

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Mohamed Khider Biskra  
Faculté des Sciences et de la Technologie

Département de Génie Electrique  
Filière : Energies Renouvelables  
Option : Energie Solaire Photovoltaïque

Mémoire de Fin d'Etudes  
En vue de l'obtention du diplôme:

**MASTER**

***Thème***

**CONCEPTION D'UN SYSTEME PV/DIESEL  
NON AUTONOME POUR LE POMPAGE DE L'EAU**

Présenté par :  
ZEGRI Abdelmalek et Elhamdi Ayoub

Soutenu le : 05/10/2020

Devant le jury composé de :

<b>Dr. SAADI Aicha</b>	<b>Université de Biskra</b>	Président
<b>Dr. BEN MEDDOUR Mostefa</b>	<b>Université de Biskra</b>	Encadreur
<b>Dr. GHAMRI Ahmed</b>	<b>Université de Biskra</b>	Examineur

Année universitaire : 2019 / 2020

## RESUMER GENERALE :

En raison de la développement des technologies de pompage PV en peut aujourd'hui fournir l'eau pour divers activités quotidiennes dans des zones isolées ou loin du réseau électrique.

Dans ce mémoire, il a abordée une méthodologie incluse dans ces chapitres pour atteindre cet objectif, il est nécessaire d'étudier et analyser les caractéristiques de la zone qu'il veut couvrir en termes d'eau pour crée un système PV compatible.

Dans le premier chapitre un aperçu sur les différents composants d'un système photovoltaïque d'une manière générale a été présenté dans ce chapitre, dans le deuxième chapitre un analyse et dimensionnement de système PV (méthode analytique) de côtes électrique et hydraulique en plus les critère de choix des éléments et accessoires nécessaires pour la construction de ce système , un étude d'exemple d'application pour un cas de 12000 d'habitants, dans le troisième chapitre un comparaison de la théorie avec la simulation pour la pompage PV(avec l'utilisation de logiciel PVSYSYSTEM).

### ملخص عام:

نظرا لتطور تقنيات ضخ المياه باستعمال الطاقة الكهروضوئية اليوم, يمكن توفير المياه لمختلف الأنشطة اليومية في المناطق المعزولة أو البعيدة عن الشبكة الكهربائية.

في فصول هاته المذكورة تم إدراج المنهجية اللازمة لتحقيق هذا الهدف , فمن الضروري دراسة و تحليل خصائص المنطقة المراد تغطيتها من جانب المياه لإنشاء نظام كهر وضوئي مناسب ومتوافق معها.

في الفصل الأول , تم تقديم لمحة عامة عن مختلف المكونات الأساسية للنظام الكهروضوئي بشكل عام, وفي الفصل الثاني تم تحليل وتحديد النظام (الطريقة التحليلية) من الجانب الكهربائي والهيدروليكي بالإضافة إلى معايير اختيار العناصر والملحقات اللازمة لبناء هذا النظام وقد تم ساكن , أما في الفصل الثالث تمت مقارنة الحسابات النظرية مع الحسابات 12000 إدراج دراسة لمثال تطبيقي في حالة توفير المياه ل PVSYSYSTEM الخاصة بمحاكي الضخ الكهروضوئي (باستخدام برنامج

## REMERCIEMENTS

*Avant tout, nous remercions ALLAH, le tout puissant, de nous 'avoir donné le courage et la volonté pour accomplir ce travail de recherche.*

*Nous tenons à exprimer l'encadreur M.benmeddour Mostefa toute notre gratitude et notre gratitude pour la suggestion et la direction de ce travail, et ses qualités humaines et son esprit critique, en particulier ses conseils et instructions, ont grandement contribué aux résultats de ce travail.*

*Non loin de tout projet ambitieux, il y a des gens qui partagent sans s'autoriser leurs meilleurs et leurs pires moments. Ce sont des gens qui nous ont soutenus à chaque moment de notre faiblesse, et qui sans leur attention et leur gentillesse supplémentaires, nous ne serions pas ce que nous sommes aujourd'hui. En haut de la liste de ces personnes, nous placerons nos familles bien-aimées qui n'hésitent jamais à donner le meilleur d'eux-mêmes. Vient ensuite tous nos camarades de classe ainsi que tous nos amis qui nous ont aidés directement ou simplement par leur présence et leur soutien moral.*

## DEDICACE

*Au nom d'Allah, le Tout Miséricordieux, le Très Miséricordieux  
Tout d'abord je tiens à remercier le tout puissant de m'avoir donné  
le courage et la patience pour arriver à ce stade afin de réaliser ce  
travail que Je dédie :*

*A ma très chère mère, qui n'a jamais cessé de prier pour moi.  
A mon très cher père, pour ses encouragements. A mes très chers  
frères.*

*A toute ma grande famille : ZEGRI ET ELHAMDI*

*A mes meilleurs amis chacun à son nom.*

*A tous mes amis de master promotion D'ENERGIE  
RENOVLABLE*

*Spécialité : ENERGIE SOLAIR PHOTOVOLTAIIQUE.*

*A la fin je dédie très chaleureusement ce mémoire à mon  
enseignant*

*M. BENMEDDOUE MOSTEFA*

*A tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin pour la réalisation de  
ce  
Travail.*

# LISTE DES FIGURES

## **Chapiter: 01**

Figure 1.1: Cellule photovoltaïque .....	(4)
Figure 1-2 : Caractéristique courant – tension (I-V) d’une cellule photovoltaïque.....	(4)
Figure 1-3: Caractéristique puissance-tension (P-V).....	(5)
Figure 1-4 : Cellule monocristalline.....	(6)
Figure 1-5 : Cellule poly-cristalline.....	(6)
Figure 1-6 : Cellule amorphe.....	(6)
Figure 1-7 : schéma équivalent d'une cellule solaire.....	(7)
Figure 1-8 : influencel'ensoleillement.....	(8)
Figure 1. 9 : influence de la température sur la courbe.....	(9)
Figure1-10 : Schéma descriptif du système autonome.....	(10)
Figure 1-11 : Système hybride solaire / éolien/ groupe électrogène....	(10)
Figure 1-12 : Système photovoltaïque raccordé au réseau.....	(11)
Figure 1-13: Système de pompage solair.....	(11)
Figure 1.14 : Groupe électrogène diesel 125KVA/100KW.....	(12)

## **Chapitre : 02**

Figure 2.1 : Configuration générale d’un système de pompage photovoltaïque au fil du soleil.....	(16)
Figure 2.2 :Système de couplage en série .....	(18)
Figure 2.3 : Point de fonctionnement de pompes en série.....	(18)
Figure 2.4 : Système de couplage en parallèle.....	(18)
Figure 2.5 : Point de fonctionnement de pompe en parallèle.....	(19)
Figure 2.6: Schéma d’une pompe centrifuge.....	(20)
Figure 2.7 : longueurs d'un forage.....	(26)

# LISTE DES FIGURES

## **Chapiter: 03**

Figure 3.1 : Données géographique.....	(32)
Figure 3.2: données météorologiques.....	(32)
Figure 3.3 : Trajectoire du soleil à TAMANRASSET.....	(33)
Figure 3.4 : Positionnement des systèmes de panneaux PV.....	(34)
Figure 3.5: Schéma simplifié d'une installation PV raccordée au réseau....	(35)
Figure III. Figure 3.6 : Désignation du projet dans PVSYST.....	(35)
Figure 3.7 : paramètres de puits.....	(36)
Figure 3.8 : Configuration du système dans PVSYST.....	(37)
Figure 3.9: Configuration de la simulation dans PVSYST.....	(37)
Figure 3.10 : Caractéristique du module PV.....	(38)
Figure 3.11 Energie utile produite par la champ PV.....	(42)
Figure 3.12 : Distribution annuelle de l'irradiante incidente.....	(44)
Figure 3.13 : Distribution annuelle de la puissance en sortie du champ PV.	(44)
Figure. 3.14: Diagramme journalier d'Entrée/Sortie du système PV.....	(45)
Figure. 3.15: Diagramme débit fonction de l'irradiante incidente.....	(46)
Figure. 3.16: Diagramme débit fonction de la puissance de pompe.....	(46)

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau 1.1</b> : Rendement énergétique des différents types de cellules photovoltaïques.....	(7)
<b>Tableau 3.1</b> : Paramètres de simulation d'une installation PV (pompage d'eau)...	(40)
<b>Tableau 3.2</b> : Paramètres de simulation d'une system PV pour pompage d'eau.....	(41)
<b>Tableau 3.3</b> : Diagramme des pertes sur une année.....	(43)
<b>Tableau 3.4</b> : la comparisons.....	(47)

## SOMMAIRE

<b>Introduction générale.....</b>	<b>(1)</b>
<b>Chapitre 01 : Généralités sur les systèmes à énergie photovoltaïque</b>	
1.1-introduction.....	(3)
1.2-Energie solaire photovoltaïque .....	(3)
1.2.1- Irradiation solaire.....	(3)
1.2.2-Cellule photovoltaïque.....	(4)
1.2.3-Caractéristique courant – tension (I-V) d’une cellule photovoltaïqu....	(4)
1.2.4- Caractéristique puissance-tension (P-V).....	(5)
1.2.5- Type des cellules photovoltaïques.....	(5)
1.2.6-Caractéristique d'une cellule photovoltaïque.....	(7)
1.2.7-Influence de l’ensoleillement et de la température.....	(8)
1.2.7.1-Influence de l'ensoleillement.....	(8)
1.2.7.2-Influence de la température.....	(9)
1.3-Systèmes à énergie photovoltaïque.....	(9)
1.3.1-Système autonome.....	(9)
1.3.2-Système hybrides.....	(10)
1.3.3-Système P.V raccordé au réseau.....	(11)
1.3.4-Système photovoltaïque de pompage d’eau.....	(11)
1.4 -Groupe électrogène.....	(12)
1.4.1-Moteur Diesel.....	(12)
1.4.2-Utilisation.....	(13)
1.4.3-Fonctionnement.....	(13)
1.4.4-rendement.....	(13)
1.4.5-Régulation.....	(14)
1.6-conclusion.....	(14)
1.7-conclusion.....	(14)



## SOMMAIRE

### **Chapitre 2 : analyse et Dimensionnement d'une installation à pompage solaire (méthode analytique)**

2.1-introduction.....	(15)
2.2-Objectif .....	(15)
2.3- systèmes solaire et hydraulique.....	(15)
2.4-Les composants d'un système de pompage photovoltaïque.....	(16)
2.4.1-La régulateur de charges.....	(16)
2.4.2-L'onduleur.....	(17)
2.4.3-la pompe.....	(17)
2.4.3.1-Caractéristiques des pompes.....	<b>(17)</b>
2.4.3.2 Types de pompes photovoltaïques.....	<b>(19)</b>
2.5-Choix des appareils.....	(21)
2.5.1-Le groupe motopompe.....	(21)
2.5.2-Choix selon la moteur utiliser.....	(21)
2.5.3- Convertisseur de puissance (onduleur).....	(22)
2.5.4-Régulateur de charge.....	(22)
2.5.5- Les câbles .....	(22)
2.5.6- Les batterie .....	(23)
2.5.7- Les panneaux PV.....	(23)
2.6-Analyse de besoins en eau et en énergie et leur satisfaction.....	(25)
2.6.1-Évaluation des besoins en eau.....	(25)
2.6.2-Évaluation des besoins en énergie.....	(25)

## SOMMAIRE

2.6.2.1- Étude d'un cas pour l'application pour 12000 habitants...	(25)
2.6.3- Calcule des caractéristiques de régulateur:.....	(29)
2.6.4- Calcule des caractéristiques d'onduleur: .....	(29)
2.6.5-calcul de l'autonomie.....	(30)
2.6.6- la section de câble.....	(30)
2.7-conclusion.....	(30)
<b>Chapitre 3 : Comparaison la théorique avec la simulation pour pompage pv</b>	
3.1-introduction.....	(31)
3.2- Présentation de logiciel de simulation PVSYST.....	(31)
3.2.1-Site d'implantation.....	(31)
3.2.2-Trajectoire du soleil.....	(33)
3.2.3- Orientation des modules PV.....	(34)
3.2.4-Schéma de l'installation PV pour pompage d'eau.....	(35)
3.2.5-Gestion d'un projet donne (système pompage).....	(35)
3.2.6-Paramètres de puits.....	(36)
3.2.7-Conception /dimensionnement du système.....	(36)
3.3- Parameters de simulation.....	(37)
3.3.1-Caractéristique du module PV.....	(38)
3.3.2- Caractéristique de la pompe.....	(39)
3.3.3- Répartition d'un champ.....	(39)
3.4-Résultat de simulation numérique.....	(41)
3.5-La comparaison.....	(47)
<b>Conclusion générale</b> .....	(49)

SOMMAIRE

**Bibliographie** .....(50)

## INTRODUCTION GENERAL

La production d'énergie est un défi de grande importance pour les années à venir, en effet l'énergie est un facteur essentiel au développement économique, dans tous les pays du monde. Son importance relative s'accroît avec les progrès techniques, l'industrialisation et le besoin de confort moderne. L'augmentation de sa production est synonyme d'amélioration de la qualité de vie et de création de richesse [5],[6].

De nos jours, une grande partie de la production mondiale d'énergie est assurée à partir des énergies fossiles, la consommation des ces sources donne lieu à des émissions de gaz à effet de serre et donc une augmentation de la pollution. Le danger supplémentaire est qu'une consommation excessive du stock de ressources naturelles réduit les réserves de ce type d'énergie de façon dangereuse pour les générations futures, et aussi face aux multiples crises économiques et pétrolières la science s'est intéressée aux ressources dites renouvelables qui constituent un secteur stratégique et occupent une place privilégiée dans les domaines de recherche et développement [7],[5].

Notons que l'Algérie dispose d'un des gisements solaires les plus importants du monde. La moyenne annuelle d'insolation dépasse les 3000 heures. C'est aussi le plus important de tout le bassin méditerranéen avec 169440TWh/an. L'énergie solaire moyenne reçue est de 1700 kWh/m<sup>2</sup>/an au niveau des régions côtières ; 1900 kWh/m<sup>2</sup>/an dans les Hauts-Plateaux et 2650kWh/m<sup>2</sup>/an au Sahara. Notre pays peut donc couvrir certains de ses besoins en énergie par les systèmes photovoltaïques [8].

Par ailleurs aujourd'hui nous distinguons plusieurs sources d'énergies renouvelables : l'énergie Hydroélectrique, l'énergie géothermique, l'énergie de la biomasse, l'énergie éolienne et l'énergie photovoltaïque (qui sera étudiée dans ce mémoire). L'avantage principal de ces énergies renouvelables est que leurs utilisations ne polluent pas l'atmosphère et elles ne produisent pas de gaz à effet de serre comme le dioxyde de carbone et les oxydes d'azote qui sont responsables du réchauffement de la terre. Notre étude est réservée à l'installation d'un système solaire qui alimente un bâtiment d'équipement électrique L'énergie photovoltaïque est une possibilité de développement efficace et durable. C'est pour cela que les recherches scientifiques se développent dans le sens de généraliser, améliorer et optimiser l'exploitation des systèmes solaires. L'optimisation des systèmes solaires est basée sur des critères de dimensionnement et de maximisation de la puissance générée pour avoir un bon rendement.

## INTRODUCTION GENERAL

Dans nos jours la demande en eau est plus en plus très importante, particulièrement dans les zones rurales ou les sites isolée où l'accès de l'énergie classique est difficile.

Aujourd'hui le pompage solaire photovoltaïque est le meilleur solution pour ce problème ca l'avantage principal de ce énergie

Le premier chapitre est consacré aux généralités sur l'énergie solaire. Nous présentons tout d'abord, un état de l'art l'énergie solaire photovoltaïque qui nous présentons les systèmes qui sont actuellement établis dans la pratique.,

Le deuxième chapitre est conception te dimensionnement d'un système PV/diesel pour pompage d'eau.

Le troisième chapitre est comparaison de la théorique avec la simulation pour pompage PV.

## 1.1-introduction :

Devant la demande croissante de l'énergie électrique, essentiellement pour les sites isolés (régions sahariennes, régions montagneuses), où le raccordement au réseau électrique public est très coûteux, l'énergie solaire photovoltaïque constitue la solution la plus avantageuse. Car elle est inépuisable, propre et offre une grande sécurité d'utilisation.

Les systèmes photovoltaïques ne nécessitent aucun apport extérieur de combustible. De plus, le générateur lui-même ne contient aucune pièce mobile et ne requiert donc pratiquement pas d'entretien. Par conséquent, les coûts d'opération et de maintenance sont relativement faibles.

Pour ces raisons, cette source d'énergie convient particulièrement bien pour les utilisations en milieu rural. Où les populations sont réparties dans de petites communautés et la demande énergétique est relativement faible.

## 1.2-Energie solaire photovoltaïque :

L'énergie solaire photovoltaïque désigne l'électricité produite par transformation d'une partie du rayonnement solaire dans une cellule photovoltaïque. Plusieurs cellules sont reliées entre elles et forment un panneau solaire (ou module photovoltaïque). Plusieurs modules regroupés forment un champ photovoltaïque.

### 1.2.1- Irradiation solaire :

L'irradiation (Ensoleillement ou éclairage) est définie comme une puissance reçue par une surface. Il s'exprime en  $W/m^2$  (watt par mètre carré).

L'irradiation ou rayonnement est l'énergie reçue par une surface. Elle s'exprime en ( $J \cdot m^{-2}$ )

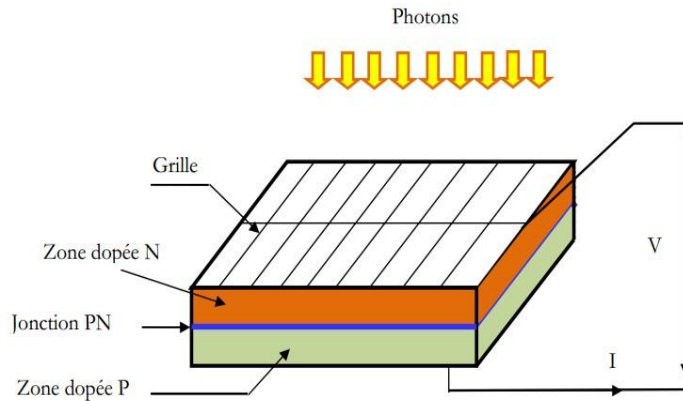
(Joule par mètre carré). [1]

D'autres unités plus courantes sont le  $Wh/m^2$  (wattheure par mètre carré) Signalons que, l'irradiation solaire dépend de :

- l'orientation et l'inclinaison du panneau solaire.
- la latitude du lieu et son degré de pollution.
- la période de l'année.
- l'instant considéré dans la journée.
- la nature des couches nuageuses.
-

### 1.2.2-Cellule photovoltaïque :

Une cellule photovoltaïque est conçue en se basant sur le phénomène physique appelé « effet Photovoltaïque ». Une force électromotrice apparaît lorsque la surface de cette cellule est exposée à la lumière. La tension générée peut varier entre 0.3 V et 0.7 V en fonction du matériau utilisé, sa disposition, température de la cellule ainsi que le vieillissement de la cellule. [2].

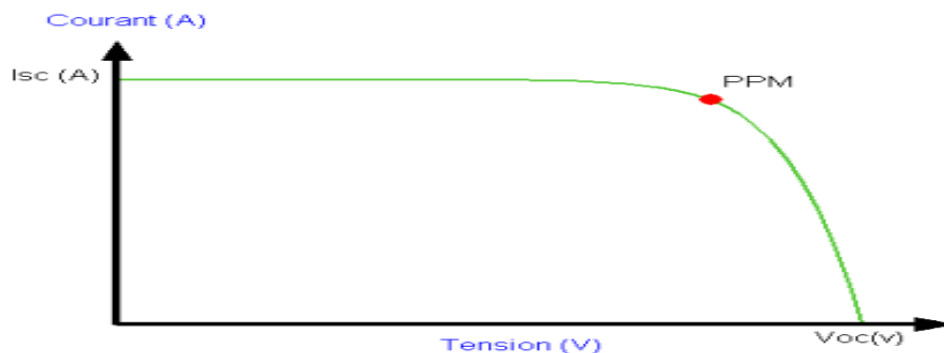


**Figure 1-1 :** Cellule photovoltaïque

Une cellule photovoltaïque est réalisée à partir de deux couches de silicium, une dopée P et l'autre couche dopée N créant ainsi une jonction PN avec une barrière de potentiel comme montré dans la figure précédente.

Lorsque les photons sont absorbés par le semi-conducteur, ils transmettent leur énergie aux atomes de la jonction PN de telle sorte que les électrons de ces atomes se libèrent et créent des électrons (charges N) et des trous (charges P). Ceci crée alors une différence de potentiel entre les deux couches. Cette différence de potentiel est mesurable entre les connexions des bornes positives et négatives de la cellule.

### 1.2.3-Caractéristique courant – tension (I-V) d'une cellule photovoltaïque :



**Figure 1-2 :** Caractéristique courant – tension (I-V) d'une cellule photovoltaïque :

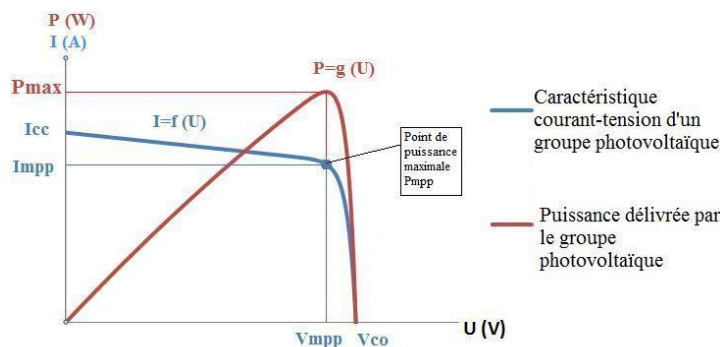
Comme nous le voyons sur la **figure1-4** la cellule solaire PV est caractérisée par la courbe I(V) non linéaire qui dépend particulièrement des conditions d'ensoleillement et de température. Cette courbe nous informe sur trois points importants : [2]

- Le point de fonctionnement optimal PPM (la puissance maximale de la cellule).
- Le point du courant maximal (I). Il se produit lorsque les bornes de la cellule sont court-circuitées. Il est appelé courant de court-circuit (I).
- Le point de la tension maximale de la cellule (V), (environ 0.6 V) pour un courant nul. Cette tension est nommée tension de circuit ouvert (V).

**1.2 .4- Caractéristique puissance-tension (P-V) :**

La puissance crête d'une cellule PV, notée Wc (Watt crête) ou Wp (Watt peak) représente la puissance électrique maximum délivrée dans les conditions suivantes dites conditions standard :[2]

- éclairement solaire de 1 kW / m<sup>2</sup> ;



- température de la cellule PV égale à + 25 °C.

**Figure 1-3:** Caractéristique puissance-tension (P-V)

**1.2.5- Type des cellules photovoltaïques**

Il existe différents types de cellules photovoltaïques, et chaque type possède un rendement et un coût qui lui est propre. Cependant, quel que soit leur type, leur rendement reste assez faible : de 8 à 23% de l'énergie qu'elles reçoivent.

Il existe trois principaux types de cellules à l'heure actuelle et sont [3] :

- **Cellules monocristallines :** Ce sont celles qui ont le meilleur rendement mais aussi le cout le plus élevé





Figure 1-4 : Cellule monocristalline

- **Cellules poly-cristallines** : Leurs coût de fabrication est moins important, vu leur conception facile. Cependant leur rendement est plus faible.

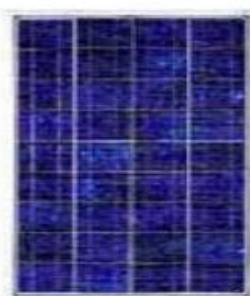


Figure 1-5 : Cellule poly-cristalline.

- **Cellules amorphes** : Elles ont un faible rendement, mais ne nécessitent que de très faibles épaisseurs de silicium et ont un coût peu élevé. Elles sont utilisées couramment dans de petits produits de consommation telle que des calculatrices solaires ou encore des montres.



Figure 1-6 : Cellule amorphe.

-Le tableau suivant présente les différents types de cellules avec leurs rendements :..

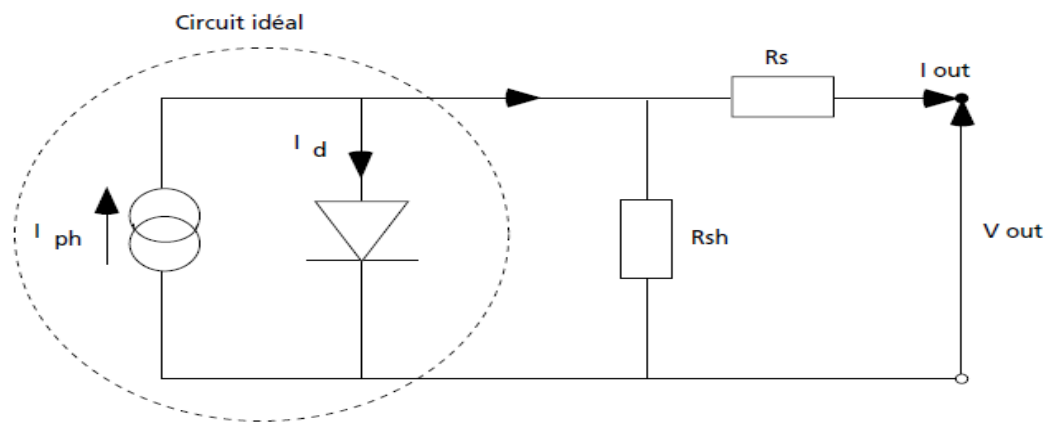
Type de cellules	Rendements des cellules (%)			Domaines d'application
	théorique	en labo.	disponible	
Silicium monocristallin	27	24.7	14-16	modules de grandes dimensions pour toits et façades, appareils de faibles puissances, espace (satellites)

Silicium poly cristalline	27	19.8	12-14	modules de grandes dimensions pour toits et façades, générateurs de toutes tailles (reliés réseau ou sites isolés)
Silicium amorphe	25	13	6-8	appareils de faible puissance, production d'énergie embarquée (calculatrice, montre.) modules de grandes dimensions (intégration dans le bâtiment)

**Tableau 1.1 :** Rendement énergétique des différents types de cellules photovoltaïques

**1.2.6- Caractéristique d'une cellule photovoltaïque**

-Le schéma équivalent d'une cellule photovoltaïque est représenté sur la figure (1.6) :



**Figure 1.7:** schéma équivalent d'une cellule solaire.

Pour une cellule idéale, le courant électrique débité par la cellule s'exprime par :

$$I(V) = I_{ph}(f) - I_d(V)$$

Où:

- $I(V)$  : courant disponible ;
- $V$  : tension aux bornes de la jonction ;
- $I_{ph}(\theta)$  : courant produit par la photopile, ce courant est proportionnel au flux lumineux  $(\theta)$  ;
- $I_D(V) = I_s \cdot e^{\frac{q \cdot V - 1}{J \cdot K \cdot T}}$ 
  - $\frac{K \cdot T}{q}$  vaut 26 mV à 300 K pour le silicium ;
  - $J$  : coefficient d'idéalité de la diode ;

- $I_s$  : courant de polarisation de la diode.

Cette représentation schématique de la photopile est idéalisée. Une photopile comporte en réalité une résistance série ( $R_s$ ) et une résistance en dérivation ou shunt ( $R_{sh}$ ).

Ces résistances auront une certaine influence sur la caractéristique de la photopile :

- la résistance série est la résistance interne de la cellule; elle dépend principalement de la résistance du semi-conducteur utilisé, de la résistance de contact des grilles collectrices et de la résistivité de ces grilles ;
- la résistance shunt est due à un courant de fuite au niveau de la jonction ; elle dépend de la façon dont celle-ci a été réalisée.

### 1.2.7-Influence de l'ensoleillement et de la température

#### 1.2.7.1-Influence de l'ensoleillement

Nous avons vu que le courant produit par la photopile ( $I_{ph}$ ) est pratiquement proportionnel au flux lumineux ( $\phi$ ). Par contre, la tension (V) aux bornes de la jonction varie peu car elle est fonction de la différence de potentiel à la jonction N-P du matériau lui-même (pour le silicium monocristallin, elle est de 590 mV pour  $T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$ ). La tension de circuit ouvert ne diminuera que légèrement avec le flux lumineux. Ceci implique donc que :

- la puissance optimale de la cellule ( $P_m$ ) est pratiquement proportionnelle à l'éclairement ;
- les points de puissance maximale se situent à peu près à la même tension (voir figure

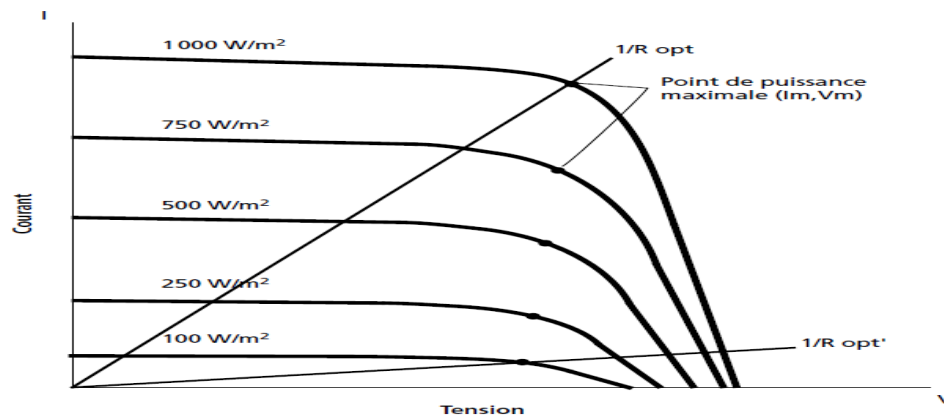


Figure 1.8 : influence de l'ensoleillement

### 1.2.7.2-Influence de la température

La température est un paramètre important dans le comportement des photopiles, ne serait-ce que parce qu'une cellule exposée à une irradiance de  $1\text{kW/m}^2$  n'en transforme en électricité que 12% au plus, le reste étant réfléchi (6 à 8%) ou dissipé en chaleur (80 à 82 %). Ainsi, si la photopile n'est pas correctement ventilée, elle peut monter très haut en température et ses performances électriques peuvent se dégrader.

La figure 1.9 montre l'influence de la température sur la courbe de puissance d'une photopile.

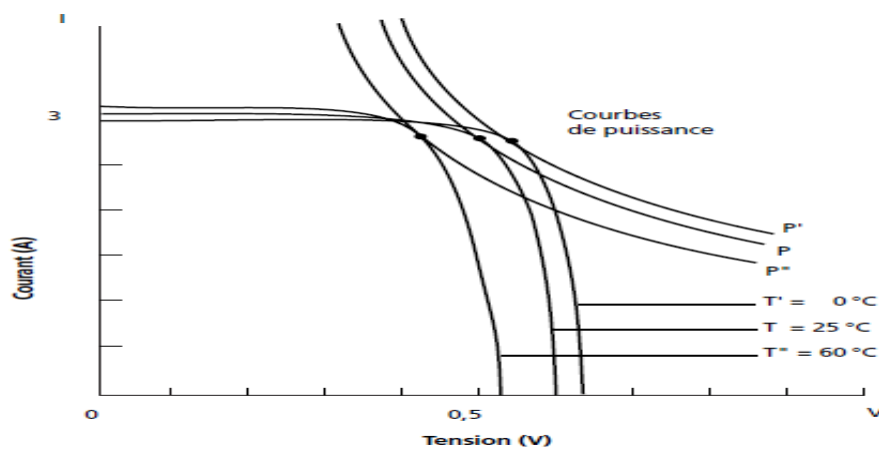


Figure 1.9: influence de la température sur la courbe

## 1.3-Systèmes à énergie photovoltaïque :

### 1.3.1-Système autonome

Une installation photovoltaïque autonome est une installation qui produit de l'électricité grâce au soleil, mais qui fonctionne indépendamment du réseau électrique, ils peuvent comporter des accumulateurs qui emmagasinent l'énergie produite par les modules au cours de la journée servant la nuit ou lors des périodes où le rayonnement solaire est insuffisant. Ces systèmes peuvent également répondre aux besoins d'une application (par exemple, le pompage de l'eau) sans recours aux accumulateurs. En règle générale, les systèmes PV autonomes sont installés là où ils constituent la source d'énergie électrique la plus économique.

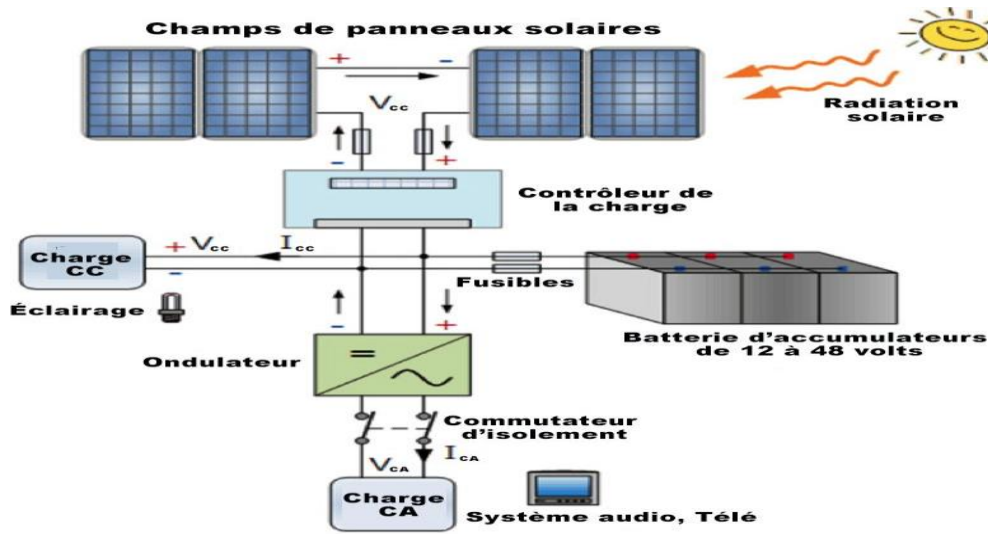


Figure 1.10: Schéma descriptif du système autonome.

1.3.2-Système hybrides :

Les systèmes hybrides, qui sont également indépendants des réseaux de distribution d'électricité, sont composés d'un générateur photovoltaïque combiné à d'autres générateurs (éolienne, groupe électrogène, hydraulique ...etc.). Un tel système s'avère un bon choix pour les applications qui nécessitent une alimentation continue d'une puissance assez élevée, lorsqu'il n'y a pas assez de lumière solaire à certains moments de l'année, ou si on désire diminuer notre investissement dans les champs de modules photovoltaïques et les batteries d'accumulateurs.

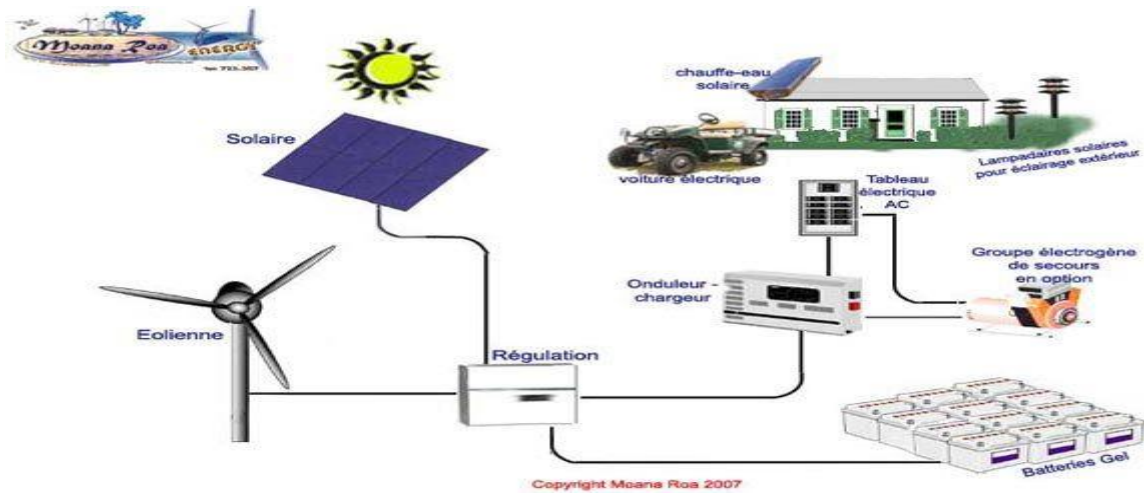


Figure 1.11 : Système hybride solaire / éolien/ groupe électrogène

### 1.3.3-Système P.V raccordé au réseau :

Le courant généré peut être utilisé localement et les surproductions sont injectées au réseau. La centrale de distribution électrique se charge également d'équilibrer l'offre et la demande.

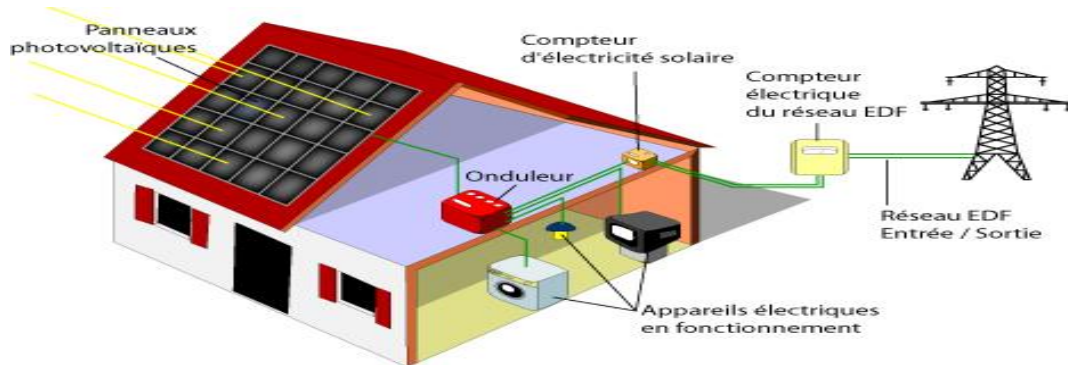


Figure 1.12: Système photovoltaïque raccordé au réseau

### 1.3.4-Système photovoltaïque de pompage d'eau

Le pompage solaire représente la solution idéale pour l'approvisionnement en eau partout où le réseau électrique est absent (alimentation en eau pour un usage domestique, pour l'irrigation agricole, ...etc.). D'autre part, l'énergie photovoltaïque ne présente aucun risque de pollution de l'eau, contrairement aux générateurs diesel où des écoulements de combustible peuvent se produire.

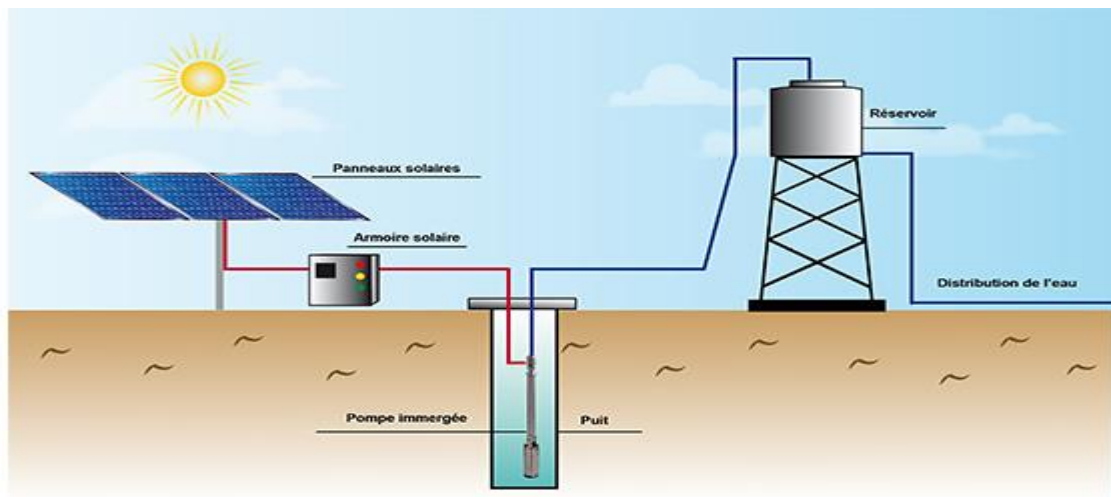


Figure 1.13: Système de pompage solaire

## 1.4-Groupe électrogène

Un groupe électrogène est un dispositif autonome capable de produire de l'électricité. La plupart des groupes sont constitués d'un moteur thermique qui actionne un alternateur. Leur taille et leur poids peuvent varier de quelques kilogrammes à plusieurs dizaines de tonnes. La puissance d'un groupe électrogène s'exprime en VA (voltampère), kVA (kilovoltampère) ou MVA (mégavoltampère) selon la puissance. Les unités les plus puissantes sont mues par des turbines à gaz ou de gros moteurs Diesel. [4]



Figure 1.14: Groupe électrogène diesel 125KVA/100KW

### 1.4.1-Moteur Diesel

Le **moteur Diesel**, appelé également **moteur à allumage par compression**, est un **moteur à combustion et explosion** dont la combustion est déclenchée lors de l'**injection** de carburant dans la **chambre de combustion**, par un phénomène d'**auto-inflammation** lié aux températures élevées dans la **chambre de combustion**. Celles-ci sont atteintes grâce à un fort **taux de compression** (rapport volumétrique de 14 à 25:1), permettant d'obtenir une température de 700 à 900 °C. Pour le démarrage des petits moteurs, des **bougies de préchauffage** sont souvent utilisées pour permettre un meilleur démarrage à froid, en créant un **point chaud** dans la **chambre de combustion**. Pour les moteurs de bateaux et les gros moteurs fixes à **fioul lourd**, on chauffe celui-ci à haute température pour permettre le démarrage.

Il tire son nom des travaux de l'ingénieur allemand **Rudolf Diesel** de 1893 à 1897.

Le moteur Diesel peut être soit à **deux temps** (surtout sur les navires, avec suralimentation par compresseur et injection pneumatique) soit à **quatre temps** comme sur les camions. [4]

#### 1.4.2-Utilisation

Les groupes électrogènes sont utilisés soit dans les zones que le réseau de distribution électrique ne dessert pas, soit pour pallier une éventuelle coupure d'alimentation électrique de celui-ci. Dans le deuxième cas, ils sont alors souvent utilisés en complément d'une alimentation sans interruption constituée d'une batterie d'accumulateurs qui alimente un onduleur. Ces dispositifs sont généralement utilisés dans des situations où l'interruption de l'alimentation électrique entraîne des conséquences graves ou des pertes financières, par exemple dans les hôpitaux, l'industrie y compris l'industrie agro-alimentaire, les aéroports, les centres informatiques, les pompiers pour les interventions, etc. [4]

#### 1.4.3-Fonctionnement

Ils fonctionnent à partir de tous les carburants. Les plus fréquents sont l'essence, le gazole, le gaz naturel, le GPL, les biocarburants et pour les plus puissants le fioul lourd.

Le groupe peut être mis en fonctionnement de différentes manières : manuellement, électriquement ou grâce à l'air comprimé, selon la puissance. [4]

#### 1.4.4-Rendement

**rendement** des groupes électrogènes croît avec leur puissance, mais reste limité au maximum que permet le **cycle de Carnot**, duquel doivent être soustraites les pertes mécaniques et électriques dans l'alternateur et la transmission. En particulier, les groupes de puissance modérée se caractérisent par un médiocre rendement et une consommation élevée.



Par exemple, pour un produit commercial qui délivre 5 500 W, mû par un moteur à essence de 9,55 kW qui consomme environ 2,5 L de carburant à l'heure lorsqu'il est utilisé à  $\frac{2}{3}$  de sa puissance nominale (soit 3 600 W) : compte tenu des pertes thermiques inévitables dans les moteurs à combustion interne, il en résulte un rendement n'excédant pas 40 % (sources fiches constructeurs) du pouvoir calorifique du carburant. [4]

#### 1.4.5-Régulation

Un groupe électrogène moderne est équipé de deux régulations. La tension de sortie est stabilisée (par exemple : 230 V) par un dispositif électronique qui agit sur l'[alternateur](#). La vitesse de rotation du moteur et donc de l'alternateur doit aussi rester constante afin de garantir constantes la fréquence et la tension de sortie (50 Hz en Europe). Cette régulation se fait grâce à un dispositif centrifuge analogue au [régulateur à boules](#) de [James Watt](#) qui commande directement le carburateur ou la pompe d'injection. Un dispositif à induction fondé sur les [courants de Foucault](#) tel que celui qui équipe les anciens indicateurs de vitesse des automobiles, ou un système électronique peuvent encore remplir cette fonction. [4]

#### 1.6-conclusion

Le caractère modulaire des panneaux solaire, la simplicité de l'installation, sa qualité de système écologique sont les points forts qui encouragent à utiliser les systèmes à énergie photovoltaïque, notamment dans les sites isolés, là où l'énergie conventionnelle (offerte par SONEGAS) ne parvient pas.

## **2.1-introduction :**

Le déficit en eau potable est une réalité dans les zones rurales des pays en voies de développement. Cela est encore plus accentué dans les zones désertiques et semi-désertiques où les populations vivent au quotidien le manque d'eau potable. La recherche de solutions adéquates est impérative pour l'amélioration des conditions de vie dans ces zones. Pour cela le pompage solaire photovoltaïque(PV) apparait comme une solution idéale pour remédier à ce problème partout où le réseau électrique serait absent. Il est alors intéressant de savoir comment s'opère le choix de la pompe et de ses différents accessoires. Le choix de la pompe solaire se fait au terme d'un dimensionnement soigneusement élaboré par les techniciens et ingénieurs spécialisés dans le domaine du photovoltaïque. Ainsi nous disposons de deux méthodes de dimensionnement: une méthode graphique et une méthode analytique qui sera l'objet de notre étude. Elle prendra en compte l'évaluation des besoins d'eau, le calcul de l'énergie hydraulique nécessaire, la détermination de l'énergie solaire disponible et le choix des composants.

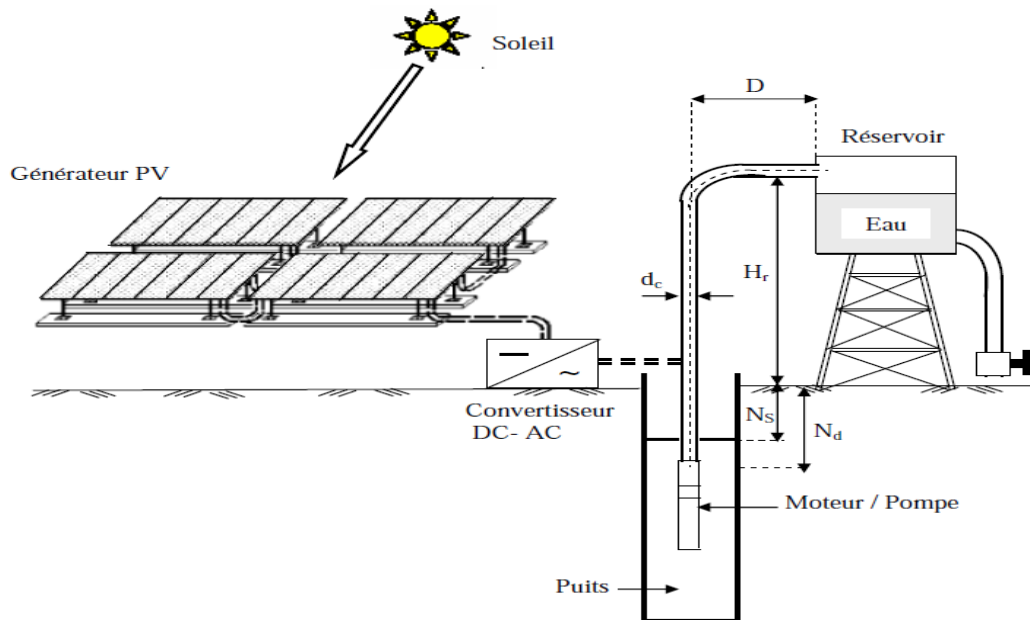
## **2.2-Objectif :**

L'objectif principal de l'étude est l'étude et la conception d'un système photovoltaïque /diesel pour le pompage de l'eau pour un village de 12000 habitants .

## **2.3- systèmes solaire et hydraulique:**

- Pour obtenir l'eau avec un système PV deux méthodes sont possibles:

a) Pompage au fil de soleil: il permet d'avoir un system PV simple fiable et moins couteuse (l'absence de batterie).Ici l'eau est pompée et stocker dans un réservoir au file de la journée; on parle alors d'un stockage hydraulique , l'eau stockée sera distribuée au besoin.



**Figure 2.1** : Configuration générale d'un système de pompage photovoltaïque au fil du soleil.

b) –Pompage avec stockage électrochimique (batteries): Ici c'es l'énergie électrique qui sera stockée dans des batterie , le pompage sera possible même en absence du soleil ; mais le system soit plus couteuse ,vue la nécessité de changer les batterie

## 2.4-Les composants d'un système de pompage photovoltaïque

### 2.4.1-La régulateur de charges:

ou bien contrôleur de charges sert a optimiser le courant et la tension de l'installation PV et permet d'augmenter la puissance des panneaux, il existe deux principaux types de régulateurs PWM et MPPT, le prix de ces appareils est liée aux critères techniques et de genre de matériaux de ces fabrication

Rq. un régulateur MPPT est un régulateur PWM mais ils sont les plus intelligents et ils fournissent plus de courant que les régulateurs PWM.

**2.4.2-L'onduleur:**

Est un dispositif qui permettant de générer une tension et un courant alternatifs a partir une source de courant continue (panneau solaire) ou bien le GBF(source de tension et de fréquence) , il existe deux genre d'onduleurs

- les onduleurs monophasés
- les onduleurs triphasés

**2.4.3-la pompe:**

On distingue deux grandes familles de pompes :

- Les pompes centrifuges où le mouvement du fluide est généré par la force centrifuge.
- Les pompes volumétriques dont l'écoulement résulte d'une variation de volume de l'espace occupé par le liquide.

**2.4.3.1-Caractéristiques des pompes**

- Débit =Volume de liquide pompé par unité de temps (l/s, m<sup>3</sup>/s, m<sup>3</sup>/h).
- Hauteur d'élévation totale ou Hauteur Manométrique Totale HMT notée H(m).

**-Couplage des pompes:**

Dans l'utilisation pratique des pompes, on recherche souvent soit à augmenter la hauteur HTM soit à augmenter le débit. Donc, deux possibilités existantes :

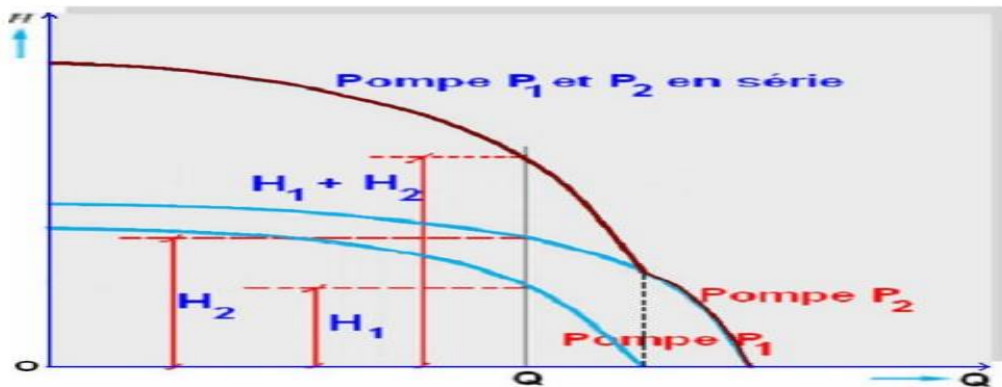
- Couplage en série
- Couplage en parallèle

**a-Couplage en série:**



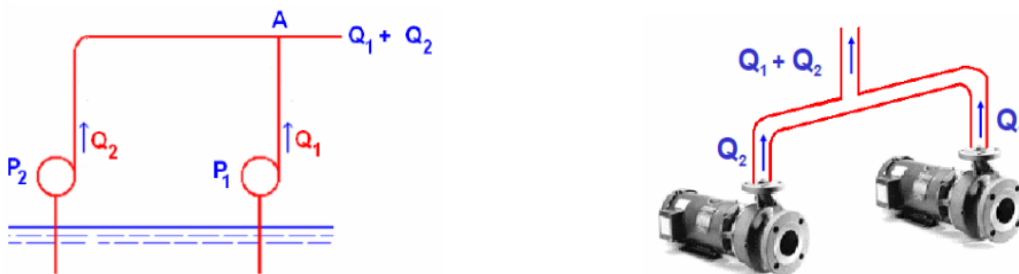
**Figure 2.2 :** Système de couplage en série.

-Le système couplé fournit est :  $H_1 + H_2$  avec un débit  $Q$



**Figure 2.3:** Point de fonctionnement de pompes en série.

**b-Couplage en parallèle:**



**Figure 2.4 :** Système de couplage en parallèle

Le système couplé fournit  $Q_1 + Q_2$  .

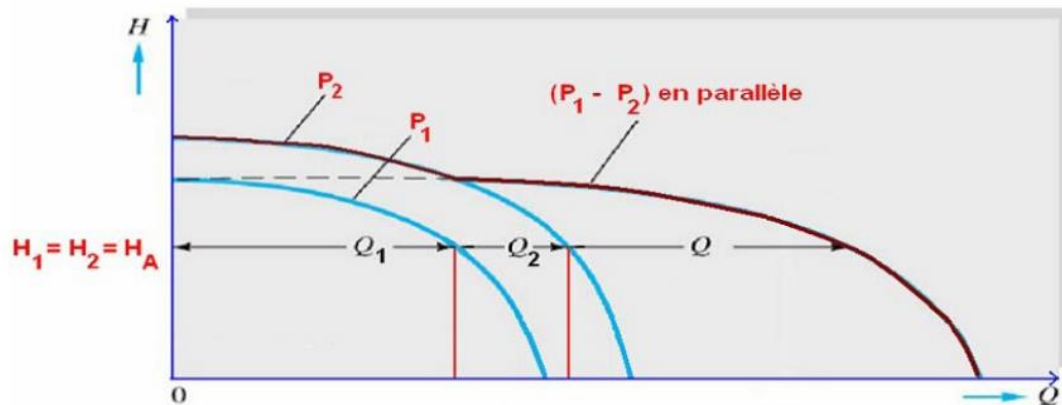


Figure 2.5 : Point de fonctionnement de pompe en parallèle.

#### 2.4.3.2 Types de pompes photovoltaïques:

Les pompes à eau sont habituellement classées selon leur principe de fonctionnement, soit de type volumétrique ou centrifuge. Outre ces deux classifications que nous décrirons plus loin, on distingue également deux autres types de pompes en fonction de l'emplacement physique de la pompe par rapport à l'eau pompée: La pompe à aspiration et la pompe à refoulement.

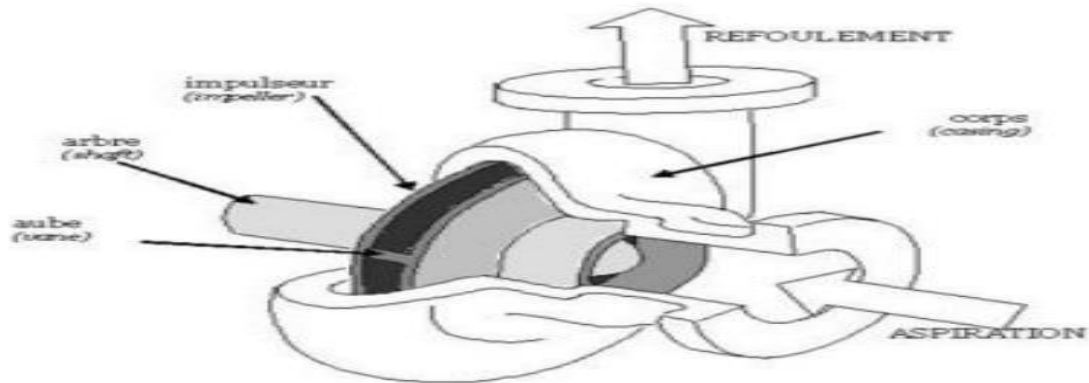
##### -Pompes centrifuges:

Ces pompes utilisent les variations de vitesse du fluide pompé pour obtenir un accroissement de pression. L'énergie mécanique du moteur est transmise au fluide. La vitesse donnée au fluide va fournir une énergie cinétique à celui-ci. L'énergie cinétique est ensuite transformée en énergie de pression.

Les caractéristiques des pompes centrifuges sont :

- Le couple d'entraînement de la pompe est pratiquement nul au démarrage. (Particulièrement intéressant dans le cadre de l'utilisation des modules photovoltaïques car la pompe tourne même par très faible ensoleillement) ;
- Il n'y a pas ou presque pas d'aspiration. Elles doivent être amorcées pour fonctionner de manière à éviter tout risque de destruction si fonctionnement à sec, certaines sont auto-amorçant,
- Peuvent être immergées ou de surface ;

- Plusieurs étages (cage + roue à ailettes) peuvent être superposés pour obtenir de g



ressions.

**Figure 2.6:** Schéma d'une pompe centrifuge.

#### **-Les pompes volumétriques:**

Utilisent les variations de volume du fluide pompé pour obtenir un accroissement de pression. Le fluide est d'abord aspiré par l'accroissement d'un volume puis refoulé par diminution de ce même volume. Les pompes volumétriques utilisées le plus couramment sont les pompes à pistons, à palettes et à engrenages. Leurs principaux atouts sont les suivants :

- Elles sont destinées aux faibles débits (inférieur à  $5\text{m}^3/\text{h}$ ) et aux grandes hauteurs,
- Elles ont de bons rendements, et les pompes de surface sont auto-amorçant,
- Le couple de démarrage d'une pompe volumétrique (de 3 à 5 fois le couple nominal) et la caractéristique  $I = f(V)$  de ce type de pompe font que son fonctionnement en direct sur un panneau photovoltaïque n'est pas économiquement viable. Pour pallier au problème de surdimensionnement du générateur résultant de cette inadaptation, un adaptateur d'impédance est utilisé pour permettre un rendement aussi élevé que possible de l'ensemble du système.

### **2.5-Choix des appareils:**

Un système de pompage PV est généralement constitué d'un générateur photovoltaïque, groupe motopompe, élément de commande (convertisseur DC/AC), élément de stockage (batterie)...

#### **2.5.1-Le groupe motopompe:**

Une pompe est une dispositif permettant d'aspirer et refouler un fluide . Les critères de choix d'une pompe peut se faire comme celui:

-choix selon la conception:

-Il existe deux types de pompe: celle centrifuge et volumétrique.

- **Choix selon la position:**

##### **a-Pompe de surface:**

c'est la position de la pompe par rapport au liquide a pomper ,elle posée on dehors de liquide a aspirer.

##### **b-Pompe immergée :**

- il-y a deux types:

- Pompe immergée avec moteur en monobloc
- Pompe immergée avec moteur en surface

#### **2.5.2-Choix selon la moteur utiliser:**

-**Moteur a courant continuer:**

le couplage est directe ou avec un adaptation du générateur (hacheur)

-**Moteur a courant alternatif :**



le moteur asynchrone est le plus utiliser dans ces systèmes (système pompage PV) a cause de son cout minimale . Leur fiabilité et simple maintenance.

### **2.5.3- Convertisseur de puissance(onduleur):**

Le choix de l'onduleur consiste a calculer le nombre des onduleurs nécessaires pour le générateur PV, dans les petits systèmes PV 1 onduleur sera suffisant , mais pour un plus grand système PV plus d'onduleurs peuvent être nécessaires.

-Un onduleur doit accomplir les condition suivantes:

- Tension d'entrée nominale (12v,24v,48v) avec un plage de variation admissible toléré par les constructeur.
- Tension de sortie (220v,380v)
- L'onduleur PV doit être de puissance plus grand a celle du système (puissance des récepteurs ) .

### **2.5.4-Régulateur de charge:**

- Tension du régulateur est celle des système PV.
- Le courant doit satisfait a celui donnée par le système avec une plage de variation admissible tolérée par le constructeur.

### **2.5.5- Les câbles :**

Le plupart d'installation PV fonctionne sous faible tension (12v a 48v) et courant relativement élevé . Or les pertes en lignes sont proportionnelles au carrée de l'intensité "  $R \cdot I^2$  " .

Pour le choix des section des câbles, on pourra se servir de calcule de la chute de tension "  $\Delta V = R \cdot I$  " or "  $R = (\rho \cdot L) / S$

Donc "  $S = (\rho \cdot L \cdot I) / \Delta V$  "

Où

- R:ressistance ( $\Omega$ )
- L: longueur de câbles(m)
- $\rho$  : résistivité( $\rho = 0.023 \Omega$  pour les câbles solaire)
- S: section du conducteur ( $\text{mm}^2$ )

#### 2.5.6- Les batterie :

Le choix des batterie ( capacité ) dépend des consommation journalier, de nombre de jour d'autonomie ,de la tension et du type de batterie. Elle s'exprime en "Ah" .

Calcule de la capacité:

$$" Cu = Nja * Bj = Nja * Ej "$$

Où

- **Cu** : capacité utile
- **Nja**: le nombre de jour d'autonomie sans apport solaire
- **Bj** :besoin journalier

#### 2.5.7- Les panneaux PV:

Calcul de la puissance crête:

$$" Eelect = Pc * Nh "$$

Où

**Eelect**: énergie électrique dans la journée (Wh/j)

**Nh**: nombre d'heures d'éclairement

**Pc**: puissance crête du panneau

Pour le calcul dans les condition idéals : On ne tient pas compte les pertes .  
Mais il convient d'ajouter un coefficient de pertes "Cp" qui variante entre  
0.6→0.9.

Le calcule pratique de la production des modules PV

$$" P_{crt} = E_{elect} / (E_j * C_p) "$$

Où

**E<sub>elect</sub>** =  $\sum E_i$  **elect** : produit dans la journée

**E<sub>j</sub>** = 6.46kWh/m<sup>2</sup>\*j

**C<sub>p</sub>** = 0.65

- **Le nombre de module est calculer par :**

$$"N = P_{crt} / P_{crt p}"$$

Où

**N**: nombre de module

**P<sub>crt p</sub>**: puissance crête du panneau

- **V système:**

Le choix de tension nominale d'un système dépend de la disponibilité du matériel , aussi la puissance et l'énergie nécessaire:

- a) La puissance crête <500 WC; donc la tension de système équivalent est de 12 V
- b) La puissance crête de 500 WC →2Kwc; donc la tension de système équivalent est de 24 V
- c) La puissance crête > 2Kwc; donc la tension de système équivalent est de 48 V

## 2.6-Analyse de besoins en eau et en énergie et leur satisfaction:

### 2.6.1-Évaluation des besoins en eau :

La détermination des besoins en eau pour la consommation d'une population donnée dépend essentiellement de son mode de vie, Ainsi, l'OMS estime que les besoins en eau nécessaires pour les zones rurales des pays pauvres sont de l'ordre de 20 – 50 litres par personne.

### 2.6.2-Évaluation des besoins en énergie :

Cette étape est important pour obtenir un système bien adapter, il faut remarque que tout exigence supplémentaire entrainera un augmentation de la puissance a mettre en œuvre sont plus des panneaux et plus de batteries, Pour le calcul d'énergie nécessaire nous faut applique la formule suivant:

$$Ec = (ch. * V * HMT) / \eta \text{ moto pompe}$$

Ou:

$$Ch = g * \rho = 9.81 * 1000 / 3600 = 2,725 \text{ kg s h m}^{-2}$$

$g$  = constante de la gravité

$\rho$  = la densité de l'eau

$V$ : volume d'eau

$HMT$ : hauteur manométrique

$\eta$ : rendement de groupe moto pompe

#### 2.6.2.1- Étude d'un cas pour l'application pour 12000 habitant:

##### a) calcul de besoin journalier :

50Lpar jour → 1 personne

$$Q = 12000 * 50 = 600000L/j$$

600000L/j → 12000 habitant

$$Q=600\text{m}^3/\text{j}$$

b) calcule de l'hauteur manométrique(HMT):

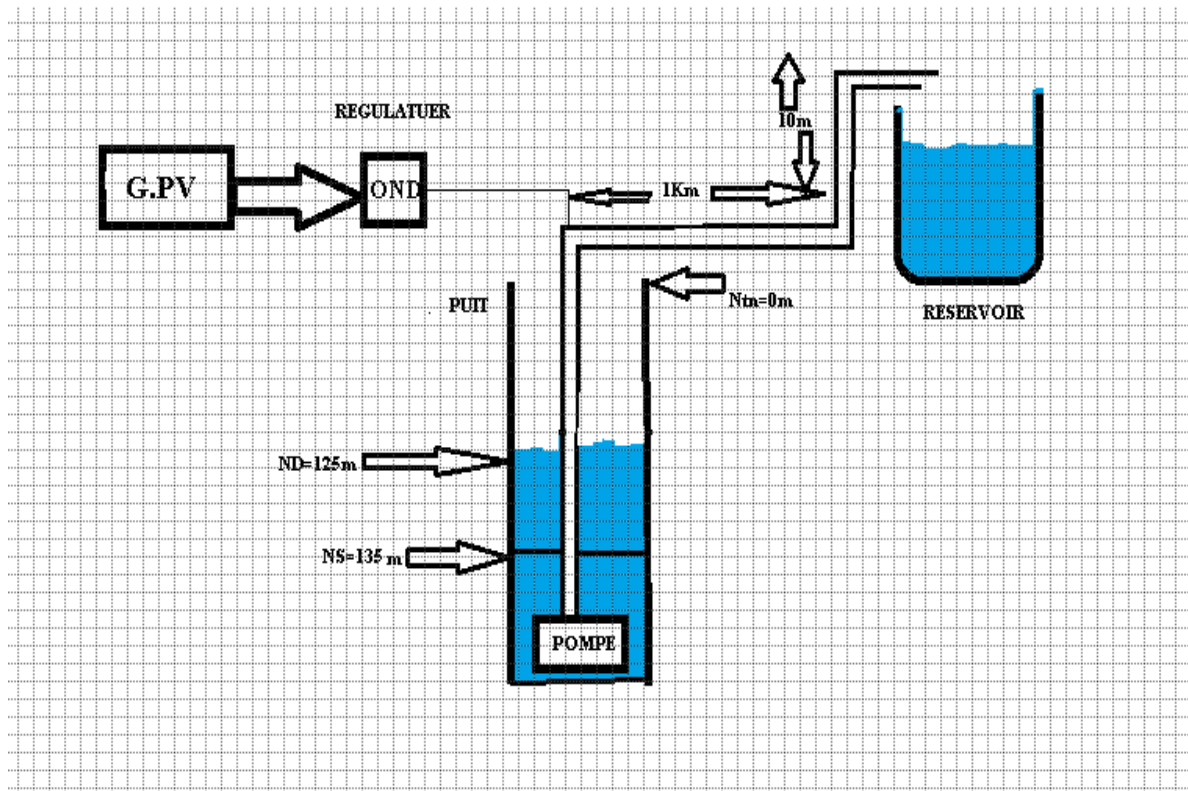


Figure 2.7 : longueurs d'un forage

$$HMT=H_g+ph$$

où  $H_g$  est la hauteur géométrique entre la nappe d'eau pompée (niveau dynamique) et le plan d'utilisation avec  $H_g = H_r + N_d$  tel que  $H_r$  est la hauteur du réservoir et  $N_d$  est le niveau dynamique.  $P_{ch}$  représente les pertes de charge produites par le frottement de l'eau sur les parois des conduites. Ces pertes de charge correspondent au plus à 10 % de  $H_g$  c'est-à-dire  $P_{ch}$

$$= 0,1 H_g.$$

**Donc:**

$$H_g=135+10=145m$$

$$p_h= 145*0.1=14.5$$

$$HMT=145+14.5\approx 160m$$

$$\mathbf{HMT=160m}$$

**c) Calcule de l'énergie hydraulique journalier :**

$$E_j=2.725*Q*HMT$$

$$E_j=2.725* 600*160$$

$$\mathbf{E_j=261600 Wh/j}$$

**d) Calcul de l'énergie consommée:**

$$E_c=E_j/\eta \text{ motopompe}$$

$$E_c=261600/0.72$$

$$E_c\approx 363333 Wh/j$$

$$\mathbf{E_c=363.33Kwh/j}$$

Où

$\eta$  motopompe: rendement de la pompe=0.72

**e) Calcule de puissance crête  $P_c$ :**

$$P_c=E_c/(C_p*E_{moy})$$

$$P_c=363.33/(0.65*6.46)$$

$$\mathbf{P_c=86.53Kwh}$$

Où

**Cp:** coefficient des pertes=0.65

**Emoy:** éclairement journalier moyenne = 6.46 kWh/m<sup>2</sup>\*j

**f) Calcule nombre des panneaux total:**

-On a choisit le panneau suivant qui a les caractéristique suivant:

Module poly cristallin, Puissance 280Wc,

U nominal= 30V.

Rendement = 13 %.

U opt= 36 V.

I opt= 4,72A à 25 °C.

I nom=7,083A.

$$N_{pt} = P_c / P_{cp}$$

$$N_{pt} = 8653 / 280$$

$$N_{pt} = 309.08$$

**N<sub>pt</sub>=310 panneaux**

**- Calcule nombre des panneaux série :**

-On a choisit l'Onduleur suivant qui a les caractéristique suivant:

Onduleur Type triphasés,

tension d'entrée 120V,

tension de sortie 470V

Rendement Kond =0.95

Donc

$$N_{ps} = V_{ond} / V_p$$

$$N_{ps} = 120 / 30$$

$$\mathbf{N_{ps} = 4}$$

**Vond**=la tension d'onduleur 120v

**Vp**=la tension de panneaux 30v

- **Calcule nombre des panneaux en parallèle :**

$$N_{pp} = N_{pt} / N_{ps}$$

$$N_{pp} = 310 / 4$$

$$\mathbf{N_{pp} = 77 \text{ panneaux}}$$

Où

**Npt**: nombre des panneaux total

**2.6.3- Calcule des caractéristiques de régulateur:**

Puissance de régulateur  $\geq 1.25 * P_c$  donc  $P_{reg.} \geq 110382 \text{ Kwh}$

Voltage de régulateur  $\geq V_{nom} * N_{ps}$  donc  $V_{reg.} \geq 120 \text{ V}$

Courant de régulateur  $\geq 1.2 * I_{nom} * 77$  donc  $I_{reg.} \geq 654 \text{ A}$

**2.6.4- Calcule des caractéristiques d'onduleur:**

Puissance d'onduleur  $\geq 1.25 * P_c$  donc  $P_{ond.} \geq 110382 \text{ Kwh}$



Voltage d'onduleur= 120v

### **2.6.5-calcul de l'autonomie:**

- On a le volume de réservoir 1900 m<sup>3</sup>
- Le volume qui doit distribuer chaque jour 600 m<sup>3</sup>/j
- Les jour d'autonomie doit être 3 jour lorsque la distribution est de 600m<sup>3</sup>, mais les jour d'autonomie augment au 6jour si la distribution soit 300m<sup>3</sup> (on informe le consommateur).

### **2.6.6- la section de câble:**

$$S=(\rho*L*I)/\Delta V$$

$$L=15 \text{ m}$$

$$\Delta V=0.48$$

$$S=(0.023*15*8.77)/ 0.48$$

$$\mathbf{S=6.3mm}$$

Cette valeur est pratiquement extrait des données climatique et géographique des sites sur la carte d'irradiation moyenne journalier .

## **2.7-conclusion**

La méthode analytique ou simple de dimensionnement d'une installation à pompage tient compte de certains paramètres comme par exemple l'évaluation des besoins en eau, le calcul de l'énergie hydraulique nécessaire, la détermination de l'énergie solaire disponible et le choix des composants. Cependant, elle exclut d'autres comme la configuration du générateur et ne détermine pas la probabilité de pertes de charges (PPC).

### **3.1-introduction :**

En énergie renouvelable, il est important de signaler qu'il faut respecter un certain nombre d'étapes. Ces dernières sont facilement déterminées si nous utilisons un logiciel relatif desimulation pour définir les différents éléments constituant un system PV.

Dans ce chapitre, nous avons simulé les cellules PV a partir de MATLAB SIMULINK ensuite nous présentons les résultats de simulation d'une centrale PV de puissance 300 KW, en utilisant une technologie de modules au silicium poly cristallin.

### **3.2- Présentation de logiciel de simulation PVSYST :**

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

#### **3.2.1-Site d'implantation**

Pour la simulation de notre projet de la centrale PV, nous avons choisi le site de TAMANRASSET ou les données géographiques et météorologiques sont incluses dans le logiciel PVSYST.

-Données géographique :

Geographical site parameters

Geographical Coordinates | Monthly meteo

Location

Site name:

Country:  Region:

Latitude:  Decimal   Deg. min. (+ = North, - = South hemisph.)

Longitude:    (+ = East, - = West of Greenwich)

Altitude:  M above sea level

Time zone:  Corresponding to an average difference

Legal Time - Solar Time = 0h 39m

Figure 3.1 :Données géographique

- données météorologiques :

Coordonnées Géographiques | Météo mensuelle

Site: **Tamanrasset (Algeria)**

Source des données:

	Irrad. Glob. kWh/m <sup>2</sup> .jr	Diffus kWh/m <sup>2</sup> .jr	Tempér. °C	Vit. vent m/s
Janvier	5.29	1.10	11.8	3.90
Février	6.32	1.14	13.8	4.20
Mars	7.00	1.52	17.4	4.40
Avril	7.43	1.80	21.8	4.50
Mai	7.26	2.10	25.4	4.40
Juin	7.80	1.93	28.1	4.50
Juillet	7.61	1.97	28.4	4.20
Août	7.06	2.00	27.9	4.10
Septembre	6.43	1.87	25.9	3.90
Octobre	6.03	1.48	22.3	3.90
Novembre	4.93	1.40	18.2	3.80
Décembre	4.58	1.23	13.8	3.80
<b>Année</b>	<b>6.46</b>	<b>1.63</b>	<b>21.2</b>	<b>4.1</b>

**Données requises**

Irradiation globale horizontale

Température ext. Moyenne

**Données supplémentaires**

Irradiation diffuse horizontale

Vitesse du vent

**Unités d'irradiation**

kWh/m<sup>2</sup>.jr

kWh/m<sup>2</sup>.ms

MJ/m<sup>2</sup>.jr

MJ/m<sup>2</sup>.ms

W/m<sup>2</sup>

Indice de clarté Kt

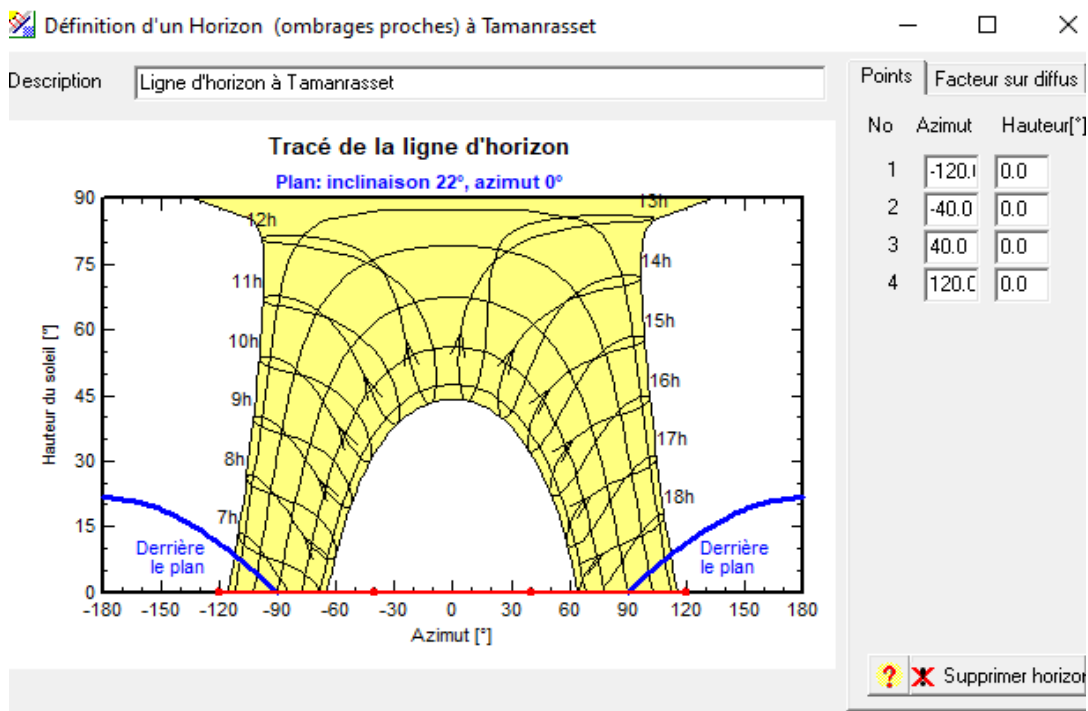
Par défaut (de NASA-SEE)

Figure 3.2: données météorologiques

-Ces données résument les caractéristiques climatiques du site TAMANRASSET.

**3.2.2-Trajectoire du soleil :**

La connaissance du mouvement apparent du soleil pour un point donné de la surface terrestre est nécessaire pour toute application solaire. La position du soleil est définie par deux angles : sa hauteur HS (angle entre le soleil et le plan horizontal du lieu) et son Azimut AZ (angle avec la direction du sud, compté négativement vers l’est).



**Figure 3.3 :** Trajectoire du soleil à TAMANRASSET.

-Simulation d’une pompe PV avec le logiciel PVSYST La simulation détaillée d’un système PV comporte :

- Le choix des composants (panneaux PV, onduleur, matériel de raccordement, ...)
- La disposition détaillée du champ de capteurs (orientation, mode de montage, ...etc.).

- L'estimation de l'énergie produite ;
- Une évaluation des couts de l'installation, et le prix de KWh résultant.

### 3.2.3- Orientation des modules PV

Vu le prix élevé des modules PV, il est nécessaire de choisir des orientations Et inclinaisons favorables à la production d'énergie. Pour la simulation en technologie de silicium poly cristallin, nous avons choisi un plan Incliné fixe d'une inclinaison  $22^\circ$  (par rapport à l'horizontale) comme l'illustre la figure 32° c'est l'inclinaison optimale donnée par le logiciel PVSYST, en dehors de cette dernière le rendement diminue.

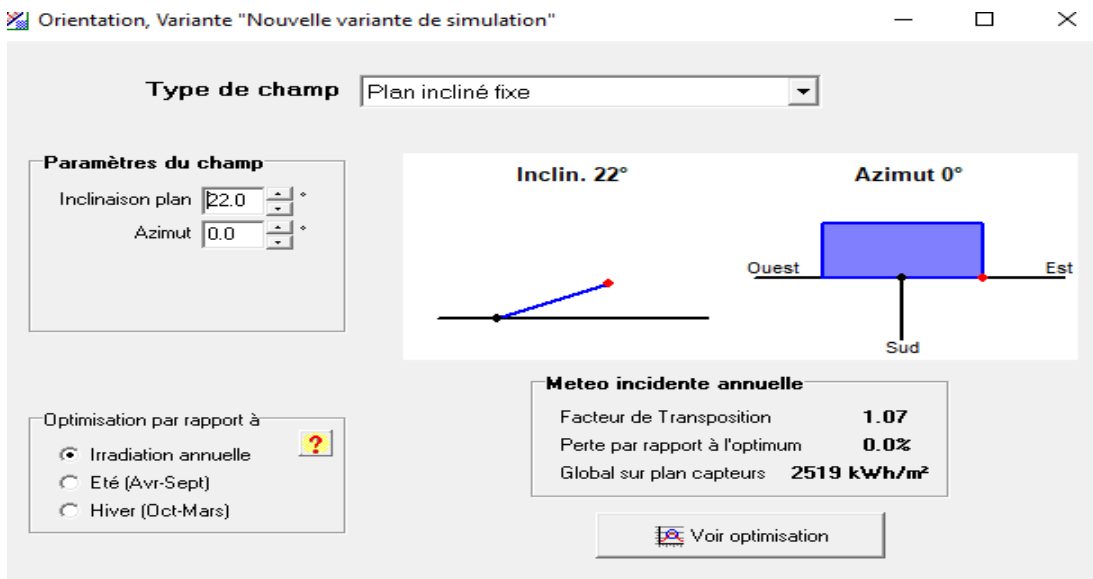


Figure 3.4 : Positionnement des systèmes de panneaux PV.

3.2.4-Schéma de l'installation PV pour pompage d'eau :

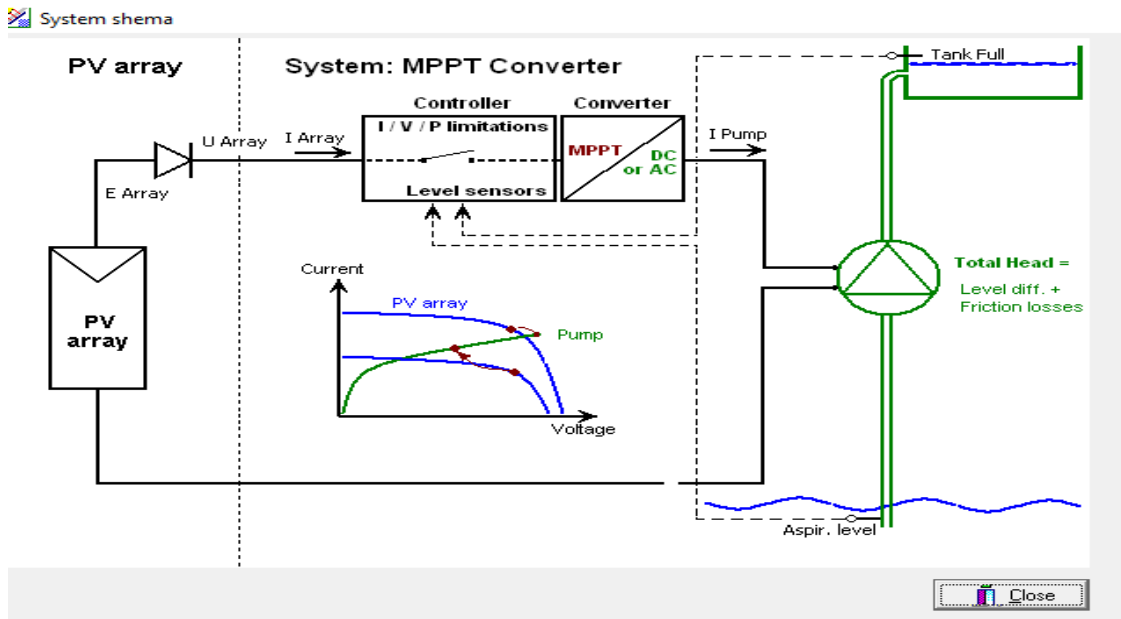


Figure 3.5: Schéma simplifié d'une installation PV raccordée au réseau.

3.2.5-Gestion d'un projet donne (système pompage)

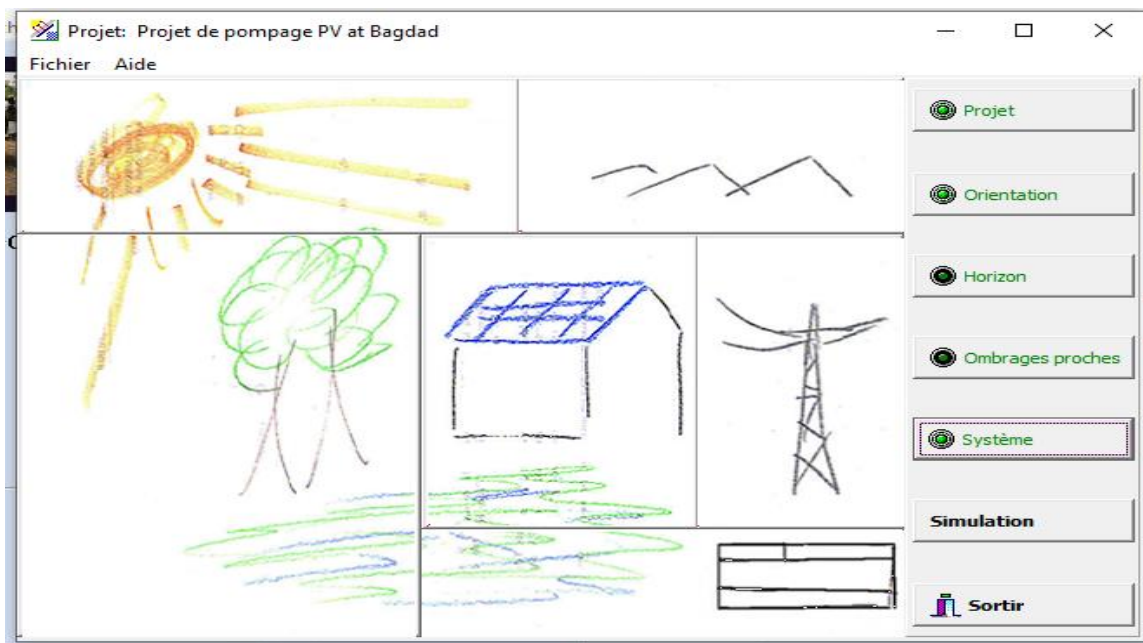


Figure III. Figure 3.6 : Désignation du projet dans PVSYS.

3.2.6-Paramètres de puits :

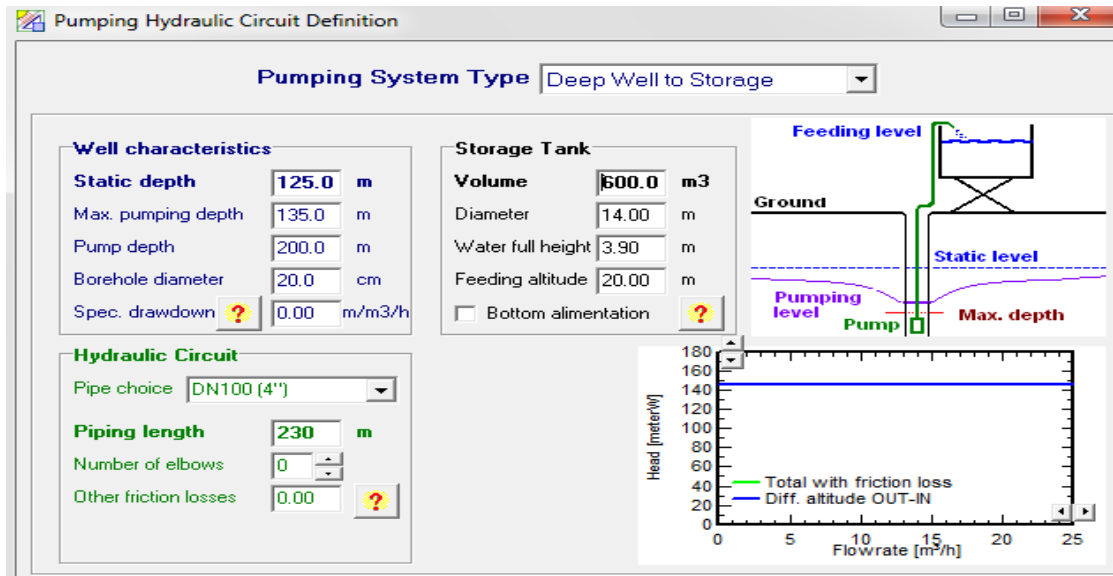


Figure 3.7 : paramètres de puits

3.2.7-Conception /dimensionnement du système :

- La conception de système est basée sur une procédure rapide et simple
  - Spécifier la puissance désirée ou la surface disponible
  - Choisir la pompe dans la base de données interne
  - Choisir les modules PV dans la base de données interne
  - Choisir l'onduleur dans la base de données interne

Et PV syst propose une configuration de système, qui de réaliser une première simulation /évaluation.

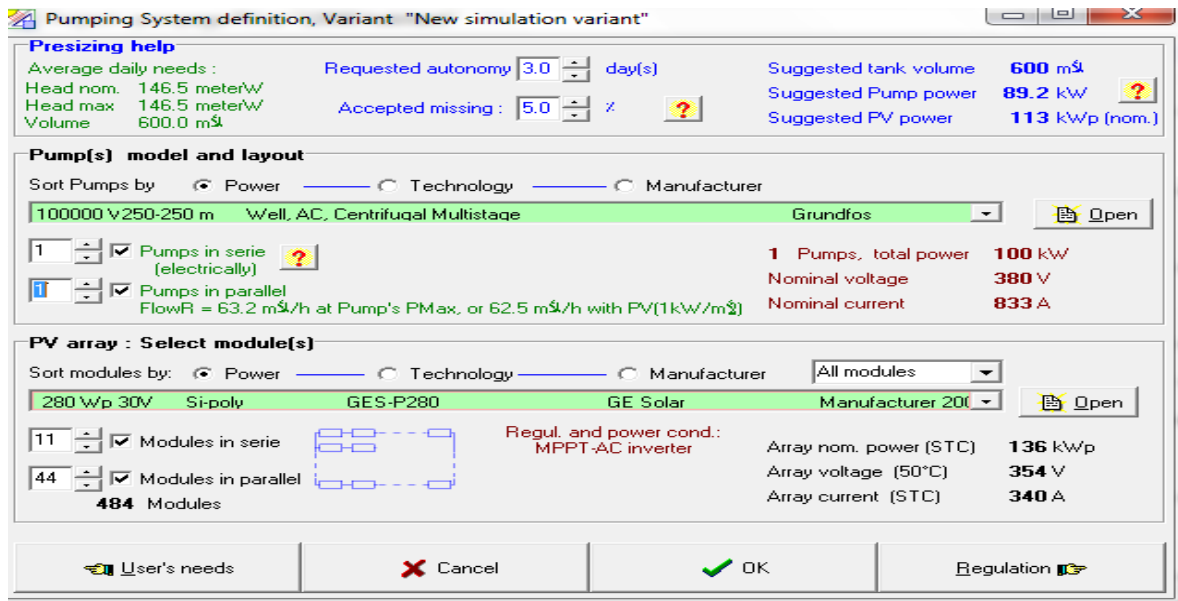


Figure 3.8 : Configuration du système dans PVSYS.

3.3- Paramètres de simulation :

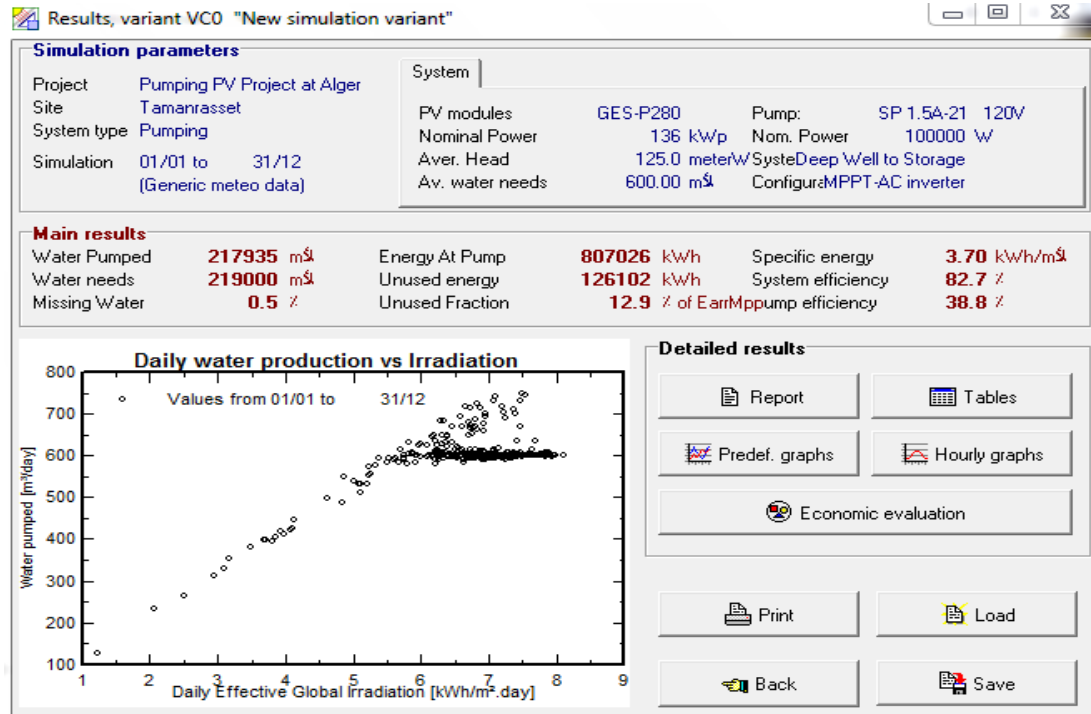


Figure 3.9: Configuration de la simulation dans PVSYS



- On note que la quantité réelle d'eau pompée annuellement est approximativement égale à la quantité d'eau pompée par simulation, le taux d'erreur est estimé à 0.5%

3.3.1-Caractéristique du module PV :

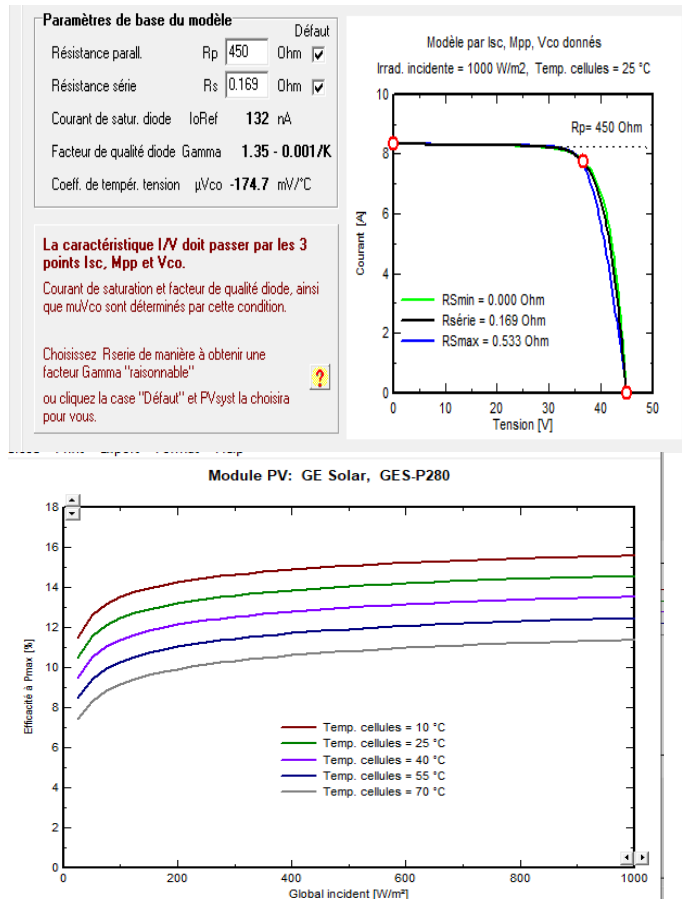


Figure 3.10 : Caractéristique du module PV

**3.3.2- Caractéristique de la pompe :**

- technologie : Pompe immergée centrifuge multi-étage
- tension de fonctionnement 120/400
- puissance : 100 KW
- type : AC- triphasé
- pression nominal :160m

**3.3.3- Répartition d'un champ:**

- Les paramètres de dimensionnement du champ PV pour pompage d'eau
- Sont résumés dans le tableau ci-dessous :

UNIVERSITÉ DE GENÈVE		PVSYST V5.11	26/09/20	Page 1/4
<b>Pumping PV System: Basic simulation parameters</b>				
<b>Project :</b>	pompage PV at "12000 habitant"			
<b>Geographical site</b>	Tamanrasset	<b>Country</b>	Algeria	
<b>Situation</b>	Latitude 22.5°N	<b>Longitude</b>	5.3°E	
<b>Time defined as</b>	Legal Time	Time zone	UT+1	
	Albedo 0.20	<b>Altitude</b>	1377 m	
<b>Meteo data :</b>	Tamanrasset, Synthetic Hourly data			
<b>Simulation variant :</b>	New simulation variant			
	<b>Simulation date</b>	26/09/20 23h42		
<b>Simulation parameters</b>				
<b>Pumping System parameter</b>	<b>System type</b>	Deep Well to storage		
<b>Well characteristics</b> (Diameter 14 cm)	<b>Static level depth</b>	125 m	<b>Specific drawdown</b>	0.00 m / m³/h
	<b>Pump depth</b>	200 m	<b>Max. pumping depth</b>	135 m
<b>Storage tank</b>	<b>Volume</b>	600.0 m³	<b>Diameter</b>	14.0 m
<b>Feeding by top</b>	<b>Feeding altitude</b>	20.0 m	<b>Height (full level)</b>	3.9 m
<b>Hydraulic circuit</b>	<b>Piping length</b>	230 m	<b>Pipes DN150 (6")</b>	<b>Dint = 155 mm</b>
<b>Water needs</b>	<b>Yearly constant:</b>	600.00 m³/day		
<b>Pump</b>	<b>Model</b>	SP 1.5A-21 120V		
	<b>Manufacturer</b>	Grundfos		
<b>Pump Technology</b>	Centrifugal Multistage	<b>Deep well pump</b>	<b>Motor</b>	AC motor, triphased
<b>Associated or integrated converter</b>	<b>Type</b>	MPPT	<b>Voltage range</b>	120 - 400 V
<b>Operating conditions</b>	<b>Head Min</b>	100.0	<b>Head Nom</b>	160.0
	<b>Head Max</b>	250.0	mWater	
<b>Corresponding maximum Flow Rate</b>	80.36	97.07	118.53 m³/h	
<b>Required power</b>	100000	100000	100000 W	
<b>Collector Plane Orientation</b>	<b>Tilt</b>	22°	<b>Azimuth</b>	0°
<b>PV Array Characteristics</b>				
<b>PV module</b>	SI-poly	<b>Model</b>	GE S-P280	
		<b>Manufacturer</b>	GE Solar	
<b>Number of PV modules</b>	<b>In series</b>	11 modules	<b>In parallel</b>	44 strings
<b>Total number of PV modules</b>	<b>Nb. modules</b>	484	<b>Unit Nom. Power</b>	280 Wp
<b>Array global power</b>	<b>Nominal (STC)</b>	136 kWp	<b>At operating cond.</b>	120 kWp (50°C)
<b>Array operating characteristics (50°C)</b>	<b>U mpp</b>	354 V	<b>I mpp</b>	340 A
<b>Total area</b>	<b>Module area</b>	939 m²	<b>Cell area</b>	848 m²
<b>Control device</b>	<b>Model</b>	Generic device (optimised for the system)		
	<b>System Configuration</b>	MPPT-AC Inverter		
<b>System Operating Control</b>	(Generic device, params adjusted acc. to the system)			
<b>Power conditioning unit</b>	MPPT - AC Inverter			
<b>Operating conditions</b>	<b>Minimum MPP Voltage</b>	120 V	<b>nominal power</b>	106700 W
	<b>Maximum MPP Voltage</b>	400 V	<b>Power Threshold</b>	5335 W
	<b>Maximum Array Voltage</b>	400 V	<b>Max. efficiency</b>	97.0 %
	<b>Maximum Input Current</b>	833.3 A	<b>EURO efficiency</b>	95.5 %
<b>PV Array loss factors</b>				
<b>Thermal Loss factor</b>	<b>Uc (const)</b>	20.0 W/m²K	<b>Uv (wind)</b>	0.0 W/m²K / m/s
<b>--&gt; Nominal Oper. Coll. Temp. (G=800 W/m², Tamb=20°C, Wind velocity = 1m/s.)</b>			<b>NOCT</b>	56 °C
<b>Wiring Ohmic Loss</b>	<b>Global array res.</b>	18 mOhm	<b>Loss Fraction</b>	1.5 % at STC
<b>Module Quality Loss</b>			<b>Loss Fraction</b>	0.1 %
<b>Module Mismatch Losses</b>			<b>Loss Fraction</b>	2.0 % at MPP
<b>Incidence effect, ASHRAE parametrization</b>	<b>IAM = 1 - bo (1/cos I - 1)</b>	<b>bo Parameter</b>	0.05	

Tableau 3.1 : Paramètres de simulation d'une installation PV (pompage d'eau)

-Comme illustré sur le tableau, le champ PV sera constitué de 484 de modules PV

(Technologie poly cristallin) répartis sur une surface de 939 m<sup>2</sup>, comme suit :

- 11 modules en série
- 44 modules en parallèle

-Une seule pompe immergée centrifuge multi-étage –AC-triphasé avec une puissance globale 100 KW.

-Convertisseur de puissance :

Onduleur MPPT - AC

Puissance = 106.7 w

**3.4-Résultat de simulation numérique :**

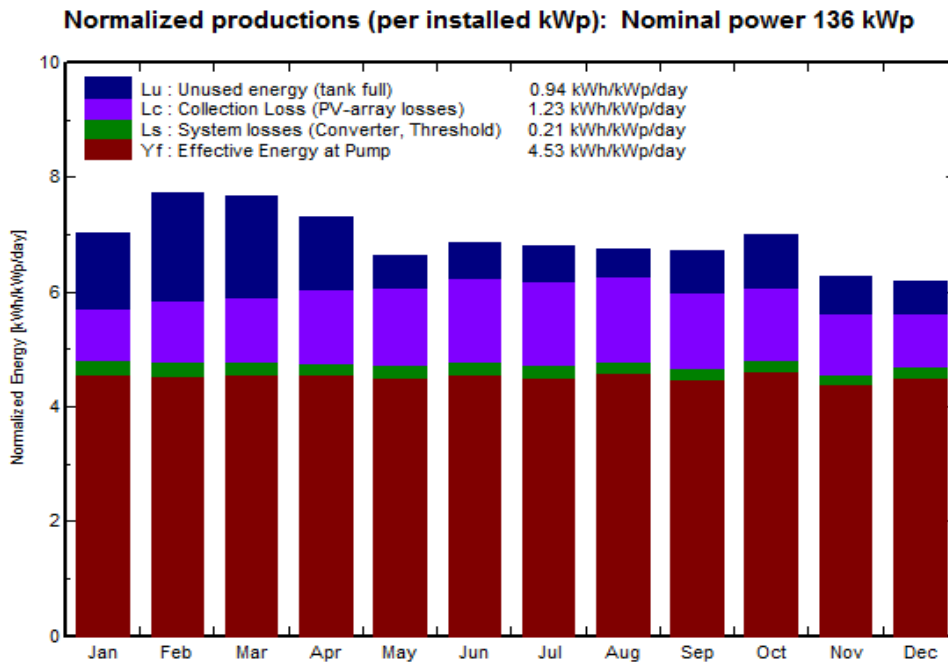
**New simulation variant  
Balances and main results**

	GlobEff kWh/m <sup>2</sup>	EArrMPP kWh	E PmpOp kWh	ETkFull kWh	H Pump meterW	WPumped m <sup>3</sup>	W Used m <sup>3</sup>	W Miss m <sup>3</sup>
January	212.1	24659	19211	4328	146.4	18750	18600	0.0
February	211.0	23777	17235	5422	146.4	16800	16800	0.0
March	231.5	25916	19123	5609	146.3	18600	18600	0.0
April	213.2	23391	18536	3860	146.2	17999	18000	0.0
May	199.4	21706	18974	1738	146.0	18410	18407	193.1
June	198.8	21271	18515	1786	146.0	18002	18000	0.0
July	204.2	21773	18913	1877	146.0	18379	18540	59.9
August	203.2	21699	19268	1488	146.0	18702	18553	46.7
September	196.3	21194	18196	2165	146.0	17648	17921	78.9
October	211.9	23290	19397	2975	146.2	18856	18591	8.9
November	182.6	20602	17840	1939	146.0	17336	17330	670.2
December	186.3	21688	18968	1841	146.1	18452	18456	144.0
Year	2450.7	270965	224174	35028	146.1	217935	217798	1201.5

Legends: GlobEff Effective Global, corr. for IAM and shadings H Pump Average total Head at pump  
 EArrMPP Array virtual energy at MPP WPumped Water pumped  
 E PmpOp Pump operating energy W Used Water drawn by the user  
 ETkFull Unused energy (tank full) W Miss Missing water

**Tableau 3.2** : Paramètres de simulation d’une system PV pour pompage d’eau.

-D'après résultat (**tableau 3.2**) on voit bien que l'énergie produite par le champ photovoltaïque ( E array illustré **tableau 3.1**) est proportionnelle aux valeurs d'énergie .



**Figure 3.11** Energie utile produite par la champ PV

-La **figure (3.11)** résume les pertes influençant la production du système PV à savoir : les pertes ohmiques du câblage, effets d'incidence, pertes dues à la température du champ, pertes due à la qualité des modules, les pertes de la pompe ... etc.

-La figure représente l'indice de performance qui est défini par le rapport de la production du système par l'énergie incidente de référence. Autrement dit, il représente l'efficacité globale du système par rapport à ce qu'on pourrait en attendre selon la puissance installée et peut atteindre 95% dans les meilleures installations PV

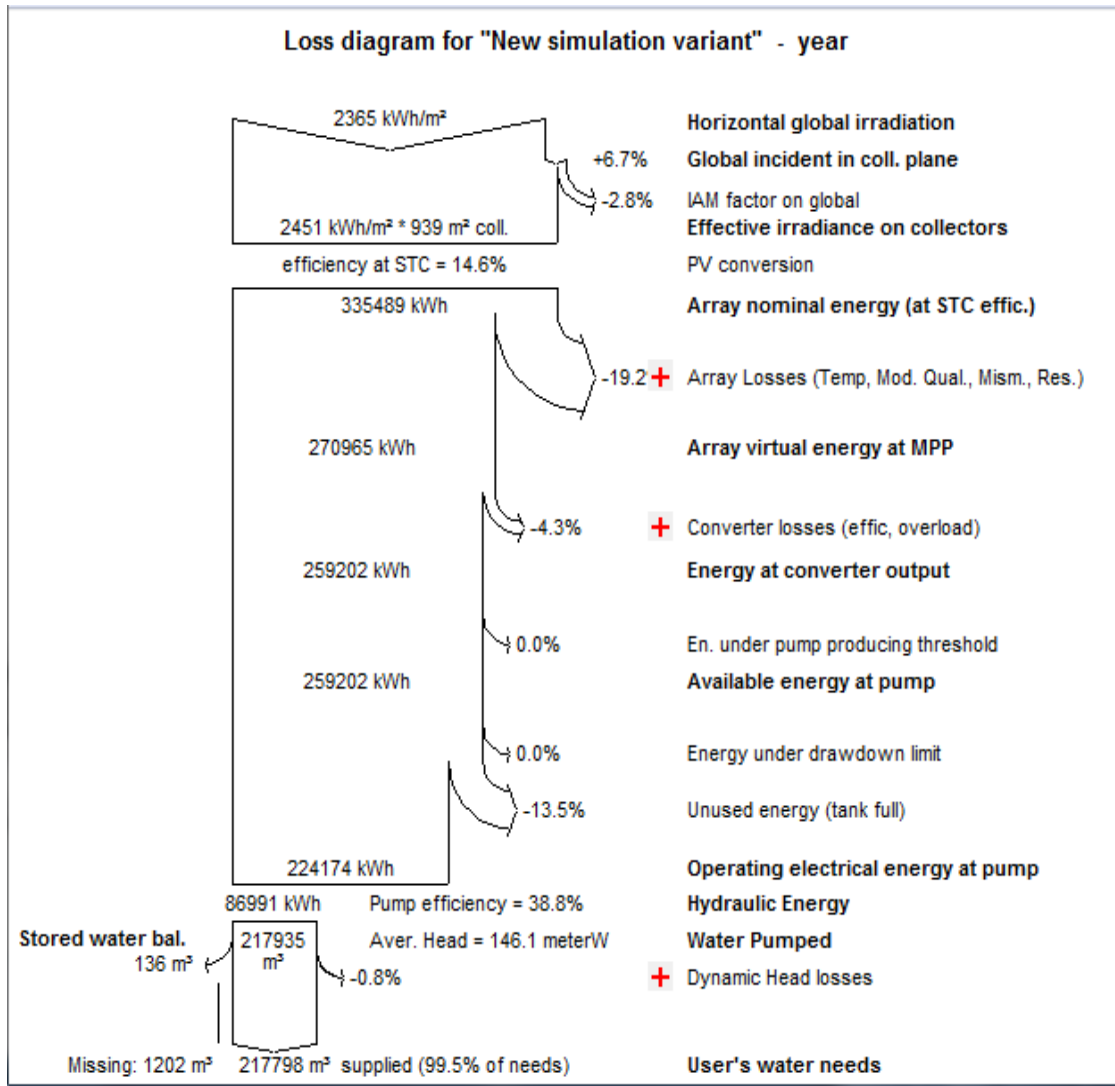


Tableau 3.3 : Diagramme des pertes sur une année.

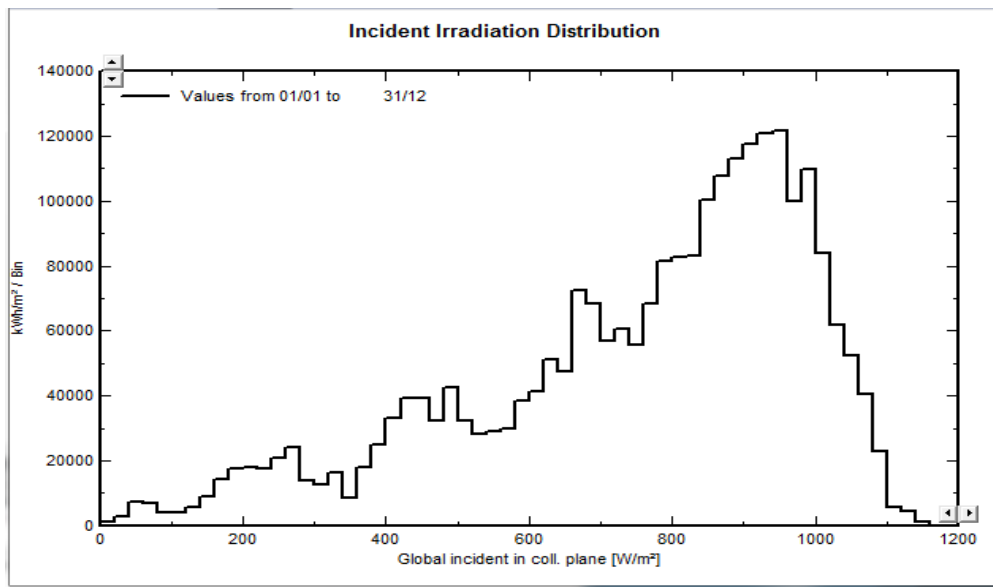


Figure 3.12 : Distribution annuelle de l'irradiante incidente.

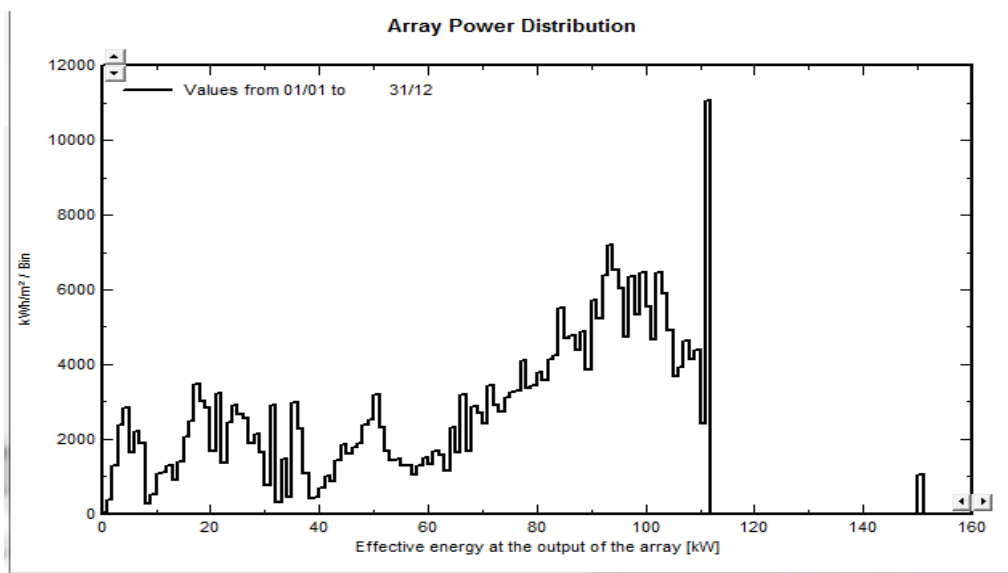
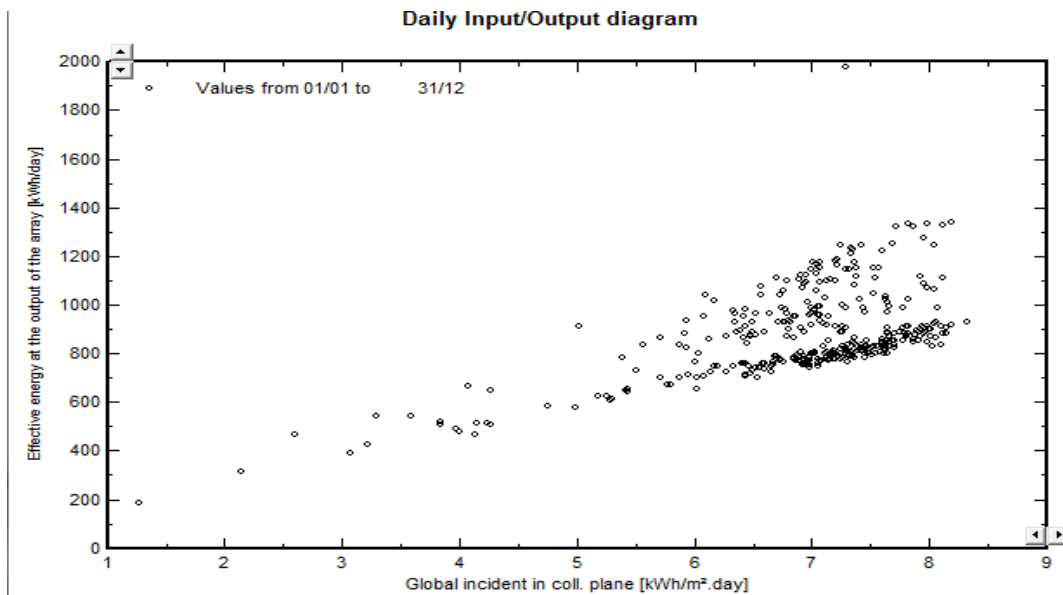


Figure 3.13 : Distribution annuelle de la puissance en sortie du champ PV.

-En composant les deux figures (**Figure 3.12, Figure 3.13**) nous remarquons que la distribution de la puissance en sortie du champ PV varie suivant la même tendance que la distribution du rayonnement incident, à une échelle différente.

-En plus des bilans mensuels et annuels, le résultat le plus signifiant est présenté sous forme de diagramme d'Entrée/Sortie reportant, pour chaque période, l'énergie produite en fonction de l'énergie injectée (**Figure. (3.14)**).

Les points de fonctionnement sont alignés sur une droite, dont la pente est directement liée à l'efficacité du système.



**Figure. 3.14:** Diagramme journalier d'Entrée/Sortie du système PV.



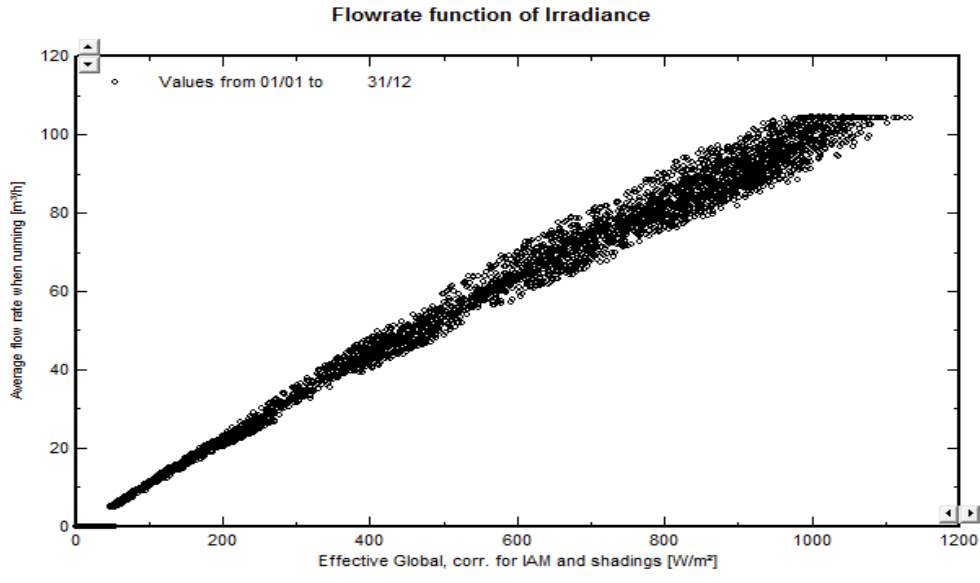


Figure. 3.15: Diagramme débit fonction de l’irradiante incidente

-Notez sur la figure 3.15 que la quantité de rayonnement solaire est directement proportionnelle au débit d'eau.

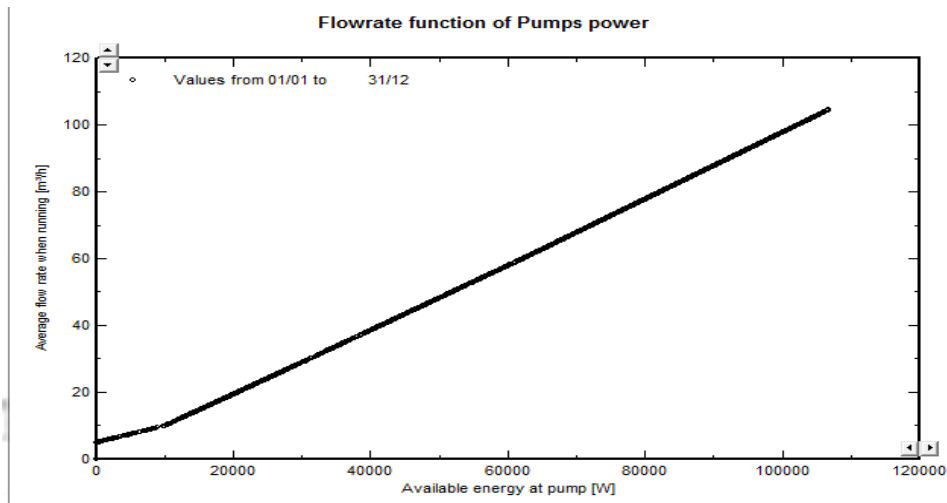


Figure. 3.16: Diagramme débit fonction de la puissance de pompe

-Notez sur **la figure 3.16** que la quantité de rayonnement solaire est directement proportionnelle au débit d'eau.

**3.5-La comparaison :**

Le résultat thiorique	Le résultat par simulation (logiciel PVSYST)
<p>Module poly cristallin, Puissance 280Wc, U nominal= 30V,</p> <p>Onduleur triphasé 120/400V Puissance =110.38KW</p> <p>Régulateur 120V</p> <p>Puissance creat= 86.53 KW</p> <p>Nombre de module total =310 Module siré=4 Module parallèle=77</p>	<p>Module poly cristallin, Puissance 280Wc, U nominal= 30V,</p> <p>MPPT-AC inventer Puissance =106.7KW</p> <p>Puissance creat= 136 KW</p> <p>Nombre de module total =484 Module siré=11 Module parallèle=44</p>

**Tableau 3.4 :** la comparisons.

Nous remarquons la différence dans le tableau et cela est dû à plusieurs raisons, notamment :

- Paramètres entré pour logiciel PVSYST (caractéristiques de la pompe et l'onduleur, les tubes,...etc.
- Logiciel PVSYST est expérimental.
- Les calculs que vous avez effectués ne sont pas précis 100%

### **3.6-Conclusion :**

Suite aux résultats obtenus par simulation numérique, nous pouvons conclure que la champ PV poly- cristallin pour pompage permet une production maximale d'énergie et énergie hydrauliques.

Les pertes dues à la qualité de l'onduleur on une influence importante sur l'énergie produite.

D'où la nécessité d'opter pour une technologie permettant la meilleure Efficacité annuelle possible de ce composant qui représente l'élément clé et le plus délicat d'une installation PV.

## CONCLUSION GENERAL

Dans ce travail, on a étudié le système de pompage solaire/diesel. On a traité un exemple d'application pour répondre au besoin d'eau de 12000 habitant, et on a simulé cette exemple dans logicielle "PVSYS" pour comparer la simulation avec les calcules théoriques.

Les avantages de ces genres d'installations sont plus que ces inconvénients, mais le seul important de ces dernier est le coût primaires de ces installations.

## BIBLIOGRAPH

- [1] : A. Moumi, N. Hamani, N. Moumi et A. Z. Mokhtari, « Estimation du rayonnement solaire par deux approches semi empiriques dans le site de Biskra», Centre Universitaire de Béchar–Algérie, 11 et 12 Novembre 2006.
- [2]: F. Lasnier, T. G. Ang, « Photovoltaic Engineering Handbook », IOP Publishing Ltd. 1980.ISBN 0-85274-311-4.
- [3] : Djarallah, Mohamed, "Contribution a l'étude des systèmes photovoltaïques résidentiels couplés au réseau électrique," université de Batna, Thèse de Doctorat en Science, 2008.
- [4] [https://fr.wikipedia.org/wiki/Groupe\\_%C3%A9lectrog%C3%A8ne](https://fr.wikipedia.org/wiki/Groupe_%C3%A9lectrog%C3%A8ne)
- [5]Ch. p. De. Brichabaut, Ch.Yauge « le gisement solaire, évaluation de la ressource énergétique » Technique et documentation Lavoisier 1982
- [6] J .Royer,T.Djiako, E.SCHILLER «le pompage photovoltaïque» manuel de cour a l'intention des ingénieurs et techniciens bibliothèque national de CANADA 1998
- [7] B .Equer « le pompage photovoltaïque manuel de cours », énergie solaire photovoltaïque ellipses 1993
- [8]Y.Baklli «Etude et dimensionnement d'un convertisseur statique pour la connexion d'un générateur PV » mémoire Magister ,Université de Boumerdes 2005
- Figure1.1 Figure1.2 Figure1.3** :degla Mohamed larbi-ben ahmed bachir (demensionnement d'un system pompage photovoltaïque).ourgla 24/05/2017
- Figure2.1 Figure2.2 Figure2.3 Figure2.4 Figure2.5 Figure2.6** :chap2-pompage photovoltaïque

## BIBLIOGRAPH

**Figure 1.11:**<https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.pinterest.fr%2Fpin%2F342344009152591048%2F&psig=A0vVaw0GqIe4yBUHLrt8ad-xyMeV&ust=1609326012565000&source=images&cd=vfe&ved=0CA0QjhxqFwoTCLDw0ZSH8>

**Figure 1.14:**[fr.made-in-china.com](http://fr.made-in-china.com)

<https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.pinterest.fr%2Fpin%2F342344009152591048%2F&psig=A0vVaw0GqIe4yBUHLrt8ad-xyMeV&ust=1609326012565000&source=images&cd=vfe&ved=0CA0QjhxqFwoTCLDw0ZSH8-0CFQAAAAAdAAAAABai>