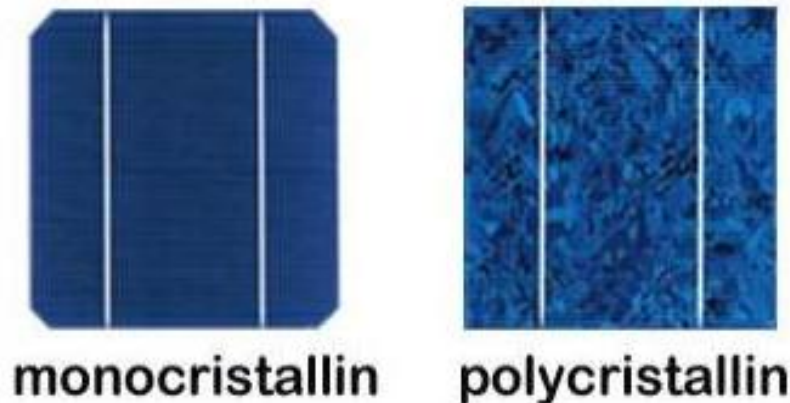


Figure 1.8. Cellule mono cristalline et poly cristalline [12].

B. 2ème génération: Cd Te, CIS/ CIGS, silicium amorphe et microcristallin

Cette génération de cellule repose sur la déposition de matériaux semi conducteurs en couches minces (Thin film). Ces matériaux sont déposés par des procédés tels que PECVD (Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition) sur un substrat. L'épaisseur de la couche varie entre quelques nanomètres à des dizaines de micromètres. Ces technologies qui étaient initialement chères étaient réservées aux applications spatiales (en raison de leur poids par watt crête plus faible) et aux technologies de la première génération.

Parmi les technologies en couches minces qui sont exploitées industriellement (production de masse), on distingue : Cd Te : Cadmium Telluride (Telluride de cadmium) CIS / CIGS : Copper Indium Gallium Solénié Silicium en couche mince : silicium amorphe α Si et microcristallin concentration. Avec l'augmentation des volumes de production, le prix de revient de ces technologies a baissé pour devenir compétitif avec les technologies cristallines.



Figure 1.9. Modules verre-verre au Telluride de Cadmium, efficacité de 9 à 11% [13].

1.4. Avantages et inconvénients de l'énergie PV

Les avantages de l'énergie photovoltaïque les plus importants sont.

1.4.1 Avantage

Ce type d'énergie n'est pas seulement gratuit et inépuisable, mais aussi très propre pour l'environnement. D'ailleurs, on parle souvent d'une « énergie verte », puisqu'elle permet d'éviter totalement la pollution produite par les sources traditionnelles. Elle présente l'avantage de s'intégrer facilement à l'habitat (façades de bâtiments, toits). L'absence de pièces mécaniques mouvantes réduit l'entretien de ces systèmes à un minimum et leur fiabilité (durée de vie d'environ 25 ans).

1.4.2. Inconvénients

- L'efficacité des cellules solaires est estimée à environ 20% seulement.
- Les prix élevés des batteries utilisées pour stocker l'énergie solaire, et il est difficile de stocker cette énergie sans perte de grandes quantités entre eux.
- Coût élevé rééquipement qui convertit l'énergie thermique générée par le soleil en énergie électrique.

1.5. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté des généralités sur l'énergie solaire ainsi que le Principe de la conversion photovoltaïque en énergie électrique, les principales caractéristiques et les différents types de cellules photovoltaïques.

Bibliographie

- [1] Anel ,m.villo, *énergie solaire photovoltaïque*, Dunod ,paris , 2003,2005 ISBN,2 10 049052 4,page-3.
- [2] O.bensedik , fethi, Dj, *étude et optimisation du fonctionnement dun système photovoltaïque*, mémoire de master université kasdimerbah-Ouargla 2011/2012.
- [3] Chebane .a, *controledun système photovoltaïqueconecte au réseau (mémoire de master Universite mohamed khaidar Biskra 2013/2014*.
- [4] Ouada .m, tarfaya.a, dr m,s ,meridjet, dr dib djalal ,*etude et carecterisation sous matlab/simulink dun generateurphotovoltaïqu.2eme semeinare international sur les energie nouvelles et renouvelables ghardaia – algerie,15,16et17 octobre 2012*
- [5] [https://bentria, m, etude dun système de pompage photovoltaïque pour des puits de parcours \(cas la region de tabet—ourgla\)](https://bentria, m, etude dun système de pompage photovoltaïque pour des puits de parcours (cas la region de tabet—ourgla)
- [6] [https://f.e.t. technolagis \(pv\) 1921, pp consulté le : 04/02/2022](https://f.e.t. technolagis (pv) 1921, pp consulté le : 04/02/2022).
- [7] Ndiaye, A , (2013). *Étude de la dégradation et de la fiabilité des modules photovoltaïques-Impact de la poussière sur les caractéristiques électriques de performance (Doctoral dissertation, Ecole Supérieure Polytechnique (ESP)-UCAD)*.
- [8] <https://stephans betibone ,nouvelles architectures de gestion et conversion l'énergie consulté le :04/02/2022>.
- [9] https://www.memoireonline.com/05/12/5856/m_Etude-des-parametres-influenant-les-performances-des-cellules-solaires-sensibilisees-par-coloran8.htmlconsulte le 10/02/2022.
- [10]<http://www.foad.uadb.edu.sn/mod/book/tool/print/index.php?id=2448&chapterid=152> consultée le :04/02/2022.
- [11] <https://fr-static.z-dn.net/files/d9e/1059a79cf5cb4e0ca98788107f427c43.pdf> consulté le : 10/02/2022.
- [12]http://www.sunflowersolar.com/index_fr.php?act=content&scheduler_id=3629, consulté le :10/02/2022.
- [13]https://document.environnement.brussels/opac_css/elecfile/IF%20ENERGIE%20Mod3%20Fonctionnement%20technologies%20PV%20FR consulté le : 10/02/2022.
- [14] *Quot; Three solar modules of world's first commercial beam-down tower Concentrated Solar Power project to be conne cted to grid quot;. Retrieved 18 Aout 2019.*
- [15] *Compact CLFR. Physics.usyd.edu.au (12 June 2002, Retrieved on 22 April 2013*

Sommaire

2.1. Introduction.....	17
2.2. Les type de systèmes photovoltaïque.....	17
2.2.1 Systèmes hybrides.....	17
2.2.2. Systèmes connectés à un réseau Grid-connected photovoltaic power plants.....	18
2.2.3. Système photovoltaïque autonome.....	18
2.2.4. Système semi-connecté au réseau.....	19
2.3. Les composants d'un système photovoltaïque.....	19
2.3.1. Le régulateur.....	21
2.3.2. Les batterie.....	21
2.3.3. Les convertisseurs.....	22
2.3.4. Les câble.....	22
2.3.5. Les récepteurs.....	22
2.4. Dimensionnement des systèmes Photovoltaïques.....	22
2.4.1. Dimensionnement du panneau photovoltaïque.....	23
2.4.1.1. Principes de dimensionnement et de positionnement du panneau.....	23
2.4.1.1.2. Dimensionnement sur le mois le plus ensoleillé.....	24
2.4.1.2. Stockage inter-saisonnier de l'énergie.....	24
2.4.1.3. Procédure de dimensionnement du panneau solaire.....	24
2.4.2. Choix de la tension du fonctionnement.....	25
2.4.3. Dimensionnement de la batterie.....	25
2.4.3.1. Rôle du stock d'énergie.....	25
2.4.3.2. Capacité de la batterie.....	25
2.4.3.3. Choix de la capacité de la batterie.....	26
2.4.4. Dimensionnement de l'onduleur.....	27
2.4.5. Dimensionnement des câbles de raccordement.....	29
2.4.5.1. La liaison électrique panneau-batterie.....	28
2.4.5.2. La liaison électrique batterie-appareils.....	29
2.5 CONCLUSION.....	29

2.1. Introduction

La réalisation d'un système de pompage photovoltaïque autonome, fiable et à bon Rendement constitue une solution pratique et économique au problème du manque eau, en particulier, dans les régions désertiques. En effet, un système photovoltaïque Devient intéressant lorsqu'il est facile à installer, avec une autonomie acceptable et une Excellente fiabilité de service. Ceci nécessite une bonne maitrise et compréhension de Dimensionnement systèmes photovoltaïques pour alimenter électriquement le système D'irrigation.

Dans ce chapitre, nous discutons les types et le dimensionnement de systèmes Photovoltaïques, leurs composants et de la façon de les mettre en œuvre.

2.2. Les type de systèmes photovoltaïques

2.2.1 Systèmes hybrides

Le système hybride comprend des panneaux solaires, un régulateur de tension, un transformateur de puissance, des batteries et du câblage. Mais avec une nouvelle source d'énergie est ajoutée comme le groupe électrogène, l'énergie éolienne .généralement l'hybridation à un rôle de minimiser le cout (système sans batteries) et d'optimiser l'énergie [1].

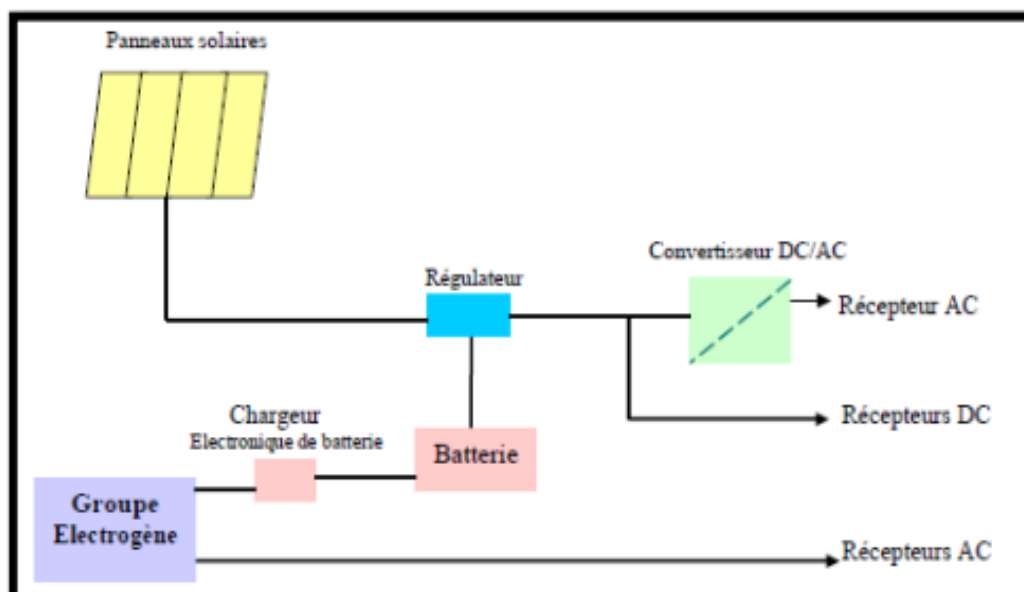


Figure 2.1. Schéma descriptif du système hybride [1].

2.2.2. Systèmes connectés à un réseau (Grid-connected photovoltaic power plants).

Temps, les systèmes connectés à un réseau réduiront la nécessité d'augmenter la capacité des lignes de transmission distribution. Un système connecté à un réseau produit sa propre électricité et achemine son excédent d'énergie vers le réseau, au près duquel il s'approvisionne au besoin ; ces transferts éliminent le besoin d'acheter et d'entretenir une batterie d'accumulateurs. Il est toujours possible d'utiliser ceux-ci pour servir d'alimentation d'appoint lorsque 'es survient une panne de réseau, mais c'en 'est pas nécessaire [2].

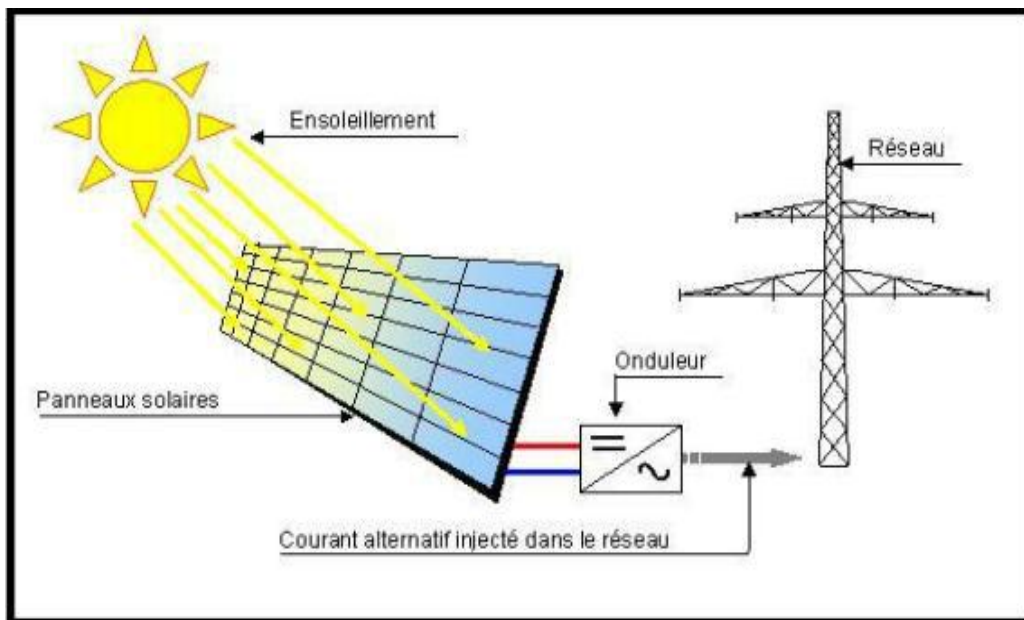


Figure 2.2: Schéma descriptif du système connecté au réseau [2].

2.2.3. Système photovoltaïque autonome.

Le système PV autonome est une installation qui produit l'électricité sans l'intervention d'un réseau électrique public, ce système nécessite des batteries pour stocker l'énergie électrique.

Il existe aujourd'hui des systèmes de gestion d'énergie qui tendent à optimiser la durée de vie du système de stockage et d'en limiter les coûts de fonctionnement et de maintenance. Cependant, il reste encore des efforts à faire pour que la durée de vie des éléments de stockage avoisine celle des installations photovoltaïques de 25 ans environ [3].

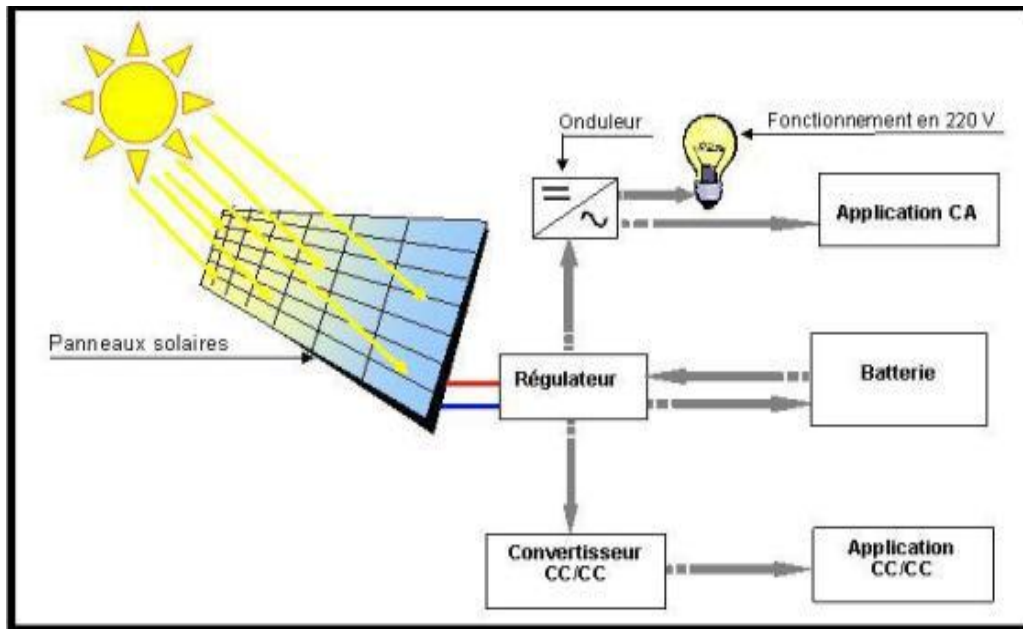


Figure 2.3: Schéma descriptif du système autonome [3].

2.2.4. Système semi-connecté au réseau

La production PV hors réseau est un système d'énergie solaire avec une batterie. L'électricité générée par les panneaux solaires est stockée dans la batterie via le contrôleur, puis l'alimentation est fournie à la charge via le contrôleur ou l'onduleur. Le système d'alimentation solaire hors réseau n'est pas connecté au réseau et peut fonctionner indépendamment du réseau, il est donc également appelé système d'alimentation solaire autonome. Par exemple, nos lampadaires solaires courants sont des offres typiques pour les applications de production d'énergie photovoltaïque hors réseau.

Le principe de fonctionnement de la production d'électricité hors réseau consiste à utiliser des modules photovoltaïques (panneaux solaires) pour générer du courant sous l'irradiation du soleil, pour stocker l'énergie solaire dans la batterie via le contrôleur de charge solaire, puis à la sortie de courant continu stable du courant continu. charge (comme les lampadaires) . Et à travers l'onduleur vers l'onduleur à la même tension et phase du réseau que la sortie CA de la charge CA. Le système de production d'électricité hors réseau ne dépend pas du fonctionnement indépendant du réseau, il est donc également appelé système de production d'énergie solaire autonome [4].

2.3. Les composants d'un système photovoltaïque:

Un système photovoltaïque est généralement constitué d'un champ de panneaux photovoltaïques, d'un régulateur, d'un ou plusieurs batteries de stockage, d'un convertisseur, de câbles et de récepteurs électriques. Il permet de donner des informations à l'utilisateur sur l'état actuel du système solaire [5].

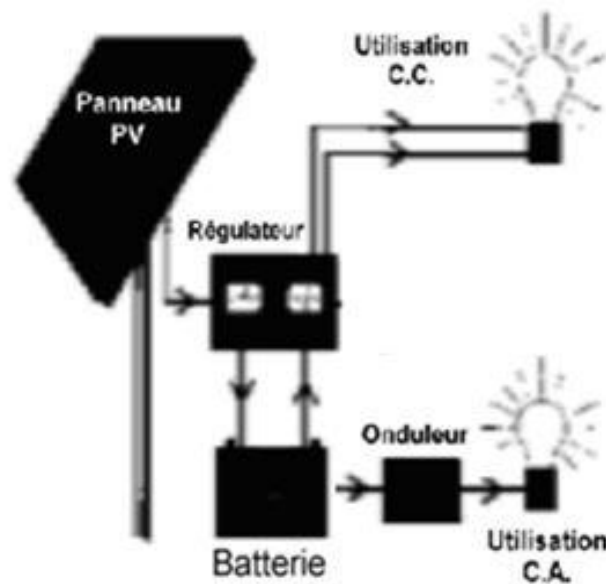


Figure 2.4: Système photovoltaïque [5].

2.3.1. Le régulateur:

- Le régulateur contrôle la production d'électricité du panneau et l'électricité allant vers les appareils
- Il laisse passer le courant dans un sens ou dans l'autre selon que la tension des composants atteint une certaine valeur
- Il contrôle la charge et la décharge de la batterie et protège cette dernière contre les surcharges et les décharges profondes pouvant l'endommager. Il mesure la tension de la batterie, et la coupe si la tension est au dessus (ex: 14,5V) ou en dessous (ex: entre 10,5 et 11,9V) d'un certain niveau.
- Le régulateur permet d'optimiser la production d'énergie du panneau solaire.
- Il permet de donner des informations à l'utilisateur sur l'état actuel du système solaire.

2.3.2. Les batterie:

- Une batterie est un composant qui sert à stocker chimiquement de l'énergie électrique (seulement du courant continu DC) pour un usage ultérieur.
- La batterie est donc utilisée pour conserver l'électricité produite au cours de la journée par le panneau solaire.

2.3.2.1. Il existe 3 types de batteries

Les batteries plomb-acide ouvertes (= batteries de voitures) qui ont une durée de vie courte et nécessitent beaucoup d'entretien.

Ce type de composant est utilisé pour transformer la tension des batteries en une tension DC différente pour alimenter un appareil spécial : chargeur téléphone portable, radio, ordinateur portable [6].

2.3.2.2. Caractéristiques des batteries

- Capacité de stockage = Ampère-heure (Ah)

La capacité de stockage va diminuer si :

- Le courant de décharge augmente.
- La batterie reste sans être chargée pendant plusieurs semaines.
- La batterie fonctionne de manière prolongée avec un état de charge faible.
- Tension (Volt).
- Degré de décharge quotidien (DDQ).
- Durée de vie = nombre de cycles de charge/décharge qu'une batterie est capable de Supporter sans dommage.

. Partie pratique

Mesurer l'état de charge d'une batterie

- Tension de circuit ouvert = 12,8 V → charge = 100%
- Tension de circuit ouvert = 12,5 V → charge = 70%
- Tension de circuit ouvert = 11,9 V → charge = 20%

2.3.3. Les convertisseurs

Les convertisseurs sont des appareils servant à transformer la tension continue Fournie par les panneaux ou les batteries par l'adapter à des récepteurs fonctionnant Soit à une tension continus [6].

2.3.3.1. Les convertisseurs DC/DC

Ce type de composant est utilisé pour transformer la tension des batteries en une Tension DC différente pour alimenter un appareil spécial : chargeur téléphone portable, Radio, ordinateur portable [6].

2.3.3.2. Les onduleurs DC/AC

Dès que le nombre d'appareils est important, il est plus avantageux d'utiliser un bon Onduleur.

Les onduleurs sont des appareils capables de transformer le courant continu (CC) en Courant alternatif (CA). Ils consomment de l'électricité (en fonction de leur Rendement) eu différents, soit à une tension alternative [6].

2.3.4. Les câbles

Les câbles vont servir à transporter l'électricité ; les câbles doivent donc être Dimensionnés afin de limiter les chutes de tension [6].

2.3.5. Les récepteurs

Ce sont les éléments qui utilisent l'électricité produite par le panneau solaire (Lampes, radio, télévision, chargeur de téléphone,). Il est conseillé d'utiliser des Récepteurs fonctionnant en courant continu et de faible consommation afin de Minimiser le coût de l'installation (exemple : utiliser des lampes économiques au lieu De lampes incandescentes). Pour les appareils fonctionnant en courant alternatif, il Faudra utiliser un onduleur [6].

2.4. Dimensionnement des systèmes Photovoltaïques:

Dimensionner, c'est fixer la taille, les caractéristiques optimales de chaque élément d'un système dont on connaît la configuration.

La méthode de dimensionnement consiste à déterminer d'abord la puissance crête qui fournit l'énergie électrique nécessaire pendant le mois le moins ensoleillé (généralement décembre). Elle consiste à déterminer le moment où vous avez besoin d'électricité, et à mesurer votre consommation. Cette étape comporte peu de calculs, mais demande relativement beaucoup de réflexion car une erreur à ce stade faussera vos résultats jusqu'à la fin [7].

2.4.1. Dimensionnement du panneau photovoltaïque:

La détermination de puissance crête installée présente un intérêt tout particulier, compte tenu du coût du watt-crête.

Généralement, la variation de l'énergie fournie par un panneau photovoltaïque d'inclinaison donnée, ne suit pas celle des besoins en énergie d'une habitation.

Si on fixe la puissance crête pour satisfaire au mieux les besoins d'un mois donné, on obtient généralement un déficit ou un excédent pour d'autre mois [8].

2.4.1.1. Principes de dimensionnement et de positionnement du panneau:

Les deux principes extrêmes illustrent les raisonnements employés pour confronter :

- L'énergie que le panneau doit fournir.
- L'énergie que le panneau peut fournir à partir de l'ensoleillement.

2.4.1.1.1. Dimensionnement sur le mois le moins ensoleillé

Une solution simple est sûr consiste à choisir une puissance crête tel que pendant le mois le moins ensoleillé, l'énergie fournie par le panneau satisfasse les besoins, avec une inclinaison voisine de la latitude du lieu.

Elle conduit, malheureusement à un gaspillage important d'énergie pendant les autres périodes, et spécialement pour la période la plus ensoleillée.

Elle conduit, malheureusement à un gaspillage important d'énergie pendant les autres périodes, et spécialement pour la période la plus ensoleillée [9].

Pour réduire ce gaspillage

- ✓ De favoriser l'exposition du panneau pendant la saison la moins ensoleillée en choisissant une inclinaison supérieure de 10 à 20° (15° en général) à la latitude du site.
- ✓ De sur dimensionner la batterie par aux besoins réels (principalement liés au nombre possible de jour sans soleil durant cette saison moins ensoleillée [10].
- ✓

2.4.1.1.2. Dimensionnement sur le mois le plus ensoleillé

La puissance crête est suffisante pour satisfaire les besoins pendant le mois le plus ensoleillé et généralement tout à fait insuffisante pour satisfaire les besoins d'hiver.

Un tel dimensionnement implique le recours à une source d'énergie complémentaire. Dans un système à deux sources, il faut alors favoriser l'utilisation de l'énergie solaire

pendant les mois plus ensoleillé et donc, choisir une faible inclinaison des modules (α =la latitude -10° à 20°). Ce dimensionnement trouve sa limite dans le coût de l'énergie complémentaire [10].

Un calcul de coût (investissement, fonctionnement) permet de décider de la solution optimale entre :

- ✓ Petit panneau peu incliné et source complémentaire très sollicitée.
- ✓ Panneau plus important et plus incliné et source complémentaire moins sollicitée.

2.4.1.2. Stockage inter-saisonnier de l'énergie:

Il est envisageable de mieux adapter les apports solaires aux besoins en utilisant en hiver de l'énergie stockée en batterie pendant les périodes ensoleillées [7].

- ✓ La charge de la batterie est alors délicate (il faudrait fractionner la capacité ou augmenter le courant de la charge).
- ✓ Le panneau ne peut pas recharger seul la batterie en cas de décharge trop profonde.
- ✓ L'autodécharge représente environ 10 % de la capacité en 03 mois, c'est-à-dire qu'en moyen, environ 10 % de cette grosse capacité est installée en pure perte.

2.4.1.3. Procédure de dimensionnement du panneau solaire:

Quel que soit le principe retenu, il revient finalement à assurer l'adéquation entre les apports et les besoins pour une période donnée (généralement un mois donné), c'est-à-dire, comparer que doit fournir le panneau avec des tableaux qui donnent l'énergie fournie par un panneau de puissance donnée, selon divers inclinaisons.

2.4.2. Choix de la tension du fonctionnement:

Le choix de la tension nominale d'un système dépend de la disponibilité de matériels (modules et récepteurs), aussi, il dépend des niveaux de puissance et d'énergie nécessaire selon le type d'application [11].

Puissance crête (WC)	< 500 W	500Wc - 2KW	>2KWc
Tension du système (V)	12 VDC	24 VDC	48 VDC

Tableau2.1. Les tensions du système correspondantes à chaque intervalle de puissance crête [11].

2.4.3. Dimensionnement de la batterie

Celui-ci définit sa capacité de stockage C en KWh puis en Ah. Comment fixer C ? Le stock d'énergie répond à deux besoins, et le choix de la capacité doit par ailleurs satisfaire à 04 contraintes [7].

2.4.3.1. Rôle du stock d'énergie

- Faire face aux périodes trop peu ensoleillées: le stock permet de satisfaire les besoins malgré la quantité aléatoire d'énergie solaire reçue ; en particulier, il assure la continuité du service pendant les périodes sans soleil (d'une certaine longueur).
- Utiliser au mieux le panneau de photopiles : si celui-ci n'a pas été dimensionné sur le mois le moins ensoleillé, la batterie doit permettre de combler un déficit éventuel pendant certaines périodes

2.4.3.2. Capacité de la batterie

La capacité de la batterie est donc :

$$C = CR + Cu \quad (2.1)$$

Ou :

C : la capacité de la batterie

CR : la capacité résiduelle

Cu : la capacité utile

La capacité résiduelle CR est la capacité qui n'est pas utilisée, pour préserver la batterie, tandis que la capacité utile CU , est la capacité qui peut être effectivement déchargée si nécessaire. Elle est égale à [12].

$$CU = C1 + C1C2 \quad (2.2)$$

Ou :

CU : la capacité utile.

$C1$: la capacité nécessaire pour faire face au soleil.

$C1$: la capacité nécessaire pour utiliser au mieux le dimensionnement du panneau

2.4.3.3. Choix de la capacité de la batterie

Il s'agit de choisir C, la capacité en Ah, on est amené à faire trois choix.

1:CU/C 2:C1 3:C2

2.4.3.3.1. Les contraintes à respecter

Pour le choix de la capacité C, on se retrouve devant différents critères :

✓ **décharge maximal (IDC max)**

Pendant une période de plus de 10 à 30 seconde, le courant de décharge maximal doit être inférieur à $(1/10) * c$ [12]:

$$IDC_{max} < (1/10) * c \quad (2.3)$$

Ou C es exprimée en Ah:

$$PDC_{max} < (1/10) C * p \quad (2.4)$$

✓ **La quantité d'énergie maximale prélevée chaque jour (QDC max)**

Elle doit être au plus de l'ordre de 10 à 20 % de la capacité totale (selon le type de la batterie) [10]:

$$QDC_{max} < 0.1 \text{ à } 0.2 c \quad (2.5)$$

✓ **Charge (et recharge) de la batterie**

$$IPV = IUIU \quad (2.6)$$

IPV: courant débité par le panneau

IU: courant utilisé par les occupants IU: le courant de recarg

2.4.3.3.2. Le choix de la capacité C1

Les périodes « sans soleil » longues arrivent généralement en hiver. Par ailleurs, a chaque période sans soleil correspond une demande d'énergie électrique à la batterie. Pour une période sans soleil de K jours consécutifs [13].

$$CSK = K \times Bi \quad (2.6)$$

Ou :

CSK: 'énergietotaledemandée à labatterie

K: lenombredejoursanssoleil

Bi: 'énergie électrique demandée par jour à labatteri

2.4.3.3.3. Choix de la capacité C2

En l'absence d'une source complémentaire, C2 représente une à deux semaines d'utilisation pendant la période la moins ensoleillée (consommation moyenne du mois le moins ensoleillé $\times 7$ à 14 jours). Le dimensionnement de batterie.

2.4.4. Dimensionnement de l'onduleur

Pour fixer la puissance nominale de l'onduleur, il faut estimer :

- La charge maximale probable pendant une durée supérieure à 10 – 20 minutes : les charges de courtes durées ne sont pas prises en compte.
- La charge maximale instantanée : elle est généralement égale à 04 fois la puissance du moteur le plus puissant que l'onduleur devra démarrer.

L'onduleur devra pouvoir fournir la charge maximale probable pendant une durée supérieure à 10-20 minutes en permanence et la charge maximale instantanée pendant quelque secondes. Ces deux valeurs sont bien connues des constructeurs. [12]

La puissance maximale doit être la plus faible possible afin de limiter au maximum les pertes à charges faibles ou nulle, tous spécialement si l'onduleur est amenée à fonctionner d'une façon continue.

2.4.5. Dimensionnement des câbles de raccordement

La plus part des installations photovoltaïques fonctionne sous une faible tension (12 à 48 Vcc) et courant relativement élevé. Or, les pertes en lignes sont proportionnelles au carré de l'intensité (RI^2 ou R est la résistance du câble considéré) [12].

Qu'il s'agisse du câble permettant de raccorder le panneau à la batterie, ou de celui permettant de raccorder la batterie aux appareils, il faut en calculer la section de façon à limiter les pertes en lignes. Celles-ci doivent être faibles par rapport à la puissance réellement transmise par la ligne, si possible inférieures à 04 ou 05 % de cette puissance [10].

2.4.5.1. La liaison électrique panneau-batterie

Il s'agit de calculer la section de câble permettant de limiter à 0.48 V (4% de la tension nominale) la chute de tension maximale dans le câble de liaison, le panneau et la batterie étant distant de 15 mètres environ.

La résistivité du cuivre est de $1.8 \cdot 10^{-8} \Omega/m$. Si on appelle ΔU_{max} la chute de tension maximale, elle s'écrit en fonction du courant I_{max} :

$$\Delta U_{max} = R \times I_{max} \quad (2.7)$$

La résistance R est fonction des paramètres constitutifs du câble selon la formule.

$$R = \rho (l/s) \quad (2.8)$$

$$R = \Delta U_{max} / I_{max} \quad (2.9)$$

Qui permet de tirer la section du câble S.

$$S = (I_{max} / \Delta U_{max}) \times \rho l \quad (2.10)$$

2.4.5.2. La liaison électrique batterie-appareils

2.4.5.2.1. Distribution en courant continu

Le même calcul doit être effectué pour la section du câble entre la batterie et les différents appareils à alimenter.

Il doit tenir compte de la conception de la distribution : dans le cas d'une seule sortie de la batterie, les appareils sont montés en parallèle. Tandis que dans le cas où la batterie possède plusieurs sorties (modèles qui existent sur le marché), chacune de ces sorties est branchée à un appareil ou une série d'appareils [12].

Le câblage total est souvent plus long, mais le courant maximal dans chacun des circuits est moindre, d'où une section plus faible, et un prix finalement moindre

2.4.5.2.2. Distribution à partir d'un onduleur

- On distribue du courant alternatif 220 V. la distribution est alors tout à fait classique, et le lecteur pourra se reporter à de nombreux et excellents ouvrages sur ce sujet (ou s'adresser à un installateur).

5. CONCLUSION

Dans ce chapitre nous avons illustré les différents types des systèmes photovoltaïques ainsi que les différents éléments constituant les systèmes et les différentes étapes de dimensionnement.

Bibliographies:

- [1] Hamzaoui, O. (2020, *Amélioration des performances des réseaux autonomes hybrides dans le nord du Québec (Doctoral dissertation, École de technologie supérieure).*
- [2] <https://www.Wikipedia.com/fritzing>,06/06/2018.consulte le 19/03/2022
- [3] L.Bachelard,website«<https://www.gotronic.fr/art-module-de-detection-us-HC-SR04>»,30/05/2018.
- [4] Gergaud, O. (2002). *Modélisation énergétique et optimisation économique d'un système de production éolien et photovoltaïque couplé au réseau et associé à un accumulateur* (Doctoral dissertation, École normale supérieure de Cachan-ENS Cachan).
- [5] http://3813/mod_book/chapter/1537/system%20photo consulte le 19/03/2022.
- [6]<http://www.foad.uadb.edu.sn/mod/book/view.php?id=2448&chapterid=1537> consulte le 20/03/2022.
- [7] Bradai, H. (2015). *Etude et dimensionnement d'un système d'éclairage solaire pour la faculté des sciences et technologie à l'université d'Adrar (Doctoral dissertation, Université Ahmed Draïa-Adrar).*
- [8] AHMED, R. *D'étude d'un Fauteuil Roulant Electrique Adapté par Panneau Solaire.*
- [9] Amine, B., & Kaci, A. (2018). *Etude et réalisation d'un régulateur de tension et chargeur de batterie photovoltaïque à base d'une nano arduino (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri).*
- [10] FOGELMAN & Régis MONTLOIN, «Installations Photovoltaïques dans l'habitat isolé» livre édité par: EDISUD, 1983.
- [11] Anne LABOURET et Michel VILLOZ, «Energie Solaire Photovoltaïque», livre édité par: DUNOD), 2006.
- [12] I. BENSEFIA & S. MAMOUN, «Dimensionnement d'une installation photovoltaïque d'une Maison Autonome Appliquée au Site de Tlemcen», Mémoire de fin d'étude présenté Pour l'obtention du Diplôme Licence LMD en Physique Energétique, Université de Tlemcen, Juillet 2008.
- [13] Rick DEGUNTHER, "Solar Power Your Home for DUMMIES" liver edited par: Wiley Publishing, Inc, 2008. Juillet 2008.

Chapitre 03

les systèmes de pompage photovoltaïque

Sommaire

3.1. Introduction	32
3.2. Le pompage solaire.....	32
3.3. Méthodes de pompages	33
3.3.1. Pompage « au fil du soleil »	33
3.3.2. Pompage avec batteries	34
3.4. Les composants d'un système de pompage PV	35
3.4.1. Le générateur photovoltaïque	36
3.4.1.1. Dimension d'un générateur PV	36
3.4.2. L'onduleur.....	37
3.4.3. Les pompes	37
3.4.3.1. La pompe centrifuge	37
3.4.3.2 .La pompe volumétrique.....	40
3.4.3.3. Comparaisons entre les pompes centrifuges et les pompes volumétriques.....	42
3.4.3.4. Dimensionnement de la pompe	42
3.4.3.5. Les moteurs électriques.....	42
3.4.3.6. Les avantages et les inconvénients des moteurs mentionnés	44
3.5. Pivot d'irrigation.....	45
3.5.1. Classification des Systèmes d'irrigation	46
3.5.2. Principe général de conception des Pivot type ANABIB.....	46
3.5.2.1. Descriptif technique	47
3. 6.Conclusion.....	51

3.1. Introduction

Les économies d'eau ont une grande importance dans les recherches d'amélioration des techniques d'irrigation, tout particulièrement dans les pays arides. En effet, plus le climat est aride, plus la ressource en eau est limitée et plus les besoins en irrigation sont importants pour la production agricole. Il faut donc valoriser au mieux l'eau dont on dispose. L'évolution des techniques d'irrigation y contribue grâce aux meilleures performances des équipements, à condition que ces équipements soient bien choisis et bien utilisés.

L'irrigation à pivot central est une méthode d'irrigation de cultures par aspersion, où les buses (asperseurs) tournent autour d'un pivot. Une surface circulaire centrée sur le pivot est alors irriguée, créant sur les vues aériennes un motif circulaire caractéristique.

Le pivot est un système d'irrigation mécanisé irriguant de façon circulaire (tour complet) ou sectorielle. Il est en général à un poste fixe mais il peut être conçu pour être déplacé d'un poste à l'autre ou d'une parcelle à une autre. Le pivot d'irrigation est constitué d'une succession de travées comportant des tubes, supportés par une charpente et un jambage équipé d'une motorisation. L'ensemble du matériel d'irrigation tourne autour d'une unité centrale par laquelle arrivent l'eau et l'électricité [1].

Nous avons séparé ce chapitre en deux parties. Dans la première partie, nous avons étudié les deux technologies de pompage photoélectrique. Nous avons également abordé la définition de la pompe et de ses types, en plus des moteurs utilisés dans le système de pompage. Dans la deuxième partie, nous avons discuté de l'étude du système d'irrigation à pivot.

3.2. Le pompage solaire

L'installation des pompes solaires repose sur deux méthodes, la première avec batterie et la deuxième sans batterie, la batterie est utilisée pour stocker l'électricité produite par les panneaux solaires, Ils sont connus comme la « pompe au fil de soleil », utilise un réservoir de stockage pour d'autres usages.



Figure 3.1. irrigation par le pivot [2].

Le débit de pompage peut se faire à la demande, lorsque les utilisateurs en ont besoin, ou permettre un pompage régulier durant toute la journée.

Dans ce dernier cas, l'utilisation d'un réservoir de stockage pour l'eau sera nécessaire afin de pouvoir fournir à la demande d'eau [3].

3.3. Méthodes de pompages

Pour pomper l'eau avec un système photovoltaïque, deux techniques sont possibles: Dans la première technique, l'énergie solaire est consommée en « temps réel » ; On parle alors d'un « pompage au fil du soleil ». Cette solution nécessite un stockage de l'eau dans un réservoir (l'eau pompée pendant la journée est stockée afin d'être utilisée plus tard, le soir par exemple). La deuxième méthode consiste à utiliser un stockage de l'énergie, cette fois-ci, via des batteries. L'énergie stockée la journée peut être utilisée plus tard pour pomper l'eau [4].

3.3.1. Pompage « au fil du soleil »

Comme on va le constater, la méthode de pompage « au fil du soleil » permet d'avoir un système photovoltaïque plus simple, plus fiable et moins coûteux qu'un système utilisant des batteries pour stocker de l'énergie d'abord. En effet, dans cette première technique, c'est l'eau elle-même qui est pompée et stockée lorsqu'il y a suffisamment d'ensoleillement. On parle alors d'un stockage hydraulique. L'eau est stockée dans un réservoir à une hauteur au dessus du sol pour qu'elle soit, au besoin ensuite, distribuée par gravité. Il faut bien signaler ici que

le réservoir d'eau peut souvent être construit localement. En plus, il ne requiert pas un entretien complexe et peut être réparé localement. La capacité de stockage peut varier d'un à plusieurs jours selon les modèles [5].

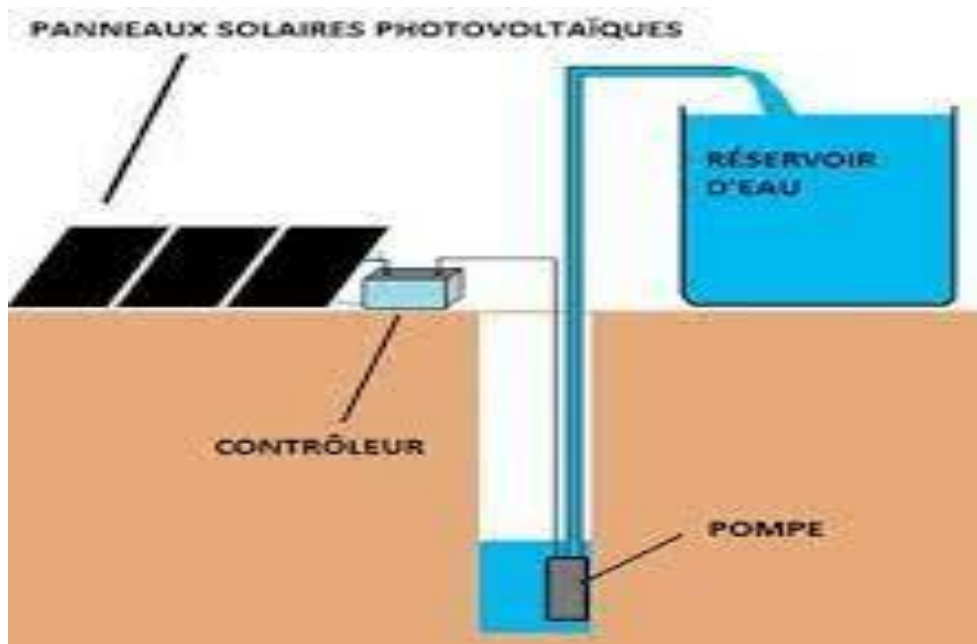


Figure 3.2.principe de fonctionnement du pompage« Au fil du soleil » [5].

3.3.2. Pompage avec batteries

La méthode de pompage d'eau en utilisant l'énergie stockée sur des batteries peut avoir l'avantage de garantir une stabilité d'alimentation des équipements (système présente l'avantage d'un débit régulier, la possibilité de pomper lorsque le soleil est absent). L'énergie emmagasinée pour être utilisée aussi pour d'autres besoins ultérieurs. L'inconvénient majeur, voir handicapant, de cette technique est qu'elle comporte plusieurs composants qui influent négativement sur la fiabilité et le coût global du système. En effet, les batteries sont fragiles et sont souvent les premiers éléments qui auront besoin d'être changés. Elles nécessitent, en outre, un entretien constant et un contrôle rigoureux de leur charge et décharge. Les contrôleurs utilisés pour régulariser la charge et la décharge des batteries vieillissent rapidement et peuvent s'avérer non fiables. Les batteries introduisent également un certain degré de perte de rendement d'environ 20% à 30 % de la production d'énergie [6].

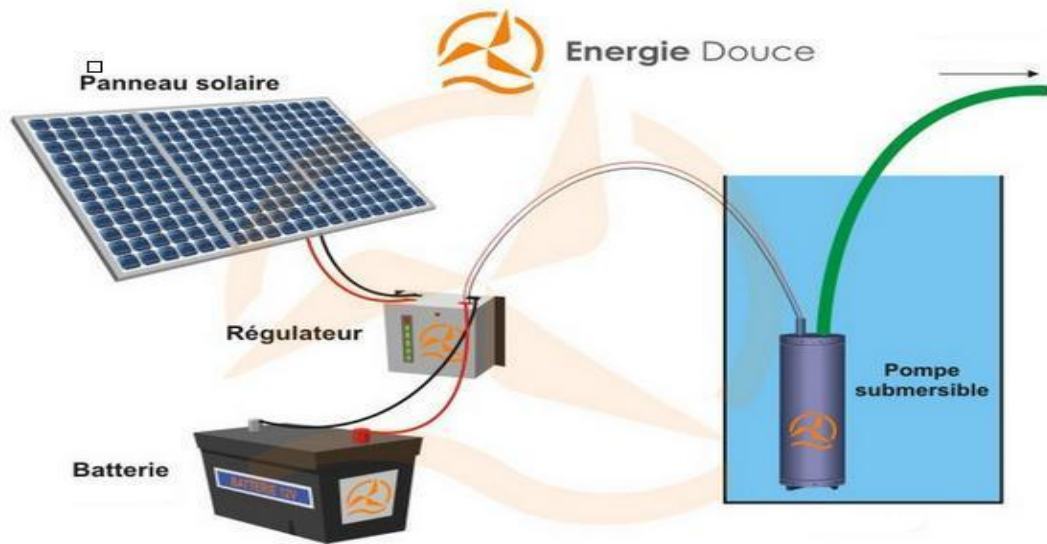


Figure 3.3. Principe de fonctionnement du pompage avec batteries [7].

3.4. Les composants d'un système de pompage PV

Un système de pompage solaire est généralement constitué de [3]:

- le générateur photovoltaïque.
- L'onduleur.
- le groupe électropompe.
- l'électronique de commande et de contrôle.
- la partie stockage.

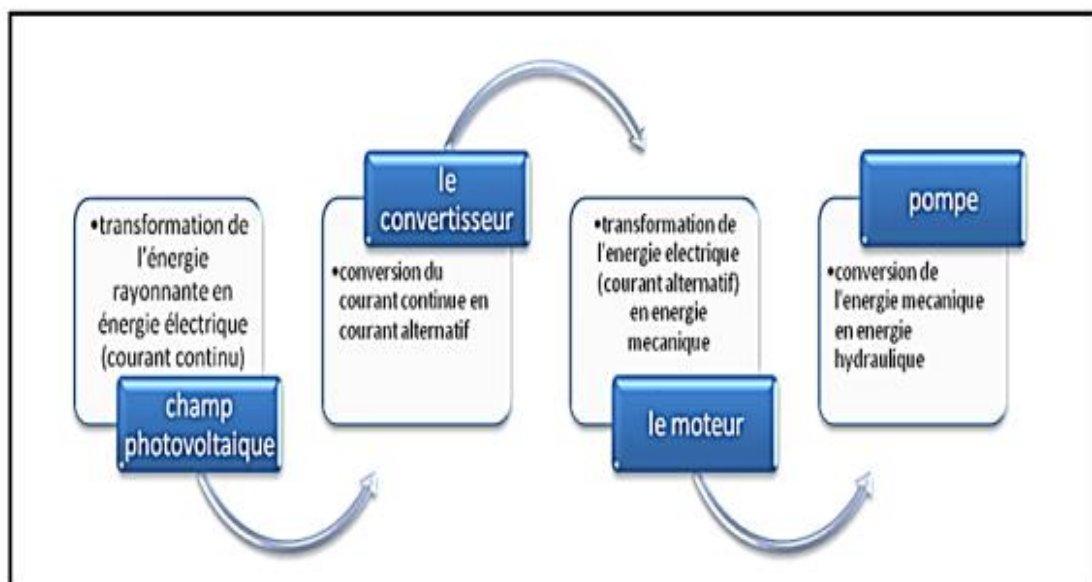


Figure 3.4. chaîne de composant d'un pompage PV [3].

3.4.1 Le générateur photovoltaïque

Pour obtenir des puissances supérieures, il est nécessaire d'associer en série et en parallèle plusieurs modules. Dans certaines applications, il est possible d'utiliser un ou plusieurs modules de quelques dizaines de cellules. Pour des utilisations plus importantes, les générateurs PV sont groupés dans un champ de plusieurs modules (quelques centaines). La courbe de fonctionnement I-V d'une association sérié-parallèle de modules solaires aura une évolution de fonctionnement semblable à la courbe de la cellule de base, mais en modifiant les échèles sur les deux axes. Les performances d'un générateur PV sont déterminées à partir de ces courbes.

En utilisant l'équation ci-dessous, pour un groupement mixte formé à partir d'un nombre N_s module en série et N_p module en parallèle [8].

3.4.1.1. Dimension d'un générateur PV

La puissance que doit fournir un générateur PV est calculée en fonction de la puissance demandée par l'ensemble moteur-pompe. Donc, les dimensions de ce générateur sont en fonction de la puissance délivrée au moteur, le rendement du générateur et l'éclairement. la surface effective du générateur est donnée par l'équation suivante [9].

$$A_g = \frac{N_h \cdot 100 \cdot P_{ab}}{N_g \cdot E_c \cdot 10^3} \quad (3.1)$$

Ou :

- N_h : est le nombre d'heures de fonctionnement de la charge (moteur-pompe) par jour (7 heures par jour).

- N_g : est le rendement du générateur.

- E_c : est l'éclairement moyen quotidien (la valeur moyenne annuelle est de 5 kWh/m²) (14)

Le rendement du générateur est donné par [10]:

$$\eta_g = \eta_m \cdot F_{pa} \cdot F_{pt} \quad (3.2)$$

Avec :

- η_m : est le rendement du module

- F_{pa} : est le facteur de désadaptation entre le point de travail du moteur est le point de puissance maximale (on le prend de l'ordre de 0.9).

$-F_{pt}$: est le facteur de désadaptation entre le point de travail du moteur est le point de puissance maximale (on le prend de l'ordre de 0.9).

3.4.2. L'onduleur

D'un moteur électrique triphasé avec un générateur photovoltaïque nécessite l'utilisation d'un convertisseur qui transforme la tension continue produite par le générateur en un système d'alimentation triphasé alternative d'amplitude et de fréquence réglables ; ceci peut être réalisable par un onduleur de tension.

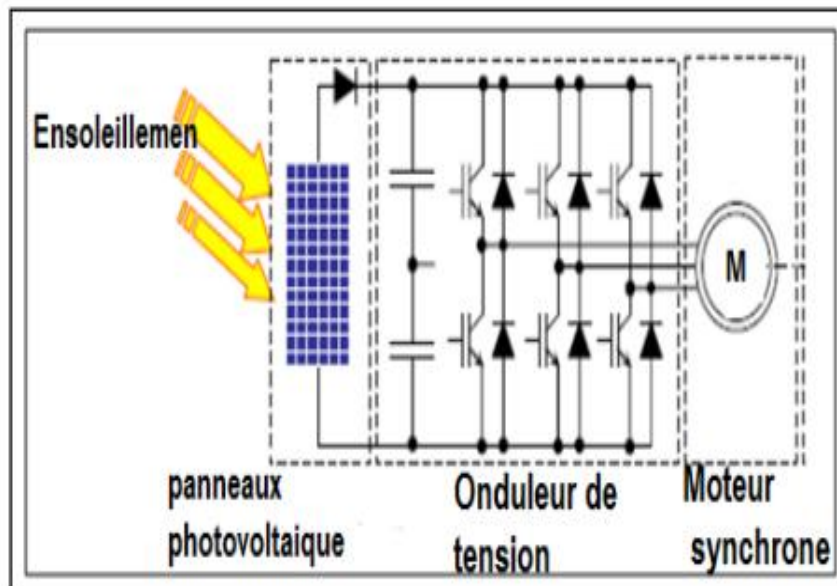


Figure 3.5. Schéma d'un onduleur de tension connecté au PV (par site).

3.4.3. Les pompes

Une pompe est un dispositif permettant d'aspirer et de refouler un fluide. Il existe deux grands types de pompes : les pompes centrifuges et les pompes volumétriques. Ces dernières conviennent pour élever des faibles débits d'eau à des pressions élevées [11].

3.4.3.1. La pompe centrifuge

La pompe centrifuge transmet l'énergie cinétique du moteur au fluide par un mouvement de rotation de roues à aubes ou à ailettes. L'eau qui rentre au centre de la pompe sera poussée vers l'extérieur et vers le haut grâce à la force centrifuge des aubages [12].

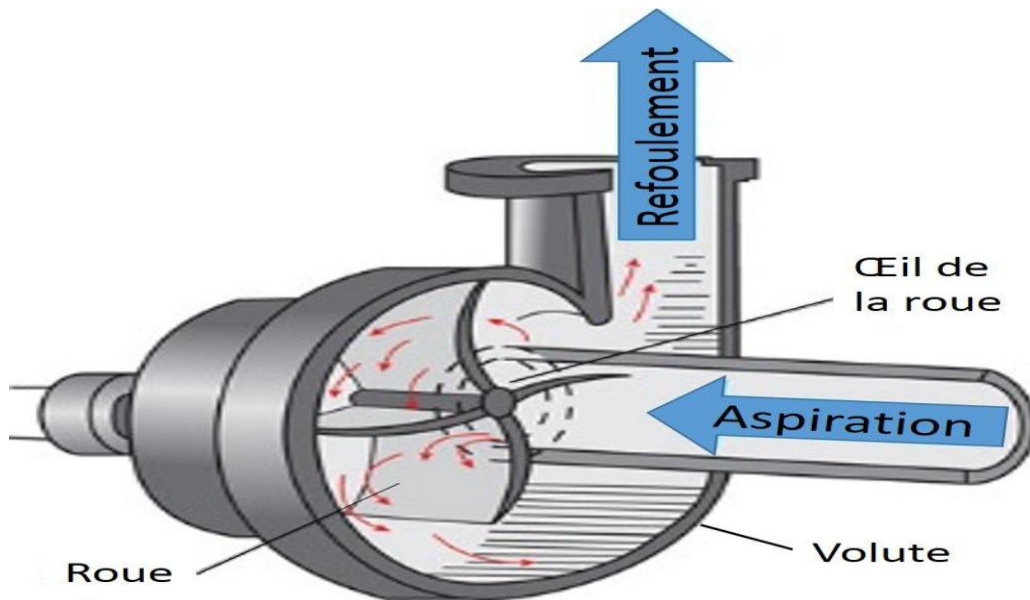


Figure 3.6. schéma d'une pompe Centrifuge [13].

3.4.3.1.1. Caractéristiques d'une pompe centrifuge

- Les pompes centrifuges sont très utilisées pour les applications avec énergie photovoltaïque parce que le couple d'entraînement de la pompe est pratiquement nul au démarrage.

- La pompe tourne par très faibles ensoleillement, le moteur peut fournir une vitesse de rotation rapide à peu près constante - Utiliser pour des débits importants.

a) Caractéristique Débit -vitesse

La pompe centrifuge est conçue pour une hauteur manométrique (HMT) relativement fixe. Le débit de cette pompe varie en proportion de la vitesse de rotation du moteur.

b) Caractéristiques couple – vitesse

$$c_r = k_r \cdot \omega^2 + c_s \quad (3.3)$$

c) Caractéristiques Débit - hauteur

La courbe débit-hauteur, exprime les variations des différentes hauteurs de relèvement En fonction de débit [14].

$$HMT = K_0 \cdot \omega^2 - K_1 \cdot \omega \cdot Q - K_2 \cdot Q^2 \quad (3.4)$$

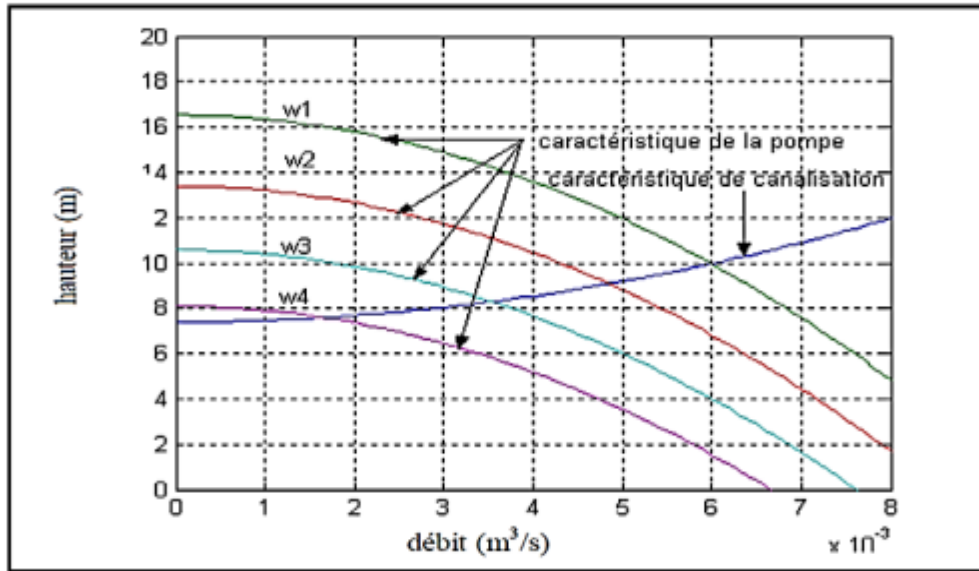


Figure 3.7. Caractéristiques de la pompe HMT(Q) et de la canalisation. (par site)

d) *Caractéristique de la puissance :*

$$P_h = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H_m \quad (3.5)$$

Où :

ρ : La masse volumique de l'eau étant de 1000kg/

g : Accélération de la pesanteur (9,81m2/s).

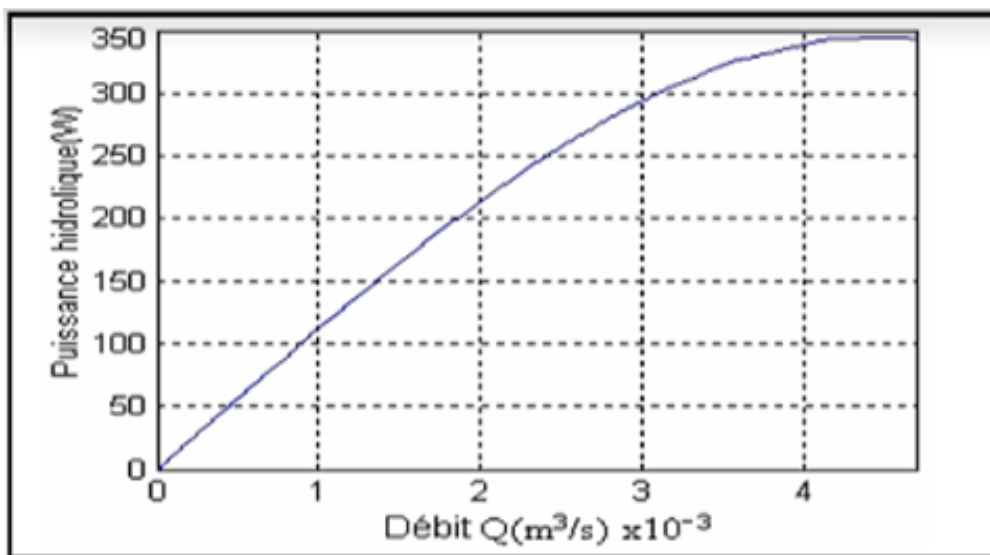


Figure 3.8. Caractéristique de la puissance hydraulique de la pompe centrifuge (par site).

3.4.3.2 .La pompe volumétrique

La pompe volumétrique transmet l'énergie cinétique du moteur en mouvement de va-et-vient permettant au fluide de vaincre la gravité par variations successives d'un volume raccordé alternativement à l'orifice d'aspiration et à l'orifice de refoulement. Une pompe volumétrique comporte toujours une pièce mobile dans une pièce creuse qui déplace le liquide en variant le volume contenu dans la pièce creuse. Le principal intérêt des pompes volumétriques est de pouvoir véhiculer un fluide sous de très fortes pressions. Mais elles ne conviennent que pour des débits faibles, ce qui rend leur emploi très limité pour l'alimentation en eau des cultures [14].

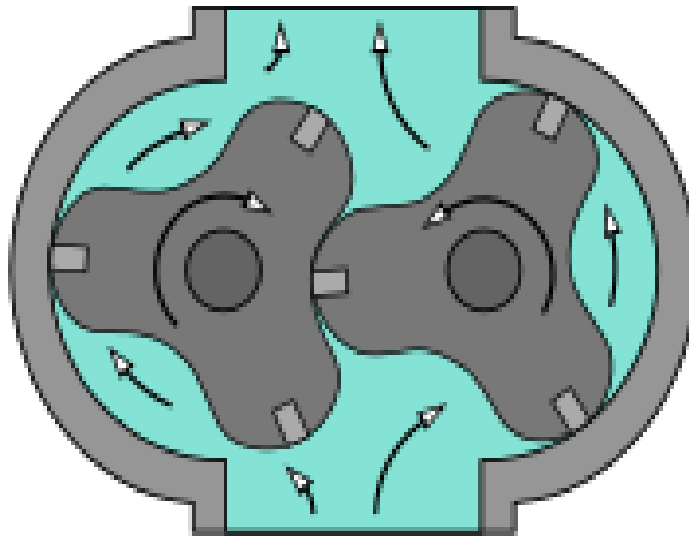


Figure 3.9. schéma d'une pompe volumétrique [15].

3.4.3.2.1. Caractéristiques d'une pompe volumétrique

Le couple de démarrage est pratiquement indépendant du débit et sera proportionnel à la H^2 (3 à 5 fois le couple nominale). La puissance consommée sera proportionnelle à la vitesse. C'est pourquoi ces pompes sont habituellement utilisées pour les puits et les forages à grandes profondeurs et à petits débits d'eau inférieure à 5 kW [14].

a)-Caractéristiques débit- vitesse

Le débit d'eau d'une pompe volumétrique est proportionnel à la vitesse du moteur. Mais son couple varie essentiellement en fonction de la hauteur manométrique totale (HMT) et il

est pratiquement constant en fonction de la vitesse de rotation du moteur. Le couple de démarrage est donc pratiquement indépendant du débit et sera proportionnel à la HMT. La puissance consommée sera proportionnelle à la vitesse [14].

b)- Caractéristique puissance- vitesse

La puissance consommée sera proportionnelle à la vitesse. C'est pourquoi ces pompes sont habituellement utilisées pour les puits et les forages à grandes profondeurs et à petits débits d'eau. On les utilise parfois comme pompes de surface lorsque le couple est lent et irrégulier et que le débit demandé est faible, par exemple pour les pompes à main et les pompes éoliennes multiples [16].

c)-Caractéristiques débit- hauteur

Le débit Q de la pompe volumétrique est donné par [17] :

$$Q = K_q \cdot \omega - K_h \cdot H_m \quad (3.6)$$

Où :

ω : La vitesse de la pompe.

K_q, K_h : Constantes données de la pompe.

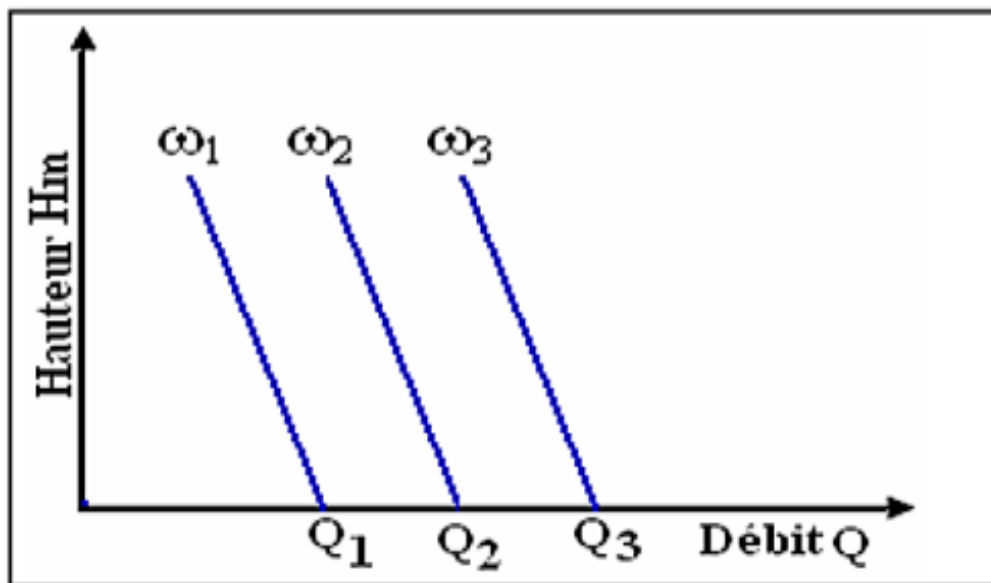


Figure 3.10. Caractéristiques débit-hauteur d'une pompe volumétrique

3.4.3.3. Comparaisons entre les pompes centrifuges et les pompes volumétriques

Pour de petites HMT et de faibles débits journaliers ($HMT \times Q < 25 \text{ m}^3$), les pompes à main peuvent s'avérer plus intéressantes. On utilisera alors un seau pour pomper l'eau. L'utilisation de pompes mécaniques sur cette plage d'utilisation se limitera principalement aux pompes volumétriques de faible puissance [18].

Pour les hauteurs de moins de 7 mètres, l'emploi de pompes à aspiration sera préféré. Cette pompe est généralement de type centrifuge à ailettes. Pour de faibles débits et une puissance disponible variable (par exemple, couplage éolien), l'emploi d'une pompe à cavité (volumétrique) permet un débit plus constant.

Pour une HMT moyenne, comprise entre 10 et 50 mètres, la pompe immergée centrifuge est généralement la plus efficace. Mais son rendement est très étroitement lié à la HMT et son dimensionnement est critique.

Pour les HMT supérieures à 35 mètres et de faibles débits journaliers ($< 20 \text{ m}^3$) la pompe volumétrique sera la plus utilisée, surtout si une forte variation du rabattement de la nappe (donc de la HMT) est constatée. Pour des débits plus élevés, l'emploi d'une pompe centrifuge est souvent le seul choix possible.

3.4.3.4. Dimensionnement de la pompe

Le choix de la pompe est basé sur les deux facteurs suivants :

- La hauteur manométrique totale HMT.
- Le débit horaire Q_h

3.4.3.5. Les moteurs électriques

Un moteur électrique est un dispositif électromécanique permettant la conversion d'énergie électrique en énergie mécanique. La plupart des machines électriques fonctionnent grâce au magnétisme, il existe deux types de moteurs : à courants continu et alternatif [19].

- **Moteur à courant continu avec balais**

Les moteurs à courant continu utilisés pour des applications de pompage solaire sont les moteurs série, avoir un couple de démarrage suffisant pour vaincre la résistance de démarrage d'une pompe et bien répondre à un courant variable. Le couplage est direct ou avec optimisation du générateur par un hacheur adaptateur de puissance commandé par son rapport cyclique (Figure 3.11). L'installation ainsi définie nécessite une électronique relativement simple mais présente l'inconvénient du moteur à courant continu qui demande un entretien

régulier. Les balais doivent être changés périodiquement. Ceci est particulièrement problématique dans le cas des pompes à moteur immergé où la pompe doit être retirée du forage pour changer les balais. , il est utilisé particulièrement pour le pompage dans les puits ouverts.

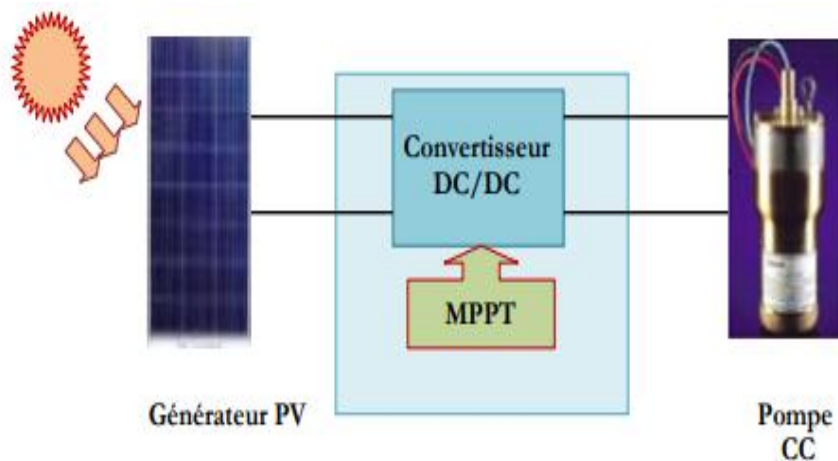


Figure 3.11. Diagramme pompage PV par motopompe à CC (par site).

- **Moteur à courant continu, sans balais (Brushless)**

Ce type de moteur électrique comporte non seulement les avantages des moteurs à courant continu mais également ceux des moteurs à courant alternatif : fort couple au démarrage et durée de vie élevée (due à l'absence des paliers et des balais) mais leur utilisation reste limitée à des faibles puissances.

- **Moteur à courant alternatif**

Les moteurs alternatifs asynchrones (rotor à cage) sont les plus couramment employés pour une gamme variée d'applications industrielles. Par exemple, les pompes sur réseau utilisent depuis longtemps ce type de moteur. Il est utilisé particulièrement pour le pompage immergé dans les forages et les puits ouverts. L'arrivée d'onduleurs efficaces a permis l'utilisation de ce type de moteurs dans les applications de pompage solaire. L'utilisation d'un moteur asynchrone (à courant alternatif triphasé) plus robuste et moins cher (aussi faible besoin de maintenance) devient une solution plus économique et plus pratique même au prix d'un circuit électronique de commande plus complexe. L'utilisation d'un moteur asynchrone augmente ainsi l'autonomie et la fiabilité de l'installation. Le moteur est alimenté par un onduleur (convertisseur DC/AC) qui assure l'optimisation du générateur PV [19].

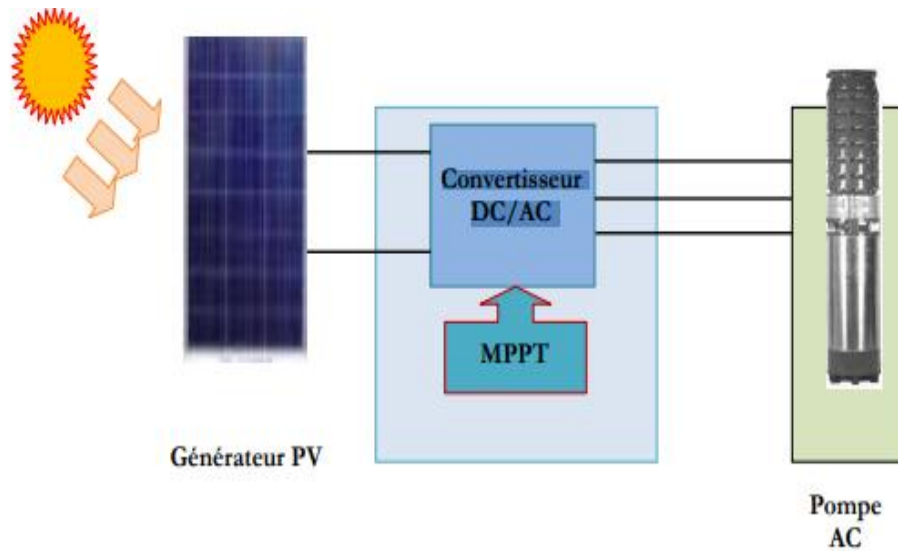


Figure 3.12. Diagramme du pompage PV par motopompe à AC. (par site)

3.4.3.6. Les avantages et les inconvénients des moteurs mentionnés

Les avantages et les inconvénients des moteurs mentionnés dans le Tableau 3.1.

Type de moteurs	Les avantages	Les inconvénients
Moteur à courant continu	-Simple et efficace pour les faibles charges. -Ne nécessitant pas un circuit commande compliqué.	Les balais doivent être Remplacé périodiquement
Moteur à courant continu sans balais	Un bon rendement Nedemande pas de maintenance.	La commutation électronique ajoute des dépenses de plus et avec le risque de défaillance
Moteur à courant alternative	- De larges gammes disponibles pour de larges gammes de charge -Moins cher que le moteur à courant continu.	-Moins efficace que le moteur à courant continu -Nécessités d'un onduleur

Tableau 3.1: Les avantages et les inconvénients des moteurs mentionné [11].

3.5. Pivot d'irrigation

Le pivot également appelé rampe pivotante est un appareil d'irrigation mobile, arrosant en rotation une surface circulaire ou semi-circulaire. Il est en général à poste fixe, mais il peut être conçu pour être déplacé d'un poste à l'autre. Le pivot irrigation est un appareil d'irrigation automoteur qui arrose les prairies et autres cultures. Il se distingue des autres dispositifs par son fonctionnement circulaire ou sectoriel. Fixés à une extrémité, les pivots se déplacent en cercle autour de ce point central (Figure 3.13).

L'irrigation par rampe d'arrosage (pivot ou rampe frontale) inventée aux USA vers la fin des années 40, a débuté en France au cours des années 60 et en Algérie dans les années 80 notamment après la construction des unités de fabrication ANABIB.

Convenant bien à l'irrigation des grandes surfaces, le pivot s'est d'abord développé dans les zones plates des Landes, sur des parcelles de grande taille (jusqu'à 200 ha). Il se développe de plus en plus dans des zones où son utilisation semblait moins évidente, sur des parcelles plus petites et dont la pente peut atteindre localement 15 % grâce à des solutions déplaçables et avec possibilité d'épandages de fertilisants et pesticides. La longueur idéale d'un pivot (investissement, charges d'entretien, risques) se situe aux alentours de 450 m, soit une parcelle de 65 ha environ. L'intérêt essentiel de ce type de matériel est sa simplicité de mise en œuvre, ses possibilités de fonctionnement automatique et ses performances en termes d'uniformité d'apport d'eau [21,22].



Figure 3.13. pivot solaire [23].

3.5.1. Classification des Systèmes d'irrigation

Les systèmes d'irrigation peuvent être classés en trois grandes catégories: L'irrigation gravitaire et l'irrigation sous par aspiration et irrigation à goutte à goutte. La figure La figure (I.2) présente une architecture de ces différentes méthodes d'irrigation pratiquées partout dans le monde [22].

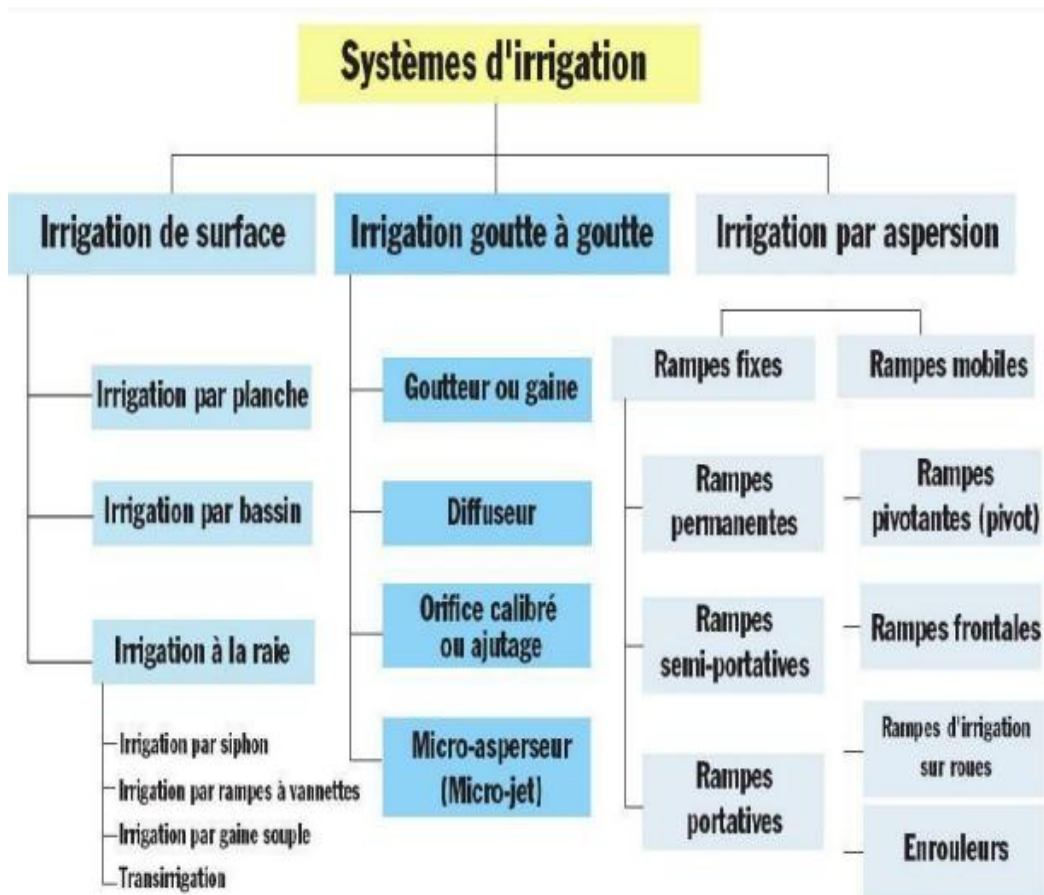


Figure 3.14. Les différents systèmes d'irrigation [22].

3.5.2. Principe général de conception des Pivot type ANABIB

Un système pivot est constitué par une conduite d'eau soutenue par des supports métalliques équipés de roues appelés tours mobiles. La partie de la machine comprise entre deux tours mobiles s'appelle travée. Chaque tour est dotée d'un moteur électrique dont la mise en marche provoque la rotation des roues. Celles-ci tournent perpendiculairement à la rampe et l'ensemble décrit un cercle. La conduite d'eau porte sur toute sa longueur, des organes d'arrosage appelées buses. A ses extrémités on trouve d'abord un pivot (ou tour centrale) à partir duquel la conduite est alimentée et autour duquel elle peut tourner, puis une

conduite en aval appelée généralement le porte-à-faux. –les rampes pivotantes type ANABIB comportent plusieurs travées (de 1 à 10) suivant le cas, distantes de 46,8 à 52,6 mètres. L'ensemble du système pivot est rendu rigide grâce à existence d'un haubanage et des poutres en charpente métallique [23].

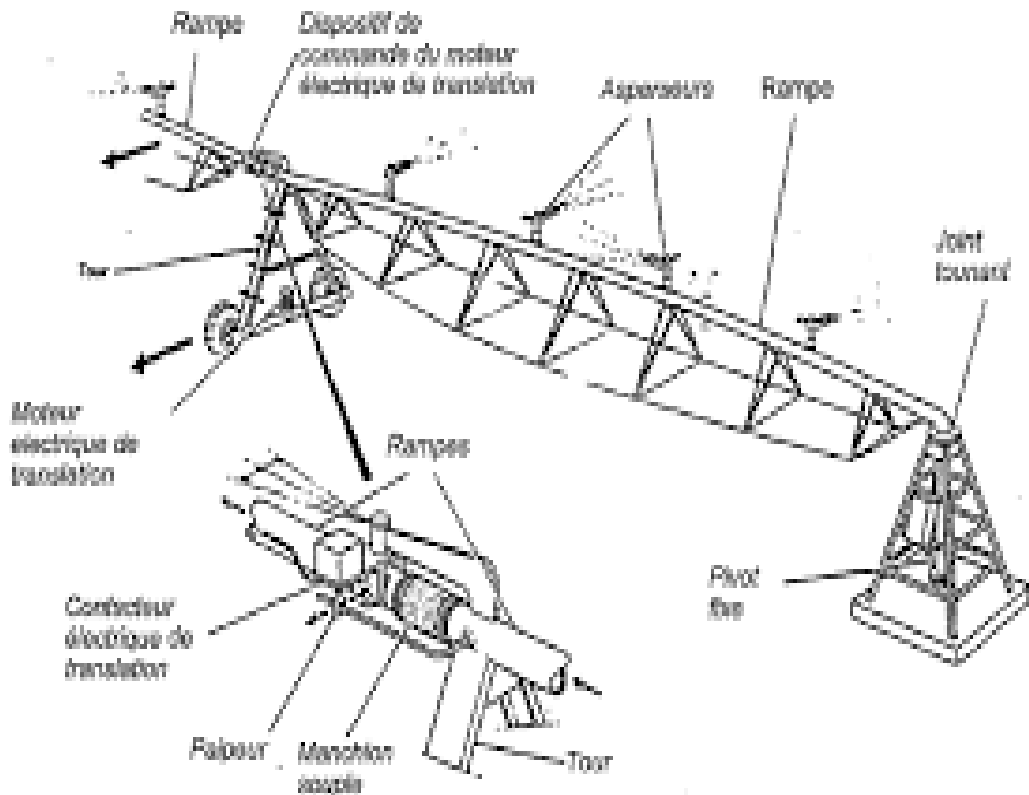


Figure 3.15. Schéma de principe d'un pivot solaire (par site).

3.5.2.1. Descriptif technique

3.5.2.1.1. L'élément central

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

La dalle doit permettre de résister au couple de retournement exercé par la rampe.

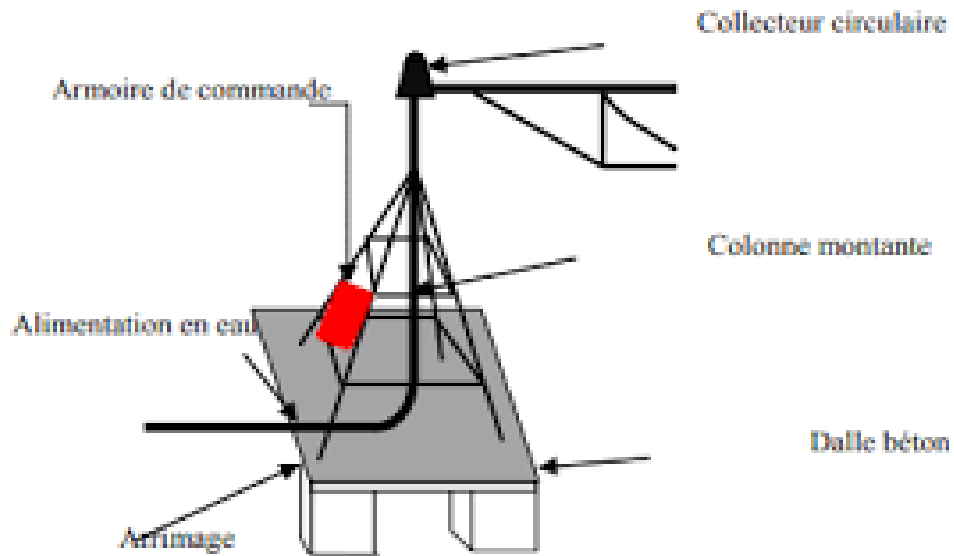


Figure 3.16. L'élément central (par site).

2.5.2.1.2. Les travées

Le pivot fixe en version solaire. Le centre pivot est arrimé à une dalle en béton et les travées pivotent autour de celui-ci. Le pivot peut être en plein cercle ou en secteur. Le centre pivot est le point central par lequel l'eau est acheminée dans la ou les travée(s). Il est muni d'un collecteur lorsqu'il est en plein cercle, lorsque le pivot est en secteur il n'y a pas besoin de collecteur.



Figure 3.17. Les travées d'un pivot [25].

3.5.2.1.3. Les tours

Les tours intermédiaires Structures entièrement en acier galvanisé à chaud, posées sur des pieds de tour à haute résistance, avec supports des deux côtés, et axe d'entraînement à haute résistance, supportant les boîtes de vitesse, les pieds des tours et l'unité motrice. Les supports des unités motrices sont intégrés dans le cadre de la boîte de vitesses et non sur la conduite libre [26].



Figure 3.18. Tour d'un pivot (par site).

3.5.2.1.4. Le motoréducteur

Le moteur est connecté à un réducteur de vitesse. Cet ensemble est constitué de trois Parties comme le montre la figure (3.24). Un premier en entrée tournant à haute vitesse, puis l'engrenage du réducteur de vitesse et enfin, un axe de sortie tournant à basse vitesse.



Figure3.19. Le réducteur de vitesse (par site).

3.5.2.1.5. Les roues

Existent en différentes dimensions avec différent profils de pneus le choix sera fonction de la pression au sol admissible, du pluviomètre appliqué, de la pente maximale du terrain, les pneus à profil agraire sont préférés.

3.5.2.1.6. La conduite d'arrosage

La longue conduite latérale portant les distributeurs d'eau (asperseurs, barboteurs ou mini-diffuseurs) a un diamètre qui peut varier, selon le débit et la longueur du système; des dimensions standard d'environ selon le projet. Elle est constituée d'aluminium ou d'acier léger galvanisé à résistances élevées avec des raccords extra forts pour résister aux pressions de fonctionnement du système. La conduite est disposée entre les tours intermédiaires de support en forme de A et sur roues, dont la hauteur type au-dessus du sol est de trois mètres minimum et qui sont espacées de 35 à 55m (longueur de la travée) [3].

3.5.2.1.7. Le porte –à-faux

Un canon d'aspersion, monté au bout de la conduite suspendue peut accroître la longueur du dispositif des trois quarts de son rayon d'arrosage, bien que les performances des asperseurs rotatifs soient faibles en basse pression. Les pressions de fonctionnement étant faibles le long de la ligne, le système est sensible aux variations de pression causées par les pertes de charge dues au frottement ou les différences d'élévation ou inégalités du sol. L'installation de manomètres permettant un suivi fréquent est importante, afin d'assurer un débit uniforme et une bonne efficacité et uniformité d'application. Un manomètre est indispensable en fin de conduites.

3.5.2.1.8. Le système de commande du pivot irrigation

La machine à pivot central, entièrement mécanique, fonctionne automatiquement. Des petits moteurs électriques, montés sur chaque tour à deux roues, assurent le déplacement du pivot. Un dispositif automatique de maintien d'alignement assure un alignement permanent de la conduite latérale. La distance parcourue par chaque tour de support varie d'un maximum à l'extrémité de la conduite latérale à un minimum près de la tour centrale. Les tours ne bougent pas continuellement, mais progressent par une série d'avances et d'arrêts contrôlée par la fréquence de mouvements de la tour guide externe. Le pourcentage de temps établit la fraction de temps de fonctionnement de la tour guide externe durant chaque cycle de mouvement, ce qui fixe la vitesse de rotation du système et la dose d'irrigation appliquée. Les microcontacts

du mécanisme d'alignement actionnent les moteurs des tours intermédiaires de manière à maintenir l'alignement du système.

3. 6.Conclusion

Ce chapitre a été étudié sous deux faces, la première partie a été étudiée en présentant deux technologies de pompage photovoltaïque : le pompage solaire et le pompage par batterie. Nous nous sommes intéressés au pompage dit "au-dessus du soleil". Nous avons également pu conclure que les systèmes de pompage photovoltaïques les plus courants, car nous avons étudié la pompe et ses types en plus des types de moteurs utilisés dans le système de pompage. Nous avons également fourni les définitions importantes et nécessaires pour comprendre l'étude pratique présentée dans la deuxième partie, qui est l'étude du système d'irrigation à pivot central .Nous avons également mentionné les composants de base de ce système en plus de ses types.

Bibliographie

- [1] Djilali, H. (2016). *Adaptation d'un système d'entraînement d'un pivot d'irrigation alimenté par énergie PV* (Doctoral dissertation, Université Mohamed Khider–Biskra).
- [2].<https://www.ics-agri.com/materiel-pivots-irrigation-pour-grandes-cultures.html> consulte le : 28/02/2022.
- [3] J. Royer, T. Djako, *Le pompage photovoltaïque, Manuel de cours à l'intention des ingénieurs et des techniciens, Université d'Ottawa, 2002.*
- [4] A. Labonne, « *Alimentation d'une pompe à Burkina Faso* », 2004.
- [5] Louazene, Mohamed Lakhdar. "Etude technico-économique d'un système de pompage photovoltaïque sur le site de Ouargla." PhD diss., Université de Batna 2, 2008.
- [6] DE POMPAGE, A. S. L. S., POUR, P. D., & L'ALIMENTATION, E. E. P. (2015). MEMOIRE DE MASTER.
- [7]<http://www.capenergie.fr/catalogue/site-isole/stockage-et-pompage-deau/au-fil-du-soleil.html> consulte le: 28/02/2022
- [8] Y. Pankow, « *Etude de l'intégration de la production décentralisée dans un réseau basse tension. Application au générateur photovoltaïque* », Thèse de Doctorat de L'Ecole Doctorale de L'ENSAM ED432, 2004
- [9] M.ARROUF 'Optimisation de l'ensemble onduleur, moteur et pompe branche sur Un générateur photovoltaïque', thèse doctorats université de Constantine, 2007.
- [10] Mukund R.patel, ph ,D.,P.E. « *wind and solar power systems* » CRC press Washington, 1999.
- [11] B. Molle, « *Les stations de pompage individuelles pour l'irrigation* », juin 1996.
- [12] Said, K., & Rabah, B. (2014). *Etude et simulation du système de pompage d'eau par le procédé photovoltaïque* (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri).
- [13]https://www.researchgate.net/figure/Schema-dune-pompe-centrifuge_fig1_342466115
- [14] Aissa, A., & Karim, A. (2018). *Etude et dimensionnement d'un système de pompage photovoltaïque* (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri).
- [15]https://fr.wikipedia.org/wiki/Pompe_volum%C3%A9trique consulte le :05/03/2022.
- [16] Toumi Nabil étude d'une pompe a eau solaire pour alimenter un chantier pétrolier thèse De magister, université kasdi merbah-ouargla, sotenue le 2013/2014.
- [17] M. Boukli –Hacene, *conception et réalisation d'un générateur photovoltaïque Muni d'un convertisseur MPPT pour une meilleure gestion énergétique .mémoire de magister, Université Aboubakerbelkaid, Tlemcen.2011.*

- [18] BOUSSAID, A., & BENTOUBA, S. (2013). *Alimentation D'une Station Carburant A L'aide D'une Unité De Transfert D'énergie Par Pompage (Doctoral dissertation)*.
- [19] B. Multon, H. B. Ahmed, N. Bernard, « Les moteurs électriques pour applications de grande série », Pierre-Emmanuel CAVAREC Antenne de Bretagne de l'École Normale Supérieure de Cachan, *Revue 3EI* juin 2000.
- [20] Sellamna, H. (2015). *Etude et Réalisation d'un Système de Pompage Solaire à Base d'un Moteur Monophasé, Gouverné par un Microcontrôleur Pic, pour Utilisation Domestique (Doctoral dissertation, Université de Batna 2)*.
- [21] Rieul, Léopold. *Guide pratique irrigation. Editions Quae*, 2003.
- [22] Azougagh M « Transfert de technologie en agriculture bulletin mensuel d'information et de liaison du PNTTA.MADREEF » /DERD N 81, juin 2008.
- [23]<https://irrigazette.com/fr/articles/le-pivot-solaire-arrive-en-france> consulte le:07/03/2022
- [24] Saidi, Samir. "Analyse hydraulique du fonctionnement du système pivot d'irrigation par aspersion de type ANABIB." *Mémoires de Magister* (2014).
- [25]<https://www.agrimaroc.net/2018/05/14/lutilisation-du-centre-pivot-pour-lirrigation-experience-des-domaines-agricoles-au-maroc/3/>
- [26] Djilali, H. (2016). *Adaptation d'un système d'entraînement d'un pivot d'irrigation alimenté par énergie PV (Doctoral dissertation, Université Mohamed Khider–Biskra)*.

Chapitre 04

Dimensionnement et conception du système photovoltaïque Pour le pivot d'irrigation de type ANA bib

Sommaire	
4.1. Introduction	55
4.2. Description du projet	55
4.2.1. Explication des dimensions de la structure	56
4.3. Situation géographique de la région de Boussaâda	57
4.3.1. Localisation	57
4.4. Les logiciels utilisés dans cette étude	57
4.4.1. Description du logiciel Homer	57
4.4.2. Description du logiciel Solide Works	58
4.5. Dimensionnement du pompage solaire de Type ANANBIB	59
4.5.1. Profile de charge	60
4.5.2. Choix des composants du système	63
4.5.2.1. Choix de la pompe submersible (6sr30)	63
4.5.2.2. Choix des panneaux solaires	64
4.5.2.3. Choix du moteur	66
4.5.2.4. Choix de l'onduleur	66
4.5.2.5. Choix des batteries	67
4.5.2.6. Choix du générateur	67
4.6. Résultats obtenus pour la mise à l'échelle de la pompe solaire de type ANANBIB	68
4.6.1. Première cas : Electrogène Diesel	68
4.6.2. Deuxième cas : Electrogène Diesel avec un système PV	69
4.6.3. Le troisième cas : Système PV avec batterie de compensation	70
4.6.4. Résultats et discussion	71
4.6.4.1. Production électrique	71
4.6.4.2. Performances globales du système PV	74
4.6.4.3. Haut du formulaire. Impact environnant	75
4.7. Conception du système d'irrigation à pivot ANANBIB	76
4.7.1. Conception de système d'irrigation en plaçant des panneaux solaires au sol	76
4.7.2. Conception du système d'irrigation en plaçant le panneau solaire sur le tuyau	Erreur ! Signet non défini.
4.7.2.1. Conception de panneaux solaires	78
4.7.2.2. Conception de support de panneau solaire	79
4.7.2.3. Conception de tubes	80
4.7.2.4. Conception de coller	80
4.8. Conclusion	82

4.1. Introduction

L'irrigation à rampe pivotante est une technologie hautement automatisée qui permet de couvrir de très grandes surfaces. Fournit une excellente efficacité et économie de l'eau. Les axes d'irrigation sont produits en Algérie par une société nationale (Tubes). . C'est une description de la conception du moyeu, la sélection des éléments qui représentent chaque composant, de l'ensemble de ses composants jusqu'à leurs assemblages pour obtenir la structure complète. Cela nécessite de faire face à de nombreuses difficultés liées à la complexité technique de la structure elle-même ou dues aux conditions climatiques. Ce travail est considéré comme une base pour le développement et l'amélioration de nouveaux produits et matérialise un partenariat entre l'université et l'industrie au profit de l'économie nationale. En d'autres termes, cette étude mérite d'être poursuivie et approfondie compte tenu des problèmes que nous avons rencontrés [1].

Pourquoi on utilise le photovoltaïque : énergie propre, région loin des réseaux électriques SONELGAZ et surtout dans les régions arides et semi-arides ainsi que dans les hauts plateaux.

Dans ce chapitre nous allons effectuer le dimensionnement photovoltaïque et hybride d'un pivot d'irrigation de deux travées de type ANABIB, par l'utilisation du logiciel HOMER. Ce pivot de deux travées peut couvrir l'irrigation d'une superficie de quatre Hectare.

4.2. Description du projet

Objectif du projet ... alimentation électrique par l'énergie photovoltaïque de la pompe et les moteurs d'entraînement d'un pivot de deux travées dans la région de Boussaâda. Cette travée qui est constituée de deux travées de 54 m pour chacune et un tube secondaire de 6 m et qui peut couvrir l'irrigation de 4 Hectare à travers un puits de profondeur de 150 m et qui nécessite une pompe émergée de puissance 8KW.

Les principaux éléments des systèmes d'irrigation de type fondation (ANABIB) et selon notre étude.

1. La source d'eau est un puits d'une profondeur entre 80m à 150m.
3. L'ensemble de la charge est composé d'une pompe d'une puissance d'environ 8 kilowatts et deux moteurs de 1.5 KW pour chacun. Il est à noter que chaque moteur entraîne une travée du pivot d'irrigation.

4. La longueur des tubes des deux travées est de 108 m dont chaque travée est de longueur de 54m.
5. Tube secondaire à la fin des deux travées de longueur de six metre.
6. Tuyau de support pour les arroseurs ultérieurs.
7. Dispositifs de pulvérisation d'eau.
8. Vannes et équipement de pompe.

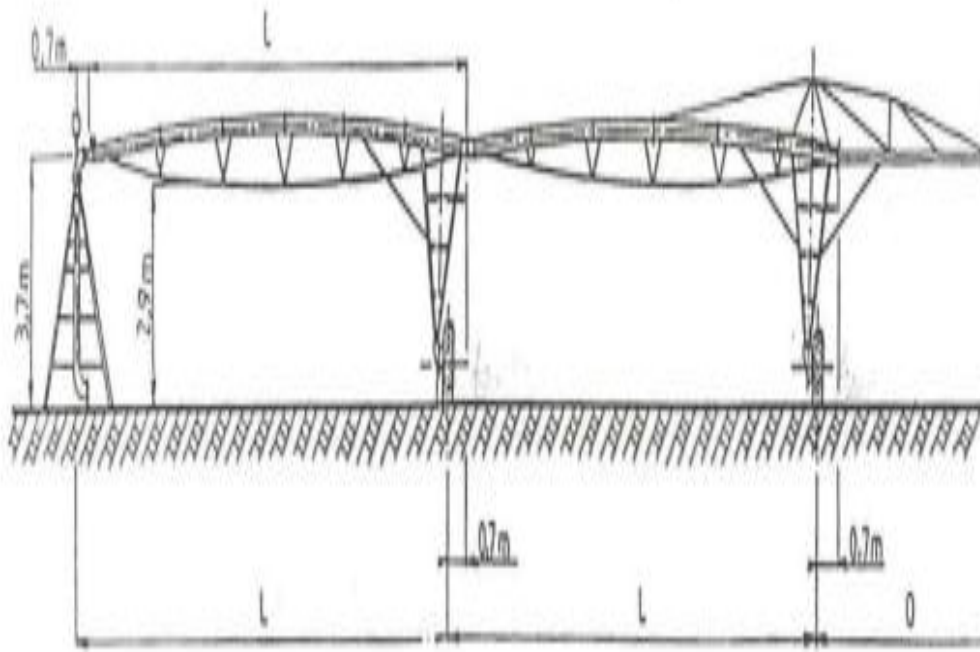


Figure 4.1. Système pivot type ANABIB à deux tours mobiles [2].

4.2.1. Explication des dimensions de la structure.

$L= 54\text{m}$ (Représenter 1 TRAVI).

$H= 3.7\text{m}$ (La hauteur du porte-tube par rapport au sol).

$K=2.9\text{m}$ (niveau de pulvérisation).

$B=0.7\text{m}$.

4.3. Situation géographique de la région de Boussaâda

Bou Saida ou Pousada est une commune de la wilaya de M'Sila, située à 69 km au sud-ouest de M'sila et à 241 km au sud-est de l'Algérie. Boussaâda est aussi appelée « la ville du bonheur », voire « la porte du désert » comme l'oasis la plus proche de la côte algérienne. Les communes d'Enceinte et d'Oltom sont basées sur le circuit de Bou Saida [3].

4.3.1. Localisation



Figure. 4.2. Situation géographique de la ville de Boussaâda [04].

4.4. Les logiciels utilisés dans cette étude

4.4.1. Description du logiciel Homer

Il s'agit d'un logiciel de conception qui calcule la puissance des panneaux solaires, le nombre de batteries dont vous avez besoin et les caractéristiques de l'onduleur, le tout en fonction de la charge. De plus, il donne la valeur du coût du projet. Il existe plusieurs

configurations pour un système hybride basées sur une stratégie de contrôle, deux des plus fréquents sont: – Couplage de bus en courant alternatif (CA) – Couplage de bus en courant direct (CD) • Une autre configuration pourrait être la combinaison des deux précédentes. Ces configurations doivent être intégrées dans le dimensionnement et la simulation d'un système hybride.

Dans le but d'optimiser les performances du système hybride proposé, le logiciel Homer est utilisé pour évaluer le rendement des systèmes conduits dans les conditions de fonctionnement de Bou Saada, Algérie. Il convient de noter que l'objectif principal de ces analyses est d'alimenter une zone agricole où le raccordement au réseau n'est pas réalisable. La figure 4.3 présente l'interface du logiciel Homer [5].

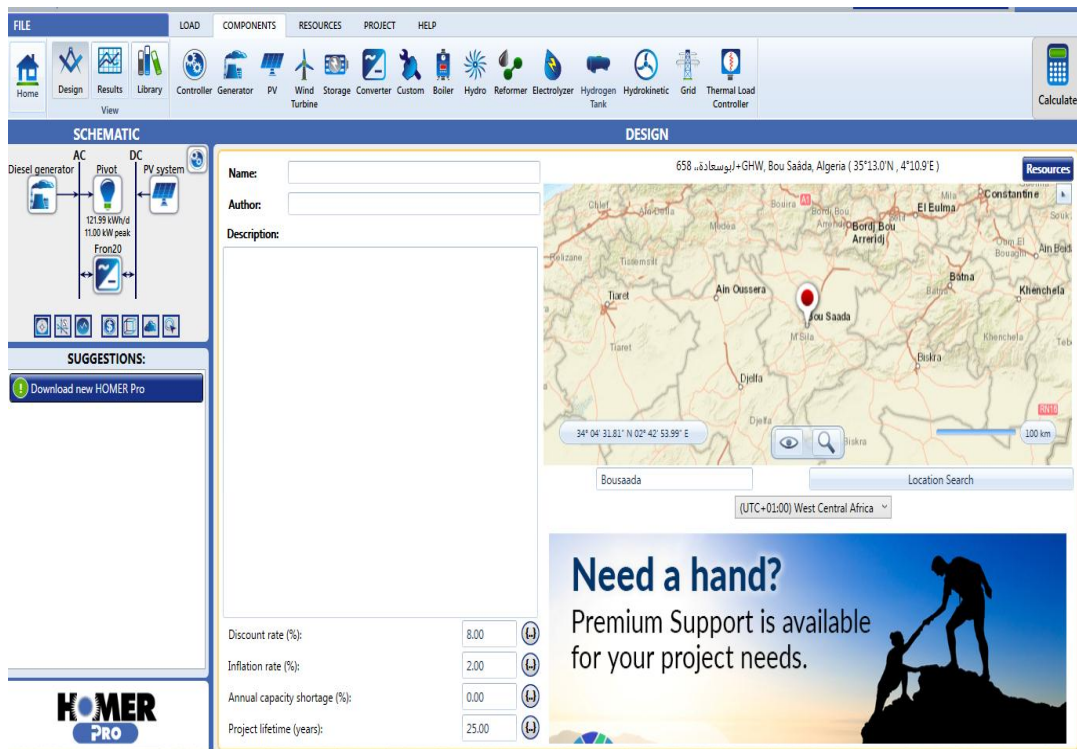


Figure 4.3. La page d'accueil du logiciel de simulation Homer [par logiciel Homer].

4.4.2. Description du logiciel Solide Works

Solide Works est un logiciel de conception mécanique 3D (conception assistée par ordinateur). Ce logiciel fonctionne sous l'environnement Microsoft Windows et a été développé par Dassault Systèmes Solide Works Corp. Membre du groupe de sociétés Dassault Systèmes, S.A. en France. Solide Works emploie actuellement plus de 2 millions d'ingénieurs et de concepteurs dans plus de 165 000 entreprises à travers le monde [6].

Trois des universités allemandes ont adopté le programme (Solide Works) comme programme programmé pour leurs étudiants et ont acheté (500) copies éducatives du programme pour former leurs étudiants dessus, et c'est un programme de conception approuvé dans de nombreuses entreprises internationales et agences de recherche telles que (l'agence de recherche spatiale américaine, NASA).

4.5. Dimensionnement du pompage solaire de Type ANANBIB

Après avoir déterminé la charge par 11 KW qui représente la puissance de la pompe d'environ 8 kilowatts et deux moteurs de 1.5 KW pour chacun, on doit déterminer le profil de charge durant les mois de toute l'Ann

4.5.1. Profile de charge

Avant d'analyser le profil de charge du pivot, il convient d'estimer les heures effectives de rayonnement solaire de chaque mois, tableau. Récapitulant les heures effectives au cours des douze mois.

Mois	les heures effectives (h)
Janvier	09
Fièvre	09
Mares	10
Avril	10
Mai	10
Juin	12
Juillet	12
Out	12
Septembre	11
Octobre	11
Novembre	11
Décembre	09

Tableau.4.1. Résumant les heures effectives au cours des douze mois

Dans cette optimisation, les heures de travail du pivot sont considérées uniquement pendant les heures effectives du rayonnement solaire, donc le profil de charge peut être calculé à l'aide de l'équation 4.1. La valeur du profil de charge est présentée dans le tableau 4.1.

$$\mathbf{Exergy}_x = E_{max} \cdot N_h \quad (4.1)$$

Où :

N_h : Nombre des heurs effectifs.

E_{max} : La consommation maximale.

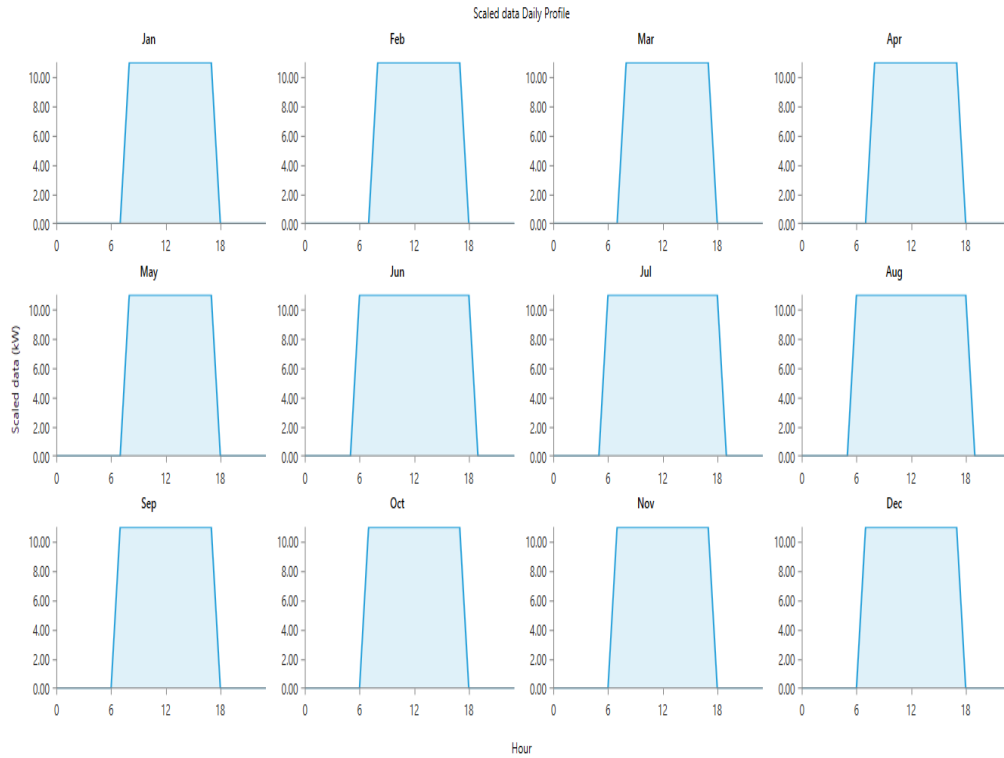
$Exergy_x$: La quantité d'Energie consommé.

Les données résultantes sont résumées dans le tableau suivant :

Les heures effectives(h)	Les Mois											
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
00h	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
01h	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02h	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
03h	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
04h	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
05h	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
06h	0	0	0	0	0	11	11	11	0	0	0	0
07h	0	0	0	0	0	11	11	11	11	11	11	11
08h	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
09h	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
10h	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
11h	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
12h	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
13h	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
14h	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
15h	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
16h	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
17h	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
18h	0	0	11	11	11	11	11	11	11	11	11	
19h	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20h	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21h	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22h	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23h	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tableau .4.2. Analyse du profil de charge.

Après estimation du profil de charge du système conduit et sont implémentation dans le logiciel Homer on peut obtenir la courbe de consommation du système représenté par la Figure 4.4.



4 *Figure.4.4. Analyse de la charge [par logiciel Homer].*

4.5.2. Choix des composants du système

4.5.2.1. Choix de la pompe submersible (6sr30)

Performance rang 1000L/min (60m ³ /h)	
application limites .maximum liquide température +35°	
maximum Sand contact 100g/m ³	
200m immersion limit	
Installation (vertical; horizontal; 11kw)	
construction and safety standards (-three-phase400v-50hz)	
En 60335-1	. En 60034-1
IEC 60335-1	. IEC60034-1
CEI 61-150	. CEI 2-3

Table.4.3. Caractéristiques générales de la pompe submersible utilisée (6sr30)[7].

Model Triphasé	Power		m ³ /h Q L/min	0	3	6	9	12	15	18
	KW	HP		0	50	100	150	200	250	300
6sr12/18	4	5.5	Hêtres	111	106	100	91	80	66	47
6sr12/11	5.5	7.5		153	146	138	125	110	91	65
6sr12/15	7.5	10		208	199	189	171	150	124	88
6sr12/18	9.2	12.5		250	239	225	205	180	149	106
6sr12/21	11	15		292	279	263	239	210	174	124
6sr12/25	13	17.5		349	331	313	285	250	206	147
6sr12/28	15	20		390	371	350	319	280	231	165

Table.4.4. Fiche technique de la pompe submersible utilisée (6sr30) [7].

.Caractéristique cuves and performance data

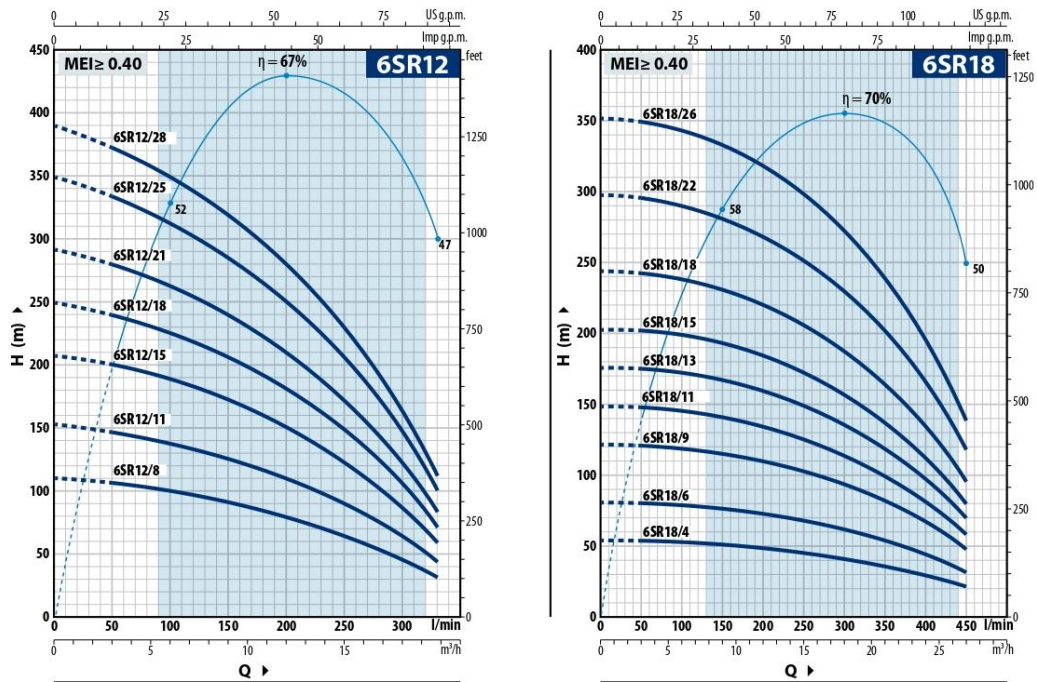


Figure 4.5. Caractéristique cuves and performance data [7].

4.5.2.2. Choix des panneaux solaires

En utilisant le logiciel Homer nous avons choisi le panneau solaire selon les caractéristiques suivantes :



Figure 4.6. Panneaux solaires longis solaires LR6-72PH [8].

Panneau solaire de 370 W monocristallin
Rendement 19.1
Standard (température de cellule 47 °C)

Table.4.5. Informations générales sur la Panneaux solaires longis solaires LR6-72PH [8].

Les avantages du logiciel Homer sont de donner la possibilité d'obtenir les informations du panneau à partir de sa bibliothèque, y compris la fiche technique globale, la capacité électrique, l'analyse des coûts. La figure présente le 4.7.

The screenshot displays the 'LONGi Solar LR6-72PH' panel configuration in the HOMER software. The interface is divided into several sections:

- Properties:** Name: LONGi Solar LR6-72PH, Abbreviation: PV syst, Panel Type: Flat plate, Rated Capacity (kW): 0.370, Temperature Coefficient: -0.380, Operating Temperature (°C): 47, Efficiency (%): 19.1, Manufacturer: LONGi Solar Technology Co., Ltd., Notes: PERC. 26.5 kg. Footprint - 1.938396 m2.
- PV Parameters:** Capacity (kW): 12, Capital (US\$): 3,300.00, Replacement (US\$): 200.00, O&M (US\$/year): 50.00, Lifetime (years): 25.00.
- Site Specific Input:** Derating Factor (%): 80.00.
- Capacity Optimization:** HOMER Optimizer™, Search Space, Advanced.
- Electrical Bus:** AC, DC (selected).
- MPPT:** Explicitly model Maximum Power Point Tracker, Lifetime (years): 15.00.
- Costs Table:**

Size (kW)	Capital (US\$)	Replacement (US\$)	O&M (US\$/year)
1	\$0.00	\$0.00	\$0.00
- Search Space:** Size (kW): 1.
- Use Efficiency Table?:** Efficiency (%): 95, Input Percentage (%), Efficiency (%), Click here to add new item.

Figure 4.7. Fiche technique du panneau solaire (par logiciel Homer).

4.5.2.3. Choix du moteur

Poteaux	4	Production	1	HP	1.5KW
Volts	220/380	H E A T	75°		
AMPS	3.38/2.13	HZ	50	INS E	
	4.04/2.34		60		
RPM	1395/1700	ÉVALUATION	CONT		
D A T E	200	Lester	16KG		

Table.4.6. Fiche technique du moteur [7].

4.5.2.4. Choix de l'onduleur

The screenshot displays the HOMER software interface for configuring a 'Fronius Symo 20.0-3-M' inverter. The interface is divided into several sections:

- Properties:** Shows the name 'Fronius Symo 20.0-3-M', abbreviation 'Fron20', and technical notes such as 'Grid-following', 'PV-dedicated inverter: Three-phase inverter for any sized system.', and 'Interface to internet via WLAN or Ethernet'.
- Costs:** A table with columns for Capacity (kW), Capital (\$), Replacement (\$), and O&M (\$/year). The first row shows a capacity of 1 kW, a capital cost of \$4,271.00, a replacement cost of \$11.20, and an O&M cost of \$448.
- Capacity Optimization:** Includes radio buttons for 'HOMER Optimizer™' and 'Search Space', and a 'Size (kW)' input field set to 20.
- Inverter Input:** Parameters include Lifetime (years) at 10.00 and Efficiency (%) at 97.90.
- Rectifier Input:** Parameters include Relative Capacity (%) at 0.00 and Efficiency (%) at 0.00.
- Other:** A 'Parallel with AC generator?' checkbox is checked. A banner for 'Consulting Services' is visible at the bottom.

Figure 4.8. Fiche technique du l'onduleur (par logiciel Homer).

4.5.2.5. Choix des batteries

STORAGE Name: Generic 1kWh Li-Ion Abbreviation: 1kWh L

Properties
Idealized Battery Model
 Nominal Voltage (V): 6
 Nominal Capacity (kWh): 1
 Nominal Capacity (Ah): 167
 Roundtrip efficiency (%): 90
 Maximum Charge Current (A): 167
 Maximum Discharge Current (A): 500

Batteries

Quantity	Capital (\$)	Replacement (\$)	O&M (\$/year)
15	1,500.00	100.00	10.00

Lifetime
 time (years): 15.00
 throughput (kWh): 3,000.00

Site Specific Input
 String Size: 1 Voltage: 6 V
 Initial State of Charge (%): 100.00
 Minimum State of Charge (%): 20.00

Minimum storage life (yrs): 5.00 Maintenance Schedule...

Figure 4.9. Fiche technique de batterie (par logiciel Homer).

4.5.2.6. Choix du générateur

GENERATOR Name: Generac 15kW Protector Abbreviation: Gener1

Properties
 Name: **Generac 15kW Protector**
 Capacity: **15 kW**
 Fuel: **Diesel**
 Fuel curve intercept: 0.635 L/hr
 Fuel curve slope: 0.327 L/hr/kW

Emissions
 CO (g/L fuel): 17.742
 Unburned HC (g/L fuel): 0.72
 Particulates (g/L fuel): 1.0753
 Fuel Sulfur to PM (%): 2.2

Optimization
 Simulate systems with and without this generator
 Include in all systems

Generac

Generator Cost
 Initial Capital: \$1,000.00
 Replacement: \$50.00
 O&M (per hour): \$0.001

Site Specific Fuel Maintenance Schedule
 Diesel Fuel Price (US\$/L): 0.03 Manage Fuels

Fuel Consumption (L/hr)
 Output Power (kW)

Efficiency (%)
 Output Power (kW)

Figure 4.10. Fiche technique du générateur Electrogène (par logiciel Homer).

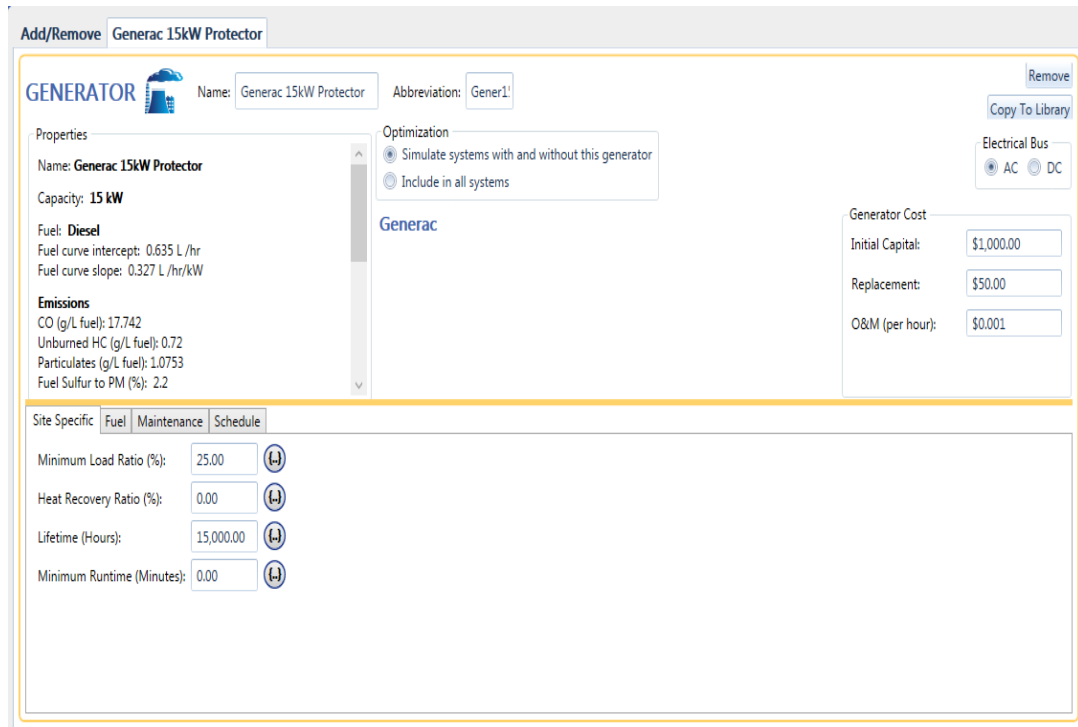


Figure 4.11. Emplacement spécifique pour le carburant (par logiciel Homer).

4.6. Résultats obtenus pour la mise à l'échelle de la pompe solaire de type ANANBIB

Après une étude approfondie de chacun de nos éléments et leur prise en compte dans le programme Homer représenté par la pompe, le panneau solaire, le moteur, la batterie et générateur et convertir nous allons élaborer des simulations pour les trois cas suivant : dimensionnement de l'électrogène Diesel, Electrogène Diesel avec un système PV et en fin un système PV avec batterie de compensation.

4.6.1. Première cas : Electrogène Diesel

Ce générateur d'électrogène consiste à générer l'énergie électrique nécessaire pour faire fonctionner le système d'irrigation. En projet, mais c'est un processus coûteux financièrement et économiquement, nous l'avons donc utilisé en plus de l'énergie solaire car il le générateur fonctionne pendant une certaine période seulement, sachant que tous les mois et la période d'irrigation solaire générateur fonctionne avec seulement le temps restant pour remplir nos 15 heures Par exemple les panneaux solaires d'hiver ne font gagner que 9 heures donc nous travaillons avec générateur pour terminer notre travail 15 heures.

4.6.2. Deuxième cas : Electrogène Diesel avec un système PV

C'est un système qui est constitué de trois éléments principaux: le panneau solaire pour produire l'énergie électrique comme produit énergétique principal, et générateur d'estrogène comme sous-produit de l'énergie, qui complète le reste du temps.

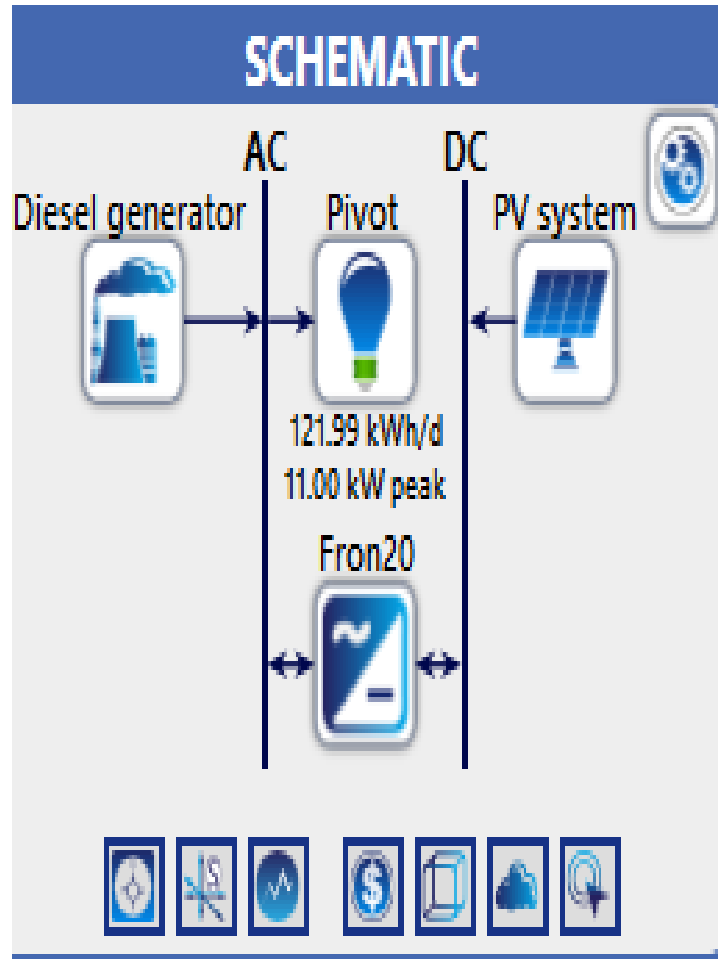


Figure 4.12. Graphique montrant l'e système de panneau solaire avec Electrogène Diesel(par logiciel Homer).

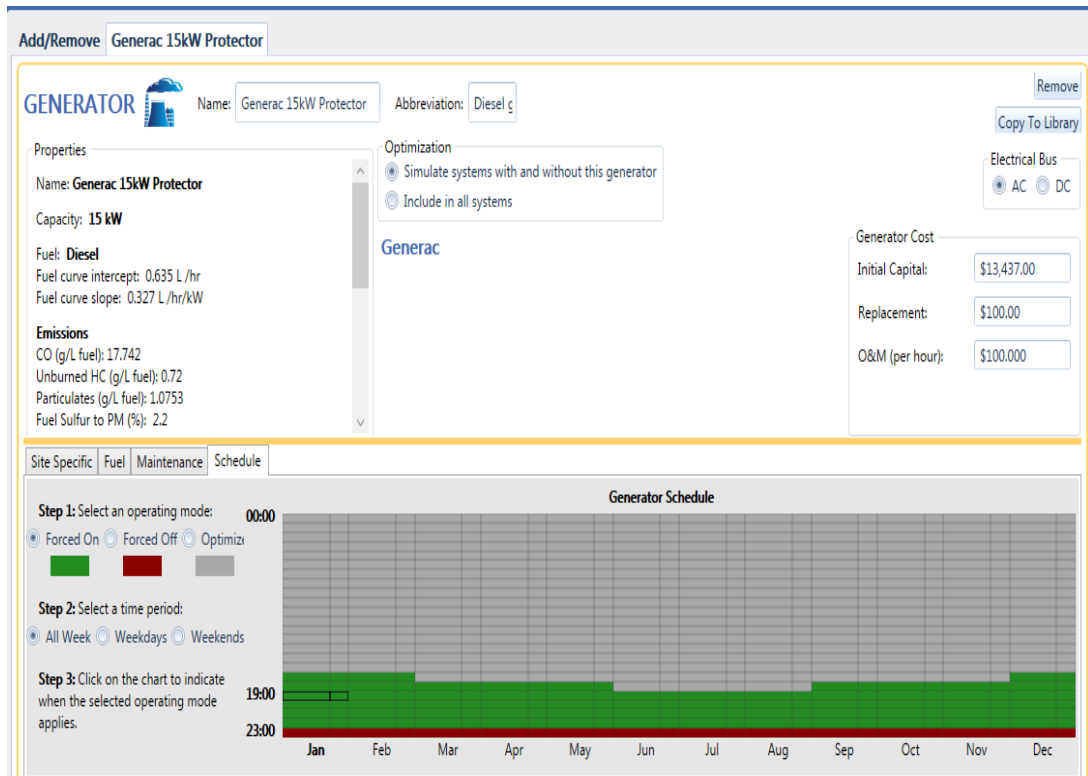


Figure 4.13. Graphique montrant les heures de travail du l'électrogène Diesel pour chaque mois (par logiciel Homer).

4.6.3. Le troisième cas : Système PV avec batterie de compensation

Dans ce cas nous avons opté pour l'intégration, uniquement, du système photovoltaïque avec des batteries de compensation. En effet, les batteries de compensation sont des batteries de faible capacité qui assurent l'alimentation électrique uniquement dans des heures spécifique ou l'éclairément est faible. Ce cas est considéré comme le meilleure choix puisque c'est qu'il produit une énergie propre et peu coûteuse.

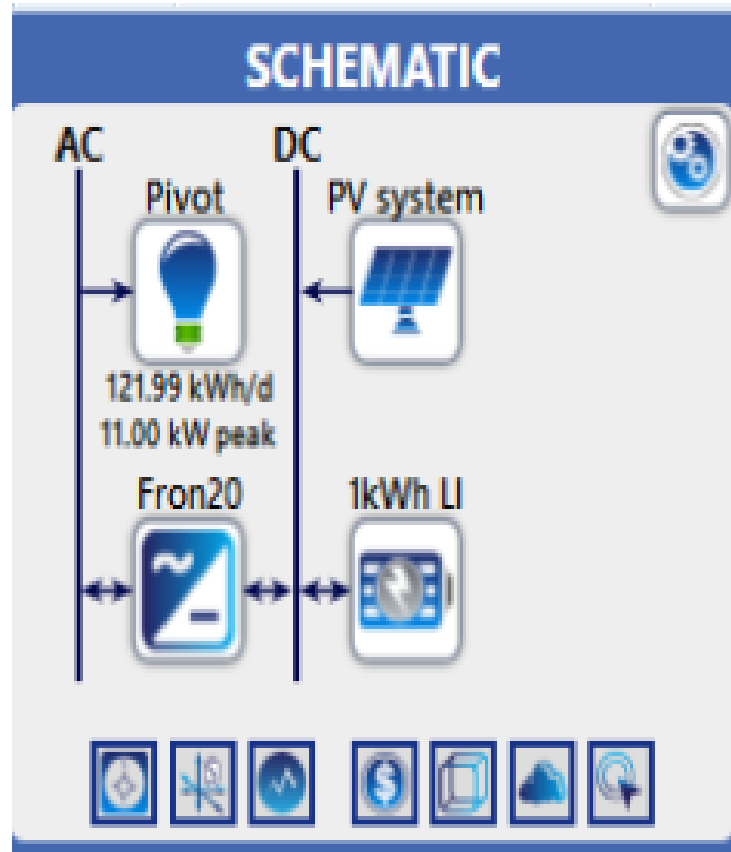


Figure 4.14. Graphique montrant l'étude du panneau solaire+Batterie (par logiciel Homer).

4.6.4. Résultats et discussion

Dans cette Optimisation des performances globales des trois cas étudié, nous avons discuté la production électrique, ainsi que l'impact environnemental.

4.6.4.1. Production électrique

Les résultats obtenus du programme Homer sont expliqués et représentés selon la consommation d'électricité et le surplus d'électricité Figures (4.14, 4.15, 4.16).

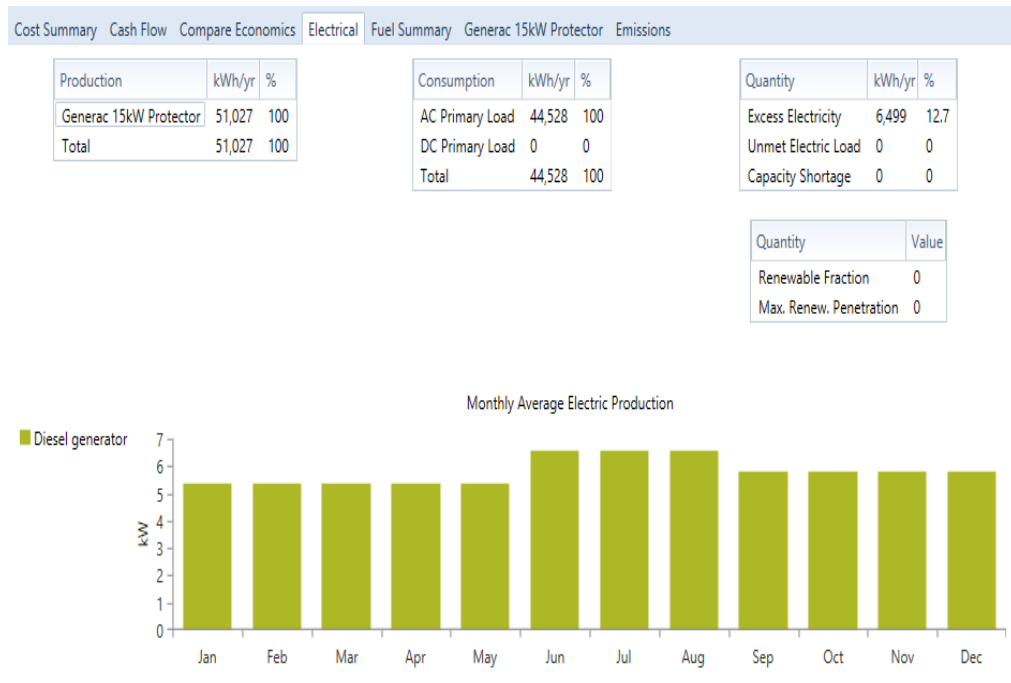


Figure 4.15. Résultats des caractéristiques électriques pour l'électrogène Diesel (par logiciel Homer).

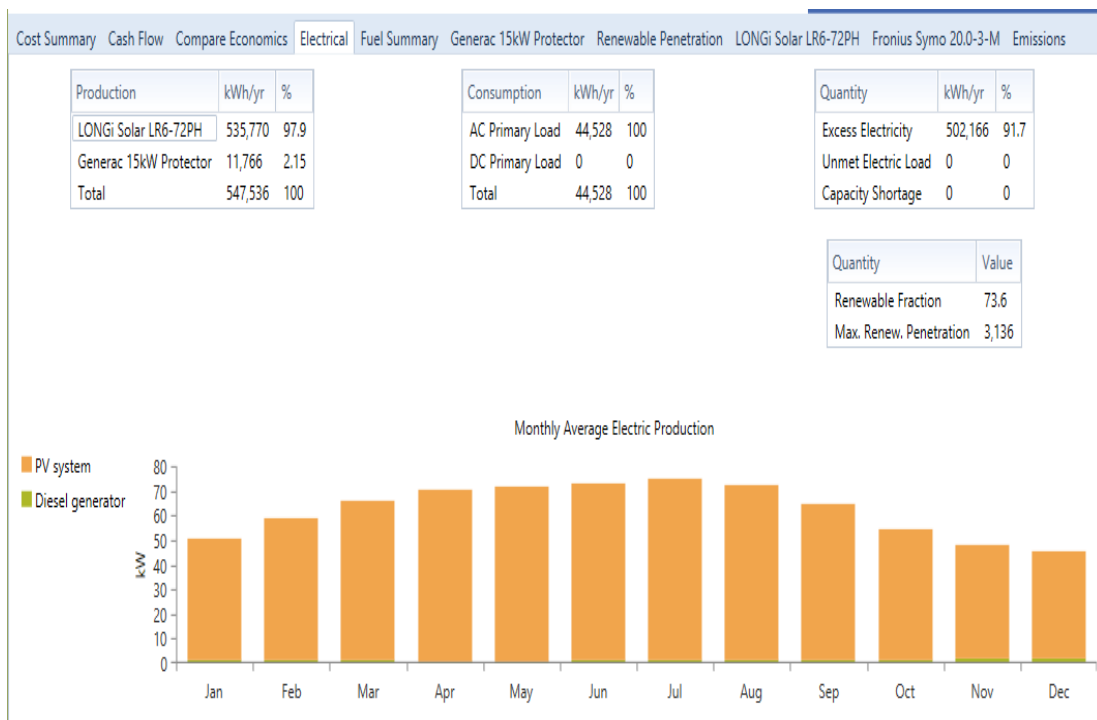


Figure 4.16. Résultats des caractéristiques électriques pour électrogène Diesel et le système PV (par logiciel Homer).

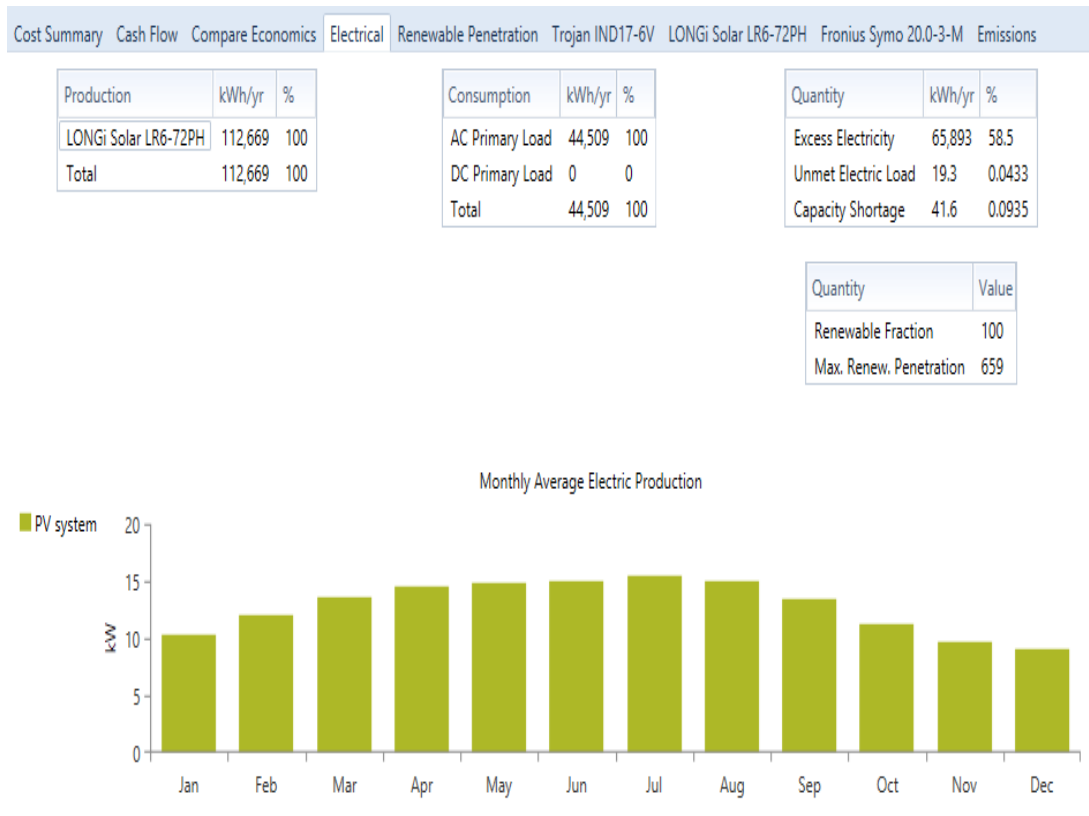


Figure 4.17. Résultats des caractéristiques électriques pour système PV avec batteries (par logiciel Homer).

Selon la Figure 4.14 qui représente les caractéristiques électriques pour l'électrogène Diesel (par logiciel Homer), on peut voir que le composant du l'électrogène doit être de puissance 15 kilowatts 51027kwh/y.

Dans le cas du Diesel générateur avec le système PV on doit utilisé un produit environ 535 770kWh/y a un taux de 97,9%, avec 34 panneaux solaire de puissance de 370Wc.

La figure 4.16, concernant le graphique de la production mensuelle moyenne d'électricité à l'aide du panneau solaire, montre que la quantité de production d'électricité pendant les mois d'été est importante par rapport au reste des mois, en raison de l'écart dans le nombre d'heures d'irrigation.

4.6.4.2. Performances globales du système PV

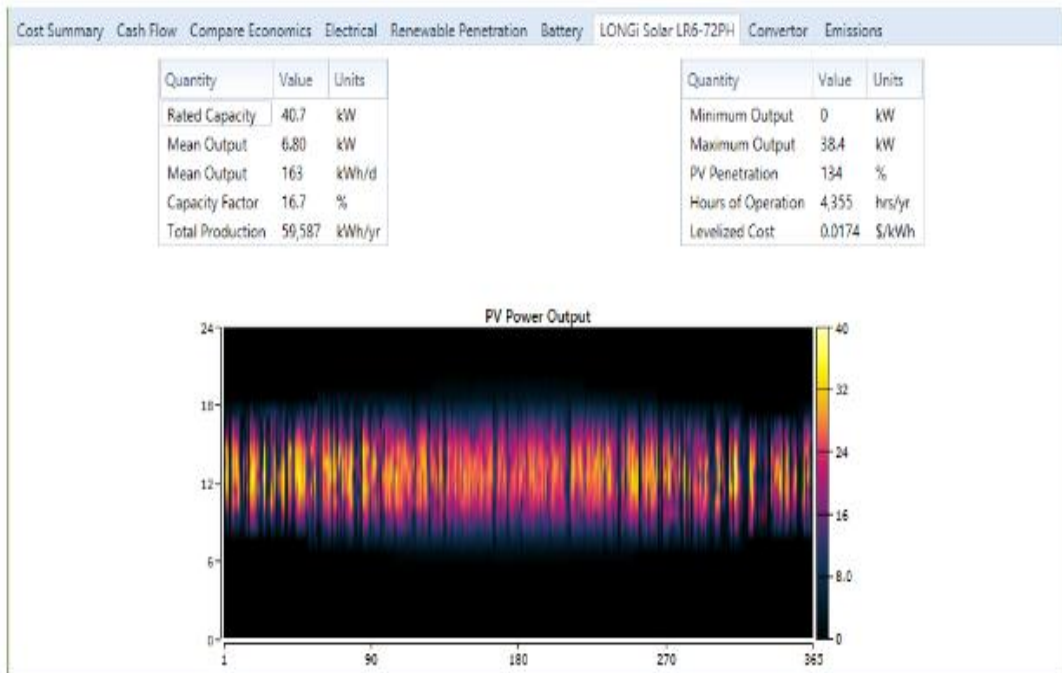


Figure 4.18. Classifications du panneau solaire et sa capacité de production d'énergie électrique (par logiciel Homer).

En ce qui concerne la puissance de sortie, en utilisant des panneaux solaires seuls on constate que puissance de sortie est de 12.9kw (presque 36 panneaux PV de puissance 370), l'indice de puissance est de 16,7% , la production totale est de 112669 kWh/yr, la production minimale est de 0 kW, la production maximale est de 72.5 kW, la pénétration du panneau solaire photovoltaïque est de 253 %, l'heure de fonctionnement est de 4 355 heures/yr an pour un coût de 0,0348 \$/kWh.

4.6.4.3. Haut du formulaire. Impact environnement

Quantity	Value	Units
Carbon Dioxide	53,273	kg/yr
Carbon Monoxide	361	kg/yr
Unburned Hydrocarbons	14.7	kg/yr
Particulate Matter	21.9	kg/yr
Sulfur Dioxide	131	kg/yr
Nitrogen Oxides	411	kg/yr

Figure 4.19. Émission de CO2 du générateur dieselμ (par logiciel Homer).

Quantity	Value	Units
Carbon Dioxide	14,910	kg/yr
Carbon Monoxide	101	kg/yr
Unburned Hydrocarbons	4.10	kg/yr
Particulate Matter	6.13	kg/yr
Sulfur Dioxide	36.5	kg/yr
Nitrogen Oxides	115	kg/yr

Figure 4.20.Émission de CO2 du générateur diesel (par logiciel Homer).

Quantity	Value	Units
Carbon Dioxide	0	kg/yr
Carbon Monoxide	0	kg/yr
Unburned Hydrocarbons	0	kg/yr
Particulate Matter	0	kg/yr
Sulfur Dioxide	0	kg/yr
Nitrogen Oxides	0	kg/yr

Figure 4.21. Émission de CO₂ du générateur diesel (Phase sans générateur diesel) (par logiciel Homer).

Les figures ci-dessus montrent l'émission de dioxyde de carbone du générateur diesel à est estimée à 53273 kg/yr. Cependant pour la production d'énergie d'un générateur diesel avec un panneau solaire, l'émission de carbone est estimée à 14910kg/yr. Dans le cas de la production d'énergie à partir du panneau solaire, l'émission de carbone est estimée à 0kg/yr. Ici, il devient clair pour nous que l'énergie solaire est une énergie propre et n'a pas d'impact négatif lorsqu'elle est produite avec le panneau solaire seul, contrairement à sa production avec la présence du panneau solaire, il y aura donc une grande quantité d'émission de carbone, qui affectera l'environnement.

4.7. Conception du système d'irrigation à pivot ANANBIB

4.7.1. Implantation des panneaux solaires sur le sol

Dans ce choix, les panneaux solaires sont placés sur le sol en utilisant des supports Métalliques appropriés. Mais cet emplacement occupe une superficie importante du terrain Agricole. En outre, les panneaux solaires vont être touchés par l'ombre provoqué par les le Travée ce qui réduit la production électrique.



Figure 4.22. Installation de panneaux solaires Panneaux solaires au sol (9).

4.7.2. Implantation des panneaux solaires sur le tube de la travée

Pour régler les deux problèmes causés par l'implantation des panneaux solaires sur le sol qui sont l'occupation d'une partie de terrain agricole et l'effet néfaste de l'ombrage, nous proposons l'implantation des panneaux solaires sur le tube du travée (figure 4.23) nous Montre la conception de notre système irrigation. Le processus consistait à placer les panneaux solaires sur le tuyau d'irrigation, le panneau étant positionné à un angle de 10 degrés, les panneaux solaires étant fixés au tuyau à laide d'une technologie simplifiée. Ce processus a été réalisé à laide du logiciel Solide Works. OÙ nous montrons un dessin du panneau solaire avec une longueur de tube de 6 m. Pour généraliser ce procédé au reste des panneaux, qui sont 34 panneaux d'une longueur de 108 m de tubes.

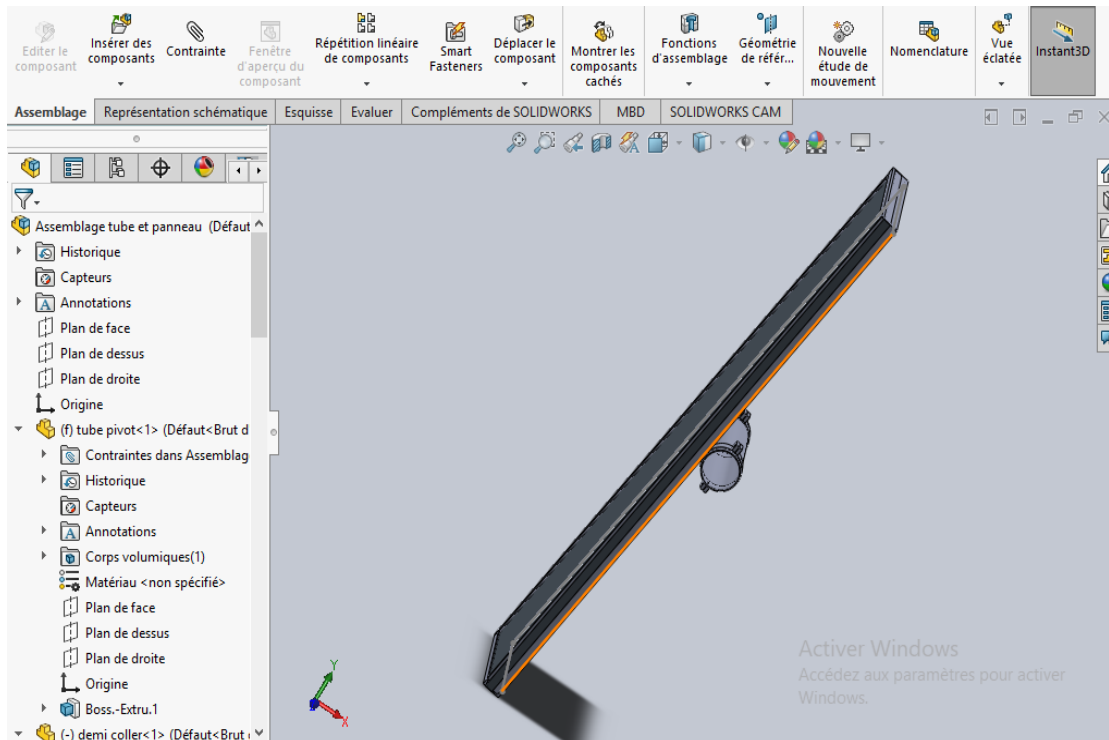


Figure 4.23. Un dessin montrant l'installation de l'axe d'irrigation avec le panneau solaire (par logiciel SolidWorks).

Ce procédé a été installé après avoir conçu chaque pièce individuellement à l'aide du programme SolidWorks, ces pièces sont (le tube, le panneau solaire, le support de panneau, la fixation du panneau avec le tuyau).

4.7.2.1. Conception de panneaux solaires

Ce support est conçu en forme de U selon les dimensions du panneau solaire (Longin Solaire LR6-72PH).

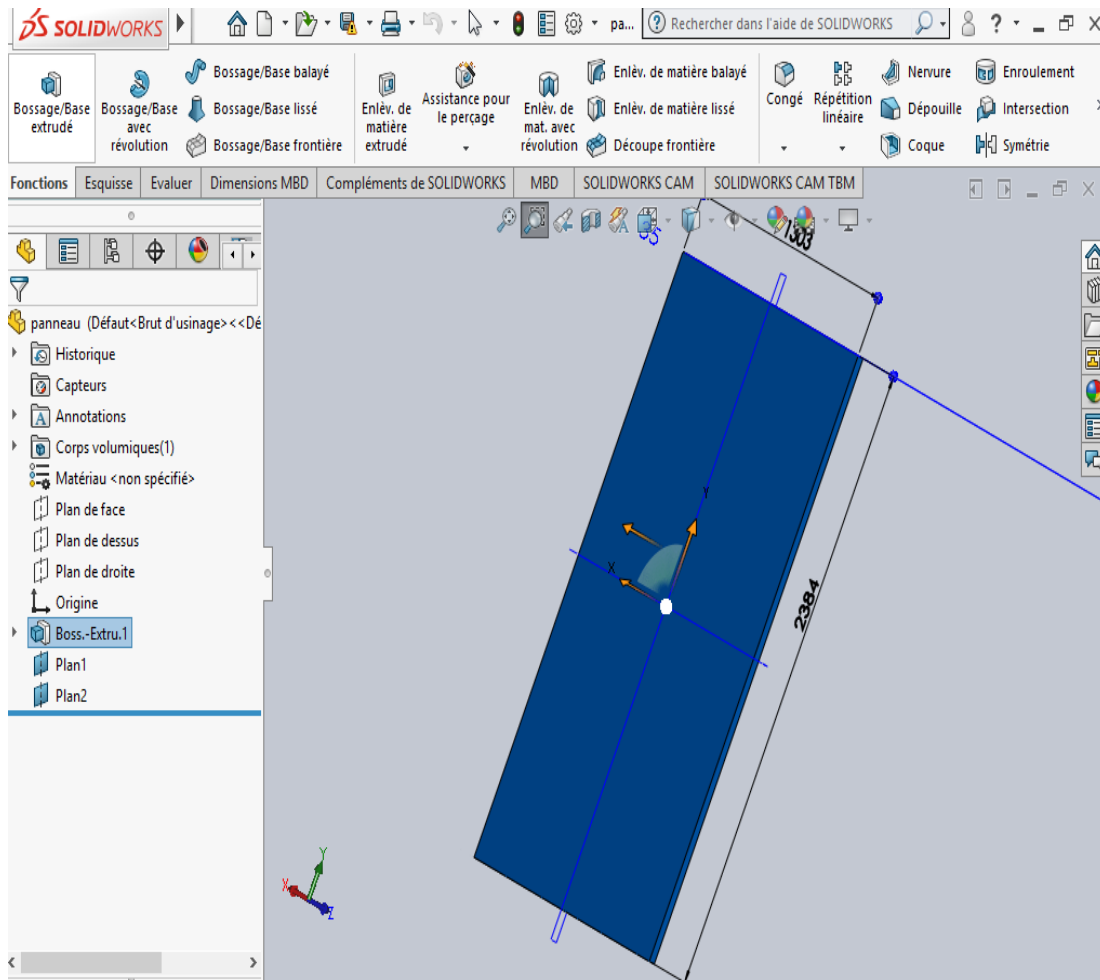


Figure 4.24. Conception de panneaux solaires (par logiciel solidworks).

4.7.2.2. Conception de support de panneau solaire

Ce support est conçu en forme de U selon les dimensions du panneau solaire (Longi solaire LR6-72PH).

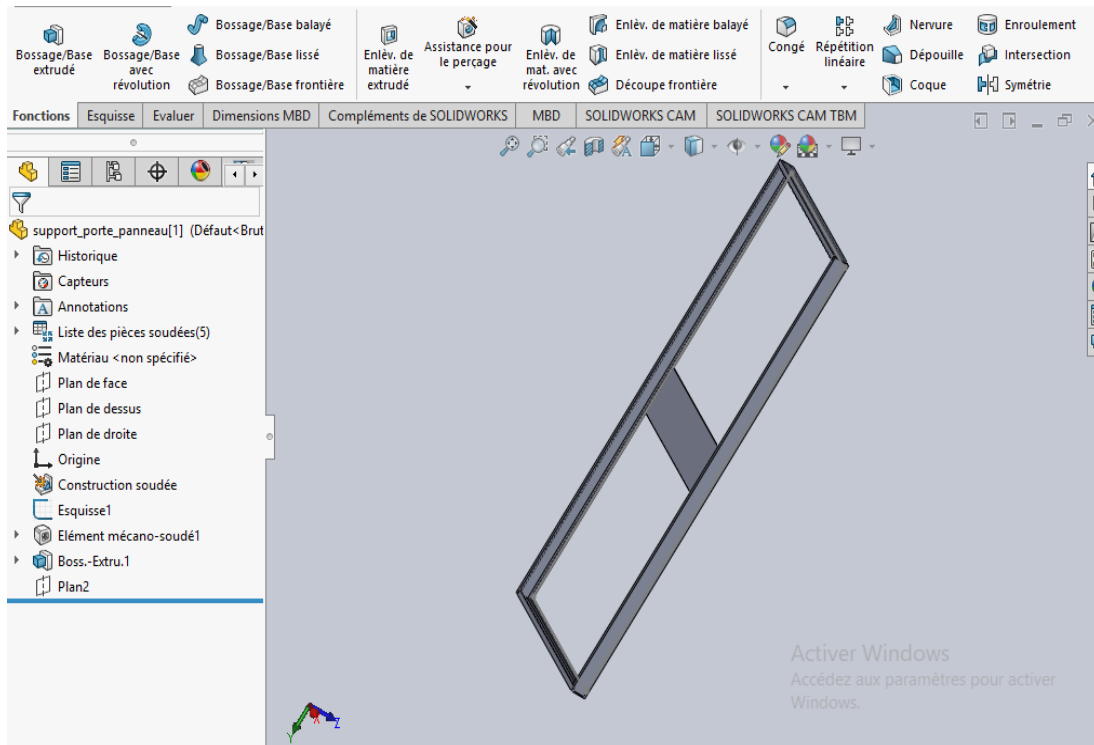


Figure 4.25. Conception de support de panneaux solaires (par logiciel Solidworks).

4.7.2.3. Conception de tubes

Le tube est conçu selon les dimensions suivantes (longueur 6000 mm, diamètre 159 mm).

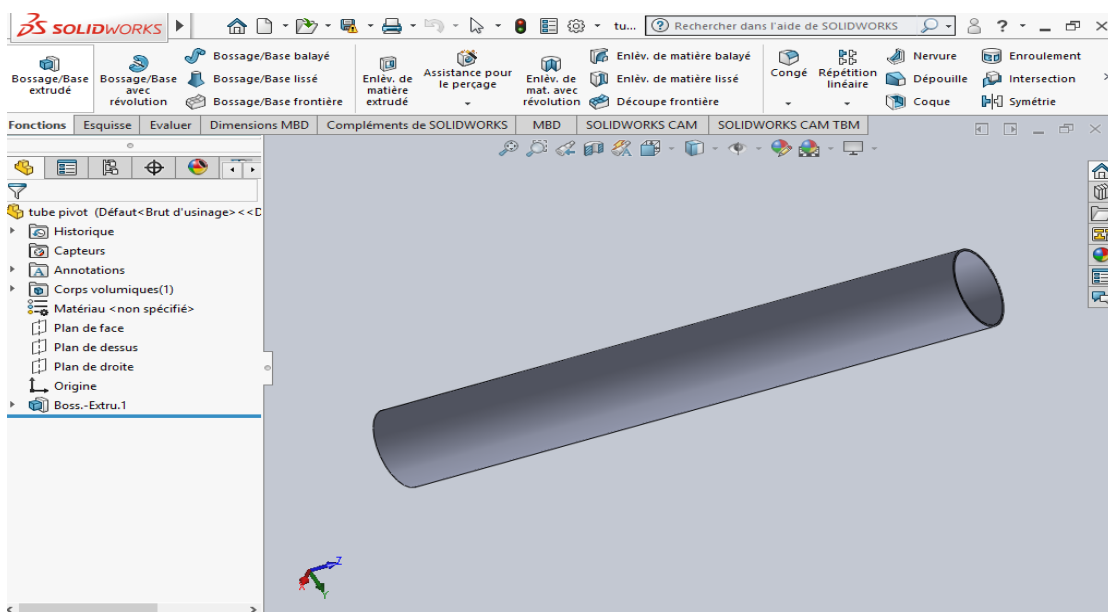


Figure 4.26. Conception de tubes (par logiciel SolidWorks).

4.7.2.4. Conception de coller

La pièce suivante a été conçue en fonction de ses dimensions (le rayon est de 795 mm), où une autre pièce a été ajoutée au de coller afin de relier son miroir à l'aide d'une vis de 24 mm.

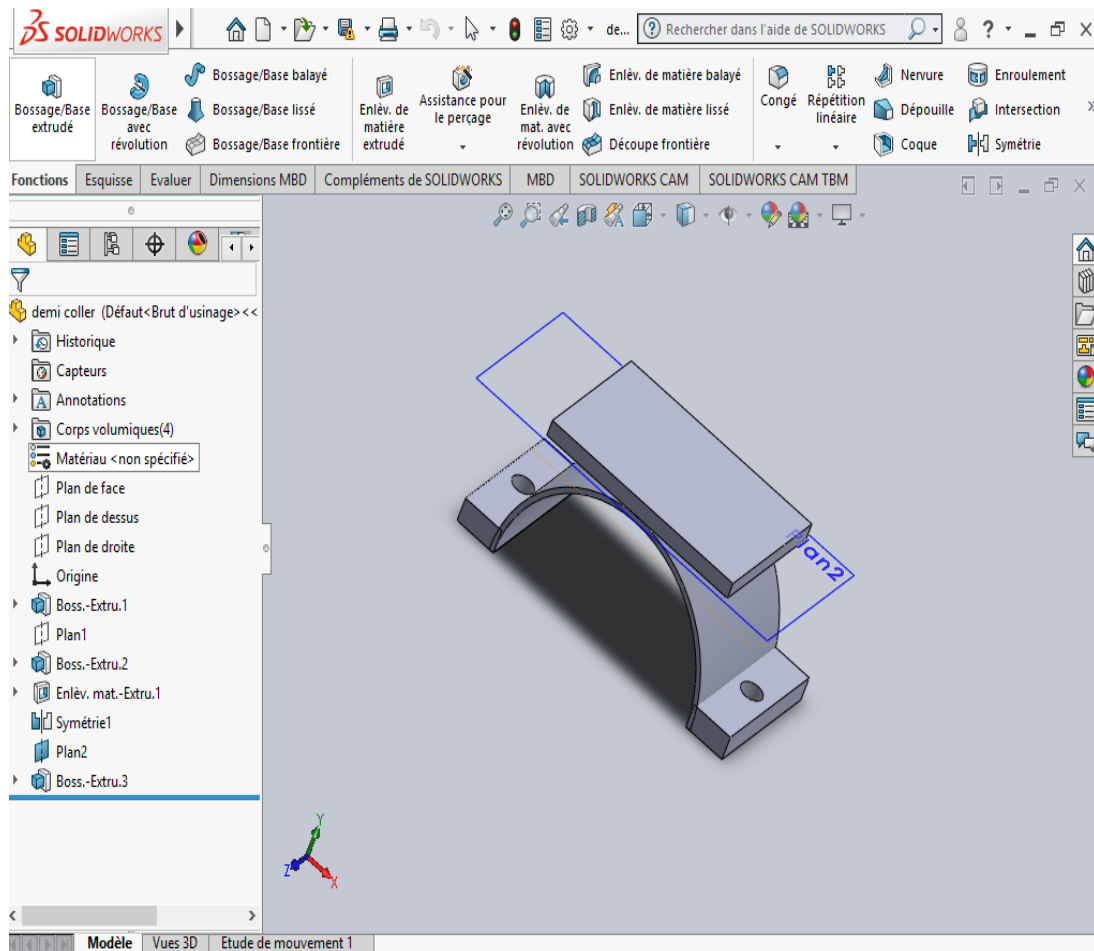


Figure 4.27. Conception de coller (par logiciel solidworks).

4.8. Conclusion

L'objectif principal de cette thèse était de produire de l'électricité de manière autonome afin d'alimenter une colonne d'irrigation de type ANABBIB d'une ville avec un coussin, à partir de l'énergie solaire en utilisant des systèmes photovoltaïques. Pour ce faire, nous avons divisé notre travail en plusieurs étapes dont une présentation générale de l'axe d'irrigation de la Compagnie algérienne... Où nous avons mené notre étude dans l'état algérien de Boussaâda et construit cette étude en fonction de ses caractéristiques géographiques... . Et à l'aide du programme Homer, nous avons étudié 3 études représentées dans la production d'énergie solaire L'énergie à l'aide de panneaux solaires avec un générateur diesel et la production d'électricité à l'aide de panneaux solaires seuls. Nous avons également examiné la production d'électricité à l'aide d'un générateur diesel seul, où il y avait une grande différence en termes de longévité, de coût et de nombreux autres paramètres. De ces références, nous savons que produire de l'électricité en utilisant uniquement des panneaux solaires est le meilleur processus, sachant que le coût est élevé et fonctionne pendant 25 ans, et nous savons que l'énergie solaire est une énergie propre et renouvelable qui ne passe pas, il faut donc la prendre en compte comme l'énergie du futur.

Bibliographie

- [1] Khaled, M.C. 2009. *Calcul et Optimisation D'un Mini Pivot D'irrigation (Doctoral dissertation, Université Mohamed Khider de Biskra, Département de Génie M)*.
- [2] T. Kamel et S. N. Djebri, "Contribution à la réhabilitation des systèmes photovoltaïques utilisés pour l'irrigation par rampe pivotant type ANABIB ", Université Echahid Hamma Lakhdar d'El-Oued, 2018.
- [3] <https://fr.wikipedia.org/wiki/Boussaâda> consultée 12 Juin 2022.
- [4] A. Benrabia. *Mémoire de master en hydraulique «Etude de la qualité des eaux souterraines de la région de Boussaâda Wilaya de M'Sila» université de M'sila (2012/2013)*.
- [5] BENKHERIF, A. (2018). *ETUDE TECHNICO ÉCONOMIQUE D'UN SYSTÈME PHOTOVOLTAÏQUE EN SITE ISOLE PAR PVSYST (Doctoral dissertation, Université Mohamed Boudiaf-M'sila)*.
- [6] Belabbas, A., & Mimoune, Z. (2020). *Conception et simulation d'une machine vibratoire avec solidworks (Doctoral dissertation, Univ M'sila)*.
- [7] <https://ar.diffulpump.com/pid18191078/product-detail.htm> consulter le: 12/06/2022
- [8] <https://www.enfsolar.com/pv/panel-datasheet/crystalline/34680> consulter le: 15/06/2022
- [8] <http://www.cyulin.net/china/center-pivot-irrigation-equipment> consulter le: 15/06/2022.

C onclusion

L'objectif principal de cette thèse était l'intégration des systèmes photovoltaïques dans les pivots d'irrigation et ce pour produire de l'énergie électrique de manière autonome et suffisante pour faire fonctionner les moteurs des travées et la pompe à eau immergé. Pour ce faire, nous avons effectué le dimensionnement de systèmes photovoltaïque et hybride (système photovoltaïques avec électrogène Diesel) d'un pivot d'irrigation de deux travées de type ANABIB, par l'utilisation du logiciel HOMER. Il est à noter que, l'élaboration des simulations a été effectuée pour les trois cas suivant : dimensionnement de l'électrogène Diesel, Electrogène Diesel avec un système PV et en fin un système PV avec batteries de compensation. Ensuite nous avons proposés une nouvelle implantation des panneaux photovoltaïques sur le tube principal du pivot, en utilisant le logiciel SOLIDWORKS. Ce projet est encadré en collaboration entre l'université de Bordj Bou Arreridj et l'entreprise ANABIB Unité IRRAGRIS Irrigation de Bordj Bou Arreridj.

Après analyse et interprétation nous avons constaté que le cas de l'intégration du système photovoltaïque avec des batteries de compensation est le meilleurs choix. En effet, les batteries de compensation sont des batteries de faible capacité qui assurent l'alimentation électrique uniquement dans des heures spécifique ou l'éclaircissement est faible. En outre, ce choix nous permet de produire une énergie propre et peu coûteuse.

En fin, et pour éliminer les deux problèmes causés par l'implantation des panneaux solaires sur le sol à savoir l'occupation d'une partie de terrain agricole et l'effet néfaste de l'ombrage, nous avons proposé l'implantation des panneaux solaires sur le tube principal de la travée. Cette solution consistait à placer les panneaux solaires sur le tuyau d'irrigation, le panneau étant positionné à un angle de 10 degrés, et fixés au tuyau à l'aide d'une technologie simplifiée.