

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



Université Ibn Khaldoun de Tiaret  
Faculté des Sciences Appliquées  
Département de Génie Mécanique



## MÉMOIRE DE FIN D'ETUDES

Pour l'obtention du Diplôme de Master

**Domaine :** Sciences et Technologie

**Filière :** Génie Mécanique

**Parcours :** Master

**Spécialité :** Énergétique

**Thème**

Etude numérique d'une installation  
hydraulique pour irrigation par un  
Système photovoltaïque

Préparé par :

ABDI Amel

AMRANI Sabrina

Soutenu publiquement le : .. / 07 / 2021, Devant le jury composé de :

Mr. BOUZOUINI  
Mohamed

Maître assistant "A" (Univ. Ibn Khaldoun)

Président

Mr. ABED Belkacem

Maître de Conférences "A" (Univ. Ibn Khaldoun)

Examineur

Mr. CHAIB Khaled

Maître de Conférences "A" (Univ. Ibn Khaldoun)

Examineur

Mr. MOULGADA  
Abdelmadjid

Maître de Conférences "A" (Univ. Ibn Khaldoun)

Encadrant

Année universitaire : 2020 – 2021

## **Remerciements**

*Nous tenons tout d'abord à remercier ALLAH tout puissant pour nous avoir guidés et aidés durant toute notre vie et durant ce travail.*

*Nous tenons aussi à remercier vivement notre promoteurs Mr. MOULGADA Abdelmadjid et Mr. MEKROUSSI Saïd pour leur encadrements, leur conseils et leur disponibilité.*

*Nos remerciements aux membres de jury qui ont accepté de juger ce travail.*

*Nos remerciements vont également à tous nos enseignants, les responsables et personnel du département de Génie mécanique de l'université de IBN KHALDOUN de Tiaret.*

*Nous adressons nos plus vifs remerciements à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail et à nos familles sur tout.*

*Enfin nous remercions tous nos amis.*

## *Dédicaces*

*Je dédie ce modeste travail aux êtres les plus chers au monde. Mes parents en témoignage de l'amour, du respect et de la gratitude que je leur porte.*

*À mes frères, mes sœurs ; À mes Grand-mères ;*

*À mon bras droit (Rania) ;*

*À mes tantes et mes oncles*

*À toute la famille Abdi, Mazouz et Tarchid*

*À Mes amis et tous ceux qui m'ont aidé de loin et de près, et plus particulièrement Akila, Ines, Nesrine, Sarah et Nora.*

*Et surtout mon binôme Amrani Sabrina*

*À toute la promotion de génie mécanique 2020/2021*

*Amel Abdi*

*Je dédie ce modeste travail aux êtres les plus chers au monde. Mes parents en témoignage de l'amour, du respect et de la gratitude que je leur porte.*

*À mes frères et mes sœurs ; mes tantes, mes oncles ; À toute la famille Amrani et Beriane ; À Mes amis et tous ceux qui m'ont aidé de loin et de près, et plus particulièrement Kassia, Ilhem, Nora, Nesrine et Abdia et Tarik*

*Et surtout mon binôme Abdi Amel.*

*À toute la promotion de génie mécanique 2020/2021*

*Amrani Sabrina*

# Sommaire

---

Introduction générale.....	1
<b>Chapitre I : Généralités sur les énergies renouvelables</b>	
I.1 Introduction .....	3
I.2 Définition des énergies renouvelables... ..	3
I.3 Types des énergies renouvelables... ..	3
I.3.1 Energie de l'eau... ..	4
I.3.1.1 Définition .....	4
I.3.1.2 Principe de fonctionnement... ..	4
I.3.1.3 Types d'énergie hydraulique... ..	5
I.3.1.3.1 Energie hydrolienne... ..	5
I.3.1.3.2 Énergie Marémotrice... ..	6
I.3.1.3.3 Barrage hydraulique... ..	6
I.3.1.3.4. Energie houlomotrice... ..	7
I.3.1.3.5 Energie thermique... ..	7
I.3.1.3.6 Energie osmotique... ..	7
I.3.1.4 Avantages et inconvénients.....	7
I.3.1.4.1 Avantages.....	7
I.3.1.4.2 Inconvénients. ....	7
I.3.2 Energie éolienne. ....	7
I.3.2.1 Définition .....	7
I.3.2.2 Principe de fonctionnement .....	8
I.3.2.3 Types de l'énergie éolienne.....	9
I.3.2.3.1 Éolienne à axe vertical. ....	9
I.3.2.3.2 Éolienne à axe horizontal.....	9
I.3.2.3.3 Éoliennes domestiques. ....	9
I.3.2.3.4 Éolienne de pompage.....	10
I.3.2.3.5 Hydroliennes. ....	10

# Sommaire

---

1.3.2.4 Avantages et inconvénients .....	10
1.3.2.4.1 Avantage.....	10
1.3.2.4.2 Inconvénients. ....	10
1.3.3 Energie solaire .....	10
1.3.3.1 Définition .....	10
1.3.3.2 Principe de fonctionnement. ....	11
1.3.3.3 Types de l'énergie solaire .....	12
1.3.3.3.1 Energie solaire thermique. . . . .	12
1.3.3.3.2 Energie solaire thermodynamique. ....	12
1.3.3.3.3 Energie solaire photovoltaïque. ....	12
1.3.3.4 Avantages et inconvénients. ....	12
1.3.3.4.1 Avantages .....	12
1.3.3.4.2 Inconvénients. ....	12
1.3.4 Biomasse .....	12
1.3.4.1 Définition .....	12
1.3.4.2 Principe de fonctionnement. ....	13
1.3.4.3 Types de la biomasse.....	14
1.3.4.3.1 Biomasse sèche.....	14
1.3.4.3.2 Biomasse humide.....	14
1.3.4.4 Avantages et inconvénients.....	14
1.3.4.4.1 Avantages. ....	14
1.3.4.4.2 Inconvénients. ....	14
1.3.5 Géothermique. ....	15
1.3.5.1 Définition .....	15
1.3.5.2 Principe de fonctionnement. ....	15
1.3.5.3 Différents types de gisements géothermiques. ....	16
1.3.5.3.1 Géothermie haute énergie ( $T > 150\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).....	16

# Sommaire

---

I.3.5.3.2 Géothermie moyenne énergie ( $90\text{ °C} < T < 150\text{ °}$ ) .....	16
I.3.5.4 Avantages et inconvénients de la géothermie.....	16
I.3.5.4.1 Avantages .....	16
I.3.5.4.2 Inconvénients. ....	17
I.4 Conclusion.....	17

## **Chapitre II:** Description détaillée d'une installation de pompage photovoltaïque

II.1 Introduction .....	18
II.2 Soleil.....	18
II.3 Rayonnement solaire .....	19
II.3.1 Rayonnement direct.....	19
II.3.2 Rayonnement diffus.....	20
II.3.3 Rayonnement réfléchi.....	20
II.4 Énergie photovoltaïque.....	20
II.5 Système photovoltaïque.....	21
II.5.1 Principe de fonctionnement d'un système photovoltaïque. ....	22
II.6 Composants d'une installation photovoltaïque .....	23
II.6.1 Générateur photovoltaïque. ....	23
II.6.1.1 Principe de fonctionnement d'un générateur photovoltaïque. ....	23
II.6.1.2 Technologie des cellules photovoltaïques.....	23
II.6.1.3 Constitution d'un générateur photovoltaïque.....	24
II.6.1.3.1 Cellules photovoltaïque.....	24
II.6.1.3.1.1 Silicium. ....	25
II.6.1.3.1.2 Différents types de cellules solaires (cellules photovoltaïques) .....	26
II.6.2 Groupe électropompe. ....	28

# Sommaire

---

II.6.2.1 Pompe.....	28
II.6.2.1.1 Pompe centrifuge.....	28
II.6.2.1.2 Pompe volumétrique.....	29
II.6.2.2 Moteurs électriques.....	30
II.6.2.2.1 Moteur courant continu avec balais.....	30
II.6.2.2.2 Moteur courant continu sans balais.....	31
II.6.2.2.3 Moteur courant alternatif.....	31
II.6.3 Electronique de commande et de contrôle.....	32
II.6.3.1 Convertisseur CC/CC (hacheur).....	32
II.6.3.2 Convertisseur CC/AC (Onduleur).....	33
II.6.4 Partie stockage.....	33
II.7 Méthodes de pompages.....	34
II.8 Avantages et inconvénients d'une installation photovoltaïque.....	35
II.8.1 Avantages.....	35
II.8.2 Inconvénients.....	36
II.9 Conclusion.....	36
<b>Chapitre III: Simulation numérique par le logiciel PVsys</b>	
III.1 Introduction.....	37
III.2 Présentation du projet.....	37
III.3 Pertes de charge.....	39
III.4 Logiciel PVSYST.....	40
III.4.1 Données de localisation du site.....	41
III.4.2. Données météorologiques du site.....	41

# Sommaire

---

III.5. Coordonnées Géographiques...	42
III.5 Trajectoire du soleil...	42
III.6 Schéma de l'installation PV	43
III.7 Rapport de simulation(En Annexe)	46
III.8 Modules photovoltaïques...	52
III.8.1 Branchement de PPV pour notre système de pompage...	52
III.8.2 Comportement du module selon irradiation incidente	53
III.8.3 Comportement du module selon la température	54
III.9 Caractéristiques de la pompe immergée	54
III.10 Conclusion	58
IV Conclusion Générale...	59
Références Bibliographiques...	61



## Liste des Figures

### Chapitre I

- Figure I-1: Schéma des énergies renouvelables ..... 3
- Figure I-2: Schéma d'énergie hydraulique ..... 4
- Figure I-3: Principe de central hydraulique ..... 5
- Figure I-4: Schéma d'énergie hydrolienne ..... 5
- Figure I-5: Schéma d'énergie marémotrice ..... 6
- Figure I-6: Barrage hydraulique ..... 6
- Figure I-7: Energie éolienne ..... 8
- Figure I-8: Principaux éléments d'une éolienne ..... 9
- Figure I-9: Schéma d'énergie solaire ..... 11
- Figure I-10: Schéma présentatif d'un capteur solaire ..... 11
- Figure I-11: Schéma énergie de biomasse ..... 13
- Figure I-12: Principe de centrale biomasse ..... 13
- Figure I-13: Schéma d'énergie géothermique ..... 15
- Figure I-14: Principe de centrale géothermique ..... 16

### Chapitre II

- Figure II-1: Le rayonnement solaire ..... 20
- Figure II-2: Installation d'un système photovoltaïque ..... 22
- Figure II-3: Cellule photovoltaïque ..... 25
- Figure II-4: Bloc de silicium ..... 25
- Figure II-5: Wafers de silicium Si ..... 26
- Figure II-6: Cellules monocristallines ..... 27
- Figure II-7: Cellules polycristallines ..... 27
- Figure II-8: Cellules amorphes ..... 28
- Figure II-9: Pompe centrifuge ..... 29
- Figure II-10: Pompe volumétrique ..... 29
- Figure II-11: Moteur à courant continu avec un balais ..... 30
- Figure II-12: Moteur à courant continu sans balais ..... 31
- Figure II-13: Moteur à courant alternatif ..... 32
- Figure II-14: Convertisseur cc/cc ..... 32
- Figure II-15: Onduleur CC/AC ..... 33
- Figure II-16: Schéma synoptique simplifié de Pompage PV ..... 34
- Figure II-17: Méthode de pompage photovoltaïque ..... 35

### Chapitre III

- Figure III.1 : Schéma du principe de pompage au fil du soleil ..... 37
- Figure III.2: Schéma de pompage photovoltaïque ..... 38
- Figure III.3 : Description détaillée des différentes hauteurs ..... 39

## Liste des Figures

---

- Figure III.4 : Interface de logiciel PVSYS.....40
- Figure III.5: Emplacement géographique de la daïra de Sougueur wilaya de Tiaret...41
- Figure III.6 : Trajectoire du soleil à Sougueur ..... 42
- Figure III.7: Orientation et inclinaison du système PV ..... 42
- Figure III. 8 : Schéma simplifié d'une installation PV autonome..... 43
- Figure III.9 : Besoins en eau et différents paramètres du projet..... 43
- Figure III.10 : Besoin journalier en eau et profondeur statique correspondante..... 44
- Figure III.11: Choix modules et des onduleurs de notre système de pompage ..... 45
- Figure III.12 : Choix de la pompe avec ses caractéristiques adaptable au système en étude ..... 45
- Figure III.13: Interface globale du PVsys pour simulation ..... 46
- Figure III .14 : La variation de l'irradiation globale horizontale durant l'année.....47
- Figure III. 15 : La variation d'irradiation diffuse horizontale par an ..... 47
- Figure III .16 : La Température ambiante Durant l'année ..... 48
- Figure III.17 : La variation des pertes en fonction des différents mois.....48
- Figure III.18 : La variation des pertes du champ par l an..... 49
- Figure III.19: La variation de l'énergie de fonctionnement de pompe par an.....50
- Figure III.20 : La variation de L'Energie inutilisée en fonction de mois .....50
- Figure III.21 : La variation d'Energie de fonctionnement pompe par an..... 51
- Figure III.22 : variation de l'Energie inutilisée mensuelle..... 52
- Figure III.23: Dimensions et caractéristiques des PV ..... 52
- Figure III.24 : Comportement du module selon irradiation incidente.....53
- Figure III.25: Comportement du module selon la température ..... 54
- Figure III.26 : Différentes caractéristiques de la pompe et de l'onduleur de régulation..... 54
- Figure III.27: Productions normalisées (par kWp installé) ..... 55
- Figure III.28 : Indice de performance (PR) et Fraction solaire (SF) ..... 56
- Figure.III.29 : facteurs normalisés de production et de pertes ..... 56
- Figure.III.30 : Energie incidente de référence dans le plan capteurs ..... 57
- Figure III.31 : Principaux résultats et paramètres de simulation.....57

## Liste des Tableaux

---

- Tableau.III .1 : Caractéristiques climatiques du site de Sougueur wilaya de Tiaret .... 41
- Tableaux III.2 : Coordonnées géographiques du site de Sougueur... ..... 42
- Tableau III.3 : Les différentes données de la simulation (projet de pompage) ... ..... 44

## Nomenclature

---

**ER** : Energies renouvelable

**PV** : Photovoltaïque

T en degré Celsius (C°)

**PVSYST** : Photovoltaïque system

**WC** : Watt crête

**KM** : Kilomètres

**Q** : Débit

**KWh**: Kilo watt-heure

**mCE**: Mètre colonne d'eau

**P** en watt (W)

**U** en volt (V)

I en Ampère (A)

**MPPT** : Maximum Power Point Tracking / Point de Puissance Maximale

**CC/AC** : Courant Continu/ Courant Alternatif

**CC/CC** : Courant Continu/ Courant Continu

# **Introduction g é n é r a l e**

La demande croissante d'eau dans les zones rurales et sites isolés a fait qu'un intérêt grandissant est porté sur l'utilisation des générateurs photovoltaïques comme source d'énergie aux groupes moteur-pompes. En effet la réalisation de systèmes de pompage autonomes, fiables et à bon rendement constitue une solution pratique et économique au problème du manque d'eau dans les régions désertiques.

Les énergies naturelles telles que le soleil, l'eau, le vent et la chaleur de la terre, appelées aussi énergies renouvelables, ont assuré le développement de l'humanité, l'eau et le soleil sont les éléments de notre quotidien, ils sont importants surtout dans les régions éloignées, désertique ou montagneuses comme le sud de l'Algérie, l'augmentation de la demande en eau pour ces régions est donc une problématique de développement durable.

Le pompage d'eau est un facteur important dans le développement des zones rurales et isolées des pays en développement. L'utilisation de système de pompage photovoltaïque (PV) pour l'exhaure de l'eau dans ces zones s'avère une solution très fiable à condition d'être bien dimensionner. Le dimensionnement des systèmes PV, en particulier ceux de pompage d'eau, nécessite l'utilisation de modèle qui reflète la réalité et ils se doivent d'être précis.

Actuellement, deux systèmes de pompage photovoltaïque sont utilisés, avec et sans batteries. Mais le système qu'on a choisi est au fil du soleil ce procédé consiste à pomper l'eau tant que le soleil est présent vers un réservoir qui assure la régulation de la consommation. Ainsi, le consommateur peut être alimenté même la nuit et pendant les journées nuageuses. L'eau pompée peut être employée dans beaucoup d'applications, telles que l'utilisation domestique et l'irrigation.

Ce système est le plus simple puisque l'énergie photovoltaïque est utilisée directement à partir des panneaux. La pompe ne fonctionnera qu'en présence de la lumière et dès que l'éclairement sera suffisant elle atteint la puissance demandée. La particularité des pompes solaires installées au fil du soleil est que les caractéristiques (débit, pression, rendement) sont en fonction de l'éclairement qui varie au cours de la journée et au cours des saisons.

Dans notre étude nous sommes intéressés à la modélisation et la simulation d'un système de pompage photovoltaïque optimisé localisé dans la daïra de sougueur, situé à environ 30Km à la chef-lieu de la wilaya de Tiaret, dans un site isolé de ce fait, le présent mémoire est subdivisé en trois chapitres :

## Introduction générale

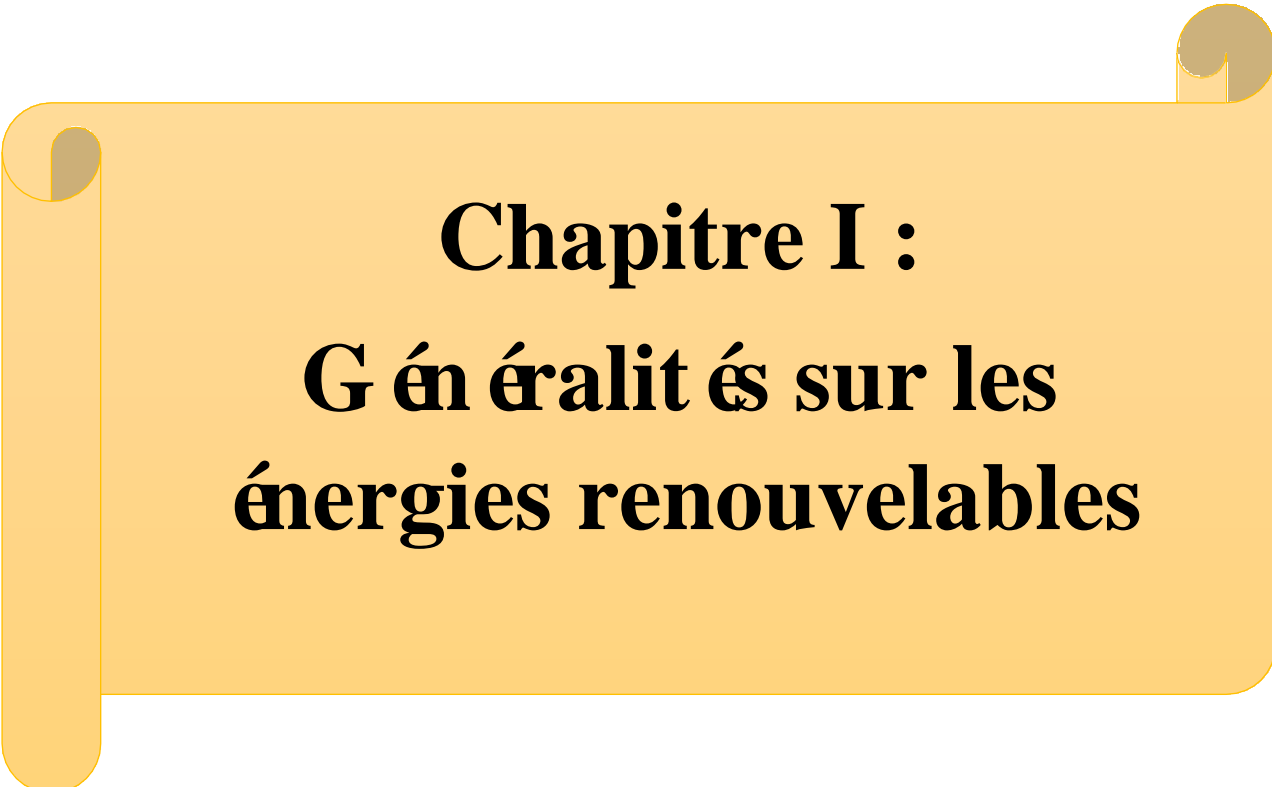
---

Le premier chapitre comporte les différentes énergies renouvelables.

Le second chapitre expose une étude détaillée sur un système de pompage photovoltaïque dans un site isolé au fil du soleil de la daïra de Sougueur.

Le troisième chapitre est consacré à une simulation par un logiciel de modélisation photovoltaïque PVsyst avec des interprétations correspondantes des résultats.

Enfin une conclusion générale englobant tous les résultats de la simulation et perspectives.

A yellow scroll graphic with rounded corners and a vertical strip on the left side, resembling a rolled-up document. The text is centered on the scroll.

**Chapitre I :**  
**Généralités sur les**  
**énergies renouvelables**



## I.1 Introduction

La demande de l'énergie devient de plus en plus importante dans les pays du monde à cause de la grande croissance démographique et industrielle. Mais les énergies fossiles que le monde adoptait sont pas renouvelables et constituent une menace pour l'environnement. C'est pour cela que l'on cherche constamment des énergies alternatives et propres qui n'ont pas autant d'effet sur l'environnement, ce sont les énergies renouvelables (ER).

## I.2 Définition des énergies renouvelables

Les énergies renouvelables sont des énergies de sources naturelles qui se renouvellent, toujours disponibles et ne présentent pas de danger à l'environnement (ne génèrent pas des gaz et de réchauffement climatique).

Il y'a cinq types principales des ER qui sont :

- L'énergie hydraulique.
- L'énergie éolienne.
- L'énergie solaire.
- La géothermie.
- La biomasse.

## I.3 Types des énergies renouvelables

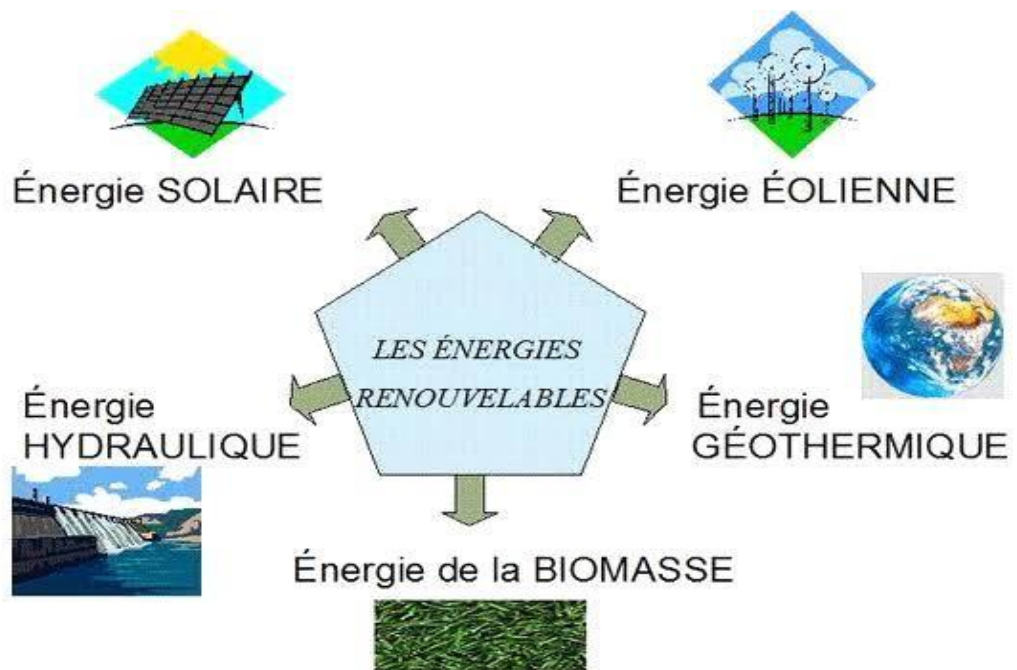


Figure I.1 : Energies renouvelables [1]

### I.3.1 Energie hydraulique

#### I.3.1.1 Définition

L'énergie hydraulique est l'énergie mise en jeu lors du déplacement ou de l'accumulation d'un fluide incompressible telle que l'eau douce ou l'eau de mer. Ce déplacement va produire un travail mécanique qui est utilisé directement ou convertis sous forme d'électricité (Marémotrice ; Hydrolienne, Barrage ; L'énergie osmotique, l'énergie thermique ; l'énergie houlomotrice).



**Figure I.2:** Energie hydraulique [2]

#### I.3.1.2 Principe de fonctionnement

Le premier impératif est d'avoir de l'eau, beaucoup d'eau. Le rôle du barrage consistera à la retenir. Le barrage s'oppose à l'écoulement naturel de l'eau, sauf en cas de forts débits, qu'il laisse alors passer. De grandes quantités d'eau s'accumulent et forment un lac de retenue. Lorsque l'eau est stockée, il suffit d'ouvrir des vannes pour amorcer le cycle de production d'électricité. L'eau s'engouffre alors dans une conduite forcée ou dans une galerie creusée dans la roche suivant l'installation, et se dirige vers la centrale hydraulique située en contrebas. A la sortie de la conduite, la pression ou la vitesse (ou les deux en même temps) entraîne la rotation de la turbine. La rotation de la turbine entraîne celle du rotor de l'alternateur.

Un transformateur élève alors la tension du courant produit par l'alternateur pour qu'il puisse être plus facilement transporté dans les lignes à haute et très haute tension. L'eau turbinée qui a perdu son énergie s'échappe par le canal de fuite et rejoint la rivière.[3]

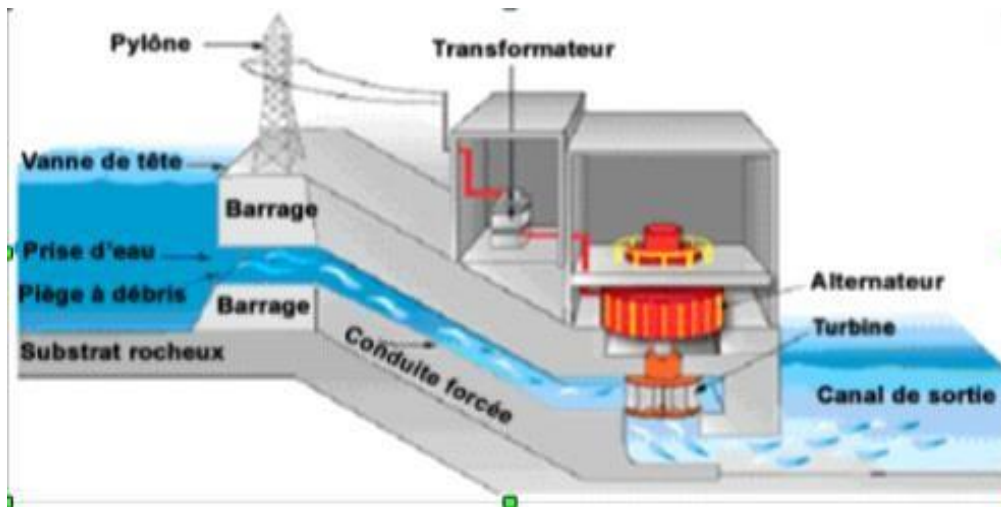


Figure I.3 : principe de centrale hydraulique [4]

### I.3.1.3 Types d'énergie hydraulique

#### I.3.1.3.1 Energie hydrolienne

Une hydrolienne est une structure qui utilise l'énergie cinétique des marées et des courants marins pour créer une énergie mécanique qui est ensuite transformée en électricité. Elle permet d'exploiter la force de l'eau de mer, les océans ou des fleuves, qui sont inépuisables, renouvelables et réguliers.[5]



Figure 1.4: Energie hydrolienne [6]

### I.3.1.3.2 Énergie Marémotrice

L'énergie marémotrice est une énergie basée sur le mouvement ascendant et descendant d'une grande quantité d'eau mobilisée par les phénomènes de marée, et l'énergie marémotrice est récupérée à travers le barrage de l'estuaire.

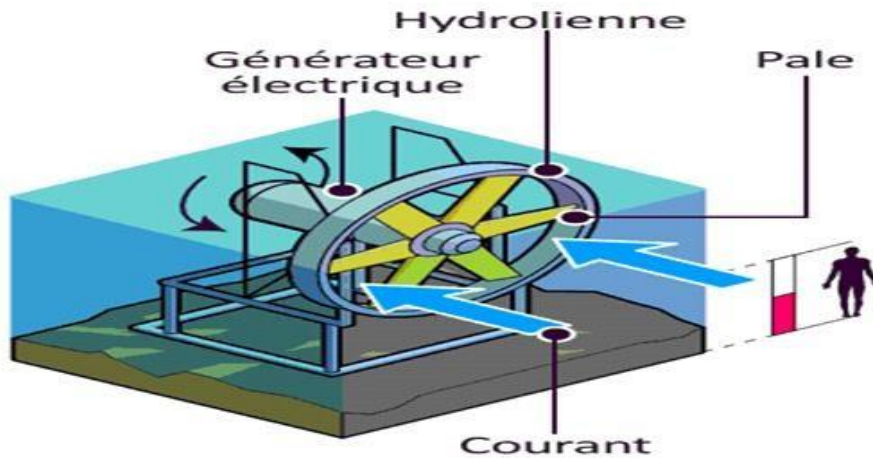


Figure 1.5 : Energie marémotrice [7]

### I.3.1.3.3 Barrage hydraulique

Les barrages hydrauliques sont des barrières construites dans les ruisseaux ou les lacs pour transférer ou stocker l'eau.



Figure 1.6 : Barrage hydraulique [8]

#### **I.3.1.3.4 Energie houlomotrice**

Qui compte sur l'énergie cinétique des vagues et de la houle.

#### **I.3.1.3.5 Energie thermique**

Qui peut être tiré de la différence de température entre les eaux profondes et les eaux de surface.

#### **I.3.1.3.6 Energie osmotique**

Qui produit de l'électricité grâce à la différence de pression que génère la différence de salinité entre l'eau de mer et l'eau douce.[9]

### **I.3.1.4 Avantages et les inconvénients**

#### **I.3.1.4.1 Avantages**

- L'énergie hydraulique est une énergie renouvelable (sa production n'entraîne pas d'émission de CO<sub>2</sub> et ne génère pas de déchets toxiques).
- L'énergie hydraulique est modulable : en cas de panne générale d'électricité, il est possible d'augmenter très rapidement sa puissance électrique.
- Il existe également un apport économique : le tourisme grâce aux lacs et aux stations balnéaires.

#### **I.3.1.4.2 Inconvénients**

- Coût des aménagements.
- Risques de rupture du barrage.
- Perturbation de l'écosystème.
- Exigences géologiques et géographiques-réservoir : zone large et dégagée. Barrage : zone étroite ; Modification de l'aspect naturel du site.

### **I.3.2 Energie éolienne**

#### **I.3.2.1 Définition**

L'énergie éolienne est une source d'énergie qui dépend du vent et est une forme indirecte de l'énergie solaire, les rayons solaires absorbés dans l'atmosphère entraînent des différences de température et de pression. De ces différences de pression naissent des mouvements d'air, appelés vent (Energie cinétique).[10]

- On a différents types d'éolienne (éolienne à axe horizontal, éolienne domestique, éolienne à axe vertical, les hydroliennes, éolienne de pompage).



**Figure I.7 :** Energie éolienne [11]

### I.3.2.2 Principe de fonctionnement

Une éolienne est un dispositif mécanique destiné à convertir l'énergie du vent en électricité

Elle est composée des principaux éléments suivants :

- 1. Un mât**, haut d'une centaine de mètres en moyenne, qui soutient la nacelle afin que celle-ci puisse capter des vents plus hauts donc plus forts.
- 2. Une nacelle**, située en haut de ce mât, qui abrite notamment la génératrice.
- 3. Le rotor**, auxquelles sont fixées les trois pales, entre en mouvement rotatif grâce à l'intensité du vent et fait ainsi tourner un arbre mécanique. Le multiplicateur augmente la vitesse de celui-ci, cette énergie est enfin convertie en électricité par la génératrice.
- 4. Une éolienne** produit de l'électricité lorsque la vitesse du vent se situe entre 3 mètres par seconde (force suffisante pour entraîner la rotation des pales) et 25 mètres par seconde. Lorsque ce dernier seuil de vitesse est atteint, un dispositif présent dans la nacelle se met alors en marche, celui-ci actionne le frein du rotor ainsi qu'une modification de l'inclinaison des pales, ce qui conduit à un arrêt de la machine tant que le vent ne faiblit pas. Actionnés par le vent, les pales fixées sur le rotor entraînent une génératrice électrique installée dans la nacelle. Le courant ainsi produit, d'une tension de 400 à 690 Volts est ensuite transporté par câble souterrain jusqu'au poste de livraison. Il y est élevé à une tension supérieure (20 000 V) afin d'être injecté sur le réseau national.[3]

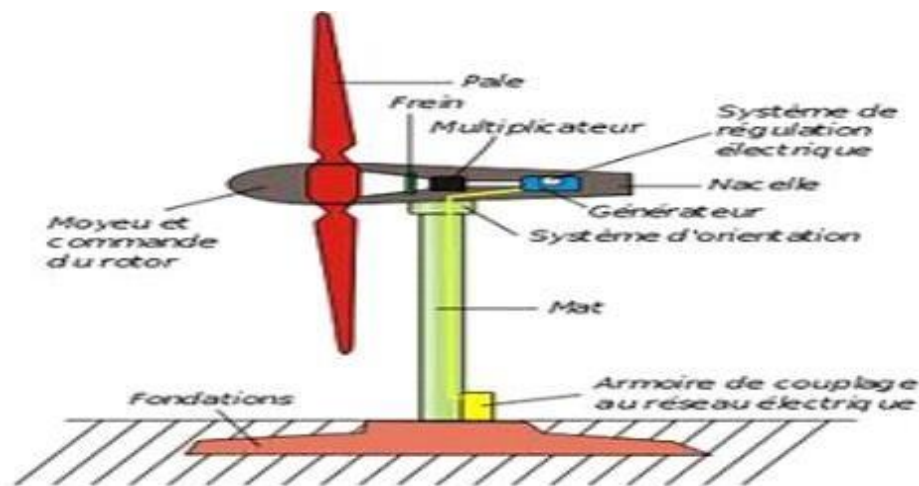


Figure I.8 : Principaux éléments d'une éolienne [12]

### I.3.2.3 Types de l'énergie éolienne

#### I.3.2.3.1 Éolienne à axe vertical

Une éolienne à axe vertical est un type d'éolienne dans laquelle l'axe du rotor principale est placé transversalement au vent et les principaux composants sont situés au bas de l'éolienne. Cette disposition permet de placer les générateurs et les transmissions à proximité des sols, facilitant l'entretien et les réparations.

#### I.3.2.3.2 Éolienne à axe horizontal

L'éolienne à axe horizontal est le type le plus usuel, elle capte le vent grâce à des pales assemblées en hélices. Les éoliennes tripales : conception qui s'est imposée sur le marché mondial pour des raisons de stabilité de la structure. Il existe également des éoliennes bipales et des mono-pales mais sont moins fiables.[13]

#### I.3.2.3.3 Éoliennes domestiques

La puissance des éoliennes domestiques ou des petites éoliennes varie de quelques centaines de watts à 20 kilowatts, avec une surface de pale maximale de 200m<sup>2</sup>. Mais en plus de la taille les petites éoliennes sont d'abord déterminées par leurs utilisations. Il entend produire localement pour la consommation locale. Il convient aux particuliers qui souhaitent installer des éoliennes sur leur parcelles.

### **I.3.2.3.4 Éolienne de pompage**

L'utilisation d'éolienne à pompe est très populaire parmi les gens, les éoliennes « **Oasis** » ont pour fonction d'utiliser la force motrice du vent pour actionner une pompe à eau.

### **I.3.2.3.5 Hydroliennes**

Les hydroliennes sont des éoliennes spécifiques qui fonctionnent sous l'eau en utilisant l'énergie des courants marins. Ce sont des éoliennes sous-marines.

## **I.3.2.4 Avantages et les inconvénients**

### **I.3.2.4.1 Avantage**

- L'énergie éolienne est une énergie renouvelable qui ne nécessite aucun carburant.
- Leur décapement offshore présente un potentiel non négligeable.
- La matière première de l'énergie éolienne (le vent) est gratuite.

### **I.3.2.4.2 Inconvénients**

- Affecte le paysage environnant et cause du bruit.
- Dépendant du vent.
- Des coûts d'investissement énormes.

## **I.3.3 Energie solaire**

### **I.3.3.1 Définition**

Est une énergie envoyée par le soleil sous forme des rayonnements. Cette énergie est à l'origine de nombreux phénomènes physiques tels que la photosynthèse, le vent ou le cycle de l'eau. Elle vient de la fusion nucléaire se produisant au cœur du soleil. L'énergie solaire est divisée en trois énergies : énergie thermique, énergie thermodynamique, énergie photovoltaïque.[3]





Figure 1.9 : Energie solaire [14]

### I.3.3.2 Principe de fonctionnement

#### 1. Les panneaux solaires

L'énergie solaire se nourrit des rayons du soleil, pour chauffer de l'air emprisonné entre deux plaques qui va chauffer de l'eau, qui circule dans la maison. Cela sert aussi à chauffer un réservoir qui alimente un chauffe-eau. [3]



Figure I.10 : Présentatif d'un capteur solaire [15]

### **I.3.3.3 Types de l'énergie solaire**

#### **I.3.3.3.1 Energie solaire thermique**

Cette énergie de base est connue depuis longtemps et est utilisée dans la vie quotidienne. Elle est dérivée du rayonnement du soleil qui augmente la température corporelle exposée de la lumière du soleil sous ce rayonnement.

#### **I.3.3.3.2 Energie solaire thermodynamique**

L'énergie solaire thermodynamique est une voie pour évaluer le rayonnement solaire direct. La technologie implique l'utilisation de collecteur pour recueillir le rayonnement solaire est les fluides chauffants à des températures élevées afin de produire de l'électricité ou de fournir de l'énergie pour les processus industriels.

#### **I.3.3.3.3 Energie solaire photovoltaïque**

L'énergie solaire photovoltaïque est basée sur l'effet photoélectrique : une borne négative et une borne positive, la lumière déplace les électrons pour générer un courant continu. Cette source de la lumière est naturelle (le soleil), elle est donc renouvelable.

### **I.3.3.4 Avantages et les inconvénients**

#### **I.3.3.4.1 Avantages**

- L'énergie solaire est une énergie non polluante.
- Est une énergie économique et disponible.
- Grâce à des équipements robustes et fiables, les modules photovoltaïques, elle permet de produire de l'électricité

#### **I.3.3.4.2 Inconvénients**

- L'énergie solaire est une source d'énergie intermittente.
- Un système solaire coûte cher à son installation.
- L'installation solaire nécessite beaucoup d'espace.

### **I.3.4 La biomasse**

#### **I.3.4.1 Définition**

La biomasse est la plus ancienne source d'énergie pour l'humanité. Il s'agit de toute matière organique issue de plantes ou d'êtres vivants. Par conséquent, il inclut également tous

les déchets organiques. Il est largement utilisé, notamment pour générer de la chaleur. Représentant près de 10% il s'agit de la première source d'énergie au monde et se trouve généralement chez les radiodiffuseurs à but non lucratif.

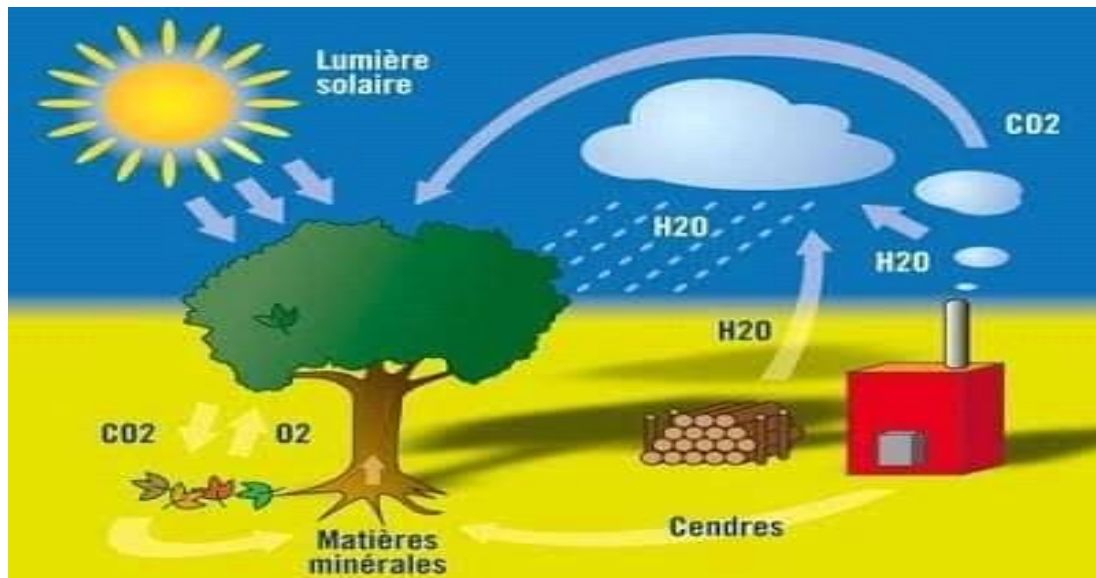


Figure I.11 : Energie de biomasse [16]

### I.3.4.2 Principe de fonctionnement

Une centrale biomasse produit de l'électricité grâce à la vapeur d'eau dégagée par la combustion de matières végétales ou animales, qui met en mouvement une turbine reliée à un alternateur.

**1. La combustion :** La biomasse est brûlée dans une chambre de combustion.

**2. La production de vapeur :** En brûlant, la biomasse dégage de la chaleur qui va chauffer de l'eau dans une chaudière. L'eau se transforme en vapeur, envoyé sous pression vers des turbines.

**3. La production de l'électricité :** La vapeur fait tourner une turbine qui fait à son tour fonctionner un alternateur. Grâce à l'énergie fournie par la turbine, l'alternateur produit un courant électrique alternatif. Un transformateur élève la tension du courant électrique produit par l'alternateur pour qu'il puisse être plus facilement transporté dans les lignes à moyenne et haute tension.

**4. Le recyclage :** À la sortie de la turbine, une partie de la vapeur est récupérée pour être

Utilisée pour le chauffage. C'est ce que l'on appelle la cogénération. Le reste de la vapeur est à nouveau transformé en eau grâce à un condenseur dans lequel circule de l'eau froide en provenance de la mer ou d'un fleuve. L'eau ainsi obtenue est récupérée et recircule dans la chaudière pour recommencer un autre cycle.[3]

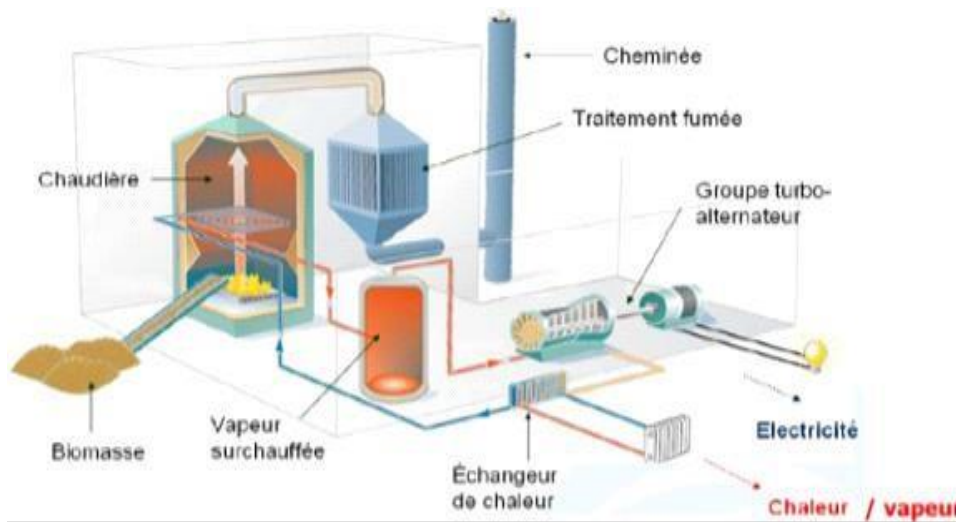


Figure I.12 : Principe de centrale biomasse [17]

### I.3.4.3 Types de la biomasse

#### I.3.4.3.1 Biomasse sèche

Elle est composée de divers déchets de bois, également appelé « bois énergie »

#### I.3.4.3.2 Biomasse humide

Elle est composée de déchets organiques (déchets verts, boues d'épuration, déchets ménagers...) issus de l'agriculture (bouse, boue...), agro-alimentaire, ou de sources urbaines, et peut être valorisée en énergie ou en engrais.[3]

### I.3.4.4 Avantages et les inconvénients

#### I.3.4.4.1 Avantages

- La biomasse est une énergie renouvelable.
- Les ressources de la biomasse sont disponibles à grande échelle.
- Elle permet de réduire la quantité de déchets envoyés aux sites d'enfouissement. Grâce à la combustion des matières inutilisables.

#### I.3.4.4.2 Inconvénients

- La biomasse est une énergie très chère.

- Ensuite, il est important de distinguer les différentes sources de biomasse. Certains procédés de combustion, notamment avec le bois sont de forts producteurs de CO<sub>2</sub>, donc aussi nocifs que les énergies fossiles.
- Certaines sources, bien que dites « renouvelables » nécessitent une gestion raisonnée. C'est le cas des forêts. Une sur utilisation de la biomasse ligneuse augmenterait le phénomène de déforestation croissante et est considérablement nuisible pour l'équilibre environnemental naturel.

### I.3.5 La géothermique

#### I.3.5.1 Définition :

L'Energie géothermique est l'Energie produite et stockée sur terre sous forme de chaleur. Elle peut aussi être relâchée à la surface par les volcans et les geysers, mais est aussi accessible à tout moment depuis des sources chaudes, etc... L'Energie géothermique peut être utilisée pour la production d'électricité ou pour le chauffage et le refroidissement.



**Figure I.13 :** Energie géothermique [18]

#### I.3.5.2 Principe de fonctionnement

Le principe d'une centrale géothermique est d'extraire la chaleur contenue dans le sol, soit pour l'utiliser sous forme de chauffage (réseau de chaleur), soit pour la transformer en électricité, ou les deux à la fois, c'est dans ce cas de la cogénération. En haute et très haute

énergie, la vapeur jaillit avec assez de pression pour faire tourner une turbine, afin de produire l'électricité. En moyenne énergie, la production d'électricité nécessite une technologie utilisant un fluide intermédiaire : on fait circuler un fluide dans les profondeurs de la terre, que l'on chauffe avec l'eau géothermale. Ce fluide se charge en énergie thermique, entre en ébullition et se vaporise, faisant tourner une turbine dont le mouvement, transmis à l'alternateur, produit de l'électricité. Une centrale géothermique est donc une centrale thermique.[3]

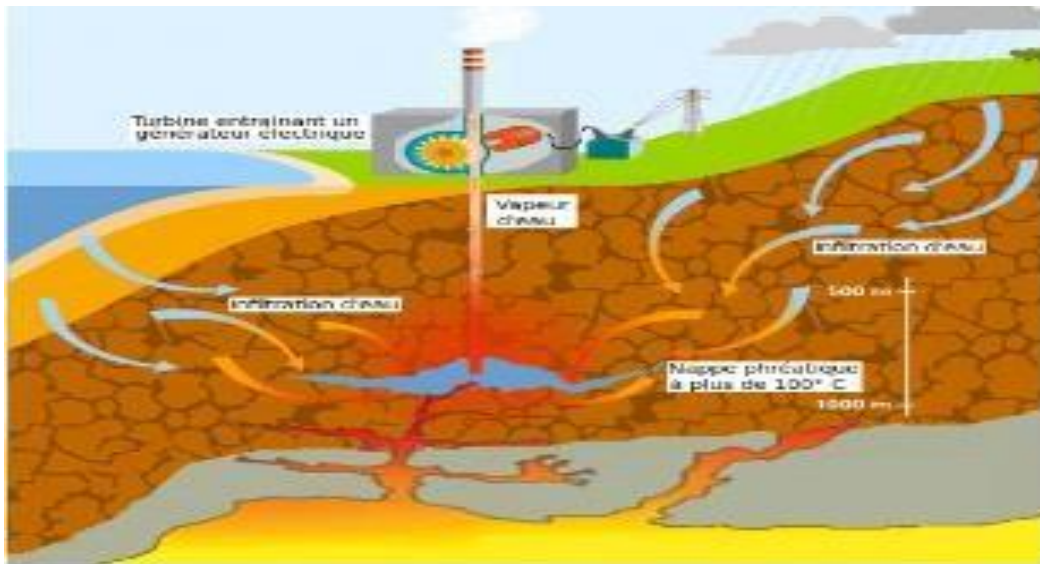


Figure I.14 : Principe de centrale géothermique [19]

### I.3.5.3 Différents types de gisements géothermiques

Les gisements peuvent être classés selon plusieurs critères : le contexte géologique, le niveau de température, le mode d'exploitation, le type.

#### I.3.5.3.1 Géothermie haute énergie ( $T > 150\text{ °C}$ )

A cette température, on peut transformer directement la vapeur en électricité

#### I.3.5.3.2 Géothermie moyenne énergie ( $90\text{ °C} < T < 150\text{ °C}$ )

Elle permet de produire de l'électricité avec un fluide intermédiaire. • Géothermie basse énergie ( $30\text{ °C} < T < 90\text{ °C}$ ) : Elle est utilisée pour fournir de la chaleur de manière directe aux bâtiments, serres. Géothermie très basse énergie ( $T < 30\text{ °C}$ ) : Elle est utilisée pour rafraîchir les bâtiments soit par puits Canadiens (ou puits provençal) ou par PAC géothermique. [20]

### I.3.5.4 Avantages et inconvénients de la géothermie

#### I.3.5.4.1 Avantages

- La géothermie de profondeur ne dépend pas des conditions atmosphériques (soleil, pluie, vent).

- C'est une source d'énergie quasi-continue.
- Les gisements géothermiques ont une durée de vie de plusieurs dizaines d'années (30 à 80 ans en moyenne).

#### **I.3.5.4.2 Inconvénients**

- Les sites de forages sont limités en fonction du type de roche (roche chaude facile à percer).
- Risque de rejets gazeux nocifs ou toxiques.
- Risque de réchauffement du site de forage.
- Certaines pratiques de forages augmentent les risques sismiques.
- Certaines technologies utilisent des produits chimiques à fort impact environnemental.

### **I.4 Conclusion**

Dans ce chapitre, nous décrivons cinq familles d'énergies renouvelables dont on peut tirer les conclusions suivantes : Le soleil, l'eau, le vent, le bois et d'autres produits végétaux sont tous des ressources naturelles qui peuvent générer de l'énergie grâce à des technologies développées par l'homme. En raison de son impact environnemental relativement faible, il deviendra la source d'énergie du futur face à la gestion des déchets nucléaires et aux émissions de gaz à effet de serre. L'utilisation de sources d'énergie renouvelables semble être la bonne solution, entre autres, puisque l'utilisation de combustibles fossiles favorise l'effet de serre et le réchauffement climatique qui en découle. Faciliter la croissance de ces énergies, c'est atteindre l'indépendance énergétique.

**Chapitre II :**  
**Description détaillée**  
**d'une installation de**  
**pompage photovoltaïque**



### II.1 Introduction

Aujourd'hui on distingue 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.

L'augmentation du coût des énergies classiques d'une part, et la limitation de leurs ressources d'autre part, font que l'énergie photovoltaïque devient de plus en plus une solution parmi les options énergétiques prometteuses avec des avantages comme l'abondance, l'absence de toute pollution et la disponibilité en plus ou moins grandes quantités en tout point du globe terrestre.

Actuellement, on assiste à un regain d'intérêt pour les installations utilisant l'énergie solaire, surtout pour les applications sur des sites isolés. La conversion photovoltaïque est l'un des modes les plus intéressants d'utilisation de l'énergie solaire. Elle permet d'obtenir de l'électricité de façon directe et autonome à l'aide d'un matériel fiable et de durée de vie relativement élevée, permettant une maintenance réduite.

Le but d'un système photovoltaïque (PV) est d'utiliser la conversion directe de l'énergie solaire par effet photovoltaïque pour subvenir aux besoins en énergie électrique de l'utilisation.

L'exploitation de l'énergie photovoltaïque offre un approvisionnement en énergie inépuisable mais surtout une énergie propre et non polluante, ce qui constitue un avantage certain. L'utilisation de l'énergie solaire pour l'alimentation en électricité reste toujours le souci quotidien des populations des régions rurales et sahariennes dans les mosquées dans les usines.

Une installation photovoltaïque est le moyen idéal pour produire de l'électricité dans les sites isolés, elle permet de transformer directement l'énergie reçue du soleil en électricité à l'aide d'un module photovoltaïque, l'énergie produite peut être stockée dans des batteries ou directement injectée dans le réseau électrique.

## II.2 Soleil

Le Soleil est l'étoile la plus proche de la Terre, dont elle est distante d'environ 150 millions de kilomètres. Il est composé à 80% d'hydrogène, 19 % d'hélium et 1% d'un mélange de 100 éléments, soit pratiquement tous les éléments chimiques connus depuis que Lavoisier et Laplace, s'appuyant sur la théorie de la relativité d'Einstein, ont émis l'idée il y a une soixantaine d'années que c'est l'énergie de fusion nucléaire qui fournit au soleil sa puissance. Ainsi, à chaque seconde, le soleil est allégé de 4 millions de tonnes dispersées sous forme de rayonnement.[21]

## II.3 Rayonnement solaire

Malgré la distance considérable qui sépare le soleil de la terre 150.10<sup>6</sup> Km, la couche terrestre reçoit une quantité d'énergie importante 180.10<sup>6</sup> GW, c'est pour ça que l'énergie solaire se présente bien comme une alternative aux autres sources d'énergie. Cette quantité d'énergie quittera sa surface sous forme de rayonnement électromagnétique compris dans une longueur variant de 0.22 à 10 µm [22], l'énergie associée à ce rayonnement solaire se décompose approximativement comme suit :

- 9 % dans la bande des ultraviolets (< à 0.4µm).
- 47 % dans la bande visibles (0.4 à 0.8 µm).
- 44 % dans la bande des infrarouges (> à 0.8µm).

Cette énergie est définie comme paramètre solaire qui a une valeur variable suivant la saison, l'heure, la localisation géographique du site, les conditions météorologiques (poussière, humidité...etc.). Le soleil tire son énergie de réactions thermonucléaires se produisant dans son noyau. L'énergie émise par le soleil est sous forme d'ondes électromagnétiques dont l'ensemble forme le rayonnement solaire. En traversant l'atmosphère, le rayonnement va subir des transformations par absorption et par diffusion, on distingue pour cela.

### II.3.1 Rayonnement direct

Les rayons du soleil atteignent le sol sans subir de la modification (sans diffusion par l'atmosphère). Les rayons restent parallèles entre eux.

### II.3.2 Rayonnement diffus

En traversant l'atmosphère, le rayonnement solaire rencontre des obstacles tels que les nuages, la poussière, etc. Ces obstacles ont pour effet de répartir un faisceau parallèle en une multitude de faisceaux dans toutes les directions.

### II.3.3 Rayonnement réfléchi

C'est le résultat de la réflexion des rayons lumineux sur une surface réfléchissante par exemple : la neige ; cette réflexion dépend de l'albédo (pouvoir réfléchissant) de la surface concernée. Le rayonnement global est tout simplement la somme de ces diverses contributions comme le montre la figure suivante.[23]

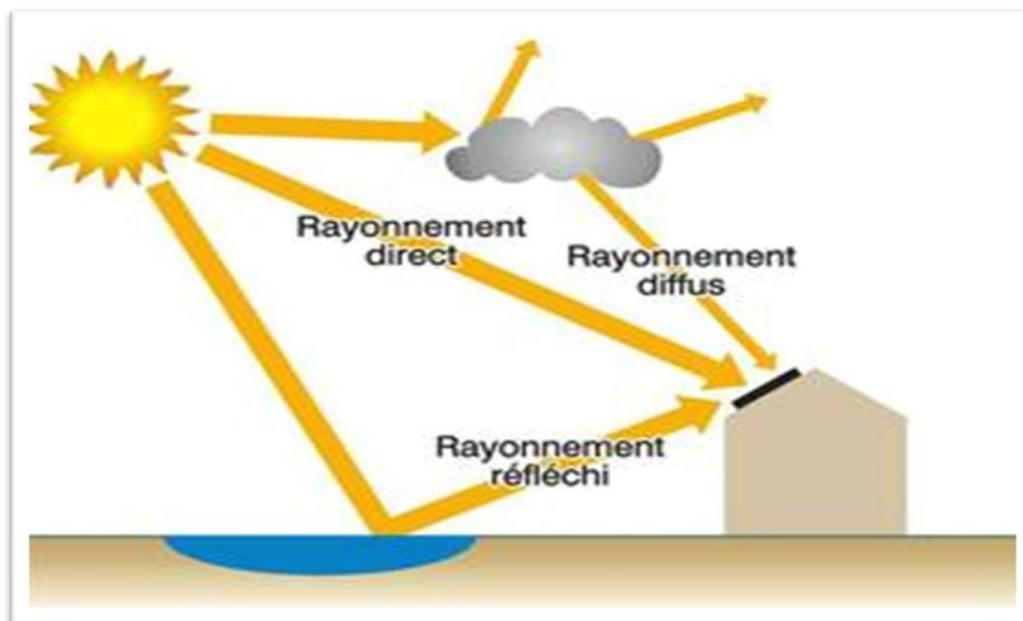


Figure II.1 : Le rayonnement solaire[24]

## II.4 Énergie photovoltaïque

L'énergie solaire photovoltaïque est l'une des principales familles d'énergies renouvelables, elle obtient sa source en captant le rayonnement solaire et en utilisant des modules photovoltaïques composés de cellules solaires pour le convertir en énergie électrique. Par conséquent, il ne faut pas la confondre avec l'énergie solaire thermique basée sur la chaleur générée par le rayonnement solaire infrarouge.

L'effet photovoltaïque : Le terme « photovoltaïque » vient du Grec et qui signifie Lumière, il

## Chapitre II Description détaillée d'une installation de pompage photovoltaïque

est composé de deux parties : « photos » (lumière) et du nom de famille du physicien italien (Alessandro Volta) qui inventa la pile électrique en 1800 et donna son nom à l'unité de mesure de la tension électrique, le volt.

Lorsqu'un matériau semi-conducteur est exposé à la lumière du soleil, les atomes exposés au rayonnement sont "bombardés" par les photons constituant la lumière ; sous l'action de ce bombardement, les électrons des couches électroniques supérieures (appelés électrons des couches de valence) ont tendance à être « arrachés » : Si l'électron revient à son état initial, l'agitation de l'électron se traduit par un échauffement du matériau. L'énergie cinétique du photon est transformée en énergie thermique. Par contre, dans les cellules photovoltaïques, une partie des électrons ne revient pas à son état initial. Les électrons "arrachés" créent une tension électrique continue faible. Une partie de l'énergie cinétique des photons est ainsi directement transformée en énergie électrique : c'est l'effet photovoltaïque.

L'effet photovoltaïque constitue la conversion directe de l'énergie du rayonnement solaire en énergie électrique au moyen de cellules généralement à base de silicium. Pour obtenir une puissance suffisante, les cellules sont reliées entre elles et constituent le module solaire. L'effet photovoltaïque, c'est-à-dire la production d'électricité directement de la lumière, fut observée la première fois, en 1839, par le physicien français Edmond Becquerel. Toutefois, ce n'est qu'au cours des années 1950 que les chercheurs des laboratoires Bell, aux États-Unis, parvinrent à fabriquer la première cellule photovoltaïque, l'élément primaire d'un système photovoltaïque.

### **II.5 Système photovoltaïque**

Le système photovoltaïque, également connu sous le nom de système photovoltaïque ou système solaire, est un système d'alimentation électrique conçu pour fournir de l'énergie solaire utilisable grâce à la production d'énergie photovoltaïque.

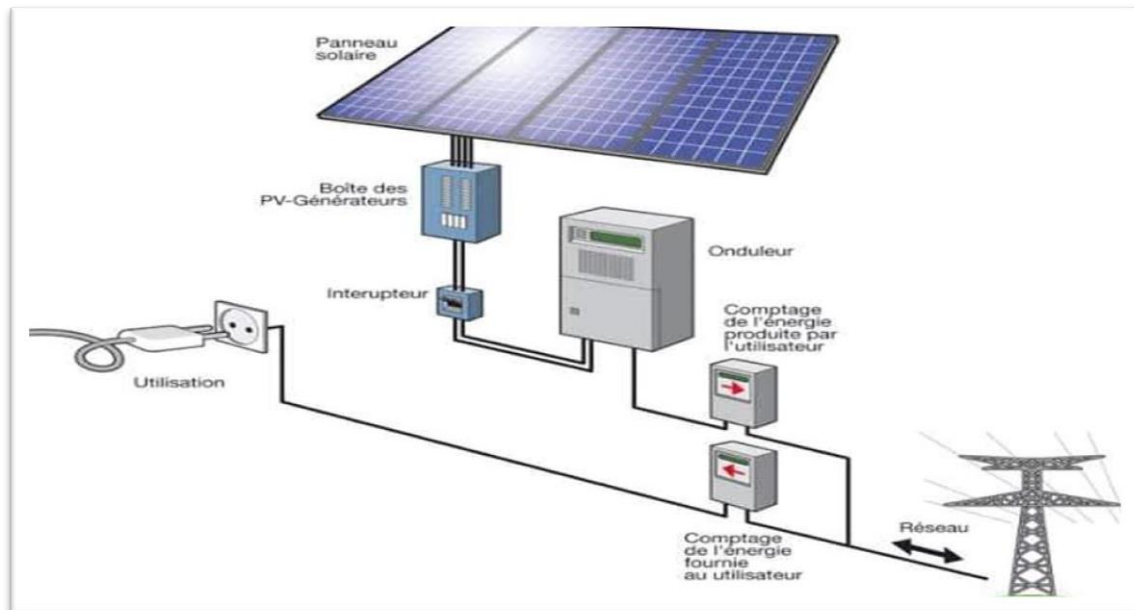


Figure II.2 : Installation d'un système photovoltaïque [25]

### II.5.1 Principe de fonctionnement d'un système photovoltaïque

L'énergie solaire photovoltaïque provient de la conversion de la lumière du soleil en électricité au sein de matériaux semi-conducteurs comme le silicium ou recouverts d'une mince couche métallique. Ces matériaux photosensibles ont la propriété de libérer leurs électrons sous l'influence d'une énergie extérieure. C'est l'effet photovoltaïque. 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.

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

Un générateur solaire photovoltaïque est composé de modules photovoltaïques eux même composés de cellules photovoltaïques connectées entre elles.

Les performances d'une installation photovoltaïque dépendent de l'orientation des panneaux solaires et des zones d'ensoleillement dans lesquelles vous vous trouvez.

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 à l'absence de maintenance des systèmes photovoltaïques, cette énergie répond parfaitement aux besoins des sites isolés et dont le raccordement au réseau électrique est trop onéreux. L'énergie solaire photovoltaïque est également appelée énergie photovoltaïque.[23]

### **II.6 Composants d'une installation photovoltaïque**

#### **II.6.1 Générateur photovoltaïque**

Un générateur photovoltaïque (PV) produit de l'électricité à partir du rayonnement solaire. Les cellules PV sont réalisées la plupart du temps dans un matériau semi-conducteur (le silicium, par exemple). Ce sont les photons de la lumière qui, en frappant la cellule, déplacent les électrons dans le matériau et génèrent ainsi une circulation continue des électrons : c'est le courant électrique.

##### **II.6.1.1 Principe de fonctionnement d'un générateur photovoltaïque**

Une cellule photovoltaïque est basée sur le phénomène physique appelé « effet photovoltaïque » qui consiste à établir une force électromotrice lorsque la surface de cette cellule est exposée à la lumière. La tension générée peut varier entre 0.3 V et 0.7 V en fonction du matériau utilisé, de sa disposition, de la température de la cellule ainsi que le vieillissement de la cellule.[4]

##### **II.6.1.2 Technologie des cellules photovoltaïques**

###### **Historique**

La conversion de la lumière en électricité, appelée effet photovoltaïque, a été découverte par Antoine Becquerel en 1839, mais il faudra attendre près d'un siècle pour que les scientifiques approfondissent et exploitent ce phénomène de la physique.

L'énergie photovoltaïque s'est développée dans les années 50 pour l'équipement de vaisseaux spatiaux et le premier a été lancé dans l'espace en 1958. C'était le seul procédé non-nucléaire d'alimenter des satellites en énergie. Les images satellites reçues par votre téléviseur ne vous parviennent que grâce à l'énergie photovoltaïque. Pendant les années 70 et 80, des efforts ont été faits pour réduire les coûts de sorte que l'énergie photovoltaïque soit également utilisable pour des applications terrestres. La croissance de l'industrie fut spectaculaire. Depuis le début des

années 80, la quantité de modules photovoltaïques expédiés par an (mesurés en MW-Crêtes) a augmenté et le prix des modules (par Watt-Crête) diminuait au fur et à mesure que le nombre de modules fabriqués augmentait. Bien que le prix se soit quelque peu stabilisé la quantité de modules photovoltaïques expédiés chaque année continue d'augmenter. [26]

### Quelques dates

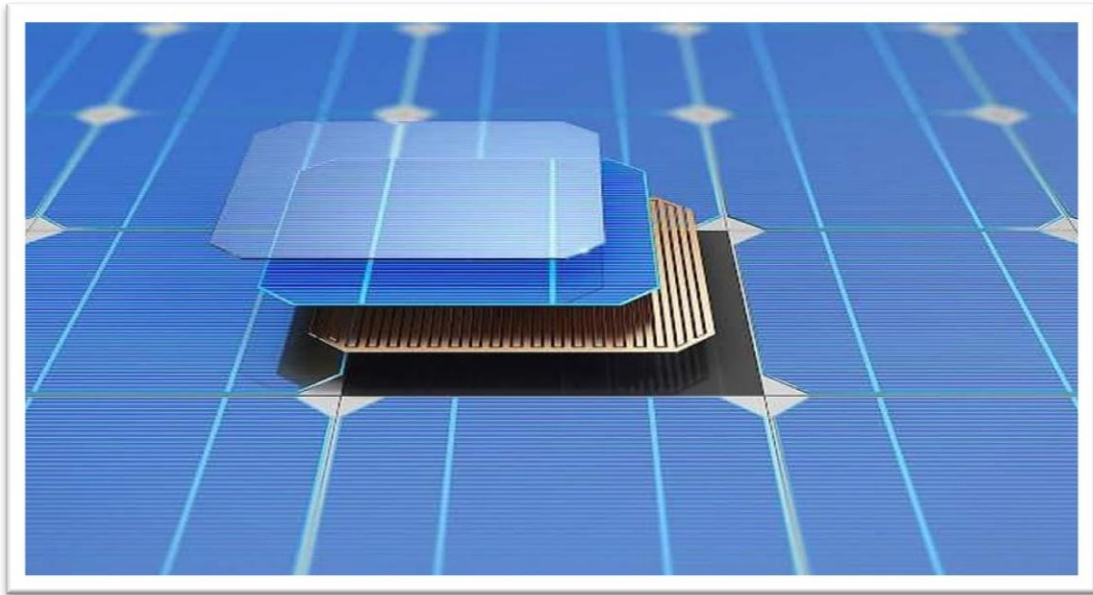
- 1839 : Le physicien français Edmond Becquerel découvre l'effet photovoltaïque.
- 1875 : Werner Von Siemens expose devant l'Académie des Sciences de Berlin un article sur l'effet photovoltaïque dans les semi-conducteurs. Mais jusqu'à la Seconde Guerre Mondiale, le phénomène reste encore une découverte anecdotique.
- 1954 : Trois chercheurs américains, Chapin, Pearson et Prince, mettent au point une cellule photovoltaïque à haut rendement au moment où l'industrie spatiale naissante cherche des solutions nouvelles pour alimenter ses satellites.
- 1958 : Une cellule avec un rendement de 9 % est mise au point. Les premiers satellites alimentés par des cellules solaires sont envoyés dans l'espace.
- 1973 : La première maison alimentée par des cellules photovoltaïques est construite à l'Université de Delaware.
- 1983 : La première voiture alimentée par énergie photovoltaïque parcourt une distance de 4000 km en Australie.
- 1995 : Des programmes de toits photovoltaïques raccordés au réseau ont été lancés, au Japon et en Allemagne, et se généralisent depuis 2001.

### II.6.1.3 Constitution d'un générateur photovoltaïque

Le générateur photovoltaïque est composé particulièrement par :

#### II.6.1.3.1 Cellules photovoltaïques

Une cellule solaire photovoltaïque est une plaquette de silicium (semi-conducteur), capable de convertir directement la lumière en électricité. Cet effet est appelé l'effet photovoltaïque. Le courant obtenu est un courant continu et la valeur de la tension obtenue est de l'ordre de 0,5 V. [27]



**Figure II.3 :** Cellule photovoltaïque [28]

#### II.6.1.3.1 Silicium

Est actuellement le matériau le plus utilisé pour fabriquer les cellules photovoltaïques disponibles à un niveau industriel. Le silicium est fabriqué à partir de sable quartz (dioxyde de silicium). Celui-ci est chauffé dans un four électrique à une température de 1700 °C. Divers traitements du sable permettent de purifier le silicium.



**Figure II.4 :** Bloc de silicium Si [29]

Le produit obtenu est un silicium dit métallurgique, pur à 98% seulement. Ce silicium est ensuite purifié chimiquement et aboutit au silicium de qualité électronique qui se présente sous forme liquide, puis coulé sous forme de lingot suivant le processus pour la cristallisation du



silicium, et découpé sous forme de fines plaquettes (wafers). Par la suite, ce silicium pur va être enrichi en éléments dopants lors de l'étape de dopage, afin de pouvoir le transformer en semi-conducteur de type P ou N. La diffusion d'éléments dopants (bore, phosphore) modifie l'équilibre électronique de ces plaquettes (wafers), ce qui les transforme en cellules sensibles à la lumière.



**Figure II.5 :** Wafers de silicium Si [30]

### II.6.1.3.1.2 Différents types de cellules solaires (cellules photovoltaïques)

Il existe différents types de cellules solaires ou cellules photovoltaïques. Chaque type de cellule est caractérisé par un rendement et un coût qui lui sont propres. Cependant, quel que soit le type, le rendement reste assez faible : 8 et 23 % de l'énergie que les cellules reçoivent.[27]

Actuellement, il existe trois principaux types de cellules :

- **Les cellules monocristallines :** Elles ont le meilleur rendement (de 12 à 18% voir Jusqu'à 24.7 % en laboratoire). Cependant, elles coûtent trop chers due à leur fabrication complexe.



**Figure II-6 : Cellules monocristallines [31]**

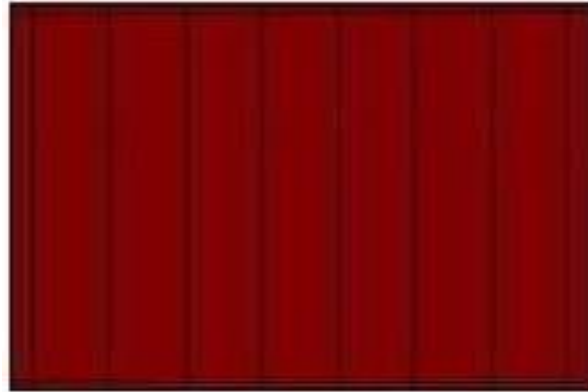
- **Cellules polycristallines** : Leur conception est plus facile et leur coût de fabrication est moins important. Cependant leur rendement est plus faible : de 11% à 15% jusqu'à 19.8% en laboratoire). [27]



**Figure II-7 : Cellules polycristallines [32]**

- **Cellules amorphes** : Elles ont un faible rendement (5% à 8%, 13% en laboratoire), 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. L'avantage de ce dernier type est le fonctionnement avec un éclairage faible (même par temps couvert ou à l'intérieur d'un bâtiment). [27]



**FigureII-8 : Cellules amorphes [33]**

### II.6.2 Groupe électropompe

#### II.6.2.1 Pompe

La pompe est un dispositif d'aspiration et élimine de l'eau. Il existe trois principaux types de pompes : la pompe centrifuge, turbo pompe et la pompe volumétrique. qui Conviennent pour augmenter l'eau avec une pression externe.[27]

##### II.6.2.1.1 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.

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 constants.

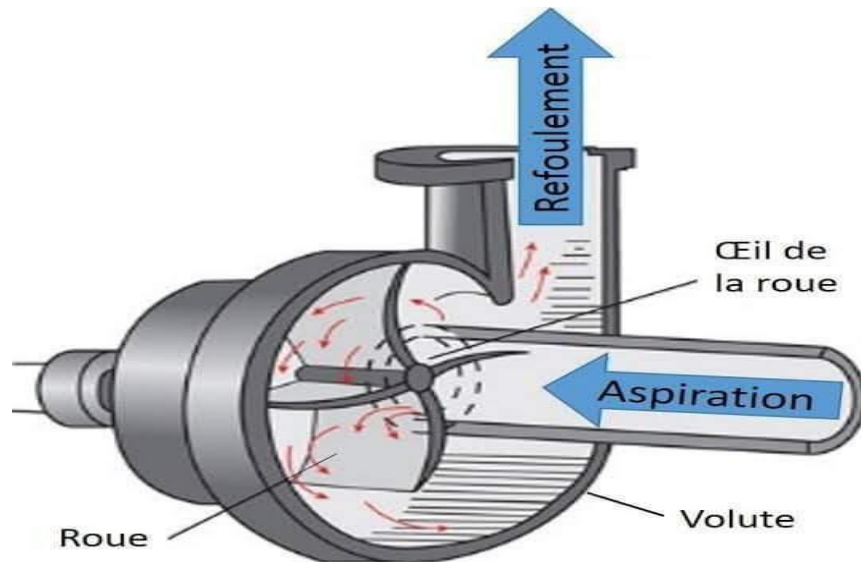


Figure II-9 : Pompe centrifuge [34]

### II.6.2.1.2 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.

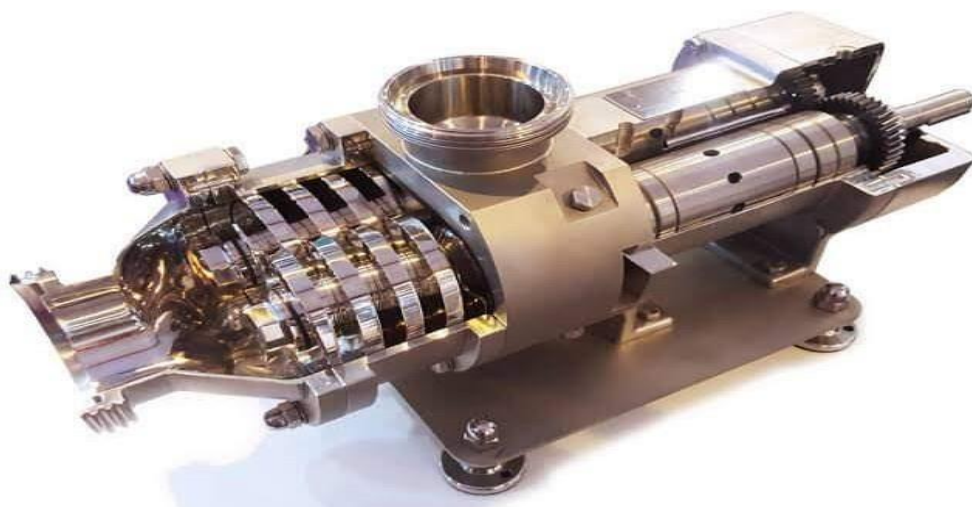


Figure II-10 : Pompe volumétrique [35]

## II.6.2.2 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.

### II.6.2.2.1 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. 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

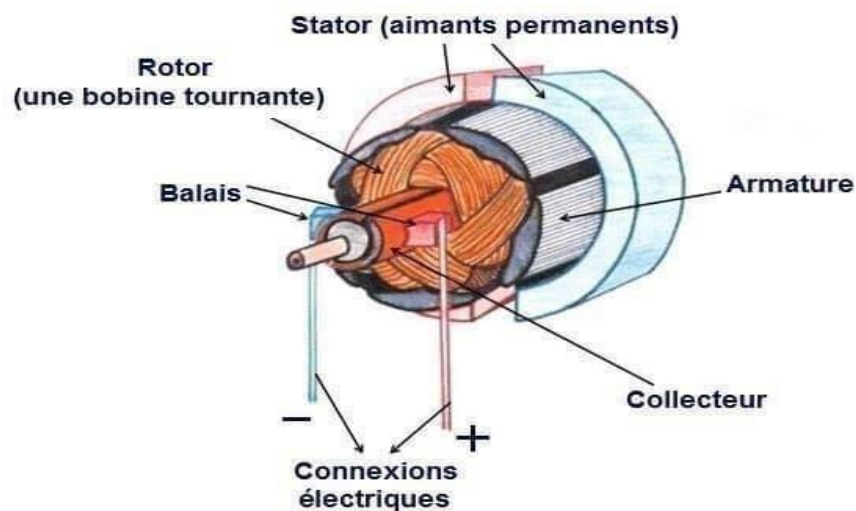


Figure II.11 : Moteur à courant continu avec balais [36]

### II.6.2.2.2 Moteur à courant continu, sans balais

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.

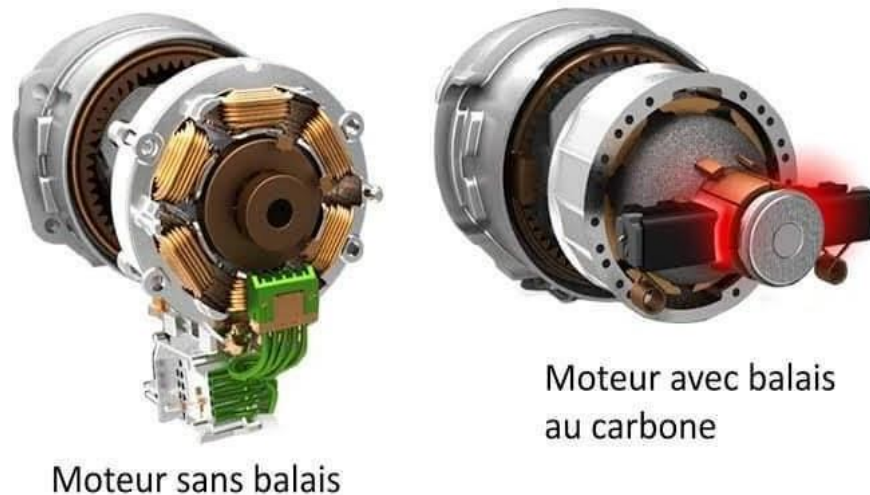


Figure II.12 : Moteur à courant continu avec balais [37]

### II.6.2.2.3 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.



**Figure II-13** : Moteur à courant alternatif [38]

## II.6.3 Electronique de commande et de contrôle

### II.6.3.1 Convertisseur CC/CC (hacheur)

Afin d'extraire à chaque instant le maximum de puissance disponible aux bornes du générateur PV et de la transférer à la charge (pompe alimentée par moteur à courant continu), la technique utilisée classiquement est d'utiliser un étage d'adaptation entre le générateur PV et la charge.



**Figure II.14** : Convertisseur CC/CC [39]

### II.6.3.2 Convertisseur CC/AC (Onduleur)

La fonction principale de l'onduleur est de transformer le courant continu, produit par les panneaux solaires en un courant alternatif triphasé pour actionner le groupe moteur pompe. L'onduleur fonctionne évidemment avec un circuit de génération des signaux PWM commandé par un circuit de régulation et de protection. Le convertisseur CC/AC assure le transfert optimal de puissance du générateur solaire vers le groupe moteur pompe et protège la pompe contre le fonctionnement à vide lorsqu'il n'y a pas d'eau dans le puits. Le rendement de l'onduleur est généralement élevé pour valoriser au mieux l'énergie produite par le générateur. Il est de l'ordre de 95 % au point de fonctionnement nominal.



**Figure II-15 :** Le convertisseur CC/AC (Onduleur) [40]

### II.6.4 Partie stockage

Le stockage d'énergie peut se faire de deux façons : stockage d'énergie électrique ou stockage d'eau. Cette dernière méthode est souvent adoptée car il est plus pratique de stocker l'eau dans des réservoirs que l'énergie électrique dans des accumulateurs lourds coûteux et fragiles.

Aussi, le système de stockage avec batterie génère un coût additionnel, des problèmes de maintenance de la batterie et de l'obligation de la remplacer après 3 à 5 ans d'usage. De plus, le rendement énergétique est meilleur quand il n'y a pas d'accumulateurs. Le réservoir peut souvent être construit localement et la capacité de stockage peut varier d'un à plusieurs jours. Ce réservoir ne requiert pas un entretien complexe et est facile à réparer localement.[27]



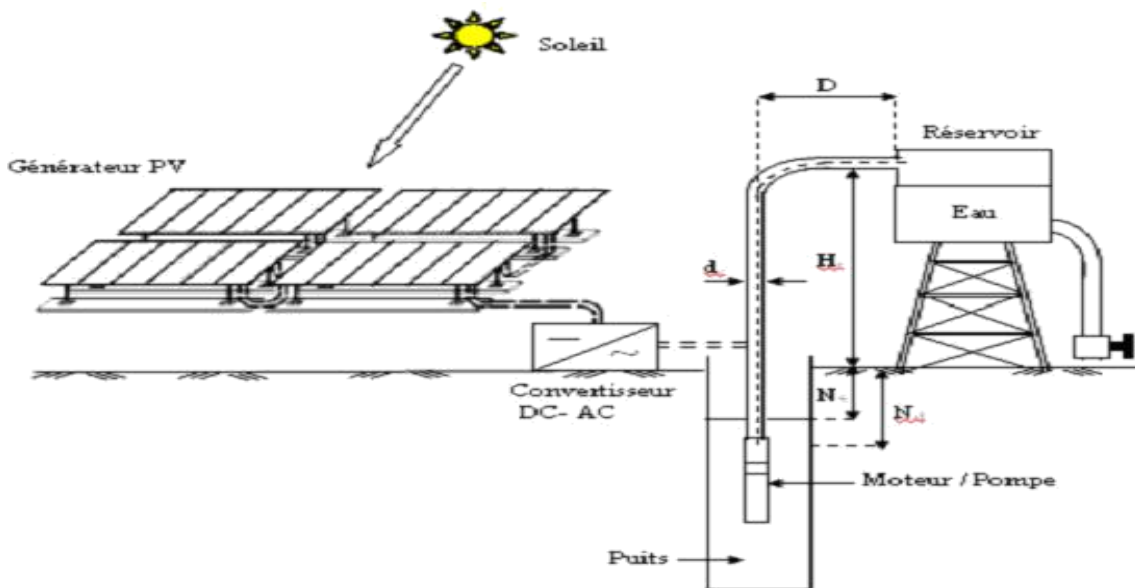


Figure II.16 : Schéma synoptique simplifié de Pompage PV [41]

## II.7 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.[27]

### II.7.1 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.[27]

### II.7.2 Pompage avec batterie

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, voire 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.[27]

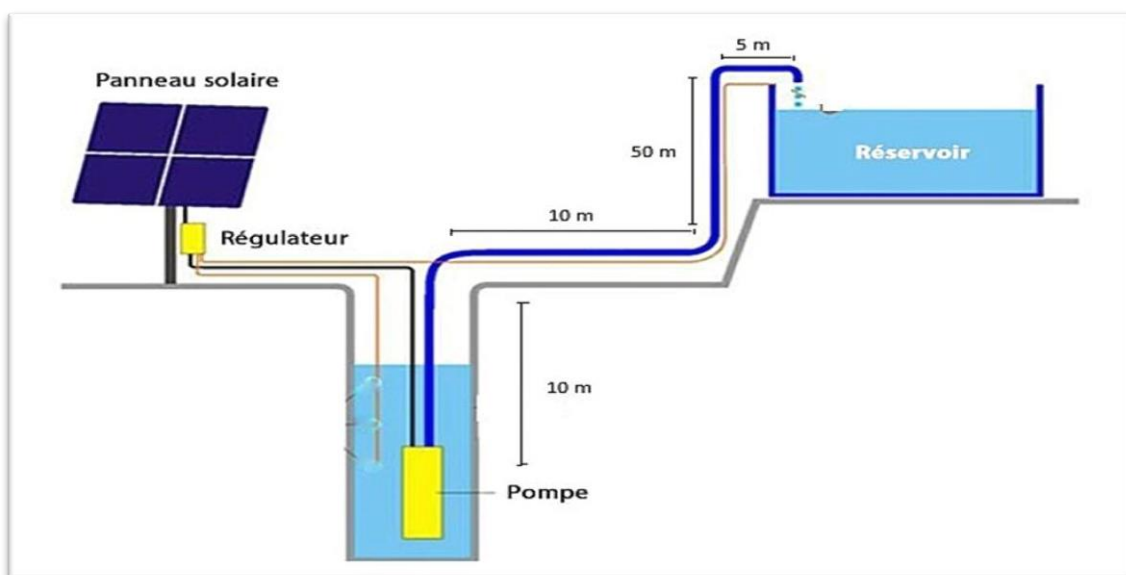


Figure II.17 : Méthode de pompage photovoltaïque [41]

## II.8 Avantages et inconvénients d'une installation photovoltaïque

### II.8.1 Avantages

- L'énergie photovoltaïque peut être installée partout, même en ville.

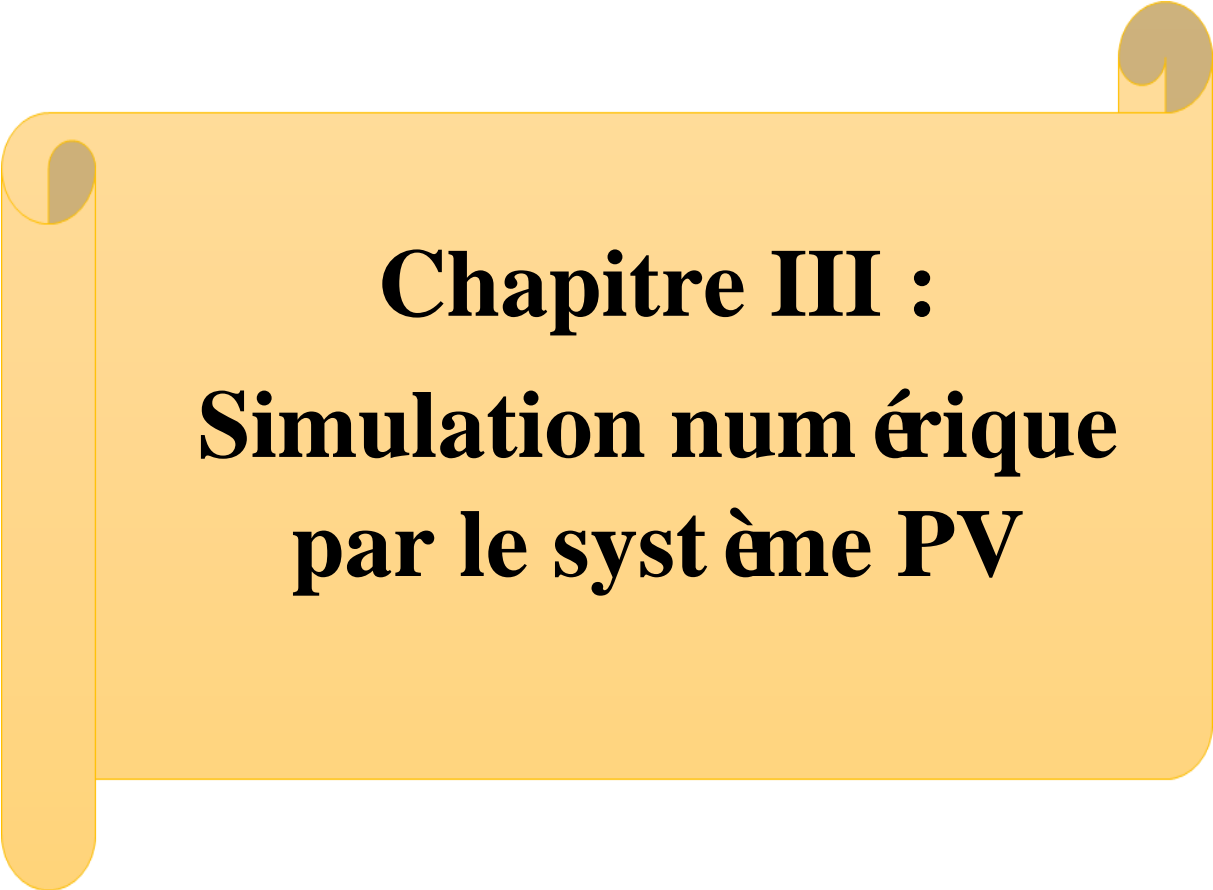
- L'énergie photovoltaïque est renouvelable et gratuite.
- Sur les sites isolés, l'énergie photovoltaïque offre une solution pratique pour obtenir de l'électricité à moindre coût
- La vente du surplus de production permet d'amortir les investissements voire de générer des revenus.
- Les systèmes photovoltaïques sont fiables : aucune pièce employée n'est en mouvement. Les matériaux utilisés (silicium, verre, aluminium), résistent aux conditions météorologiques extrêmes.
- L'énergie photovoltaïque est totalement modulable et peut donc répondre à un large éventail de besoins. La taille des installations peut aussi être augmentée par la suite pour suivre les besoins de son propriétaire.
- Le coût de fonctionnement des panneaux photovoltaïques est très faible car leur entretien est très réduit, et ils ne nécessitent ni combustible, ni transport, ni personnel hautement spécialisé.[23]

### II.8.2 Inconvénients

- Le coût d'investissement des panneaux photovoltaïques est élevé.
- Le rendement réel de conversion d'un module est faible
- Lorsque le stockage de l'énergie électrique par des batteries est nécessaire, le coût du système photovoltaïque augmente.
- Les panneaux contiennent des produits toxiques et la filière de recyclage n'est pas encore existante.
- Le rendement électrique diminue avec le temps (20% de moins au bout de 20 ans).[23]

### II.9 Conclusion

Ce chapitre a été consacré à l'établissement des généralités et des définitions rayonnement solaire, l'énergie photovoltaïque, le système PV ainsi leur composants (le générateur PV, le groupe électropompe, l'électronique de commande et de contrôle et la partie de stockage) aussi la méthode de pompage (pompage au fil de soleil et pompage avec batterie) et les avantages et les inconvénients d'une installation PV.



**Chapitre III :**  
**Simulation numérique**  
**par le système PV**

### III.1 Introduction

L'électrification rurale est l'un des problèmes majeurs de l'état, vue le nombre immense des fermes, des maisons isolées et des nomades qui ont toujours besoin de l'électricité pour l'éclairage de leurs fermes, de leurs maisons dans des régions situées hors agglomération. L'alimentation en électricité rentre dans un programme annuel du ministère de l'énergie et des mines, qui inclut toutes les zones concernées par l'électrification, que ce soient des fermes, de petits villages ou d'autres régions isolées ; pour cela, les installations photovoltaïques demeurent une solution adéquate et efficace pour ce genre de problèmes, soit pour éclairage, ou soit pour le système de pompage photovoltaïque pour les paysans qui ont toujours besoin de l'eau pour l'irrigation, ou pour leur bétail, sans oublier les zones du grand désert Algérien qui demeure des sources primordiales, en agriculture, en gaz naturel ou du pétrole, avec sa vaste nappe d'eau, qui est parmi les grandes nappes d'eau au monde. Notre projet est un système de pompage autonome isolé non connecté au réseau électrique au niveau de la daïra de Sougueur (Wilaya de Tiaret), c'est-à-dire, le courant électrique est créé par le système photovoltaïque autonome (Panneaux photovoltaïques) d'une pompe immergée d'un puits vers un réservoir, puis cette eau sera distribuée soit à l'irrigation, ou soit à l'alimentation domestique, ou soit pour alimenter les animaux domestiques, d'où une modélisation et simulation par un logiciel PVsyst conçu au dimensionnement des structures alimentées par des systèmes photovoltaïques que se soient habitations, pompage et toute structure bâtie surtout dans des régions isolées.

### III.2 Présentation du projet

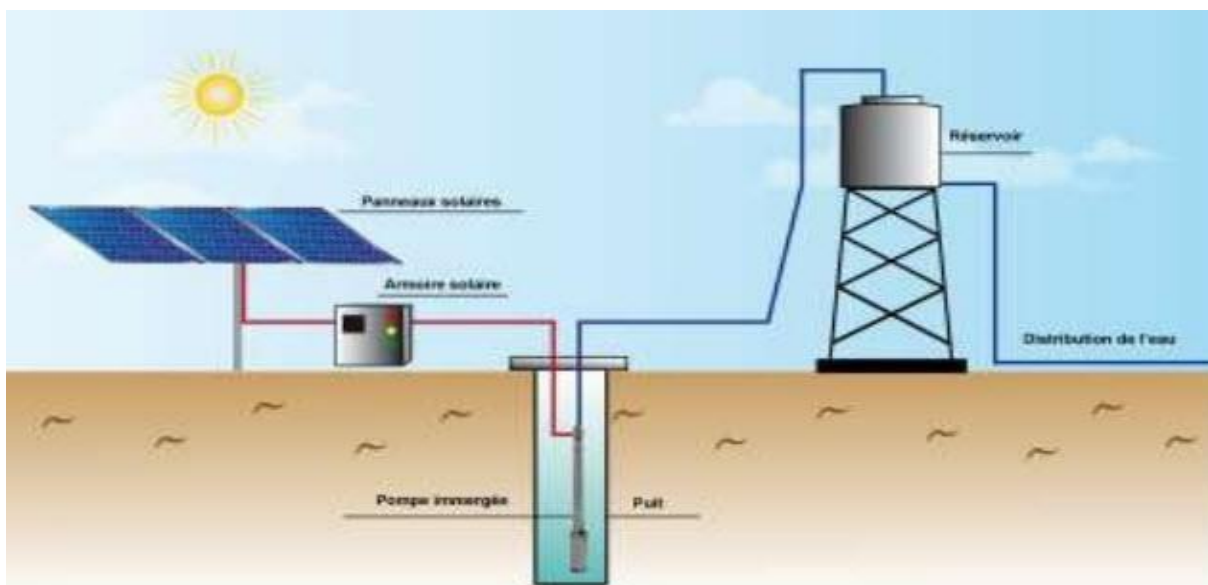
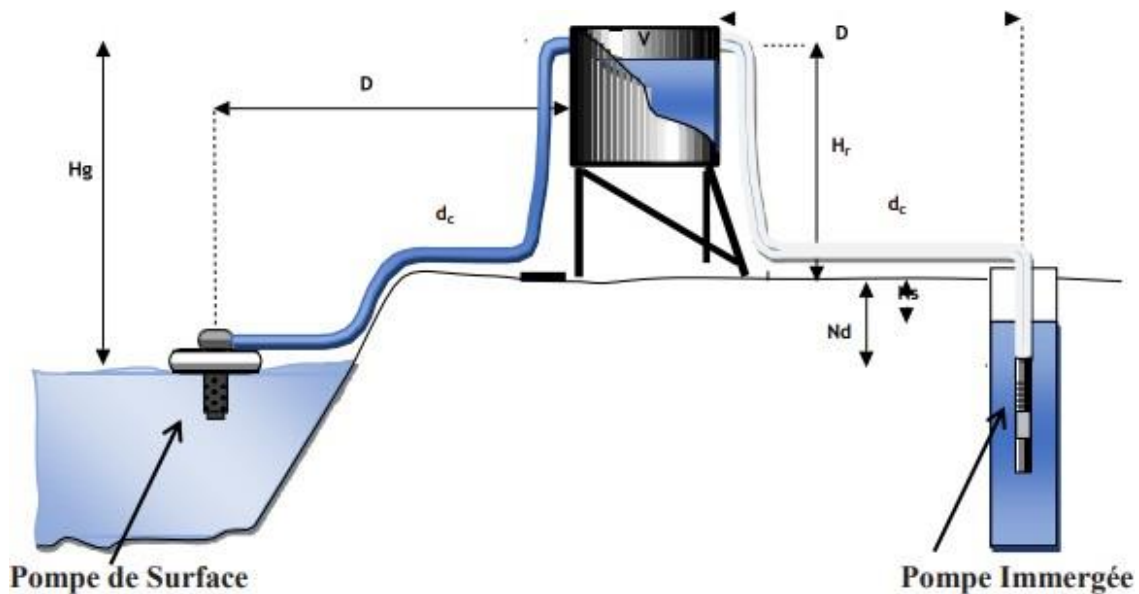


Figure III.1 : Principe de pompage au fil du soleil

Le dimensionnement du système de pompage photovoltaïque au fil du soleil concerne essentiellement le calcul de la puissance crête du générateur photovoltaïque, le choix de la pompe et le choix du contrôleur répondants au service requis dans les conditions de référence.

**Rabatement** : la différence entre le niveau dynamique et le niveau statique.

**Rabatement maximal** : est le rabatement maximal acceptable avant de stopper la pompe.



**Figure III.2** : Schéma de pompage photovoltaïque.

**Ht(m)** : Hauteur géométrique du sol au plan du haut du réservoir.

**Ns** : Niveau de la nappe statique (au repos).

**Nd** : Niveau dynamique de la nappe (pour un débit moyen).

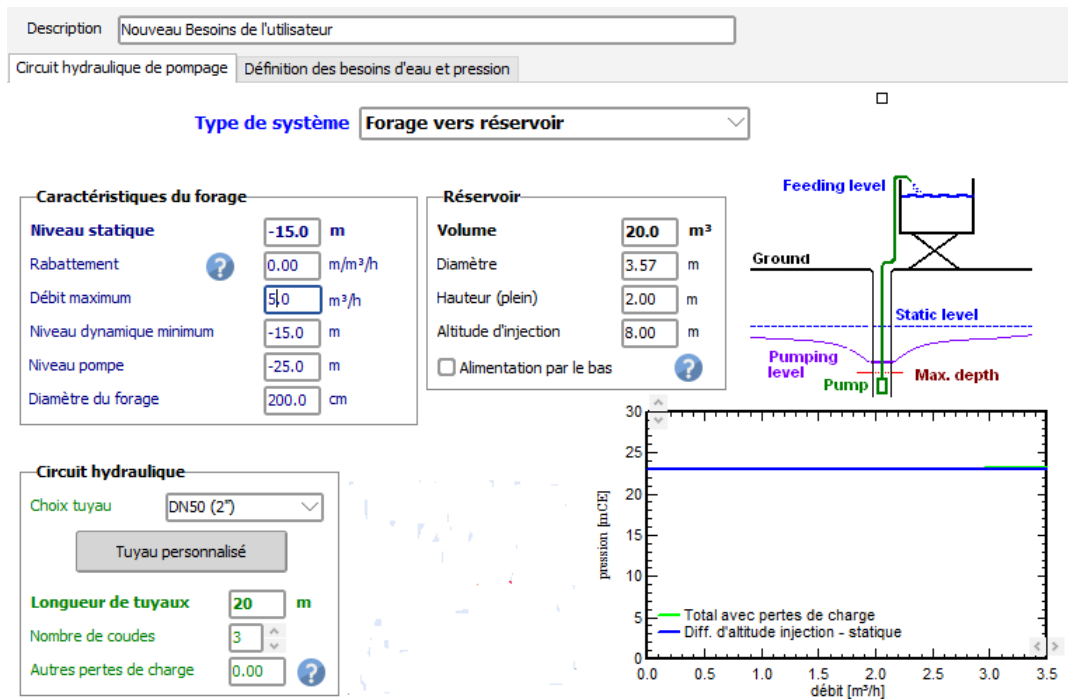


Figure III.3 : Description détaillée des différentes hauteurs.

### III.2 Pertes de charge

Chutes de pression produites par le frottement de l'eau sur les parois des conduites. Ces pertes sont fonction de la longueur des conduites (D), de leur diamètre (dc) et du débit de la pompe (Q). Elles s'expriment en mètres de colonnes d'eau (mCE). Le diamètre des conduites est calculé afin que ces pertes de charge correspondent au plus à 10 % de la hauteur manométrique (HMT)

- **Niveau statique**

Le niveau statique (Ns) d'un puits ou d'un forage est la distance du sol à la surface de l'eau avant pompage.

- **Niveau dynamique**

Le niveau dynamique (Nd) d'un puits ou d'un forage est la distance du sol à la surface de l'eau pour un pompage à un débit donné. Pour le calcul de la HMT, le niveau dynamique est calculé pour un débit moyen. On considère que notre système travaille sans perte de charges (Pertes de charge négligeable), donc notre hauteur manométrique totale sera :

$$HMT = Nd + Ht$$

Avec : Nd : Niveau dynamique de la nappe d'eau (20m)

Ht : Hauteur géométrique du sol au plan du haut du réservoir (08m).

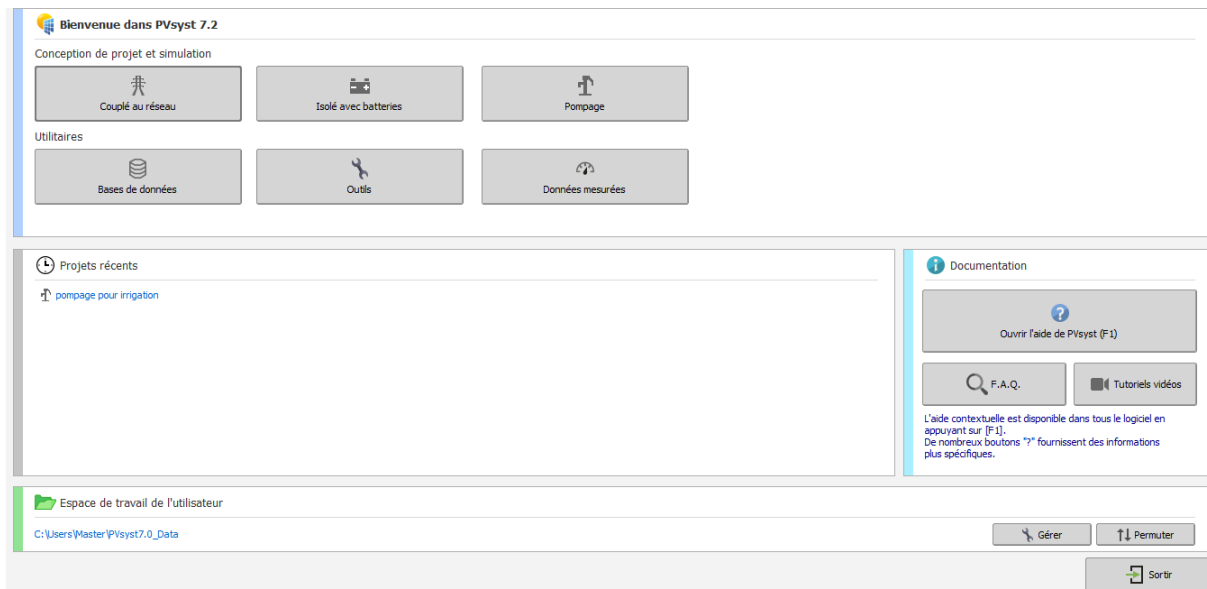
AN : HMT = 20+8

HMT = 28m

### III.3 Logiciel PVSYST

Le logiciel Pv-sys permet de :

- Prédimensionnement
- Estimation rapide de la production pour une première étude de vos installations
- Conception de projet
- Etude détaillée, dimensionnement et simulation horaire, résultats dans un rapport complet imprimable.
- Données météo (importation de diverses sources, génération synthétique).
- Base de données de composante (module PV, onduleur, batteries, pompes, etc.)
- Outils didactiques, (géométrie solaire, optimisation de l'orientation, comportement électrique du champs PV avec ombrage).
- Analyse de données réelles mesurées (avancé).



**Figure III.4 :** Interface de logiciel PVSYST



### III.3.1 Données de localisation du site



Figure III.5 : Emplacement géographique de la daïra de Sougueur wilaya de Tiaret.

### III.3.2. Données météorologiques du site

Après avoir localisé le site, on clique sur le bouton « importer » pour importer les données météorologiques du site dans PV<sub>SYST</sub>, ces données mensuelles représentent l'irradiation, la température, vitesse du vent, humidité ...etc.

Tableau. III .1 : Caractéristiques climatiques du site de Sougueur wilaya de Tiaret

	Irradiation Globale Horizontale	Irradiation diffuse horizontale	Température	Vitesse Du Vent	Turbidité Linke	Humidité Relative
	Kwh/m <sup>2</sup> mois	Kwh/m <sup>2</sup> mois	C °	m/s	[-]	%
<b>JANVIER</b>	87	32	5.7	4.5	2.367	76.6
<b>FEVRIER</b>	98.8	37.5	6.5	4.69	2.618	74
<b>MARS</b>	150.2	48.0	9.7	4.49	3.365	70.6
<b>AVRIL</b>	184.3	62.3	12.5	4.1	3.773	66.3
<b>MAI</b>	205.3	68.6	17.3	3.59	4.365	58.3
<b>JUIN</b>	225.3	70.8	23	3.5	4.755	44.6
<b>JUILLET</b>	229.1	72.2	27.7	3.39	5.956	36.2
<b>AOUT</b>	215	57.7	26.8	3.3	5.063	39.7
<b>SEPTEMBRE</b>	167	51.2	21.2	3.19	4.3	54.6
<b>OCTOBRE</b>	136.9	40.7	16.9	3.59	3.534	61
<b>NOVEMBRE</b>	95	33.8	9.8	4.5	2.872	74.3
<b>DECEMBRE</b>	81.1	28.5	6.9	4.19	2.473	79
<b>ANNEE</b>	<b>1875</b>	<b>603.2</b>	<b>153</b>	<b>3.9</b>	<b>3.794</b>	<b>61.3</b>

### III.4 Coordonnées Géographiques

La connaissance des coordonnées géographiques est nécessaire pour connaître latitude, longitude et l'altitude de cette position de Sougueur

	Décimale	Degrés	Minutes	Secondes
<b>Latitude</b>	35.1875	35	11	8
<b>Longitude</b>	1.4961	1	29	46

<b>Altitude</b>	1146
<b>Fuseau Horaire</b>	1.0

Tableaux III. 2 : Coordonnées géographiques du site de Sougueur

### III.5 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).

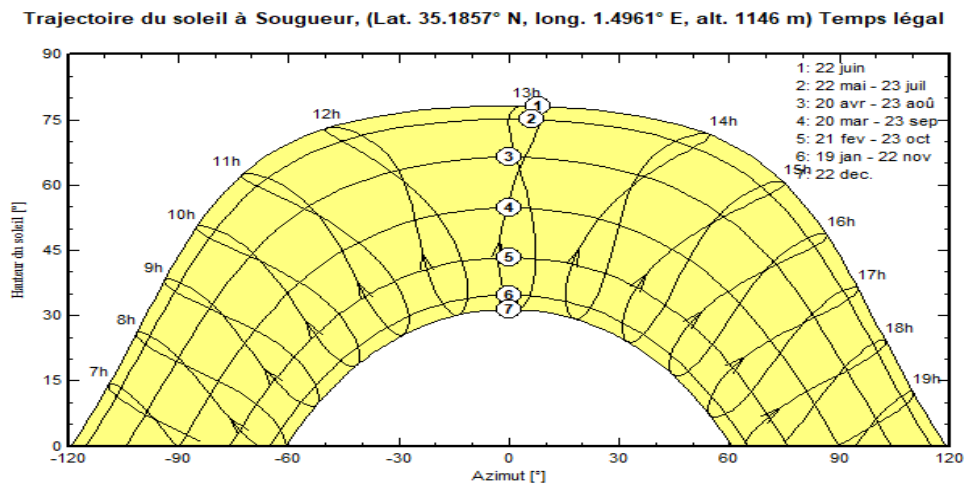


Figure III.6 : Trajectoire du soleil à Sougueur.

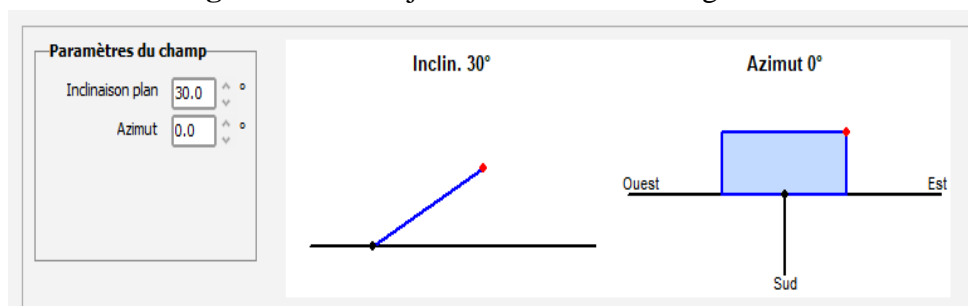


Figure III.7 : Orientation et inclinaison du système PV.

On a choisi une orientation de 30 ° des panneaux photovoltaïques car c'est une orientation généralement la plus utilisée et a apporté de bons résultats.

### III.5 Schéma de l'installation PV :

La figure (III.11) représente le schéma de l'installation PV autonome prise en compte dans la simulation.

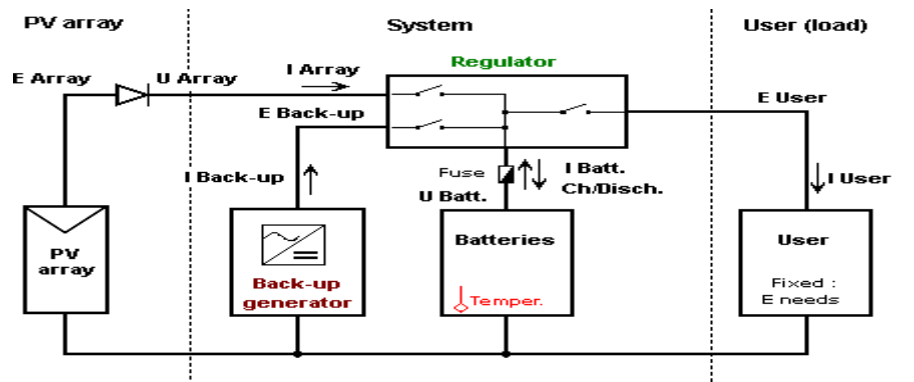


Figure III.8 : Schéma simplifié d'une installation PV autonome.

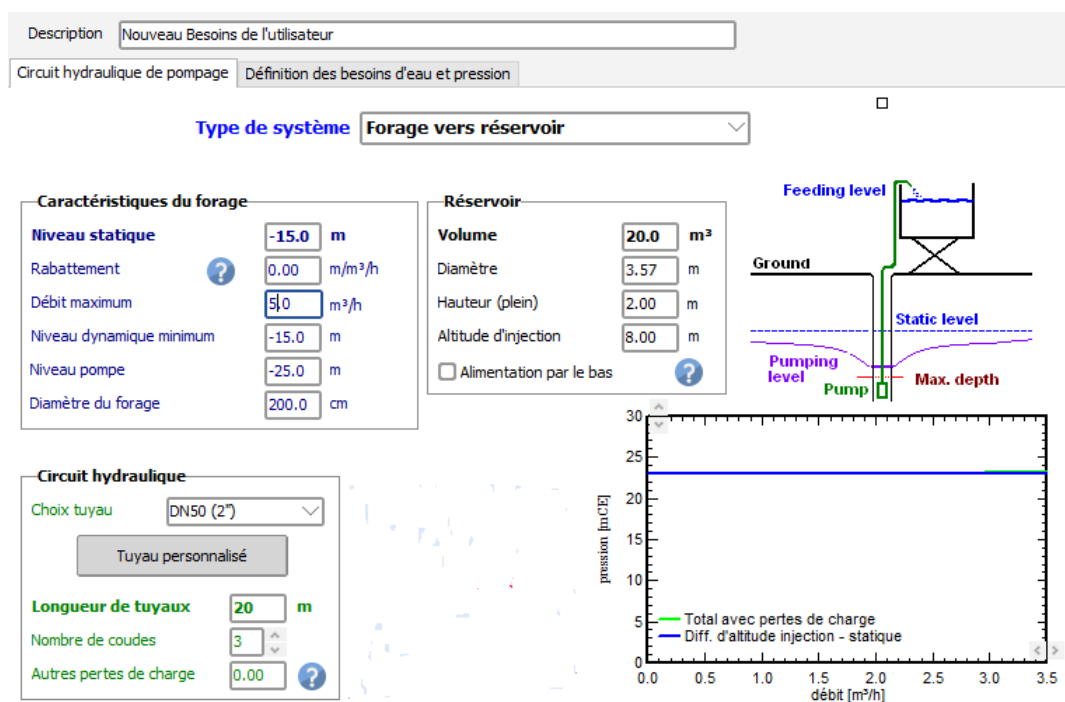


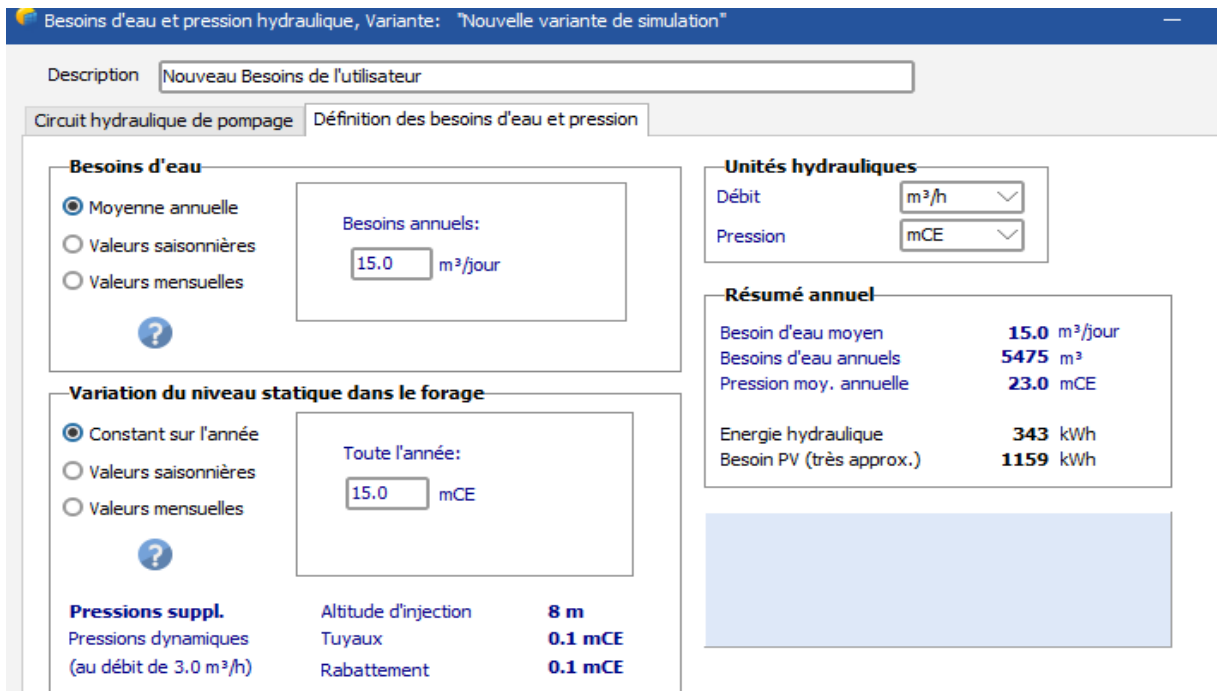
Figure III.9 : Besoins en eau et différents paramètres du projet.

Pour notre système de pompage sur site isolé de la wilaya de Sougueur, on a conçu à mettre en place d'un puit alimenté par une pompe immergée qui refoule de l'eau directement vers un château d'eau placé directement au voisinage du puit pour pouvoir minimiser la puissance

nécessaire en alimentation, le tableau ci-dessous présente les différentes données du projet de pompage voulu.

Hauteur statique	15.00 m
Hauteur dynamique	20.00m
Profondeur de pompage	25.00 m
Diamètre du puit	02.00 m
Besoin journalier	15.00 m <sup>3</sup>
Diamètre du réservoir	03.57 m
Hauteur d'alimentation	10.00 m
Réservoir de stockage	20.00 m <sup>3</sup>
Rabattement	05.00 m

**Tableau III.3** : Les différentes données de la simulation (projet de pompage).



**Figure III.10** : Besoin journalier en eau et profondeur statique correspondante.

Notre projet est pompé un volume moyen de 15m<sup>3</sup> par jour, selon nos besoins, donc soit 5475m<sup>3</sup> par an, soit une énergie hydraulique de 343KWh, pression moyenne annuelle 23 mCE et le besoin PV est 1159 KWh et une injection de 8m d'altitude.

Définition pompe Conception du sous-champ

Information système  
 Pompe choisie Submersible QF 6A-8  
 Technologie Centrifuge multi-étages Pression 15,0 - 38,0 mCE  
 Puissance max. 750 W Débit 6.70 - 4.00 m³/h

Aide au dimensionnement  
 Pas de prédim. Entrez Pnom désirée  kWc  
 ... ou surface disponible  m²

Sélection du module PV  
 Disponibles  
 Generic 440 Wp 35V Si-mono Mono 440 Wp Twin 144h Depuis 2020 Typical   
 Modules nécessaires approx. 2 Dimens. des tensions : Vmpp (60°C) 35.8 V  
 Vco (-10°C) 55.2 V

Choisissez le mode de régulation et le régulateur  
 Régulateur universel mode de régulation Onduleur MPPT-AC  
 Tous les fabricants 1000 W Onduleur MPPT-AC Universal MPPT - AC Inverter Generic device Adaptabl   
 Les paramètres de fonctionnement du régulateur universel seront automatiquement ajustés selon les propriétés du système.

Conception champ PV  
 Nombre de modules et chaînes doit être:  
 Mod. en série 1  
 Nb. chaînes 1  
 Perte surpuissance N/A  
 Rapport Pnom N/A  
 nbre modules 1 Surface 2 m²

Cond. de fonctionnement  
 Vmpp (60°C) 36 V  
 Vmpp (20°C) 42 V  
 Vco (-10°C) 55 V  
 Irradiance plan 1000 kWh/m²  
 Impp 10.7 A  
 Isc 11.1 A  
 Isc (aux STC) 11.1 A

Le débit de la pompe est légèrement surdimensionné par rapport aux besoins.  
 Puiss. max. en fonctionnement 0.4 kW  
 (à 1000 W/m² et 50°C)  
 Puiss. nom. champ (STC) 0.4 kWc

Figure III.11 : Choix modules et des onduleurs de notre système de pompage.

Pour le choix des modules PV selon nos besoins et selon nos données, on a choisi des panneaux de 440W de puissance, avec une tension 35 V, de marque Mono 440Wp Twin 144h, avec des conditions de fonctionnement selon chaque température, telles que, à 60°, la tension de fonctionnement est 36V, à 20° étant à 42V ; et à -10°, la tension correspondante est de 55V.

Définition pompe Conception du sous-champ

Choix d'un modèle de pompe  
 Shakti  
 750 W 15-38 m Well, AC, Centrifuge multi-étages Submersible QF 6A-8 Depuis 2017

Pompes en cascade ?  
  Pompes en parallèle

Caractéristiques de la pompe  
 Technologie pompe Centrifuge multi-étages  
 Moteur Moteur AC triphasé  
 Puissance maximale 750 W Tension 400 V  
 Courant max. 1.8 A

Pression Min / Nom / Max	15	32	38 mCE
Débit corresp.	6.7	5.0	4.0 m³/h
Puissance corresp.	668	727	702 W
Efficacité	41.0	60.0	59.0 %

Unités pour ce projet  
 Débit m³/h  
 Pression mCE  
 Puissance kW  
 Énergie kWh

Outil de calcul énergie hydraulique  
 Vous pouvez définir n'importe quelles valeurs, pas nécessairement liées à votre projet  
 Débit 5.6 m³/h  
 Pression 26.3 mCE  
 Puissance 0.401 kW

Le débit de la pompe est légèrement surdimensionné par rapport aux besoins.

Figure III.12 : Choix de la pompe avec ses caractéristiques adaptable au système en étude.

On a utilisé une pompe submersible QF 6A-8 ; Tension nominale de 400 V avec une puissance minimale de 750W, et un courant maximal de 1.8A, cette pompe adaptable à une profondeur de 15m à 38 m.

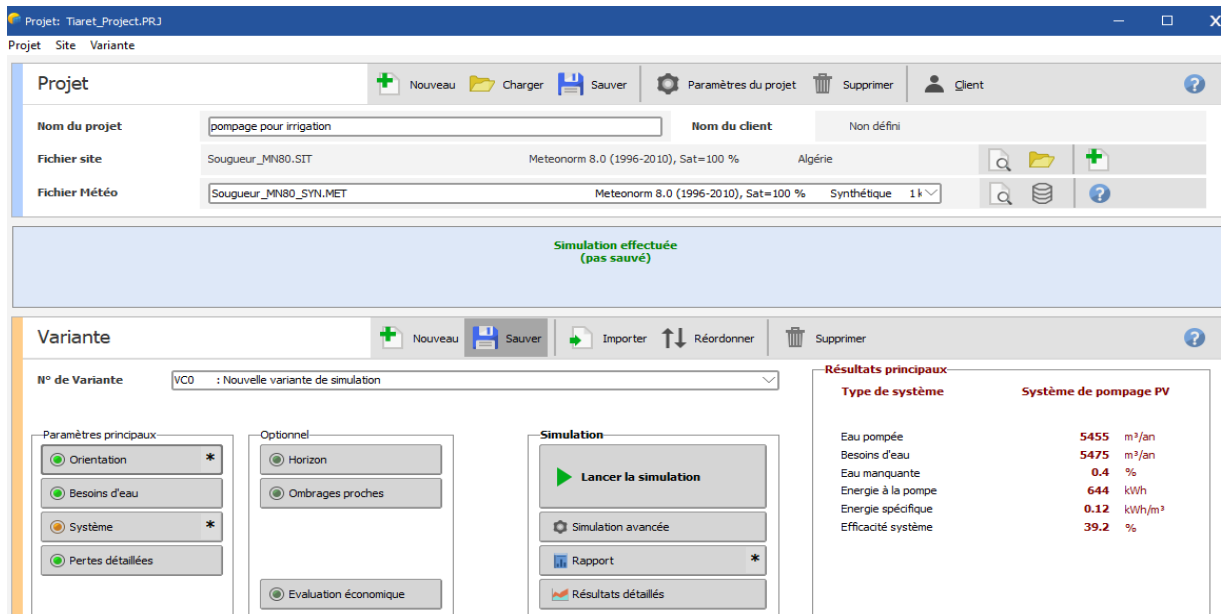
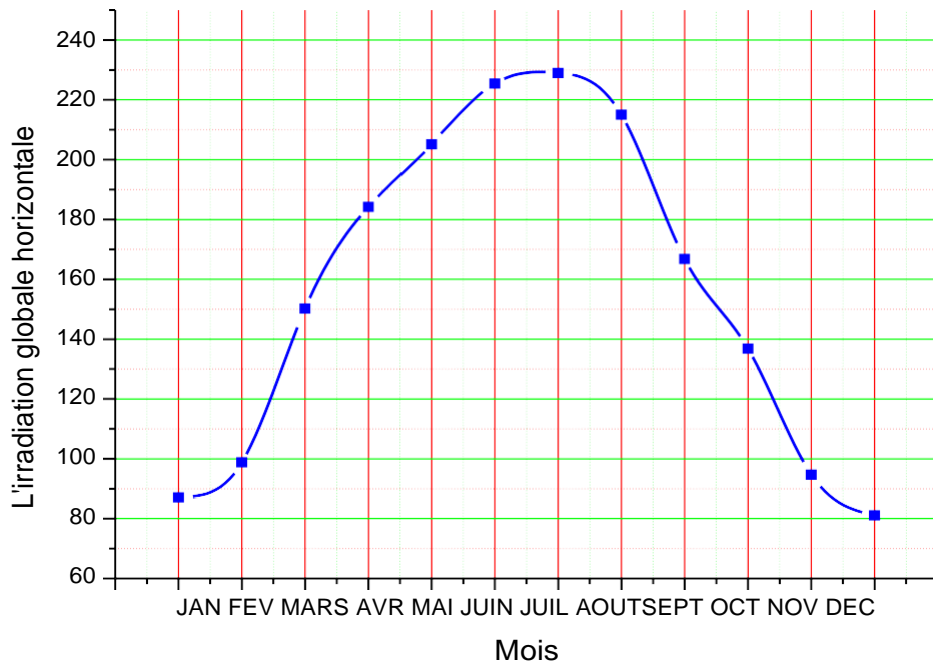


Figure III.13 : Interface globale du PVsys pour simulation.

C'est la configuration finale de l'interface PVsyst, à partir de laquelle, on lance notre simulation, l'apparition des différentes étapes mentionnées en vert, signifie que vous pouvez lancer votre simulation sans contraintes, et si votre système ou une des étapes n'est pas conforme ça paraît en couleur rouge et vous ne pouvez pas lancer votre simulation.

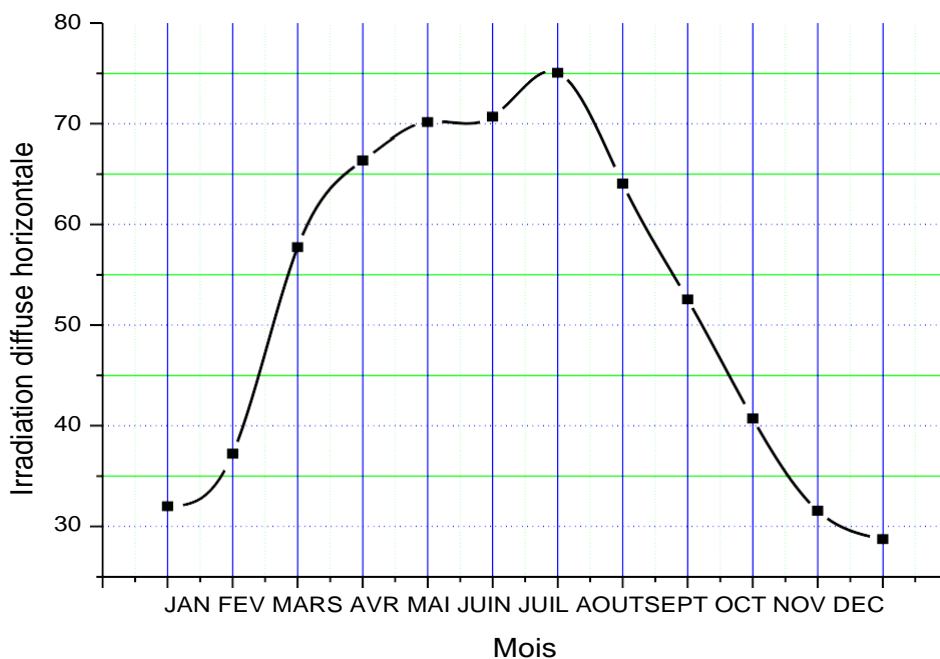
### III.6 Rapport de simulation (En Annexe) :

Après la simulation par le PVSYST 7.2.2 de la consommation de notre système de pompage au fil du soleil, on obtient un rapport des résultats (voir la figure (III.13) date 12/06/2021 mentionné en haut de cette fenêtre.



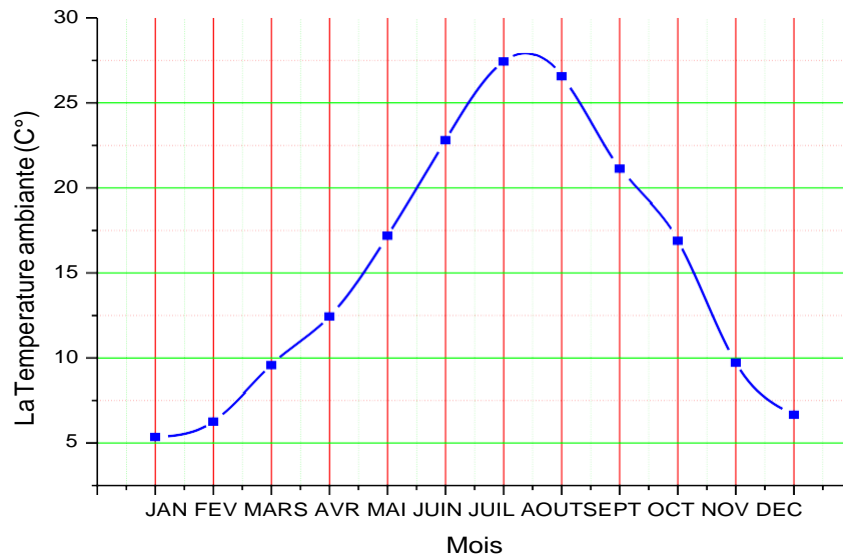
**Figure III.14 :** La variation de l’irradiation globale horizontale durant l’année.

Pour la variation de l’irradiation globale horizontale en fonction des différents mois de l’année, on constate que cette irradiation atteint sa puissance maximale par unité de surface de 229 KWh/m<sup>2</sup> au mois de juillet, et pour les quatre mois de l’été à partir du mois de mai qui est au-delà 200 KWh/m<sup>2</sup>, cette irradiation connaît sa basse valeur dans les de la fin de l’automne et les tris mois de l’hiver.



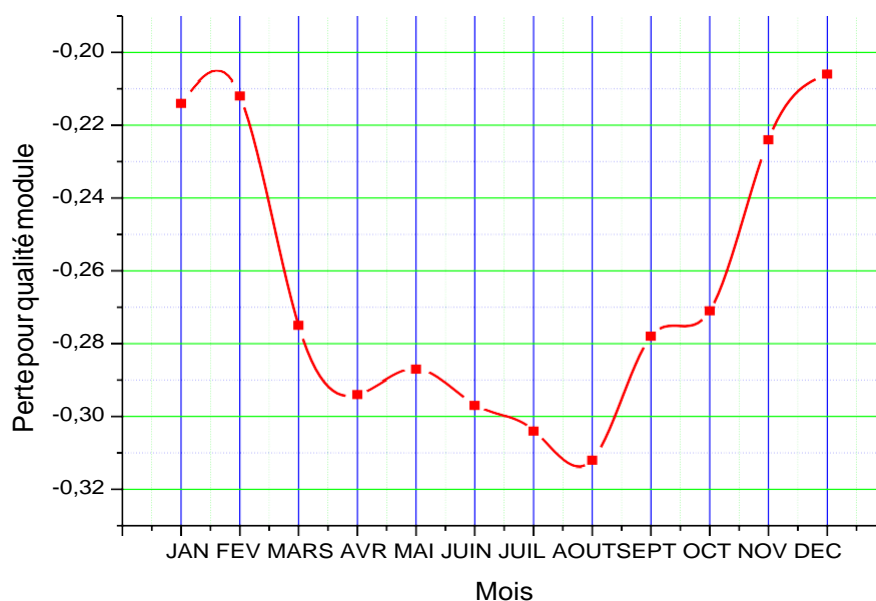
**Figure III.15 :** La variation d’irradiation diffuse horizontale par an.

L'irradiation diffuse horizontale atteint une valeur maximale au mois de juillet qui de l'ordre de  $75\text{KWh/m}^2$ , du fait que dans cette période de l'été, la région de Sougueur et en générale, la wilaya de Tiaret connait un été chaud, d'où un ensoleillement crucial, par conséquent, l'irradiation solaire connait une diffusion optimale dans cette saison.



**Figure III.16 :** La Température ambiante durant l'année.

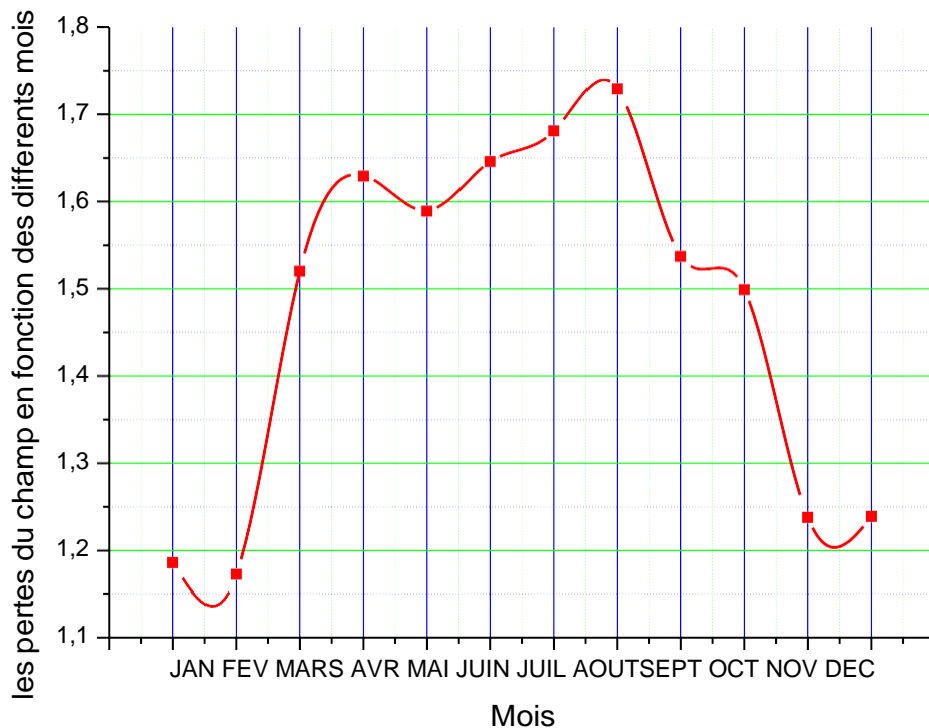
Pour la variation de la température mensuelle peut excéder les  $27^\circ$  dans la saison de l'été, surtout dans ces dernières années, elle peut dépasser même les  $40^\circ$ , vue l'effet de serre qui a influencé directement sur les facteurs climatiques sur terre, vue les couches d'ozone qui ont été touchés par les grandes firmes des états unis et de la chine, qui ne cessent de produire de l'uranium et de l'énergie nucléaire.



**Figure III.17 :** La variation des pertes en fonction des différents mois.

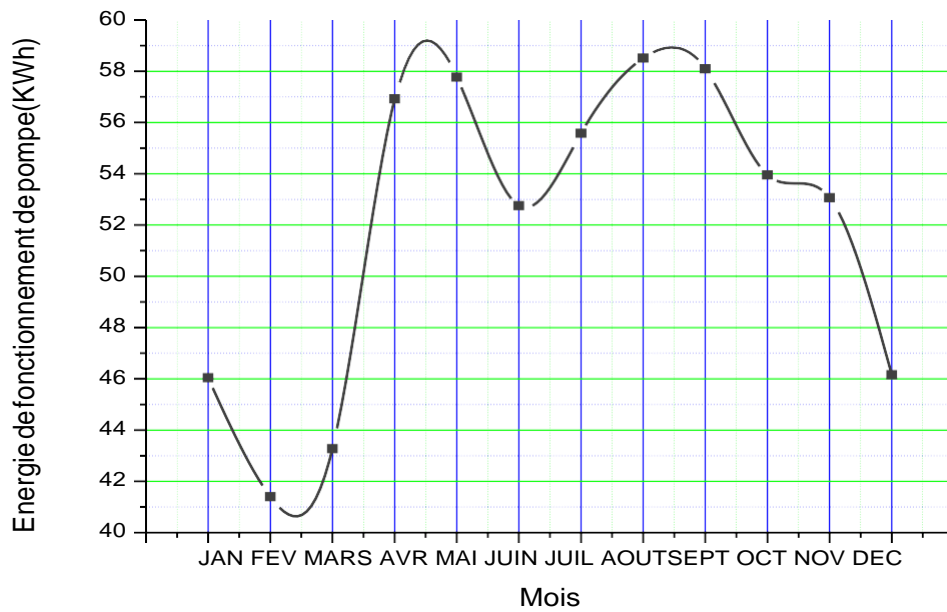


La qualité des modules photovoltaïques en présence d'un ensoleillement crucial connaît une perte qui n'est pas assez importante de l'ordre de  $-0.342\text{KWh}$  au mois d'aout, vue la chaleur que reçoivent les panneaux dans la période de l'été, dans les mois de l'année, cette perte de qualité des modules photovoltaïques est moins intéressante et n'influe pas sur l'ordre général de la qualité de ces modules.



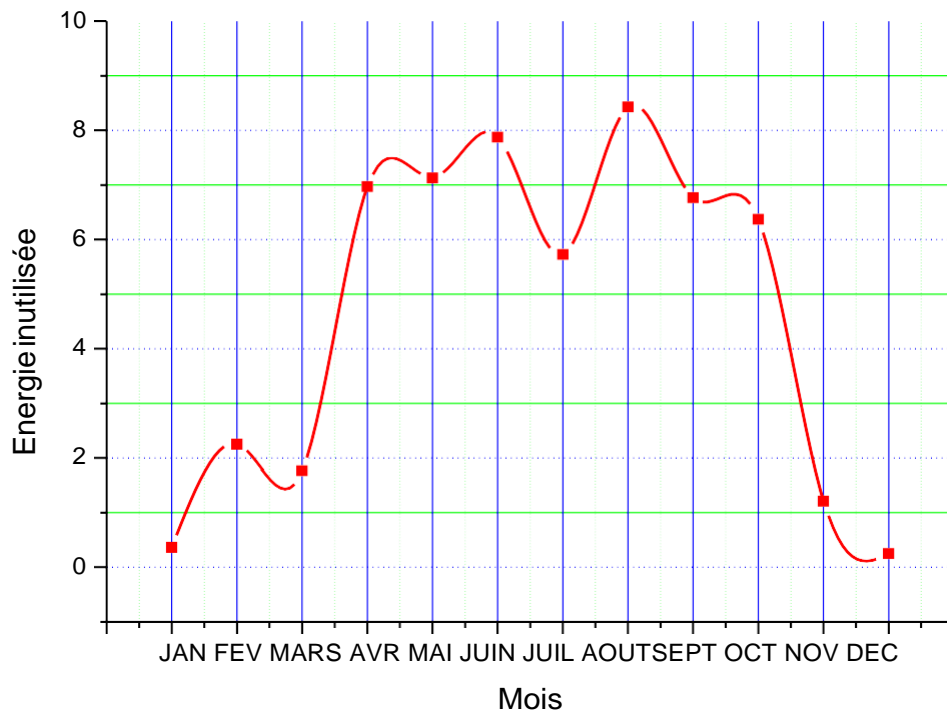
**Figure III.18 :** La variation des pertes du champ par an.

Dans cette figure, qui représente les pertes du champ en fonction des différents mois, on constate comme toujours, que la période de l'été, c'est la période du bon soleil, automatiquement que le rayonnement solaire au contact des panneaux photovoltaïques perd un peu de sa qualité vue la chaleur des panneaux, les atomes du  $\text{SiO}_2$  des cellules des modules, seront agités et se mettent en mouvement, sans oublier l'effet de la poussière sur ces panneaux, tous ces facteurs influent sur le champ photovoltaïque et entraînent des pertes qui varient d'un mois à un autre, et atteignent son maximum de  $1.73\text{KWh}$  au mois d'aout et un peu moins dans les mois de l'été, et ce champ connaît moins de pertes dans les autres mois de l'année.



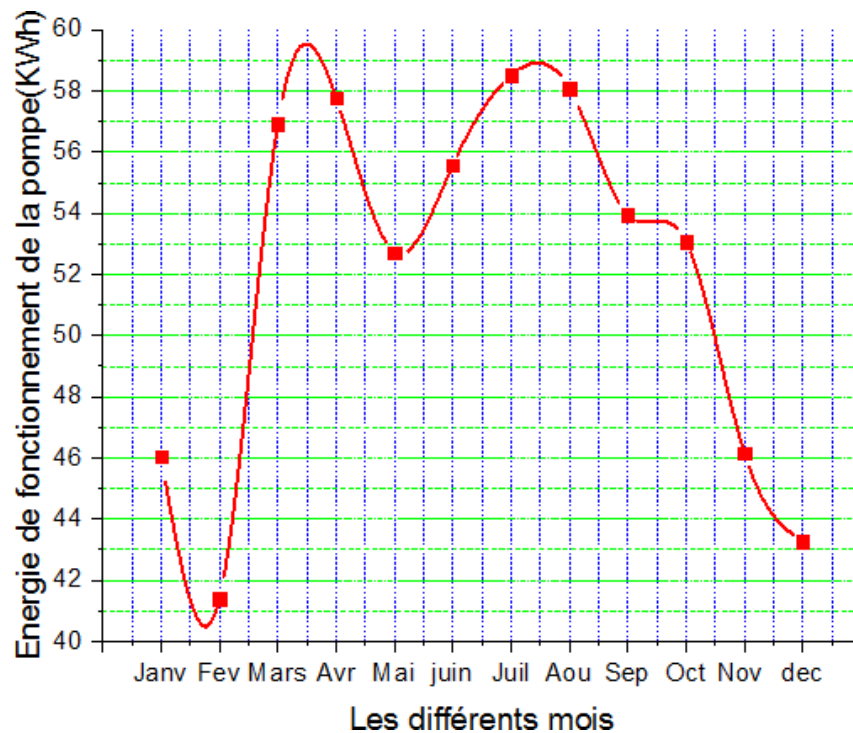
**Figure III.19 :** La variation de l'énergie de fonctionnement de pompe par an.

Concernant la variation de l'énergie de fonctionnement de la pompe est plus importante à partir du mois d'avril, vue le début de la saison du printemps jusqu'à le mois de septembre, c'est-à-dire à la fin du mois de l'été, cette énergie varie entre 52KWH jusqu'à 8KWH au mois d'aout, en dépit de la chaleur du soleil dans ces mois, dans le reste des autres mois, cette énergie n'excède pas les 4.5KWh.



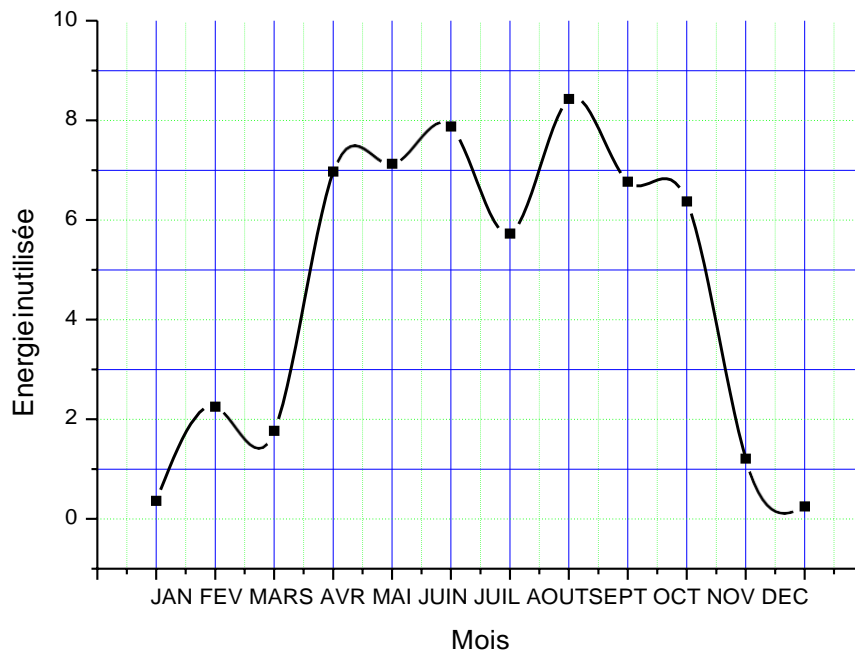
**Figure III.20 :** La variation de L'énergie inutilisée en fonction de chaque mois.

L'énergie non utilisée c'est l'énergie lorsque le réservoir est plein, c'est-à-dire, lorsque le réservoir est plein, la pompe sera à l'arrêt, et l'énergie produite par le système photovoltaïque sera stockée et l'utilisée au moment opportun, elle atteint les 8.5KWh au mois d'aout et même pour les autres mois de l'été, mais elle ne dépasse pas les 2.2KWh à partir du mois de novembre jusqu'à le mois d'avril.



**Figure III.21** : La variation de l'énergie de fonctionnement de la pompe par an.

Les premières constatations de cette figure, montrent la pompe fournit moins d'énergie dans la période à basse température, c'est-à-dire du mois de novembre, jusqu'à le mois de février, mais pour les autres mois, la pompe fournit plus d'énergie, surtout dans la saison d'été, dont la température des panneaux photovoltaïques est élevée, et peut être la quantité d'eau emmagasinée dans le puit est moins importante, pour cela, la pompe fournit plus d'effort pour pouvoir aspirer l'eau et le pomper vers le réservoir pour une distance qui atteint presque les 35m, et l'énergie maximale que peut atteindre la pompe est presque 60KWh.



**Figure III.22 :** Variation de l'énergie inutilisée mensuelle.

Pour la variation de l'énergie non utilisée en fonction des différents mois, on remarque que pour les mois allant de septembre jusqu'à mars, la pompe utilise presque toute son énergie pour faire pomper de l'eau du puit, elle atteint une énergie inutilisée de 2.2 KWh au mois de février, pourtant dans les mois d'ensoleillement, l'énergie inutilisée augmente et atteint son pic au mois d'aout avec une énergie de 8.4 KWh.

### III.7 Modules photovoltaïques

#### III.7.1 Branchement de PPV pour notre système de pompage.

D'après le rapport de la simulation et d'après les résultats, on a conclu que notre modélisation par le logiciel PVsyst a abouti à :

Module		Cellules	
Longueur	2131 mm	En série	72
Largeur	1052 mm	En parallèle	2
Épaisseur	35.0 mm	Surface cellule	138.0 cm <sup>2</sup>
Poids	29.50 kg	Nbre cellules total	144
Surf. module	2.242 m <sup>2</sup>	Surface cellules	1.987 m <sup>2</sup>

**Tension champ max.**  
 Tension maximale absolue du champ en toutes conditions (soit V<sub>co</sub> aux températures les plus basses).  
 Tension maximum IEC: 1500 V  
 Tension maximum UL (US): 1500 V

**Diode by-pass de protection**  
 Nbre de sous-modules: 3 /module (soit de diodes by-pass fonctionnelles)  
 Partition sous-modules:  
 En longueur  
 Double demi-cellules  
 En largeur  
 Cellules tuilées  
 Autre

**Figure III.23 :** Dimensions et caractéristiques des PV.

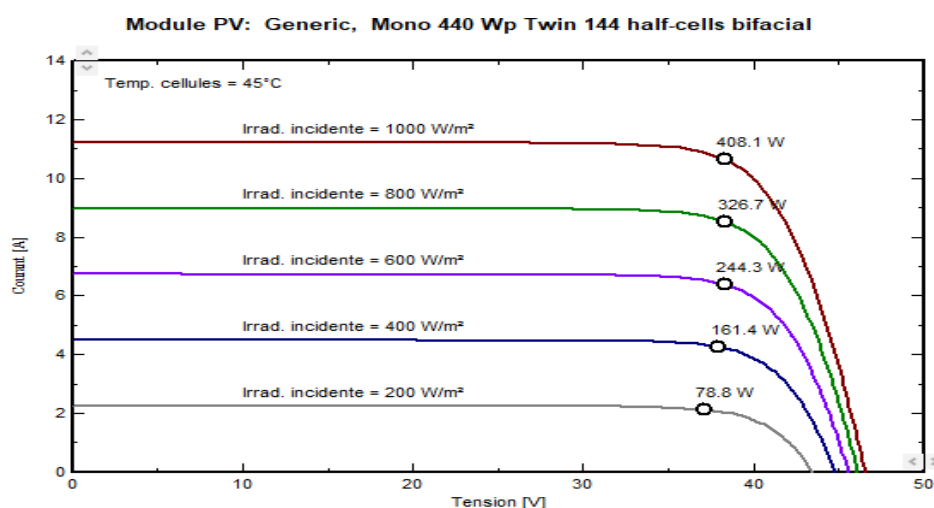
D'après le rapport de la simulation et d'après les résultats, on a conclu que notre modélisation par le logiciel PVsys a abouti à :

Un seul panneau photovoltaïque (module) de puissance globale du champ nominale de 440Wp à la température de 50°C, d'une surface totale du module de 2.242m<sup>2</sup>, soit surface cellule de 1.987m<sup>2</sup>. On a utilisé un panneau photovoltaïque de 2131mm de longueur soit 2.131m, de 1052mm de largeur (1.052m) et de 35mm d'épaisseur, avec un poids de 29.50kg, qui contient 144 cellules de 1.987 m<sup>2</sup>de surface

Ce panneau photovoltaïque avec Silicium polycristallin de modèle (Mono 440 Wp Twin 144 half-cells bifacial).

Le module est assemblage de photopile (ou cellule) montée en parallèle, afin d'obtenir la tension désirée (380V, 420V...).la cellule photovoltaïque est l'élément de base dans la conversion du rayonnement. Plusieurs cellules sont associés dans un module qui est la plus petite surface de capacité transformable, montrable et démonstrable sur un site. Les modules sont regroupés en panneaux, qui sont à leur tour associés pour obtenir des champs photovoltaïques selon les besoins. Les cellules photovoltaïques sont réalisées principalement par le silicium cristallin, qui est utilisé sous forme monocristalline ou multicristalline en plaquette ou en ruban ou encore en couches semi-minces sur substrat selon les technologies récentes.

### III.7.2 Comportement du module selon irradiation incidente [w /m<sup>2</sup>]



**Figure III.24 :** Comportement du module selon irradiation incidente

Quand l'ensoleillement augmente, l'intensité du courant photovoltaïque croît, les courbes I-V (Intensité du courant en fonction de la tension) se déplacent vers les valeurs croissantes

permettant au module de produire une puissance électrique plus importante ; les points de puissance maximale sont marqués par un rond la figure, donc l'irradiation incidente influence sur le comportement du module.

### III.7.3 Comportement du module selon la température

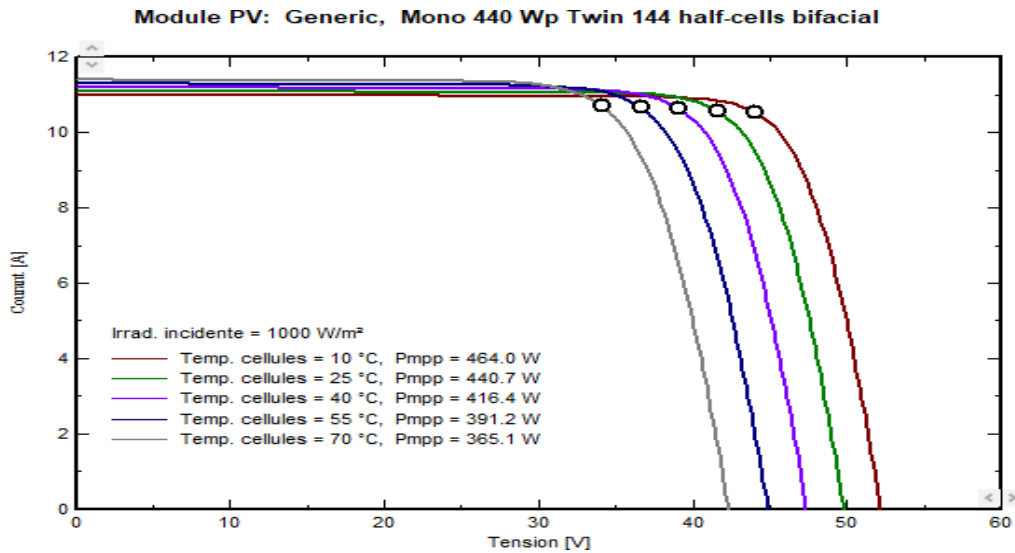


Figure III.25 : Comportement du module selon la température

La figure montre que le courant augmente très rapidement lorsque la température s'élève et engendre une décroissance moins prononcée de la tension de circuit ouvert, ce qui fait une baisse relative de la puissance disponible, donc nous pouvons conclure que l'effet le plus important pour la conception des panneaux et des systèmes est la température.

### III.8 Caractéristiques de la pompe immergée

Choix d'un modèle de pompe

Shakti

750 W 15-38 m Well, AC, Centrifuge multi-étages Submersible OF 6A-8 Depuis 2017

1  Pompes en cascade ?

1  Pompes en parallèle

**Caractéristiques de la pompe**

Technologie pompe **Centrifuge multi-étages**

Moteur **Moteur AC triphasé**

Puissance maximale **750 W** Tension **400 V**

Courant max. **1.8 A**

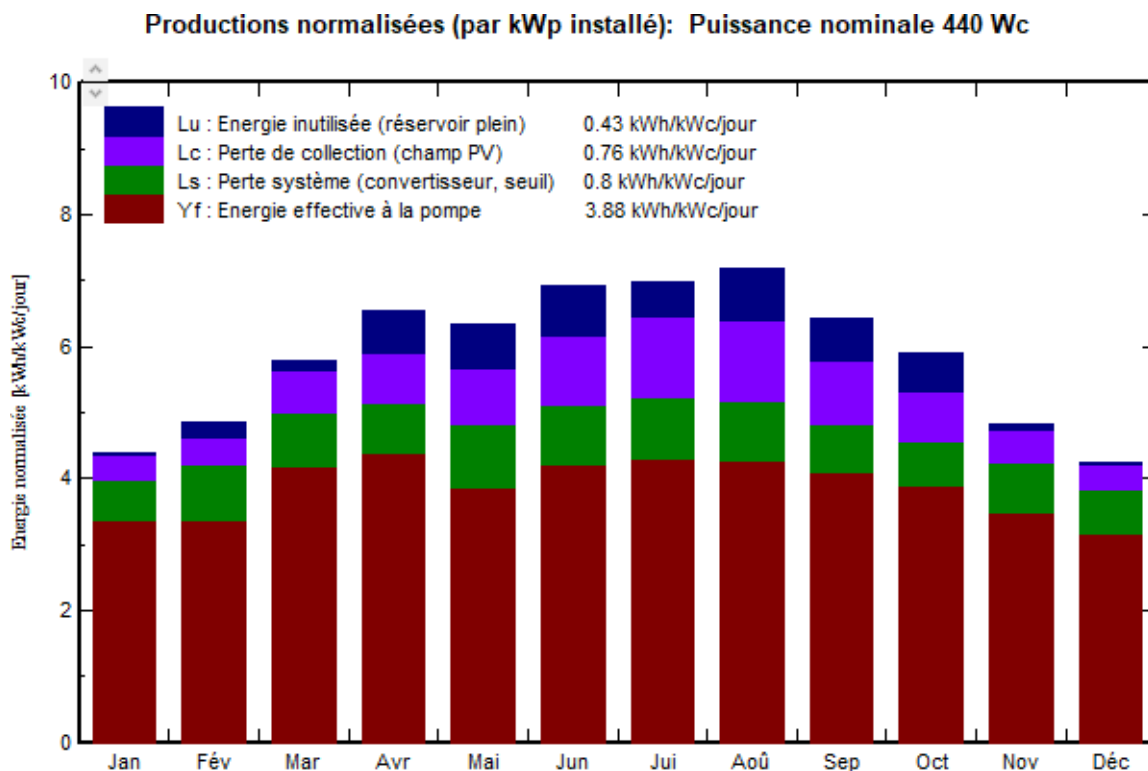
Pression Min / Nom / Max	<b>15</b>	<b>32</b>	<b>38</b> mCE
Débit corresp.	<b>6.7</b>	<b>5.0</b>	<b>4.0</b> m <sup>3</sup> /h
Puissance corresp.	<b>668</b>	<b>727</b>	<b>702</b> W
Efficacité	<b>41.0</b>	<b>60.0</b>	<b>59.0</b> %

Figure III.26 : Différentes caractéristiques de la pompe.

On a utilisé une pompe submersible QF 6A-8 ; Tension nominale de 400 V avec une puissance minimale de 750W, et un courant maximal de 1.8A, cette pompe adaptable à une profondeur de 15m à 38 m.

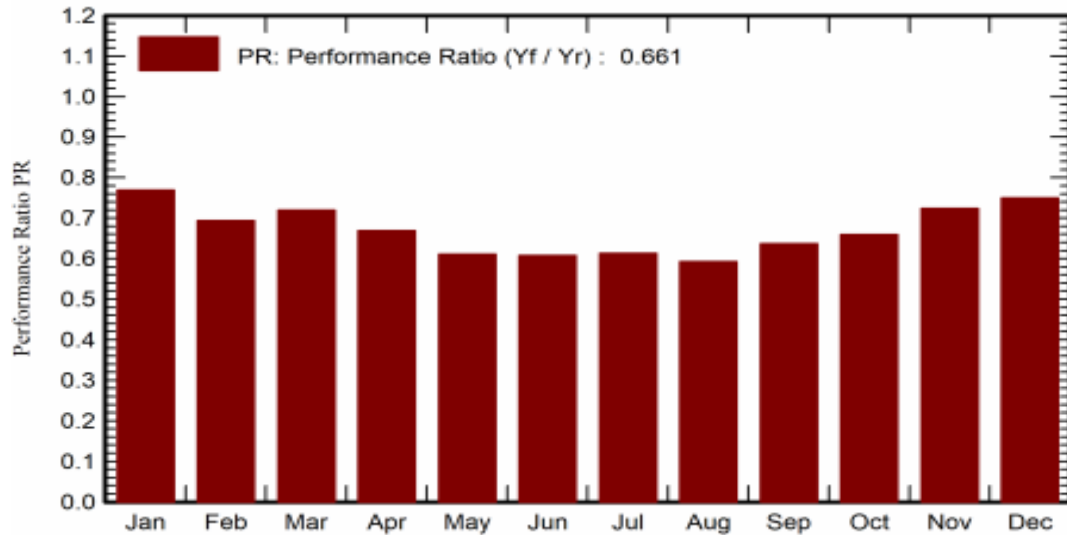
La pression de base étant de 15mCE avec un besoin annuel en eau de 15m<sup>3</sup>/jour, notre pompe de marque Submersible QF 6A-8/Shakti.

Le convertisseur de puissance d'onduleur MPPT-AC avec une tension minimale de 20V d'une puissance de 7.5W, d'une tension maximale de 50V ; la tension du champ maximale de 50V avec une efficacité maximale de 97%.



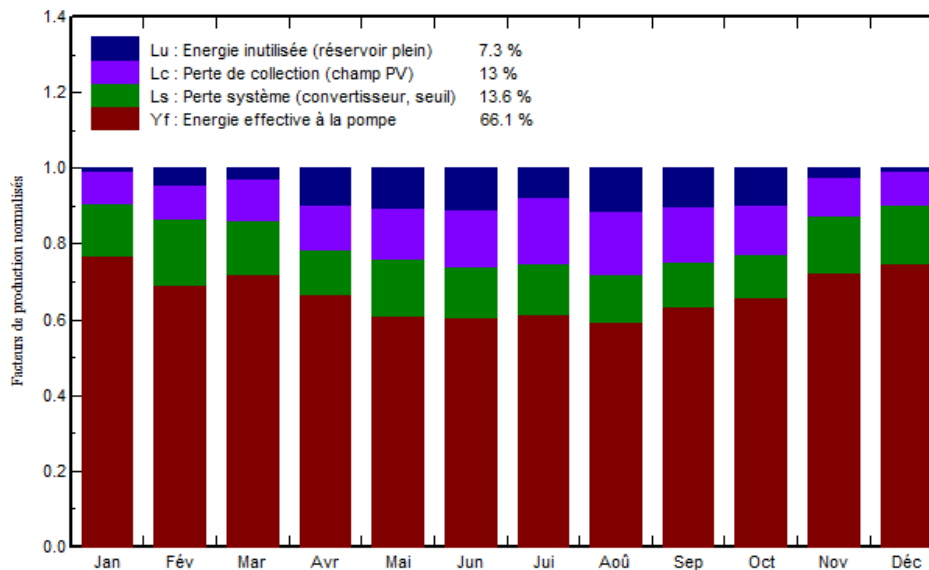
**Figure III.27 :** Productions normalisées (par kWp installé)

Cette montre la variation normalisée de l'installation en fonction des différents mois de l'année, On remarque bien que l'énergie effective à la pompe étant presque la même durant les différents mois de l'année d'ordre 3.88 kWh/kWp/j, pour les pertes du système (Convertisseur seuil) étant de 0.8 kWh/kWp/j, cette valeur est maximale dans la saison d'été et moins importante dans les mois d'hiver tels que, décembre, janvier et le mois de février.



**Figure III.28 :** Indice de performance (PR) et Fraction solaire (SF).

Dans cette figure qui représente l'indice de performance et fraction solaire en fonction des différents mois de l'année, on constate que cet indice est très important pendant les mois de janvier, février, mars, novembre et décembre, dans ces mois où la température est très basse, cette valeur étant environ 0.8, pour les autres mois, ce facteur de performance varie d'un mois à un autre et n'excède pas les 0.661.



**Figure III.29 :** Facteurs normalisés de production et de pertes.

Cette figure représente les facteurs normalisés de production et de pertes, on constate que l'énergie inutilisée (réservoir plein) est de 7.3%, qui connaît son maximum au mois d'Aout, et elle presque négligeable aux mois de décembre et janvier. Pour les pertes du système (Convertisseur) est de 13%, cette perte est importante pour les mois de la saison d'hivers et de



l'automne, car dans ces saison la température n'excède pas les 20°C. Concernant l'énergie effective de la pompe moyenne est de 66.1%, elle est moins importante dans la période où il y'a du bon ensoleillement, et cette énergie est considérable dans les mois où l'ensoleillement est moins important.

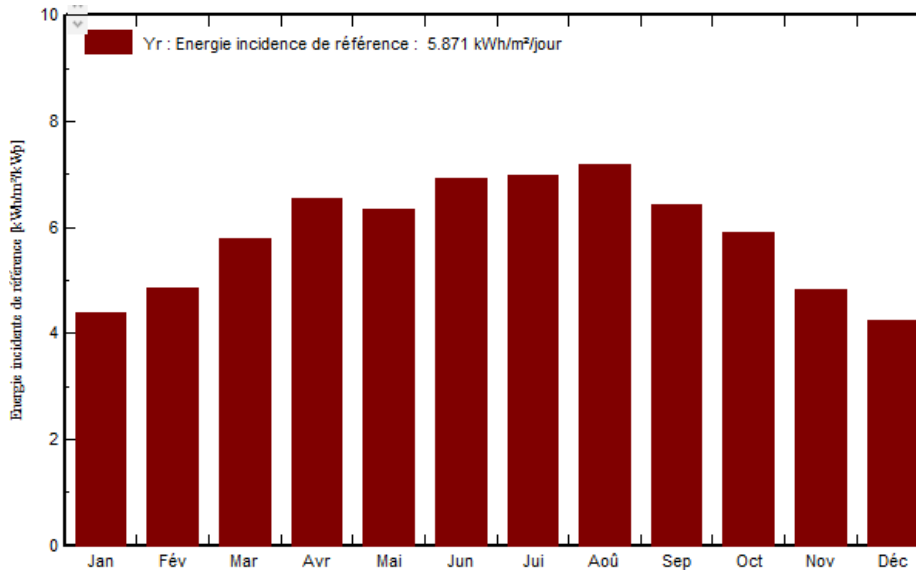


Figure III.30 : Energie incidente de référence dans le plan capteur.

Pour l'énergie incidente de référence dans le plan capteur, c'est très claire que cette énergie atteint son maximum pour les mois qui connaissent un beau soleil, surtout en Algérie, à partir du mois d'Avril, jusqu'au mois de Septembre et peut atteindre environs les 7 KWh/m²/jour ; pourtant sa valeur moyenne annuelle est de 5.871 KWh/m²/jour.

Paramètres de simulation			Résultats principaux		
Projet	pompage pour irrigation	Champ PV	Eau pompée	4835 m³/an	
Site	Sougueur	Modules PV	40 Wp Twin 144 half-cells	Pompe:	Submersible QF 6A-8
Type système	Pompage	Puissance nominale	0.44 kWc	Puissance nom.	702 W
Simulation	01/01 au 31/12 (Données météo génériques)	Pression moy.	15.0 mCE	Type de système	Forage vers réservoir
		Besoin d'eau moy.	15.00 m³/jour	Configuration	Onduleur MPPT-AC
				Energie à la pompe	624 kWh/an
				Besoins d'eau	5475 m³/an
				Energie inutilisée	55 kWh/an
				Eau manquante	11.7 %
				Fraction inutilisée	6.8 % du EauMpp
				Energie spécifique	0.13 kWh/m³
				Efficacité système	77.1 %
				Efficacité de la pompe	50.3 %

Figure III.31 : Principaux résultats et paramètres de simulation.

Cette figure illustre les différents paramètres de notre projet de pompage tel que :

Nom du projet est une pompe immergée au niveau du site isolé de sougueur, avec un module Mono 440Wp Twin 144 bifacial PV, d'une puissance nominale de 0.44KWp, et d'une pompe de marque Submersible QF 6A-8, d'une puissance nominale de 702W, d'une pression moyenne du débit de 15mCE, avec un débit de 15m³/jour et le type d'onduleur est MPPT-AC.

Eau pompée est 4835 m<sup>3</sup>/an, l'énergie à la pompe est 624 KWh/an, soit l'énergie spécifique de 0.13 KWh/m<sup>3</sup>.

Besoin d'eau est 5475 m<sup>3</sup> /an, soit l'énergie inutilisée de 55 KWh /an, d'où l'efficacité du système est 77.1%.

L'eau manquante est 11.7% et l'efficacité de la pompe est de 50.3%.

### **III.5 Conclusion**

Dans ce chapitre nous avons vu avec certains détails toutes les étapes nécessaires au dimensionnement et à la modélisation de notre système de pompage photovoltaïque au niveau d'un site isolé de la daïra de sougueur, à l'aide du logiciel de modélisation de notre système et d'essayer d'optimiser le nombre et la qualité des panneaux photovoltaïque, des régulateurs, et des onduleurs en prenant compte des paramètres réels envisageables (le besoin en eau, la disposition du site sur le terrain, les contraintes en termes de puissance, les paramètres constructeurs etc.) ; ce qui nous permet de simuler un fonctionnement dans des conditions réelles très précises (Température, ensoleillement, puissance etc.).

# **Conclusion g é n é r a l e**

## Conclusion générale

---

L'alimentation en électricité rentre dans un programme annuel du ministère de l'énergie et des mines, qui inclus toutes les zones concernées par l'électrification, que ce soient des fermes, de petits villages ou d'autres régions isolées ; pour cela, les installations photovoltaïques demeurent une solution adéquate et efficace pour ce genre de problèmes, soit pour éclairage, ou soit pour le système de pompage photovoltaïque. Notre projet est un système de pompage autonome isolé non connecté au réseau électrique au niveau de la daïra de Sougueur (Wilaya de Tiaret), c'est-à-dire, le courant électrique est créé par le système photovoltaïque autonome (Panneaux photovoltaïques) d'une pompe immergée d'un puit vers un réservoir, puis cette eau sera distribuée soit à l'irrigation, ou soit à l'alimentation domestique.

Pour cela, on a simulé notre système par un logiciel conçu aux dimensionnements des systèmes photovoltaïques et on a abouti à des conclusions suivantes :

Un seul panneau photovoltaïque (module) de puissance globale du champ nominale de 440Wp à la température de 50°C, d'une surface totale du module de 2.242m<sup>2</sup>, soit surface cellule de 1.987m<sup>2</sup> ; de 2131mm de longueur soit 2.131m, de 1052mm de largeur (1.052m) et de 35mm d'épaisseur, avec un poids de 29.50kg, qui contient 144 cellules. Ce panneau photovoltaïque avec Silicium polycristallin de modèle (Mono 440 Wp Twin 144 bifacial).

On a utilisé une pompe submersible QF 6A-8 ; Tension nominale de 400 V avec une puissance minimale de 750W, et un courant maximal de 1.8A, cette pompe adaptable à une profondeur de 15m à 38 m. La pression de base étant de 15mCE avec un besoin annuel en eau de 15m<sup>3</sup>/jour, notre pompe de marque Submersible QF 6A-8/Shakti.

Le convertisseur de puissance d'onduleur MPPT-AC avec une tension minimale de 20V d'une puissance de 7.5W, d'une tension maximale de 50V ; la tension du champ maximale de 50V avec une efficacité maximale de 97%.

Eau pompée est 4835 m<sup>3</sup>/an, l'énergie à la pompe est 624 KWh/an, soit l'énergie spécifique de 0.13 KWh/m<sup>3</sup>.

Besoin d'eau est 5475 m<sup>3</sup> /an, soit l'énergie inutilisée de 55 KWh /an, d'où l'efficacité du système est 77.1%.

L'eau manquante est 11.7% et l'efficacité de la pompe est de 50.3%.

## Conclusion générale

---

En perspectives :

On admet toujours à concrétiser nos recherches expérimentalement, surtout on trouve de l'aide au niveau de notre université de pouvoir alimenter au moins nos Amphis et d'autres projets au niveau de notre faculté

## *Références Bibliographiques*

---

- [1] <https://e-rse.net/definitions/energies-renouvelables-definition/>. (Consulté le 05/04/2021 à 23:00).
- [2] [https://www.google.com/imgres?energie hydraulique](https://www.google.com/imgres?energie+hydraulique) (consulté le 20/04/2021 à 23:15).
- [3] B. ISSAM, "L'Utilisation de l'énergie thermique pour le chauffage domestique".  
"Mémoire de Master en Energétique et environnement". Université Badji Mokhtar" 2017.
- [4] [https://l'energie-solaire.net/energies-renouvelables/energie hydraulique](https://l'energie-solaire.net/energies-renouvelables/energie+hydraulique) (consulté le 20/04/2021 à 23:20).
- [5] Adeline, M. Énergie renouvelable : principe et fonctionnement de l'hydrolienne (10-04-2018).
- [6] [https://electricite plus.com/rubriques/technologies/technologies en développement /hydroliennes](https://electricite-plus.com/rubriques/technologies/technologies+en+d%C3%A9veloppement+hydroliennes) (consulté le 21/04/2021 à 00 :25).
- [7] <https://www.centraliens-lyon.net/agenda/webinairecentrale-energies-hydrolien-etat-des-lieux-et-perspectives> (Consulté le 22/04/2021 à 00 :30)
- [8] [https://www.google.com/imgres?.echo science spaca.fr%2Farticles%2Fbarrages hydrauliques](https://www.google.com/imgres?.echo+science+spaca.fr%2Farticles%2Fbarrages+hydrauliques) (Consulté le 22/04/2021 à 01:24).
- [9] H .Atmania, "La stratégie d'implantation des énergies renouvelable en Algérie ",  
"Mémoire de Magister en Management ". Université d'Oran-2-Mohamed ben Ahmed.2015.
- [10] Qu'est-ce que l'énergie éolienne ?(2021). <https://www.edf.fr/groupe>. (Consulté le 23/04/2021 à 15:00).
- [12] [https://www.google.com/imgres?imgurl=https://www.gazpromenergy.fr/gazmagazine/wp-content/uploads/2017/02/schema éolienne](https://www.google.com/imgres?imgurl=https://www.gazpromenergy.fr/gazmagazine/wp-content/uploads/2017/02/schema+eolienne).( Consulté le 23/04/2021 à 16:30).
- [13] [https://www.comptoireolien.fr/les-differents-types-d' éoliennes/index.html](https://www.comptoireolien.fr/les-differents-types-d'eoliennes/index.html) consulté le 17/05/2021 à 14:00.
- [15] [http://developpementreg.blogspot.com/2010/03/les-differents-types-d'énergie solaire](http://developpementreg.blogspot.com/2010/03/les-differents-types-d'energie+solaire).( Consulté le 24/04/2021 à 00:30).
- [16] <https://www.google.com/imgres?imgurl=https://sanitaire.partedis.com/media/>.(Consulté le 24/04/2021 à 01 :00).
- [17] <https://blogpeda.ac-poitiers.fr/developpement-durable-5-6/2017/02/15/une-centrale-biomasse/> (Consulté le 24/04/2021 à 01:20).
- [18] <https://www.google.com/imgres?> (Consulté le 29/04/2021 à 14:00).
- [19] [https://www.google.com/imgres?imgurl=http://s3.emonsite.com/2010/09/28/12/resize\\_550\\_550//CENTRALE-GOTHERMIQUE--VAPEURDIRECT-DE-SOURCE](https://www.google.com/imgres?imgurl=http://s3.emonsite.com/2010/09/28/12/resize_550_550/CENTRALE-GOTHERMIQUE--VAPEURDIRECT-DE-SOURCE). (Consulté le

## *Références Bibliographiques*

---

29/04/2021 à 14:20).

[20] M. SEMMACHE, " Etude des transferts de chaleur dans un échangeur enterré air/sol "Master Systèmes énergétique et développement durable ".Université de Biskra ".2017

[21] <https://www.comptoireolien.fr/les-differents-types-d-eoliennes/index.html> Consulté le 04/05/2021 à 16 :00

[22] AIE. [En ligne]. 2010. Disponible sur [www.enr.fr/.../2010171642\\_fiche\\_solaire\\_thermodynamique\\_intégrale\\_mai210.pdf](http://www.enr.fr/.../2010171642_fiche_solaire_thermodynamique_intégrale_mai210.pdf). [Consulté le 10/03/2019].

[23] Zerrouki Zoulikha et Bereksi Reguig Rym « Dimensionnement d'un système photovoltaïque autonome » UNIVERSITE ABOU BEKER BELKAID-TLEMCEM,2016/2017.

[24] <https://energieplus-lesite.be/theories/climat8/enseillement-source=sh/x/im>. (Consulté le 08/05/2021 à 17:00).

[25] [https://www.google.com/imgres?imgurl=http://public.iutenligne.net/etudes-et-realizations/sivert/panneauxphotovoltaïques/schma\\_installation\\_onduleur\\_photovoltaique.jpg](https://www.google.com/imgres?imgurl=http://public.iutenligne.net/etudes-et-realizations/sivert/panneauxphotovoltaïques/schma_installation_onduleur_photovoltaique.jpg)(consulté le 08/05/2021 à 17 :30)

[26] <https://unmundosalvadorsoler.org/>(consulté le 08/05/2021 à 18:30)

[27] Mohamed Lakhdar LOUAZENE, Etude technico-économique d'un système de pompage photovoltaïque sur le site de Ouargla, "Mémoire de Magister en Électrotechnique". Université El-Hadj Lakhdar-Batna (2008).

[28] [https://www.google.com/imgres?imgurl=https://engineering.shlife.fr/wpcontent/uploads/2019/09/csm\\_qu-est-ce-qu-une-cellulephotovoltaïque](https://www.google.com/imgres?imgurl=https://engineering.shlife.fr/wpcontent/uploads/2019/09/csm_qu-est-ce-qu-une-cellulephotovoltaïque). (Consulté le 08/05/2021 à 19:00).

[29] <https://www.google.com/imgres?> Ressources silicium- échantillon-roche. (Consulté le 08/05/2021 à 20:30).

[30] <https://hightechcompany.fr/materiaux-terres-rares/plaquettes-wafer-desilicium> (consulté le 08/05/2021 à 20:35).

[31] <https://www.amazon.fr/Vikocell-Silicium-Monocristallin-Accueil-Panneau/> source (Consulté le 17/05/2021 à 18:00).

[32] <https://www.jadetechnologie.com/panneau-solaire-polycristallin>. Consulté le 17/05/2021 à 18:10).

[33] <https://www.google.com/imgres?iCellule+Solaire+amorphe> (consulté le 17/05/2021 à 18:20)

## *Références Bibliographiques*

---

- [34] [https://www.researchgate.net/figure/Schema-dune-Listes-des-Références-Page-65-pompecentrifuge\\_fig1](https://www.researchgate.net/figure/Schema-dune-Listes-des-Références-Page-65-pompecentrifuge_fig1) (consulté le 18/05/2021 à 14:00).
- [35] <https://bfrsystems.com/fr/machine/detail/pompes-volumétriques-à-double-vis> (consulté le 18/05/2021 à 14:10).
- [36] <https://www.astuces-pratiques.fr/electronique/le-moteur-à-courant-continu-principe> (consulté le 18/05/2021 à 14:00)
- [37] <http://www.parlonsoutils.com/les-moteurs-sans-balais/> (consulté le 18/05/2021 à 15:00)
- [38] <https://www.amazon.fr/PhenixGa-Courant-Alternatif-Electrique-Asynchrone/dp> (consulté le 18/05/2021 à 15:00).
- [39] <https://www.amazon.fr/NiceEshop-Convertisseur-Hacheur-Abaisseur-continue/dp> (consulté le 18/05/2021 à 15:10)
- [40] <https://www.google.com/imgres?convertisseur-de-tension-onduleurs-dc/ac-Listes-des-références-Page-66> (consulté le 18/05/2021 à 15:20)
- [41] R. Maouedj et B. Benyoucef Article- Unité de recherche des matériaux et énergies renouvelables (URMER), Faculté des Sciences, Université Abou Bekr Belkaid., 2016/2017



résumé :

Ce mémoire constitue une étude de modélisation d'un système de pompage au fil de soleil pour voir la possibilité de réaliser une station de pompage des eaux potables qui fonctionne avec l'énergie solaire (photovoltaïque), dans lequel nous abordons les catégories de l'énergie solaire, les composantes du système du pompage à travers l'énergie photo-électrique, pour traiter ensuite les volumes des composantes de ce système. Ce travail est conçu plus principalement pour la Daïra de Sougueur, afin d'appliquer ce système, vu qu'elle contient beaucoup de régions isolées dans lesquelles la distribution d'électricité est presque absente, ajoutant à ceci l'abondance de ses eaux souterraines et les capacités immenses y contient concernant l'énergie solaire. Le développement économique de la wilaya et la stabilité de ses habitants sont liés étroitement au soin porté à ces systèmes.

**Abstract :**

This dissertation constitutes a modeling study of a pumping system using the sun's light to see the possibility of achieving a drinking water pumping station that works with solar energy (photovoltaic), in which we address the categories of solar energy, the components of the pumping system through photoelectric energy, to then process the volumes of the components of this system. This work is designed more mainly for the Daira of Sougueur, in order to apply this system, since it contains many isolated regions in which the distribution of electricity is almost absent, adding to this the abundance of its groundwater and the immense capabilities therein regarding solar energy. The economic development of the wilaya and the stability of its inhabitants are closely linked to the care given to these systems.

**ملخص:**

تشكل هذه الأطروحة دراسة نمذجة لنظام ضخ بأشعة الشمس لمعرفة إمكانية تحقيق محطة ضخ مياه شرب تعمل بالطاقة الشمسية (الكهروضوئية) حيث نتناول فئات الطاقة الشمسية, ومكونات نظام الضخ من خلال الطاقة الكهروضوئية, لمعالجة أحجام مكونات هذا النظام, بعد ذلك تم تصميم هذا العمل بشكل رئيسي لدائرة السوقر من أجل تطبيق هذا النظام, حيث أنها تحتوي على العديد من المناطق المعزولة التي يكاد يكون فيها توزيع الكهرباء غائبا, إضافة إلى وفرة المياه الجوفية فيها. الإمكانيات الهائلة فيها فيما يتعلق بالطاقة الشمسية. يرتبط التطور الاقتصادي للدائرة واستقرار سكانها ارتباطا وثيقا بالعناية المقدمة لهذه الأنظمة.