



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

Université Amar Thelidji- Laghouat

Faculté de Technologie

Département Électrotechnique

MÉMOIRE DE MASTER

Présenté par : MADANI IMANE

DOMAINE : Sciences et Technologie

FILIERE : Électrotechnique

OPTION : Énergie renouvelable

THÈME

***ÉTUDE, DIMENSIONNEMENT ET RÉALISATION D'UNE SYSTÈME
D'IRRIGATION PHOTOVOLTAÏQUE***

Jury de soutenance :

DR : HAMDİ ABDELWAHAB

Président

DR : OUMELKHIËR BOUCHAÏBA

Examinateur1

PR : ALI CHEKNANE

Encadreur

DR : MOHAMMED OMRANE

Co- Encadreur

Année universitaire : **2023/2024**

Dédicace :

Mon père :

Je ne peux pas dire merci, c'est juste dit à la fin des événements, et nous nous voyons toujours au début, et nous gardons chaque moment que passons ensemble.

On m'a inculqué l'amour de la science et de l'apprentissage.

J'ai été mon meilleur ami toute ma vie scolaire, du primaire à l'université...

Je vous aime tellement mon père *Madaní El Madaní*.

Ma mère :

Je n'ai peut-être pas toujours l'occasion de vous remercier et je n'ai peut-être pas toujours l'audace d'exprimer ma gratitude, mais je sais que vous avez beaucoup d'avantage pour qui je suis aujourd'hui.

Merci pour tout ce que vous m'avez donné ma mère *Mabrouka Allal*.

Mes frères :

À l'amour immersif et au bien sans Frontières *Mohammed* et *Abdelkader* et des autres, à ceux que nous partageons toutes nos vies douces et amères, à ceux d'entre nous qui avaient le lien et le don.

Mon mari :

Mon précieux et cher mari *Djamal aldin ameur*, merci de me soutenir dans un tel succès, sans vos invitations je n'aurais pas eu ce que je souhaitais, merci du fond du cœur pour votre aide de vous voir debout devant vous avec toute cette résilience.

Mes sœurs :

A ceux qui m'ont tenu la main quand la vie a cessé de m'atteindre. Mes chères sœurs *Khadidja, Ahlam, Fatima El Zahra, Chaïma, Mebarka, Fatima*. et celles qui ont dispersé mes papiers avec leurs petites mains ont adoré *Fateh* et *Muntasser* et *Abderrahmane*

Mes proches et amis :

Pour les amoureux qui m'ont soutenu, encouragez nos pas...pour ceux qui étaient avec moi lors de mon pire et plus doux jour..., vous êtes notre plus grand amour et gratitude.

À tous ceux qui m'ont aidé à accomplir et à compléter ce mémoire de fin d'études.

Merci et gratitude :

Je remercie Allah de m'avoir donné la possibilité de compléter ce mémoire.

Lorsque j'ai terminé cette mémoire, je ne peux remercier les deux professeurs, Dr *Ali Cheknane* et Dr *Mohammed Omrane* Pour leur sagesse, leurs précieux conseils et leur patience dans la rédaction de ce mémoire.

Bien sûr, je n'oublie pas de remercier tous les professeurs distingués qui m'ont aidé *Dr Oumelkhier Bouchaïba* et *Dr Hamdi Abdelwahab* et *Dr Ameer khaled* l'ingénieure *Abderrahmane doua* et ma sœur *Chaïma*.

RESUME

Les études dans le domaine énergétique voient que ce problème d'énergie (d'une part de la consommation) est encore plus sensible dans les sites isolés où l'utilisation des ressources classiques s'avère souvent très coûteuse à cause de plusieurs contraintes comme le transport du combustible et les entretiens périodiques des moteurs diesels et à partir des inconvénients de ces sources classiques de l'énergie, il est nécessaire de chercher d'autres ressources d'énergie comme solution alternative et facile à obtenir.

Aujourd'hui, pour trouver une solution de ce problème énergétique on distingue plusieurs autres sources des énergies qui sont renouvelables et ces sources sont l'énergie hydroélectrique, l'énergie géothermique, l'énergie de la biomasse, l'énergie éolienne et l'énergie photovoltaïque (qui sera étudiée dans ce mémoire). Elles classent mondialement dans les meilleures sources d'énergie et les bons coefficients d'amélioration économique surtout l'énergie photovoltaïque par ce qu'elle est disponible presque dans toutes les régions du monde et la plupart des projets d'énergie solaire sont situés dans des zones désertiques en raison de la longue période d'ensoleillement.

Abstract

Studies in the energy field see that this energy problem (on the one hand consumption) is even more sensitive in isolated sites where the use of conventional resources is often very expensive because of several constraints such as fuel transport and periodic maintenance of diesel engines and from the disadvantages of these sources classical energy, it was necessary to seek other energy resources as an alternative and easy solution.

Today, to find a solution to this energy problem we distinguish several other sources of energy that are renewable and these sources are hydroelectric energy, geothermal energy, biomass energy, wind energy and photovoltaic energy (which will be studied in this thesis). They rank globally in the best sources of energy and good coefficients of economic improvement especially photovoltaic energy because it is available in almost all regions of the world and most solar energy projects are located in desert areas due to the long period of sunshine.

الملخص

الدراسات في مجال الطاقة ترى أن مشكلة الطاقة هذه (من ناحية الاستهلاك) أكثر حساسية في المواقع المعزولة حيث غالباً ما يكون استخدام الموارد التقليدية باهظ التكلفة بسبب عدة قيود مثل نقل الوقود والصيانة الدورية لمحركات الديزل، ومن مساوئ هذه المصادر الطاقة الكلاسيكية، كان من الضروري البحث عن موارد الطاقة الأخرى كحل بديل وسهل.

اليوم، لإيجاد حل لمشكلة الطاقة هذه، نميز العديد من مصادر الطاقة الأخرى المتجددة وهذه المصادر هي الطاقة الكهرومائية والطاقة الحرارية الأرضية وطاقة الكتلة الحيوية وطاقة الرياح والطاقة الكهروضوئية (والتي ستتم دراستها في هذه المذكرة). وهي تحتل مرتبة عالمية في أفضل مصادر الطاقة والمعاملات الجيدة للتحسن الاقتصادي وخاصة الطاقة الكهروضوئية لأنها متوفرة في جميع مناطق العالم تقريباً وتقع معظم مشاريع الطاقة الشمسية في المناطق الصحراوية بسبب فترة طويلة من أشعة الشمس.

TABLE DES MATIÈRES

RESUME.....	VII
TABLE DES MATIÈRES	X
LISTE DES TABLEAUX.....	XIV
LISTE DES FIGURES.....	XV
LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS	XVIII
Introduction Générale.....	xx
CHAPITRE I :GENERALITE SUR LES ÉNERGIES RENOUVELABLES	XXIII
II. GENERALITE SUR LES ÉNERGIES RENOUVELABLES.....	1
1.1. INTRODUCTION.....	1
1.2 Énergies renouvelables, définition, et ressources.....	1
1.2.1. Énergie solaire Photovoltaïque.....	2
1.2.2. Énergie éolienne	2
Énergie hydraulique	3
1.2.4. Biomasse	4
1.2.5. Géothermie	4
1.2.6. Energie marine	5
1.3. Exploitation des énergies renouvelables	6
1.4. Énergie solaire.....	7
1.4.1 Historique et définition.....	7
1.4.2 Exploitation de l'énergie solaire	7
1.4.2.1 L'énergie solaire passive.....	8
1.4.2.2 L'énergie solaire photovoltaïque.....	8

1.4.2.3 L'énergie solaire thermique	9
1.5 Rayonnement solaire	9
1.5.1 Rayonnement direct.....	10
1.5.2 Rayonnement diffus	10
1.5.3 Rayonnement réfléchi ou l'albédo	10
1.6 Sources des énergies renouvelables en Algérie.....	11
1.7 Exploitations des énergies renouvelables en Algérie	11
1.8 Conclusion.....	13
CHAPITRE II : SYSTÈME DE POMPAGE PHOTOVOLTAÏQUE	15
2.1 Introduction	15
2.2 Définition de l'irrigation	15
2.3 .Types d'irrigation (technique d'irrigation)	15
2.4. Schéma globale des types d'irrigation	15
2.5. Méthodes du pompage	20
2.5.1 Pompage avec batteries	20
2.5.2 Le pompage au fil du soleil	21
2.6. Données de base d'une pompe	21
2.6.1 Le débit Q.....	20
2.6.2 La hauteur manométrique totale HMT	21
2.7. Types des pompes solaires	22
2.7.1 Pompe volumétrique	22
2.7.2 Les avantages des pompes volumétriques.....	22
2.7.3 Inconvénients des pompes volumétriques.....	22

2.7.4 Pompe centrifuge.....	22
2.8. Le choix de la pompe	22
2.9. Les composants d'un système de pompage solaire	22
2.9.1. Le générateur photovoltaïque.....	22
2.9.2. La motopompe.....	22
2.10. Les types des moteurs électriques	22
2.11. Les avantages et les inconvénients d'un système de pompage photovoltaïque.....	22
2.11.1 Les avantages	22
2.11.2 les inconvénients	28
2.12. Conclusion.....	22
CHAPITRE III : : DIMENSIONNEMENT ET REALISATION D'UNE SYSTE'ME D'IRRIGATION PHOTOVOLTAIQUE.....	31
3.1. INTRODUCTION.....	31
3.2. Présentation de site d'étude.....	31
3.3. .Dimensionnement d'un système de pompage solaire.....	33
3.3.1. Les notions hydrauliques d'un système de pompage solaire	34
3.3.1.2 Calcul de la Hauteur Manométrique Totale (HMT).....	34
3.3.1.2 Calcul le débit Q.....	35
3.3.2. Evaluation des besoins en eau	35
3.3.3. Calcul de l'énergie hydraulique nécessaire	35
3. 3.4. Détermination de l'énergie solaire disponible	36
3.3.5. Le choix des composants.....	36
3.4. La simulation de l'installation photovoltaïque autonome « Application de pompage ».....	39
3.4.1. Présentation du logiciel PVsys	39
3.4.2 Emplacement et météorologie	39

3.4.3 Orientation des modules PV.....	40
3.5. Conception de système.....	42
3.6. Résultats de la simulation.....	44
3.6.1 Diagramme des pertes	44
3.6.2 .Énergie incidente de référence	45
3.7. Bilans et résultats	46
3.8. Réalisation du système de pompage d'irrigation photovoltaïque	49
3.8.1. Montage de la réalisation	49
3.8.2 Mise en Service et Test	49
3.8.2 Mise en Service et Test	49
3.8.3. Les matérielles utilisé.....	50
3.9 Conclusion.....	56
Conclusion Générale	57
BIBLIOGRAPHIE	60

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU (II.1) : LES AVANTAGES ET LES INCONVENANTES D'IRRIGATION PAR ASPERSION.....	16
TABLEAU III.1 : COORDONNÉES GÉOGRAPHIQUES DU SITE.....	32
TABLEAU (III.2) : RAYONNEMENT GLOBAL ET DIFFUS, TEMPÉRATURE ET VITESSE DU VENT À ELKHNEG.....	40
TABLEAU (III.3) : DES PRINCIPALES VARIABLES ET DE LEURS RÉSULTATS.....	46
TABLEAU (III. 4) : FONCTIONNEMENT ET PERFORMANCES BATTERIES	47
TABLEAU (III. 5) : FONCTIONNEMENT ET PERFORMANCES BATTERIES	47
TABLEAU (III.6) : LES CARACTÉRISTIQUES DES APPAREILLES	54

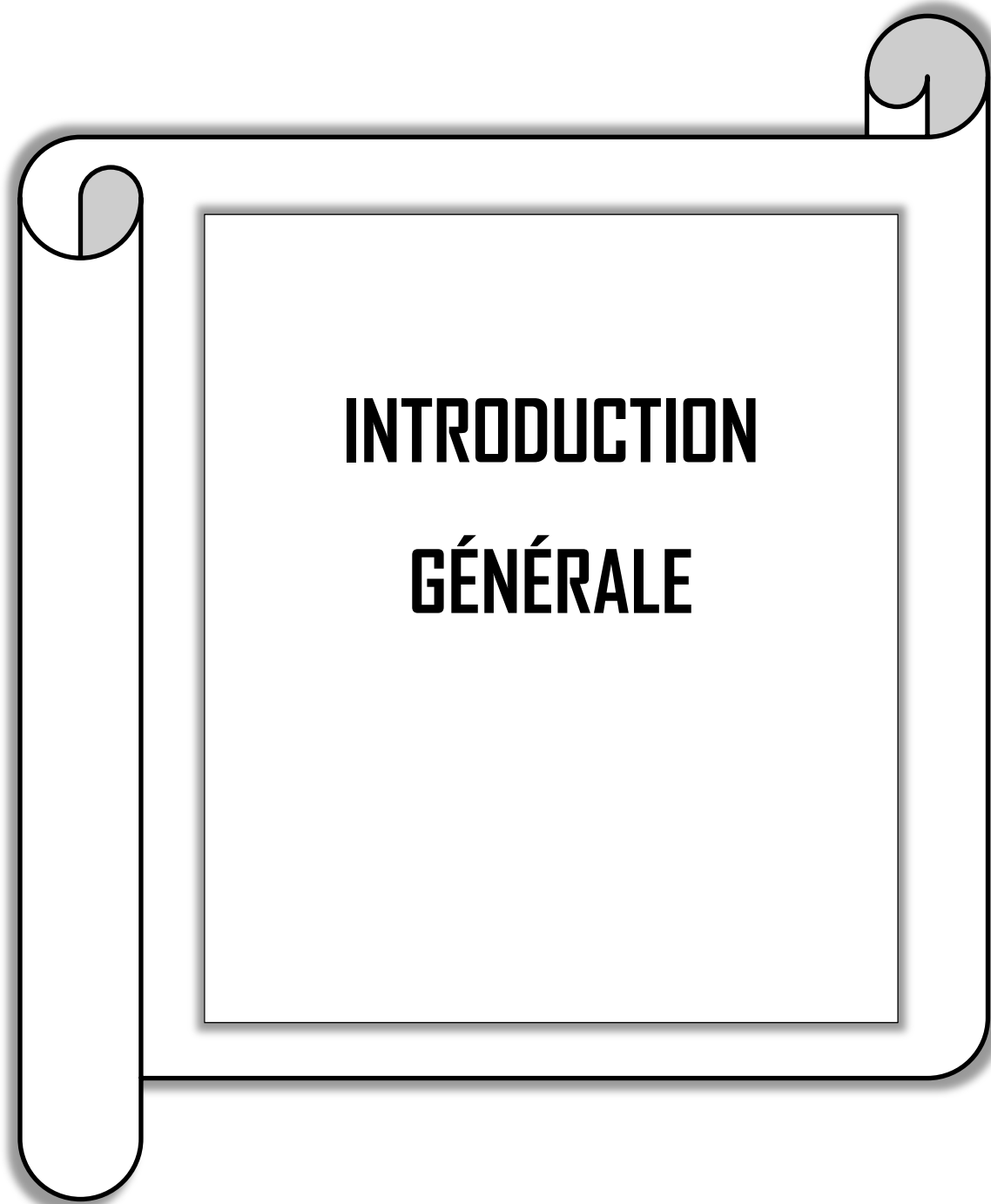
LISTE DES FIGURES

FIGURE (1.1) : ÉNERGIE SOLAIRE.....	2
FIGURE (1.2) : ÉNERGIE ÉOLIENNE.....	3
FIGURE (1.3) : ÉNERGIE HYDRAULIQUE	3
FIGURE (1.4) : LA BIOMASSE	4
FIGURE (1.5):PRODUCTION DE L'ÉLECTRICITÉ GÉOTHERMIQUE.....	5
FIGURE (1.6): LES ÉNERGIES MARINES	5
FIGURE (1.7) : STRUCTURES OPÉRANT DANS LE DOMAINE DES ÉNERGIES RENOUVELABLES.....	6
FIGURE (1.8) : CONCEPTION SOLAIRE PASSIVE	8
FIGURE (1.9): SCHÉMA D'UN SYSTÈME PHOTOVOLTAÏQUE	9
FIGURE (1.10): L'ÉNERGIE SOLAIRE THERMIQUE	10
FIGURE (1.11): ANALYSE SPECTRALE DU RAYONNEMENT SOLAIRE	10
FIGURE (1.12): COMPOSANTES DU RAYONNEMENT GLOBAL SUR UN PLAN HORIZONTAL	13
FIGURE (I.13) : RÉPARTITION DE LA PUISSANCE INSTALLÉE PAR APPLICATION ...	13
FIGURE (II.1) : IRRIGATION PAR ASPERSION.	17
FIGURE(II.2) : DESCRIPTION D'UN SYSTÈME D'IRRIGATION PAR GOUTTE À GOUTTE.....	18
FIGURE(II.3) : IRRIGATION DE PRÉCISION.....	19
FIGURE (II.4) : LES SYSTÈMES D'IRRIGATION.....	19
FIGURE(II.5) : SYSTÈME DE POMPAGE AVEC BATTERIE	20
FIGURE(II.6) : SYSTÈME DE POMPAGE AU FIL DU SOLEIL.....	21

FIGURE(II.7): HAUTEUR MANOMÉTRIQUE TOTAL.....	23
FIGURE(II.7): <i>LA POMPE CENTRIFUGE</i>	24
FIGURE (II.9) : SYSTÈME DE POMPAGE PHOTOVOLTAÏQUE AVEC UNE MOTOPOMPE À COURANT ALTERNATIF À L'INTERMÉDIAIRE D'UN ONDULEUR	27
FIGURE (II.10) : SYSTÈME DE POMPAGE PHOTOVOLTAÏQUE UTILISANT UNE MOTOPOMPE À COURANT CONTINUE À L'INTERMÉDIAIRE D'UN HACHEUR	28
FIGURE (III.1) : LOCALISATION DU JARDIN.	31
FIGURE (III.2) : COURBE LE TRAJECTOIRE DU SOLEIL A' EL KHENEG (LAT.33.7769°N, LONG.2.8234°E,ALT.7TEMPS LÉGAL)	32
FIGURE (III. 3) : COURBE DE L'ÉNERGIE INCIDENTE DE RÉFÉRENCE DANS LE PLAN CAPTEURS	33
FIGURE (III.4) LE DIMENSIONNEMENT D'UN SYSTÈME DE POMPAGE.....	33
FIGURE (III.5) ORIENTATION ET INCLINAISON DES MODULES PV	41
FIGURE (III.6) : DIMENSIONNEMENT DU SYSTEME PV.	41
FIGURE (III.7) : DEFINITIONS D'UNE BATTERIE.....	42
FIGURE (III.8) : COURBE DE TENSION (V)	43
FIGURE (III.9) : DIMENSIONNEMENT DE REGULATEUR	43
FIGURE (III.10) : CONFIGURATION TYPIQUE D'UN SYSTEME ISOLE	44
FIGURE (III.11) : DIAGRAMME DES PERTES.....	45
FIGURE (III.12) : ÉNERGIE UTILE PRODUITE PAR LE GENERATEUR PV (A LA SORTIE DE L'ONDULEUR).	46
FIGURE (III.13) : INDICE DE PERFORMANCE ET FRACTION SOLAIRE	48
FIGURE (III.14) : DIAGRAMME D'ENTREE /SORTIE JOURNALIER.	48
FIGURE (III.15) : ENERGIE JOURNALIERE A' LA SORTIE DU CHAMP	49
FIGURE (III.16) : MONTAGE DE LA REALISATION	50

Liste des sigles et abréviations

η_{MP}	Rendement moteur-pompe.
HMT	hauteur manométrique totale
Hg	hauteur géométrique
Q	débit crête de la pompe
PV	Photovoltaïque
AC	Courant Alternatif
DC	Courant Continu
MPPT	Maximum Power Point Tracking
KW	Kilowatt
KWh	Kilo wattheure
m	Mètre
A	Ampère
V	Volt
Ah	Ampèreheure
Hz	Hertz
I	Courant
V	Tension
P_c	Puissance crête



INTRODUCTION

GÉNÉRALE

Introduction Générale

1. Contexte et Justification

L'agriculture est l'une des activités humaines les plus anciennes et demeure essentielle pour la subsistance de la population mondiale. Cependant, elle fait face à des défis croissants, tels que le changement climatique, la raréfaction des ressources en eau et l'augmentation des coûts énergétiques. Dans ce contexte, l'irrigation, qui représente une part substantielle de la consommation mondiale d'eau douce, est un domaine où des innovations peuvent avoir un impact significatif.

L'irrigation traditionnelle, souvent dépendante de sources d'énergie fossiles et de techniques peu efficaces, n'est plus tenable face aux pressions environnementales et économiques actuelles. Par conséquent, il est crucial de développer des solutions d'irrigation plus durables et économiquement viables. L'énergie photovoltaïque, qui convertit directement la lumière du soleil en électricité, émerge comme une alternative prometteuse. Les systèmes d'irrigation photovoltaïque combinent la nécessité de gérer efficacement l'eau avec celle de réduire les émissions de gaz à effet de serre et les coûts énergétiques.

Objectifs du Mémoire

Le présent mémoire a pour ambition d'explorer en profondeur le potentiel des systèmes d'irrigation photovoltaïque. Les objectifs spécifiques de cette étude sont les suivants :

- Étudier les principes fondamentaux et les technologies actuelles de l'irrigation et de l'énergie photovoltaïque.
- Dimensionner un système d'irrigation photovoltaïque adapté à un cas d'étude précis.
- Réaliser et tester ce système pour évaluer ses performances et son efficacité.

Problématique et Hypothèses

1. La problématique :

La problématique centrale de ce mémoire est donc la suivante :

Cette question se décline en plusieurs sous-problématiques :

- Efficacité énergétique : Comment garantir que le système photovoltaïque fournisse une énergie suffisante pour le fonctionnement continu et efficace des équipements d'irrigation?
- Adaptabilité : Comment concevoir un système flexible et adaptable aux variations climatiques et hydrologiques spécifiques d'un site donné ?

2. Hypothèses :

Pour répondre à la problématique posée, plusieurs hypothèses de travail seront formulées et testées au cours de cette étude :

- Efficacité énergétique : Il est possible de dimensionner un système photovoltaïque pour qu'il fournisse une énergie constante et suffisante pour le fonctionnement des pompes d'irrigation, même dans des conditions de faible ensoleillement.
- Performance technique : Un système d'irrigation photovoltaïque bien conçu peut fonctionner de manière continue et fiable, avec des interruptions minimales, grâce à l'utilisation de batteries de stockage d'énergie et de systèmes de gestion intelligente.

Méthodologie

Pour atteindre les objectifs fixés, la méthodologie adoptée comprend :

- Une revue de littérature approfondie pour comprendre les technologies existantes et identifier les meilleures pratiques.
- Le dimensionnement théorique du système, incluant la sélection des composants (panneaux solaires, pompes, systèmes de stockage d'énergie).
- La réalisation pratique du système sur un site pilote, incluant l'installation, la mise en œuvre et les ajustements nécessaires.
- L'évaluation des performances par des tests de terrain et l'analyse des données collectées.

Structure du Mémoire

Ce mémoire est structuré en trois chapitres principaux :

- GENERALITE SUR LES ÉNERGIES RENOUVELABLES.
- SYSTÈME DE POMPAGE PHOTOVOLTAÏQUE.
- DIMENNSIONNEMENT ET REALISATION D'UNE INSTALATION PHOTOVOLTAIQUE AUTONOME:APLIATION DE POMPAGE



Chapitre 1

GENERALITE SUR LES ÉNERGIES RENOUVELABLES

I. GENERALITE SUR LES ÉNERGIES RENOUVELABLES

1.1. INTRODUCTION

Les énergies renouvelables (ENR) sont des énergies inépuisables. Elles sont issues des éléments naturels : le soleil, le vent, les chutes d'eau, les marées, la chaleur de la Terre, la croissance des végétaux. En ces termes, le pétrole, le gaz naturel et le charbon ne sont pas des énergies renouvelables car il faudra des millions d'années pour reconstituer les stocks d'énergie fossile que l'on consomme actuellement.

De même, l'énergie nucléaire actuelle, issue de la fission des atomes d'uranium, ne peut pas être considérée comme une énergie renouvelable, la réserve d'uranium disponible sur Terre étant limitée.

En opposition à cela, le soleil, l'eau, le vent, le bois et les autres produits végétaux sont autant de ressources naturelles renouvelables capables de générer de l'énergie grâce aux technologies développées par les hommes.

Cependant, il est important de s'intéresser aux diverses technologies de production pour comprendre leur intérêt sur différents plans : écologique, économique, politique et géopolitique.

Utiliser les énergies renouvelables présente de nombreux avantages. Cela aide à lutter contre l'effet de serre, en réduisant notamment les rejets de gaz carbonique dans l'atmosphère. Cela participe de plus à une gestion intelligente des ressources locales et à la création d'emplois.

Il en existe différents types : les énergies solaires, éoliennes, hydrauliques, et de la biomasse. [1]

1.2 Énergies renouvelables, définition, et ressources

Une énergie renouvelable est une source d'énergie qui se renouvelle assez rapidement pour être considérée comme inépuisable à l'échelle de l'homme. Les énergies renouvelables sont issues de phénomènes naturels réguliers ou constants provoqués par les astres, principalement le Soleil, la Terre (l'énergie géothermique) et l'eau. Les énergies renouvelables se classent en six catégories différentes. [2]

1.2.1. Énergie solaire Photovoltaïque

Parmi les différentes énergies renouvelables, on retrouve en tête, l'énergie solaire. Le soleil est notre principale source d'énergie renouvelable. Captée par des panneaux photovoltaïques et des centrales solaires thermiques, l'énergie solaire permet de produire de l'électricité. Il s'agit de la technologie active. Il existe aussi la technologie passive qui consiste à orienter les bâtiments selon la position du soleil afin de profiter pleinement de ses rayons grâce notamment à des matériaux spécifiques placés dans les murs et les fenêtres. (1.1)



Figure (1.1) : Énergie solaire Photovoltaïque [3]

1.2.2. Énergie éolienne

L'énergie éolienne prend sa force du vent. Les éoliennes sont placées à des endroits stratégiques où le vent est constant et atteint des vitesses importantes. Ainsi, le vent est captée et converti en énergie électrique grâce à des générateurs électriques. L'énergie éolienne ne se limite pas à l'électricité puisqu'elle permet de produire de l'énergie dite mécanique, c'est-à-dire qu'elle sert à pomper de l'eau et faire marcher certaines installations comme les voiliers ou les moulins à meule par exemple (1.2)



Figure (1.2) : Énergie éolienne [4]

1.2.3. Énergie hydraulique

L'énergie hydraulique est également considérée comme une énergie renouvelable puisqu'elle utilise l'eau, ressource renouvelable grâce aux phénomènes naturels d'évaporation et de précipitations. Les barrages et les centrales hydroélectriques canalisent la force de l'eau pour la transformer en électricité. Aujourd'hui, l'énergie hydraulique représente

19 % de la production totale d'électricité dans le monde (1.3)



Figure (1.3) : Énergie hydraulique [5]

1.2.4. Biomasse

La biomasse est la toute première énergie renouvelable exploitée par l'Homme depuis la découverte du feu. Le principe de la biomasse est d'utiliser l'énergie solaire contenue dans les végétaux et les déchets organiques, et de créer de l'électricité grâce à la combustion de ces éléments. Un autre procédé, la biomasse par méthanisation, permet de convertir cette énergie en biogaz ou en biocarburant, grâce à la fermentation (1.4)



Figure (1.4) : La biomasse [6]

1.2.5. Géothermie

Dans la liste des énergies renouvelables, on retrouve l'énergie géothermique. Cette énergie provient de la terre elle-même. Le magma présent au centre de la terre, réchauffe naturellement la croûte terrestre. Le but de la géothermie est d'extraire cette chaleur stockée dans des réservoirs souterrains et de la transformer en électricité et en chauffage. Les pompes à chaleur utilisent ce procédé de chaleur naturelle, à petite échelle pour chauffer ou refroidir un espace donné (1.5)



Figure (1.5): Production de l'électricité géothermique [7]

1.2.6. Énergies marines

Les mers et les océans couvrent 70 % de la planète et pourtant les énergies marines sont très peu exploitées. Il existe différentes énergies marines :

- L'énergie thermique consiste à exploiter les variations de températures présentes à différentes profondeurs.
- L'énergie des courants marins se concentre sur la force des courants grâce à des hydroliennes avec un système de pâles comme les éoliennes.
- Les marées, en descendant ou en montant, créent de l'énergie par l'intervention de turbines et de générateurs électriques. [8]



Figure (1.6): Les énergies marines [8]

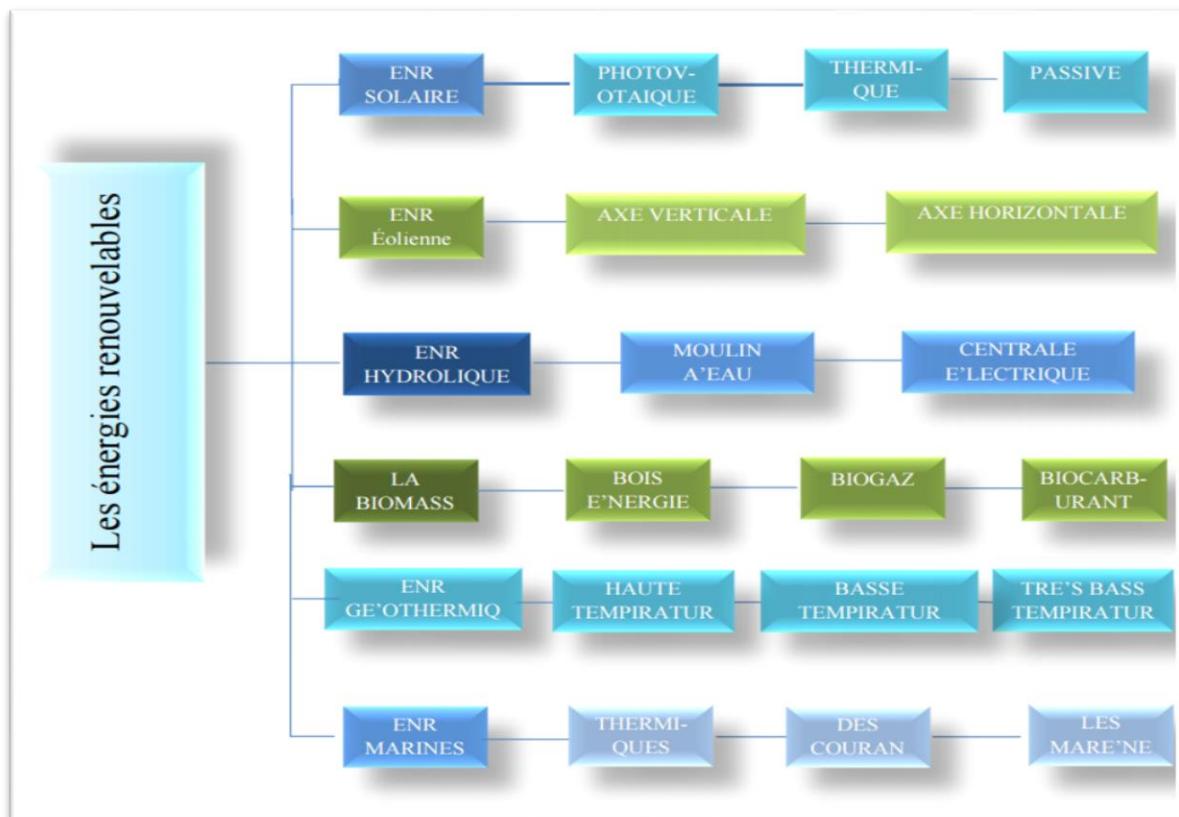


Figure (1.7) : Structures opérant dans le domaine des énergies renouvelables [9]

1.3. Exploitation des énergies renouvelables

Le développement et l'exploitation des énergies renouvelables ont connu une forte croissance ces dernières années. D'ici 20-30 ans, tout système énergétique durable sera basé sur l'utilisation rationnelle des sources traditionnelles et sur un recours accru aux énergies renouvelables. Naturellement décentralisées, il est intéressant de les exploiter sur le lieu de consommation, en les transformant directement soit en chaleur, soit en électricité selon les besoins.

- Production de chaleur par les sources renouvelables

La chaleur renouvelable peut être produite à partir du bois, de la biomasse, des pompes à chaleur, de la géothermie, du solaire thermique et de la récupération d'énergie [10].

- Production de l'électricité par les sources renouvelables

L'électricité renouvelable peut être produite à partir de l'éolien, du solaire photovoltaïque, du bois, de la biomasse, de la géothermie, des énergies marines, de l'hydroélectricité et de la solaire thermodynamique.

Ce type d'énergie ne couvre encore que 20% de la consommation mondiale d'électricité.

Nous notons que l'hydroélectricité existe depuis près d'un siècle et constitue environ 16 % de la production mondiale d'électricité et représente 92,5% de l'électricité issue des énergies renouvelables (biomasse 5,5%, géothermie 1,5%, éolien 0,5 % et le solaire 0,05 %) [11].

Parmi toutes les énergies renouvelables ci-dessus, nous distinguons l'énergie solaire.

1.4. Énergie solaire

1.4.1 Historique et définition

En 1930, Héliogénéricité est apparue, qui est une transformation directe de l'énergie solaire en énergie électrique au moyen de cellules d'oxyde de cuivre, puis de sélénium. En 1954, des cellules photoélectriques au silicium ont été développées par les laboratoires de Bell Compagnie Téléphone. Dans les années 1980, la technologie photovoltaïque a connu des progrès constants, de nombreuses centrales électriques sont construites à partir de quelques mégawatts.

L'énergie solaire photovoltaïque (PV) est la conversion directe de l'énergie des photons, reçue du rayonnement lumineux (solaire ou autre) en énergie électrique. Pour cela, des modules photovoltaïques constitués de cellules solaires constituées de matériaux sensibles aux longueurs d'onde visibles sont utilisés pour réaliser cette transition énergétique.

Plusieurs cellules photoélectriques sont connectées en série / parallèle, formant un générateur (G PV), qui a une caractéristique de tension de courant constant non linéaire $I(V)$ et présentant un point de puissance maximale (PPM). Cette caractéristique est liée à deux facteurs principaux, le rayonnement et la température de la cellule.

1.4.2 Exploitation de l'énergie solaire

Un principe très simple : la transformation des rayons du soleil en énergie pour chauffer son habitation, l'eau sanitaire, d'une piscine, etc. ou produire de l'électricité. Les techniques pour capter directement une partie de cette énergie sont disponibles et sont constamment améliorées.

On peut distinguer le solaire passif, le solaire photovoltaïque et le solaire thermique.

1.4.2.1 L'énergie solaire passive

L'énergie solaire passive est une énergie abondante et non polluante qui suppose la conception des bâtiments et la mise en place des composants de construction appropriés afin d'utiliser l'énergie solaire pour l'éclairage naturel, le chauffage et la climatisation des locaux

Figure (1.8).

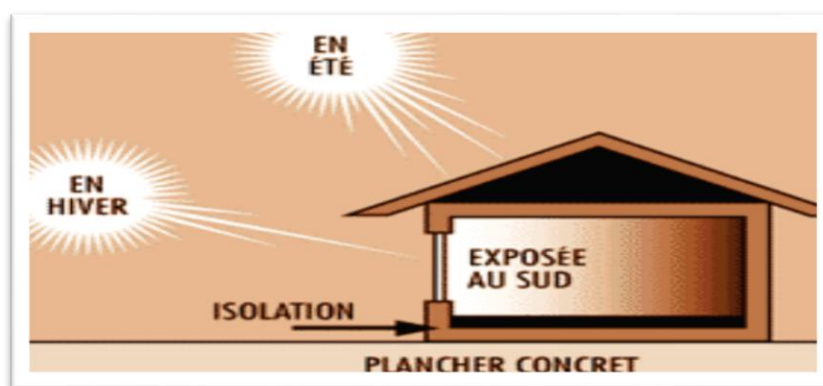


Figure (1.8) : Conception solaire passive [10]

1.4.2.2 L'énergie solaire photovoltaïque

L'énergie solaire photovoltaïque est une énergie électrique renouvelable produite à partir du rayonnement solaire. La cellule photovoltaïque est un composant électronique qui est la base des installations produisant cette énergie, Figure (1.9).

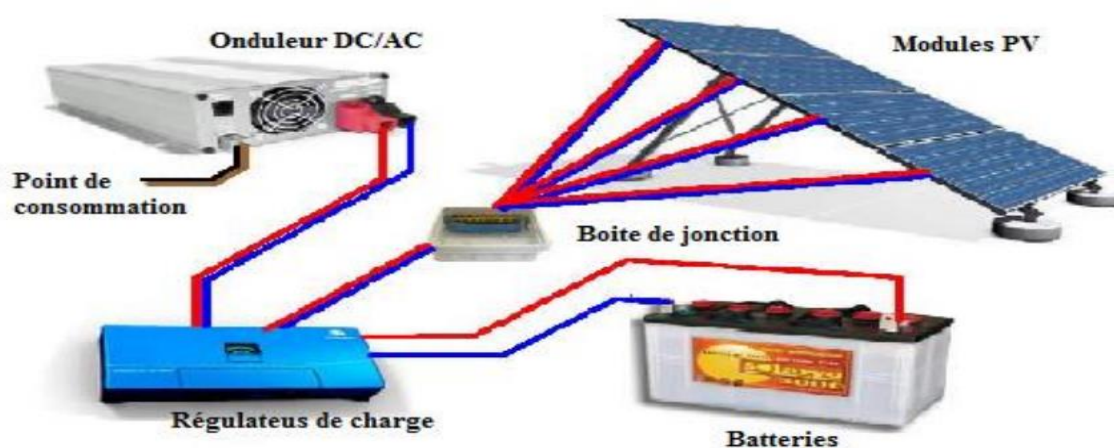


Figure (1.9): Schéma élément de système photovoltaïque avec stockage [11]

1.4.2.3 L'énergie solaire thermique

L'énergie solaire thermique est la transformation instantanée de l'énergie des rayons solaires en énergie thermique. Cette transformation peut être utilisée directement, comme par exemple le chauffage de l'eau sanitaire à l'aide des capteurs solaires, ou indirectement dans le cas de la production de l'électricité dans une centrale thermodynamique solaire.(1.10)

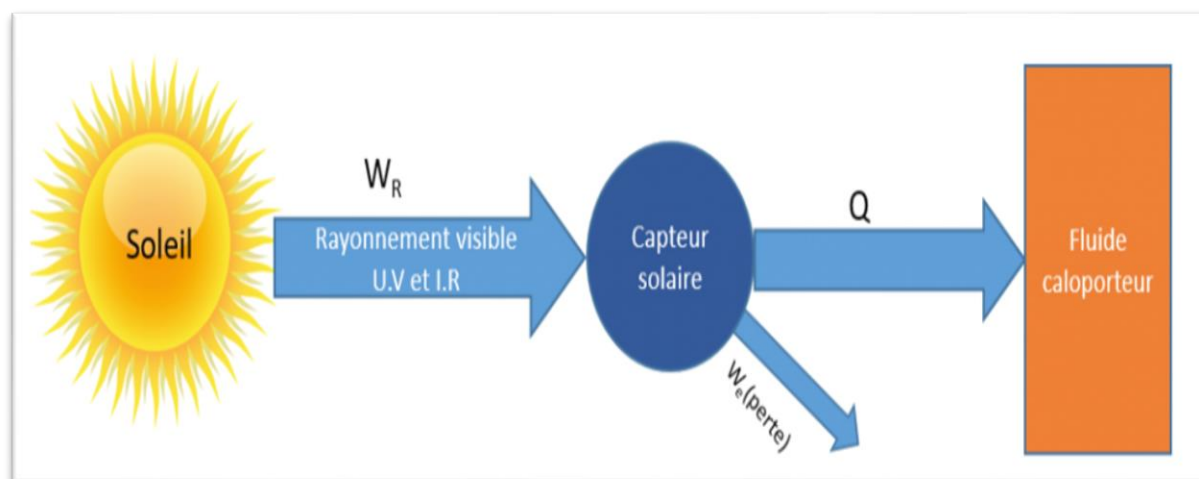


Figure (1.10): L'énergie solaire thermique [12]

1.5 Rayonnement solaire

Le rayonnement solaire est constitué de photons dont la longueur d'onde s'étend de l'ultraviolet à l'infrarouge lointain. On utilise la notion AM pour Air Mass afin de caractériser le spectre solaire en termes d'énergie émise. Pour tenir compte de la distance traversée par les rayons, il est nécessaire d'introduire une notion de masse d'air(AM) elle correspond à la longueur relative du parcours à travers l'atmosphère terrestre traversée par le rayonnement solaire direct. Au niveau du sol le rayonnement global reçu par une surface plane d'inclinaison quelconque est constitué de trois composantes principales [8] :

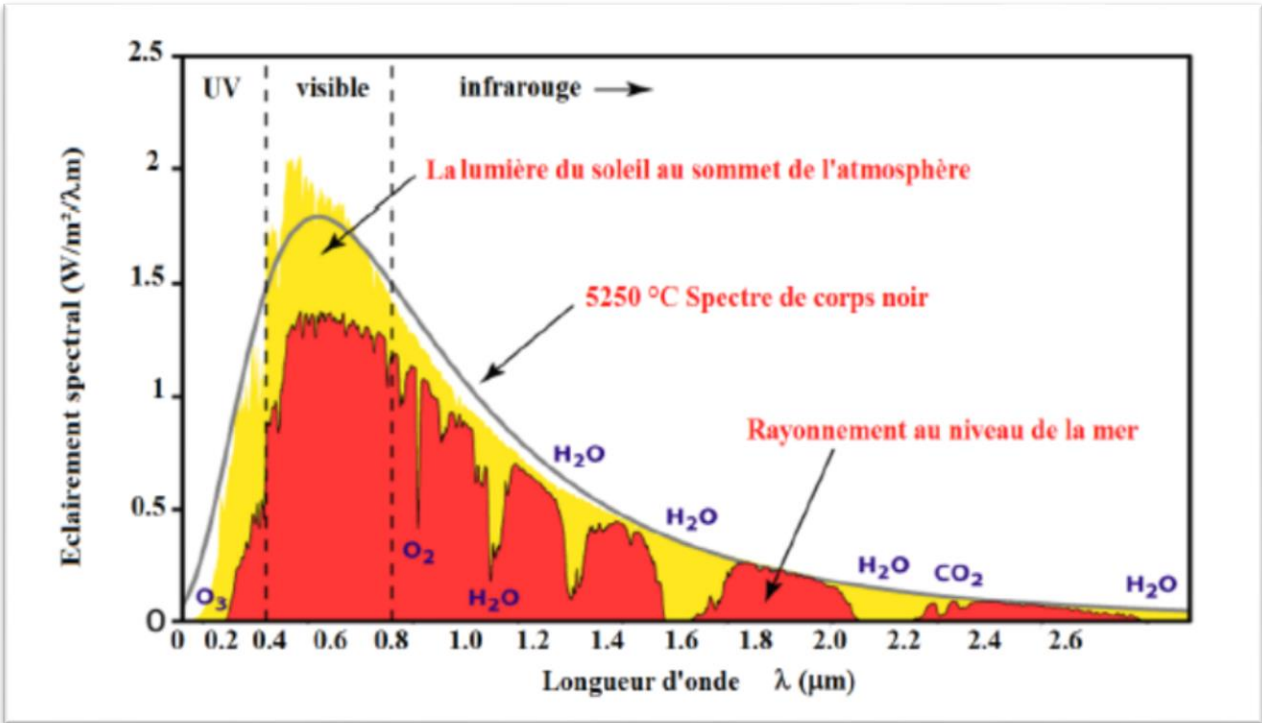


Figure (1.11): Spectre du rayonnement solaire [13]

1.5.1 Rayonnement direct

Flux solaire sous forme de rayons parallèles provenant de disque soleil sans avoir été dispersé par l'atmosphère

1.5.2 Rayonnement diffus :

C'est la partie du rayonnement provenant du soleil, ayant subi multiples réflexions (Dispersion), dans l'atmosphère.

1.5.3 Rayonnement réfléchi ou l'albédo

C'est la partie de l'éclairement solaire réfléchi par le sol, ce rayonnement dépend directement de la nature du sol (nuage, sable...). Il se caractérise par un coefficient propre de la nature de lieu appelé Albédo (ϵ) $0 \leq \epsilon \leq 1$. \rightarrow Rayonnement global : Un plan reçoit de la part du sol un rayonnement global qui est le résultat de la superposition des trois compositions direct, diffus et réfléchi.

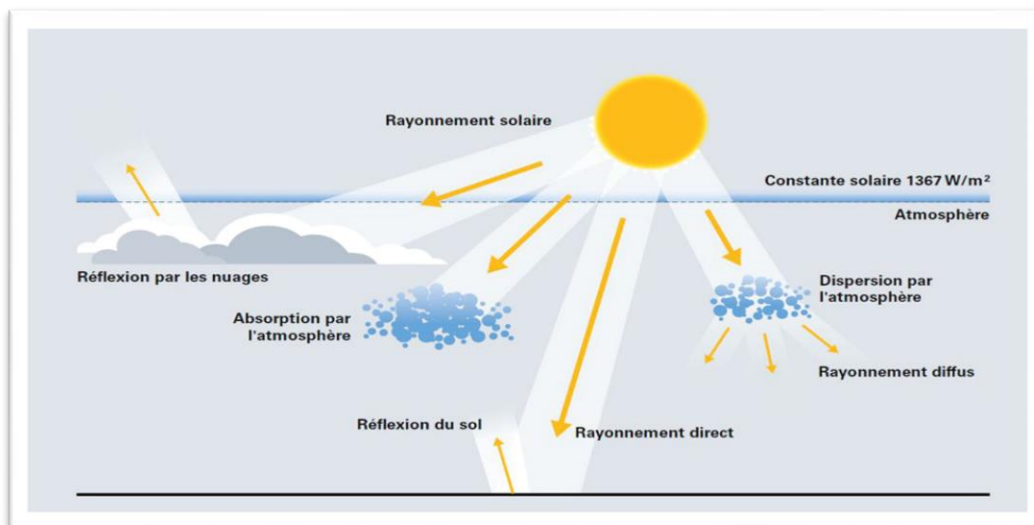


Figure (1.12): Composantes du rayonnement global sur un plan horizontal [14]

Remarque

Quelle que soit la technologie utilisée, la puissance de l'énergie produite dépend directement de l'ensoleillement. Le positionnement (toit, terrasse...), l'orientation des panneaux (Sud) et la taille de l'installation sont donc primordiaux.

1.6 Sources des énergies renouvelables en Algérie

Des experts en transition énergétique, ont estimés que l'Algérie a un « potentiel de production des ENR atteignant les 400500 térawatts-heure (TWH)/an ». Il précise que « le potentiel solaire photovoltaïque est estimé à plus de 235700 TWH/an et celui de l'éolien dépassera 12940 TWH/an ».

Ce potentiel de 400500 TWH/an « est tout simplement faramineux, puisque ce chiffre correspondrait à 15 fois la demande actuelle de l'électricité mondial et constituerait l'équivalent de 39 fois notre réserve de gaz ». Les chiffres sont évalués et estimés d'une façon scientifique et objective et faits par des groupes de recherches algériennes [15].

1.7 Exploitations des énergies renouvelables en Algérie

L'Algérie s'est engagée sur la voie des énergies renouvelables afin d'apporter des solutions globales et durables aux défis environnementaux et aux problématiques de préservation des

ressources énergétiques d'origine fossile à travers le lancement d'un programme ambitieux pour le développement des énergies renouvelables qui a été adopté par le Gouvernement en février 2011, révisée en mai 2015 et placée au rang de priorité nationale en février 2016.

L'Algérie s'engage dans une nouvelle ère énergétique durable. Le programme des énergies renouvelables dans sa version actualisée, consiste à installer une puissance d'origine renouvelable de l'ordre de 22000 MW à l'horizon 2030 pour le marché national, avec le maintien de l'option de l'exportation comme objectif stratégique, si les conditions du marché le permettent.

A travers son programme d'énergies renouvelables, l'Algérie compte se positionner comme un acteur déterminé dans la production de l'électricité à partir des filières solaires et éolienne en intégrant la biomasse, la cogénération et la géothermie. Ces filières énergétiques seront les moteurs d'un développement économique durable à même d'impulser un nouveau modèle de croissance économique.

Au mois de mars 2020, le programme de développement des énergies renouvelables d'une capacité de 16000 MW à l'horizon 2035 a été adopté par le gouvernement, dont 15000 MW raccordés au réseau électrique national et 1000 MW en hors réseau (autoconsommation) [16].

L'Algérie connaît la réalisation d'un certain nombre d'installations en énergies renouvelables Figure (I.10) comme : les chauffe-eau solaires, le pompage à l'aide de l'énergie solaire ou éolienne, une vingtaine de villages solaires (Tamanrasset, Illizi, Tindouf et Adrar),...

Près de 2000 kits solaires photovoltaïques pour l'éclairage et 200 pompes fonctionnant avec l'énergie solaire photovoltaïque pour le pompage d'eau potable et d'irrigation ont pu être installés à ce jour dans les zones les plus reculées du pays algérienne (I.13)

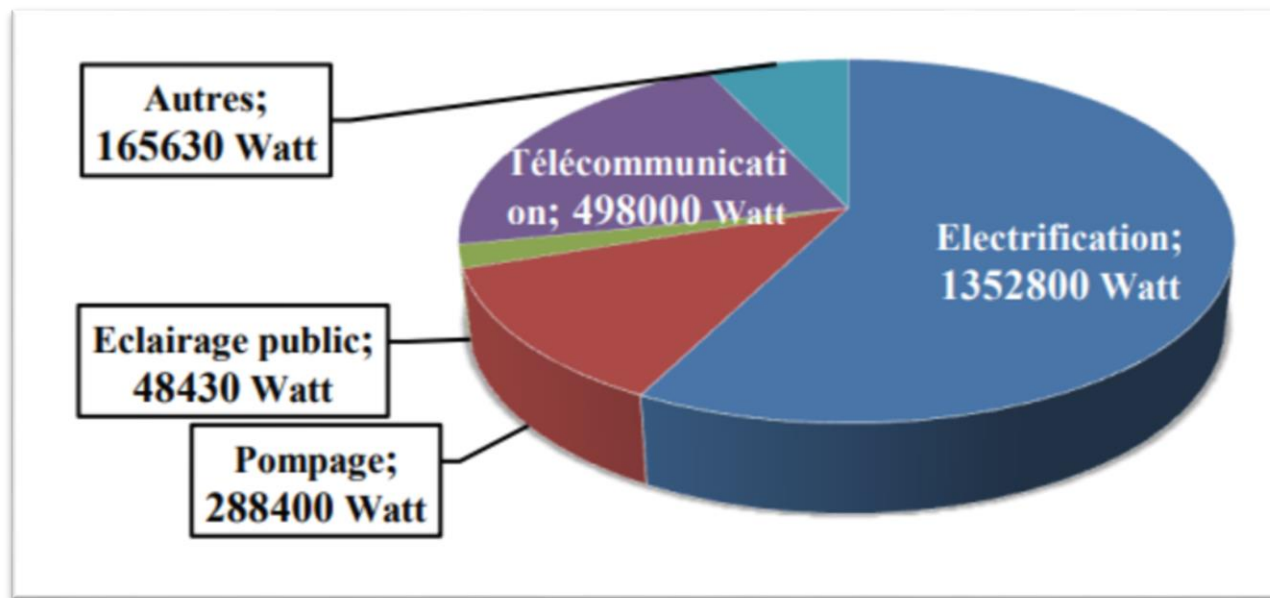
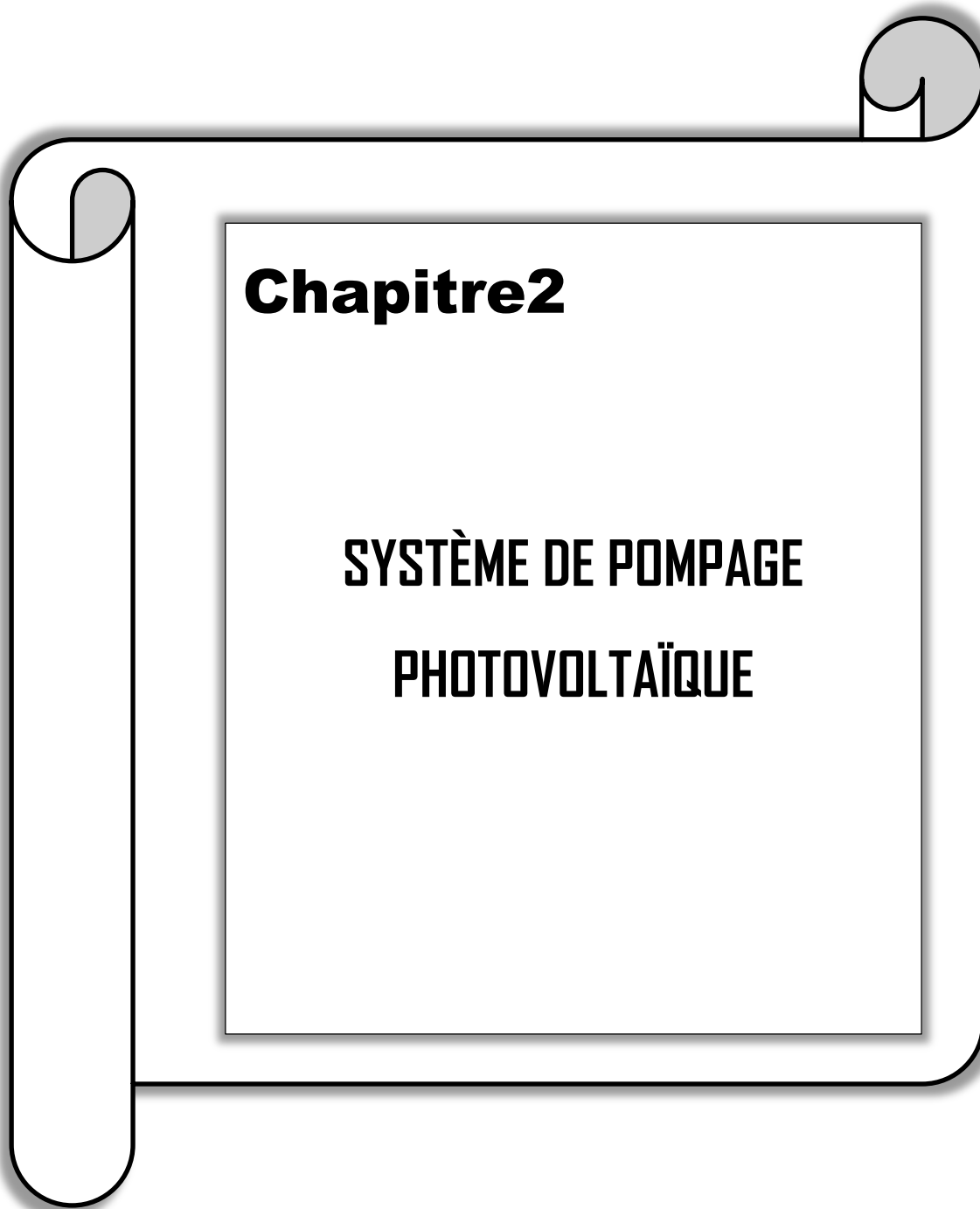


Figure (I.13) : Répartition de la puissance installée par application en Algérie [16]

1.8 Conclusion

L'énergie solaire est une composante essentielle du mix énergétique renouvelable, offrant des solutions durables pour répondre aux besoins énergétiques mondiaux. Grâce aux innovations technologiques et aux politiques de soutien, l'adoption de l'énergie solaire continue de croître, contribuant à un avenir énergétique plus propre et plus durable. En surmontant les défis actuels et en tirant parti des opportunités futures, l'énergie solaire peut jouer un rôle clé dans la transition énergétique globale, assurant un approvisionnement en énergie fiable et respectueux de l'environnement pour les générations futures.



CHAPITRE II : SYSTÈME DE POMPAGE PHOTOVOLTAÏQUE

2.1 Introduction

L'accès à l'eau est un enjeu mondial crucial, touchant des millions de personnes, notamment dans les régions rurales et isolées. Face aux défis posés par les infrastructures énergétiques insuffisantes, les systèmes de pompage photovoltaïque émergent comme une solution innovante et durable.

L'Algérie est l'une des pays qui renforce le pompage d'eau en utilisant le système de pompage solaire dans le domaine d'agriculture et en particulier dans les régions sahariennes, car ces régions sont connues par un grand ensoleillement et des quantités d'eau sous terrain qui sont très importante à réaliser ce système. [17]

Ce chapitre traite deux parties importantes, la première partie est la définition et les types de l'irrigation et les avantages et les inconvénients de chaque types d'irrigation, la deuxième partie consiste à les méthodes du pompage solaire, les différents types utilisés, les avantages et les inconvénients du système de pompage solaire. Ainsi le dimensionnement de système de pompage au fil du soleil par ce qu'il le plus utilisée pour l'irrigation des régions d'agriculture. L'installation de pompage solaire PV définie est soumise aux impératifs suivants:

- un bon rendement,
- une excellente fiabilité,
- et une autonomie de fonctionnement

2.2 Définition de l'irrigation :

Une irrigation consiste en un apport artificiel d'eau douce sur des terres à des fins agricoles, c'est donc une forme de précipitation artificielle, souvent automatisée avec une irrigation par aspersion mais aussi manuelle. L'irrigation est utilisée pour favoriser la croissance des cultures agricoles, l'entretien des paysages, et la végétalisation des sols perturbés dans les zones arides et pendant les périodes de pluies insuffisantes. Le terrain irrigué devient plus fertile.[18]

2.3 .Types d'irrigation (technique d'irrigation) :

a) À la main : Le simple arrosage à la main d'une surface de culture est un système d'irrigation, qu'il se fasse avec un tuyau d'arrosage ou avec un banal arrosoir en plastique. Cette pratique ne peut pas convenir à des grandes surfaces.

b) Irrigation par écoulement de surface (irrigation gravitaire) :

Consiste à distribuer l'eau par le biais de canaux et de rigoles sous l'effet de la gravité. Les canaux distribuent l'eau à d'autres canaux secondaires jusqu'aux parcelles. Cependant, beaucoup d'eau s'évapore car le système n'est pas couvert. [19]

c) Irrigation par aspersion :

Ce système d'irrigation prend place dans le cadre d'un système d'arrosage intégré ou enterré. L'eau circule dans des canalisations enterrées sous les parcelles. Elle sort vers des tuyaux mobiles qui la distribuent aux cultures via des systèmes d'aspersion. Elle imite une pluie fine qui ne noie pas les plantes ou les jeunes pousses.[19]

Les avantages et les inconvénients de l'irrigation par aspersion : [20]

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> -Suppression de nivellement. -réduction de la main d'œuvre pour les travaux de préparation avant l'irrigation. -possibilité de l'irrigation fertilisante. 	<ul style="list-style-type: none"> - d'installation élevés, mais à comparer au coût de nivellement. -pertes en eau par évaporation (peuvent être considérables en Algérie : 25% et plus de l'eau projetée). -lavage des traitements phytosanitaires. -exclusion des eaux chargées.

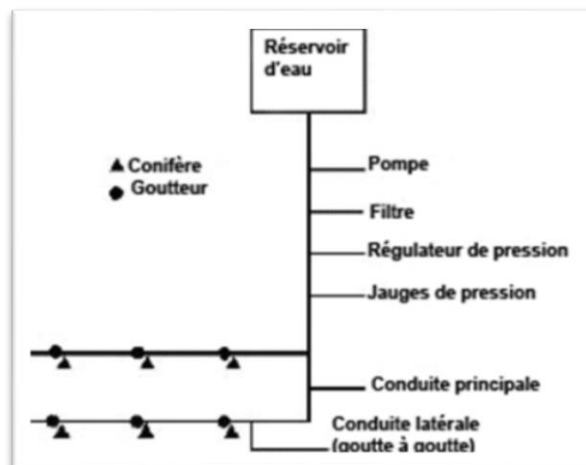
Tableau (II.1) : les avantages et les inconvénients de l'irrigation par aspersion



Figure (II.1) : Irrigation par aspersion. [21]

d) Irrigation par micro-irrigation (goutte à goutte)

La micro-irrigation se fait uniquement avec un système d'arrosage goutte à goutte. C'est un système économe qui n'utilise que ce dont la plante a besoin. Il faut faire attention aux réglages, qui doivent être les plus précis. L'eau doit être filtrée surtout dans les régions où l'eau est dure, pour ne pas boucher la goutte à goutte. [19]



Figure(II.2) : Description d'un système d'irrigation par goutte à goutte.

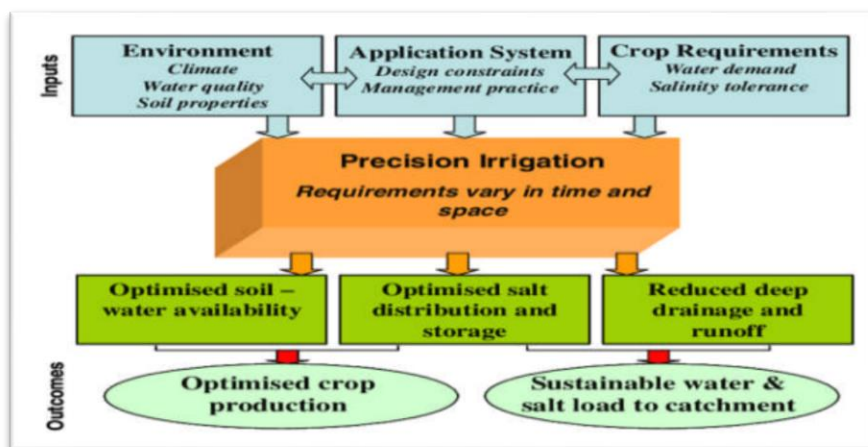
e) Irrigation déficitaire :

Comme l'irrigation déficitaire régulée (IDR). Elle est en plus utilisée pour l'arboriculture commerciale et certaines cultures de plein champ qui réagissent positivement au stress hydrique contrôlé, à des stades critiques de leur croissance. Irrigation déficitaire régulée est souvent pratiquée en même temps que la micro-irrigation et l'irrigation fertilisante, qui prévoit l'application d'engrais dans le système de micro-irrigation. Directement dans la zone où se développent la plupart des racines. Cette méthode a été adaptée à partir du système plus rudimentaire d'irrigation par rigoles, utilisé en Chine. Les avantages, en termes de réduction de la consommation d'eau, sont évidents, mais ce système n'est utilisable que si l'approvisionnement en eau est très faible.

f) Irrigation de précision :

Fondée sur le savoir, elle offre aux agriculteurs des possibilités souples et fiables d'irrigation ; c'est une composante importante de l'intensification durable des cultures. On a testé des systèmes automatisés utilisant à la fois des arroseurs fixes et des dispositifs de micro-irrigation qui contrôlent l'humidité du sol et la température de la partie aérienne des plantes pour définir le niveau d'irrigation à appliquer, en différents endroits du champ. L'irrigation de précision et l'application de précision d'engrais dans l'eau d'irrigation sont dans un cas comme dans l'autre, des atouts futurs pour les cultures de plein champ et les cultures horticoles, mais les problèmes potentiels ne manquent pas. Récemment, des simulations par ordinateur ont montré qu'en

horticulture. La gestion de la salinité est un facteur critique pour la durabilité de la production. [22]



Figure(II.3) : Irrigation de précision.

2.4. Schéma globale des types d'irrigation

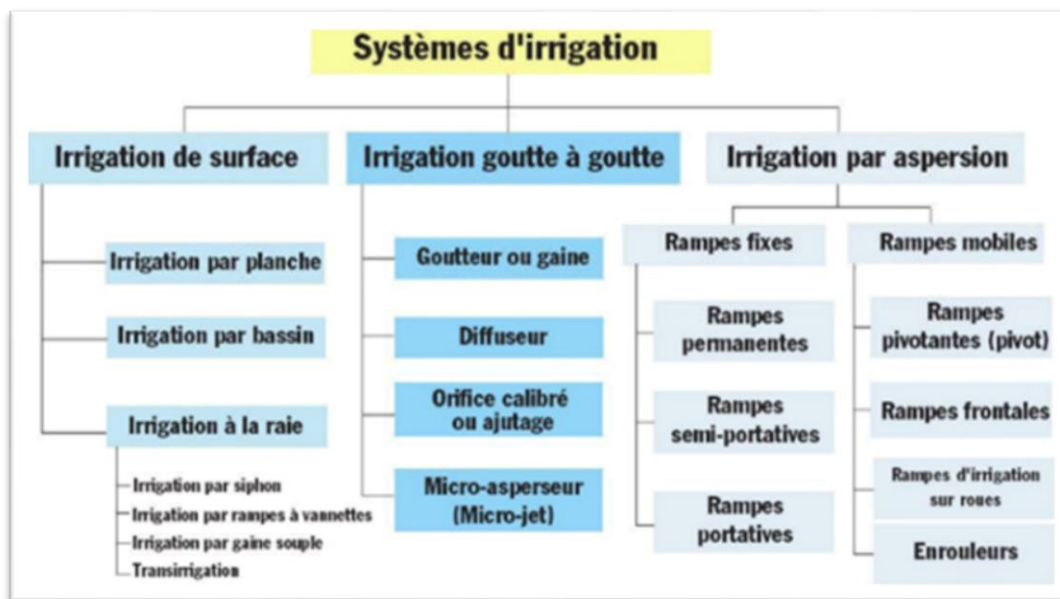


Figure (II.4) : les d'effarantes systèmes d'irrigation [23]

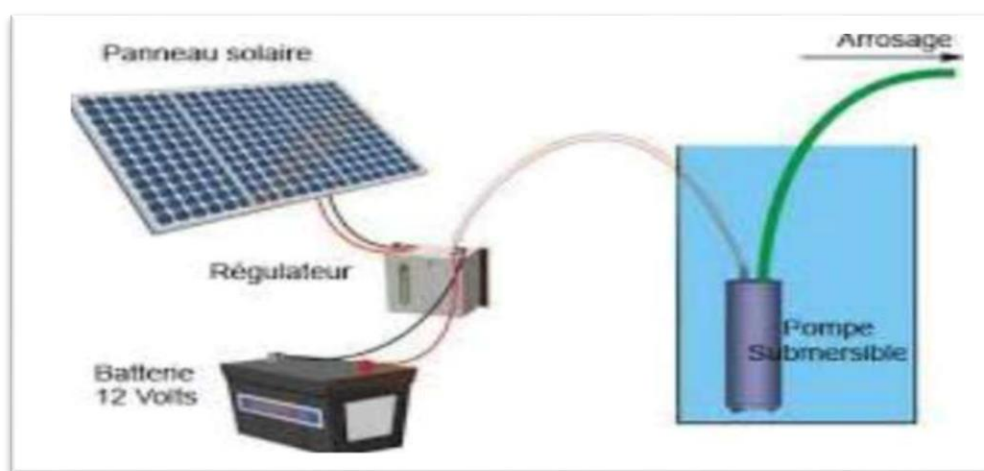
2.5. Méthodes du pompage

Une pompe photovoltaïque se présente fondamentalement de deux façons selon qu'elle fonctionne avec ou sans batterie. Alors que cette première utilise une batterie pour stocker l'électricité produite par les modules, la pompe sans batterie, plus communément appelée « pompe au fil du soleil », utilise un réservoir pour stocker l'eau jusqu'au moment de son utilisation.

2.5.1 Pompage avec batteries

Est une méthode attirée par l'utilisation de l'énergie stockée sur des batteries peut avoir l'avantage de garantir une stabilité d'alimentation des équipements. Le pompage est régulier durant toute la journée, Le débit de pompage peut se faire à la demande, lorsque les utilisateurs en ont besoin. Dans ce cas, l'utilisation d'un réservoir de stockage pour l'eau sera nécessaire afin de pouvoir fournir à la demande d'eau.

Toutefois, l'utilisation de batteries comporte davantage de composants qui influent sur la fiabilité et le coût global du système. 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.

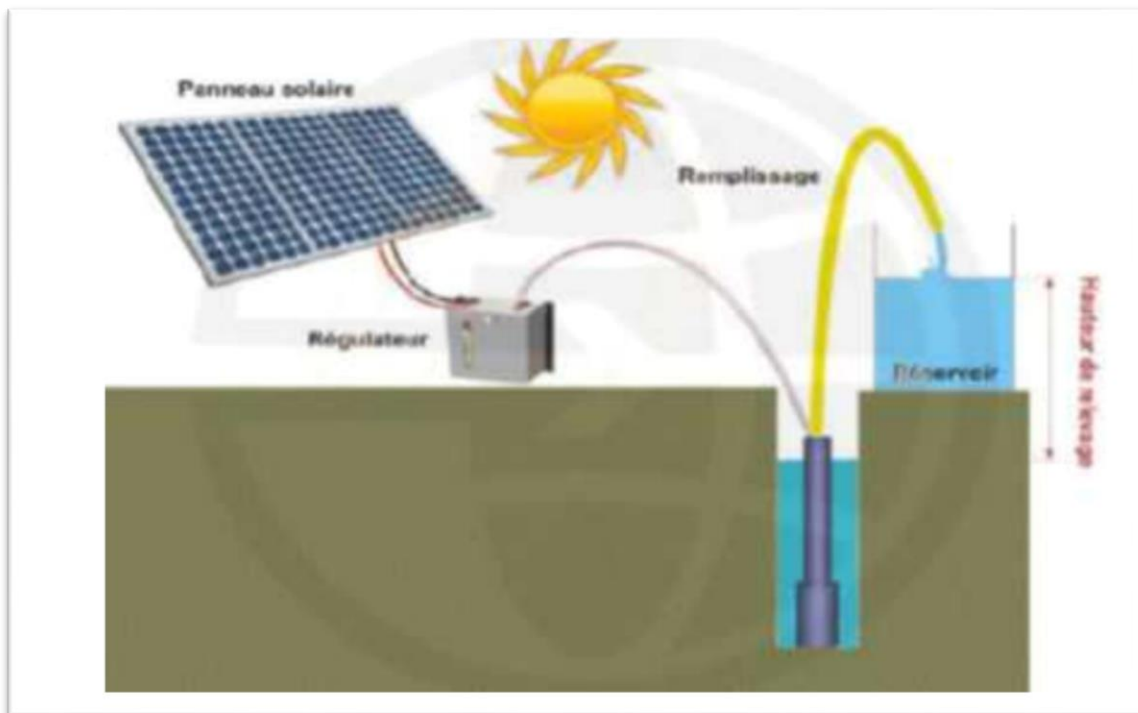


Figure(II.5) : Système de pompage avec batterie [24]

2.5.2 Le pompage au fil du soleil

Il s'agit de stocker de l'eau dans un réservoir. La pompe solaire est branchée directement sur les panneaux solaires par l'intermédiaire d'un régulateur ou d'un convertisseur. Le débit d'arrivée d'eau dans le réservoir est donc variable, directement en fonction du rayonnement

Solaire, d'où l'expression (au fil du soleil) [18]. Il est plus simple, plus fiable et moins coûteux qu'un système avec batterie. 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. La capacité de stockage peut varier d'un à plusieurs jours selon les modèles.



Figure(II.6) : Système de pompage au fil du soleil [24]

2.6. Données de base d'une pompe

Les données nécessaires pour dimensionner la pompe solaire sont le débit d'exploitation et la hauteur à laquelle la pompe devra refouler. Celle-ci est majorée par des pertes de charges et de la pression de refoulement dans la conduite.

2.6.1 Le débit Q :

Le débit (Q) est la quantité d'eau fourni par une pompe durant un intervalle de temps donné.

En pompage solaire, le débit (ou le besoin en eau) est souvent exprimé en m^3 par jour

2.6.2 La hauteur manométrique totale HMT:

C'est la différence de pression en mètres de colonne d'eau entre les orifices d'aspiration et de refoulement. Cette hauteur peut être calculée comme suit :

$$HMT = Hg + Pc \quad (2.1)$$

Où:

Hg : Hauteur géométrique entre la nappe d'eau pompée (niveau dynamique) et le plan d'utilisation (voir Figure 3.1). Elle est calculée par la formule suivante :

$$Hg = A + B + C \quad (2.2)$$

Pc : Pertes de charge produites par le frottement de l'eau sur les parois des conduites.

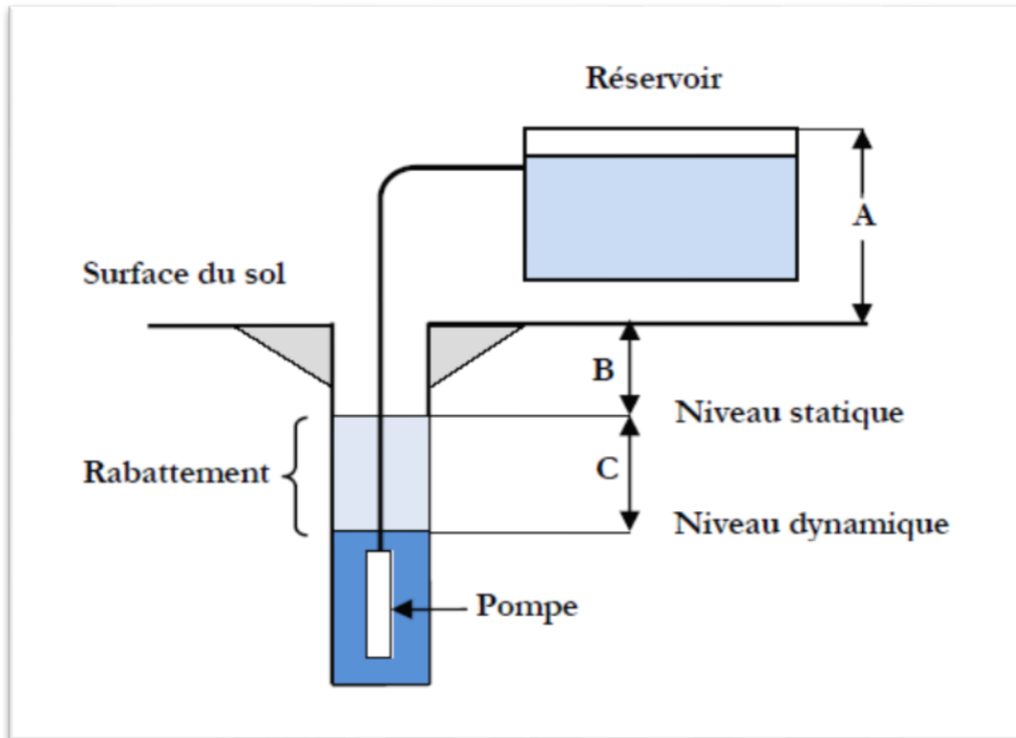
Elles s'expriment en mètres d'eau et elles sont fonction de la distance des conduites (D), de leur diamètre et du débit de la pompe.

Niveau statique NS:

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

Niveau dynamique Nd:

Le niveau dynamique 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. La différence entre le niveau dynamique et le niveau statique est appelée rabattement. Rm est le rabattement maximal acceptable avant de stopper la pompe.



Figure(II.7): Hauteur manométrique total

2.7. Types des pompes solaires

Les pompes à eau solaires sont des pompes fonctionnant grâce à un moteur électrique dont l'énergie provient des cellules photovoltaïques disposées sur des panneaux solaires et captant l'énergie lumineuse du soleil [25]

2.7.1 Pompe volumétrique :

2.7.1.1 Définition et principe :

Le déplacement du fluide est dû aux transports d'un volume V_0 à chaque rotation. Les pompes volumétriques ou à capacité variable sont des pompes dans lesquels l'écoulement du fluide résulte de la variation d'une capacité occupée par le fluide.

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 [26].

2.7.1.2 Types de pompes volumétriques:

On distingue deux types : les pompes **oscillantes** et les pompes **rotatives**.

2.7.2 Les avantages des pompes volumétriques:

- ✓ Faible dépendance du débit de refoulement par rapport à la hauteur de refoulement convient donc bien pour les pompes de dosage et pompes à injection.
- ✓ Très bonne puissance d'aspiration, même avec une part gazeuse.
- ✓ Débit de refoulement ajustable de manière très exacte et reproductible par le biais de la course et du nombre de courses [26].

2.7.3 Inconvénients des pompes volumétriques:

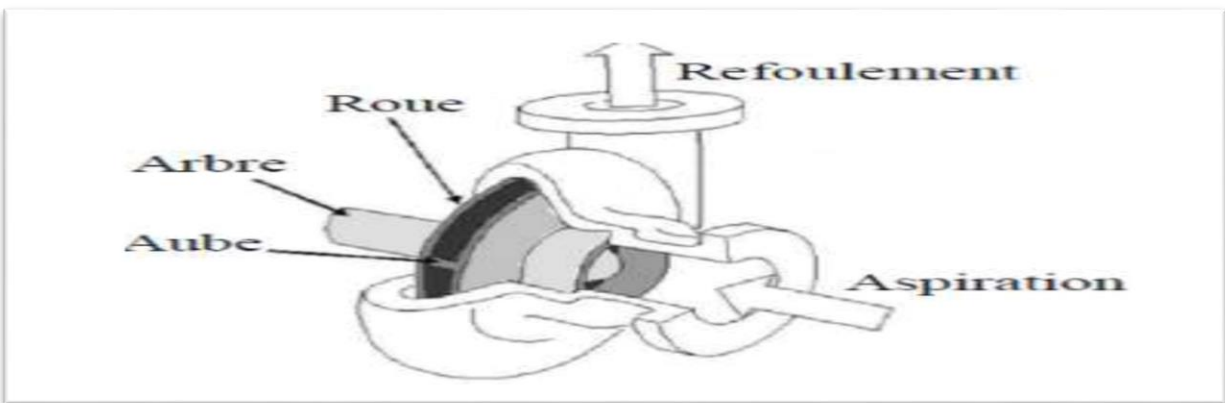
- ✓ Sur les pompes volumétriques oscillantes, un fonctionnement sans vibrations n'est possible qu'avec un complexe équilibrage des masses.
- ✓ Pour certains types, construction avec soupapes compliquée et propice aux pannes.
- ✓ Davantage de pièces d'usure que sur les pompes centrifuges [26].

2.7.4 Pompe centrifuge

2.7.4 1 Définition et principe de fonctionnement:

Les pompes centrifuges sont productrices de courant hydraulique. Dans les pompes centrifuges, l'énergie mécanique est tout d'abord transformée en énergie cinétique [27].

Le fluide est aspiré axialement, sous l'effet de la rotation de l'impulser, dans le corps de la pompe où il est accéléré radialement dans l'aube avant d'être refoulé. L'arbre est mis en mouvement grâce à un moteur électrique. La figure (II.8) représente les éléments essentiels de la pompe centrifuge.



Figure(II.8): La pompe centrifuge [27].

2.7.4.2 Les types de pompe centrifuge :

Selon différentes applications, on trouve différentes types de pompes centrifuges :

- a) pompes centrifuges multicellulaires ou multi étages avec :
- Des rotors fermés ou rotors ouverts.
 - On peut monter plusieurs roues sur le même arbre ce qui permet d'augmenter la pression de refoulement.

b) La pompe centrifuge monocellulaire à roue en porte à faux est la plus simple.

- Principales lois générales s'appliquant à la pompe centrifuge [28]

Il existe une dépendance linéaire entre le débit Q et la vitesse de rotation n

$$Q = f(n) \quad (2.3)$$

La hauteur de refoulement H dépend du carré de la vitesse de rotation n^2

$$H = f(n^2) \quad (2.4)$$

La puissance PK dépend de la vitesse de rotation n à la puissance n^3

$$PK = f(n^3) \quad (2.5)$$

2.7.4.3 Les avantages des pompes centrifuges:

- ✓ Construction simple, peu de composantes mobiles, longue durée de service.
- ✓ Débit de refoulement facile à ajuster par une soupape à la sortie de la pompe ou par la vitesse de rotation.
- ✓ Vitesse de rotation élevée, entraînement direct possible par moteur électrique ou turbine.
- ✓ Fonctionnement très silencieux grâce à un bon équilibrage des masses et à l'absence de masses oscillantes.

2.7.4.4 - Les inconvénients des pompes centrifuges [28] :

- ✓ Pas d'auto-amorçage (des types spéciaux tels que la pompe à canal latéral peut être auto-amorçage).
- ✓ Le débit volumétrique dépend de la pression de refoulement.
- ✓ Plusieurs étages requis pour les pressions de refoulement élevées.

2.8. Le choix de la pompe :

Le choix d'une pompe se portera également sur sa capacité à répondre aux conditions variables du site. Nous avons vu que le débit d'une pompe volumétrique est moins affecté par la variation de la HMT alors que la pompe centrifuge verra son débit diminuer rapidement à mesure que la HMT augmente. La hauteur de refoulement d'une pompe centrifuge est en fonction du carré de la vitesse du moteur. À mesure que la HMT augmente, le rendement de la pompe diminue très rapidement ; le moteur devrait tourner beaucoup plus rapidement pour fournir un même débit [29].

2.9. Les composants d'un système de pompage solaire :

Le système de pompage solaire est généralement constitué de trois parties :

2.9.1. Le générateur photovoltaïque :

La cellule solaire est l'unité de base du système qui convertit l'énergie solaire en électricité de façon directe à courant continu, elle produit une puissance max lorsque l'intensité du rayonnement solaire atteint $1000 \text{ W} / \text{m}^2$ à une température égale à 25°C (dans des conditions nominales).

L'ensemble des cellules donne un module et l'association des modules donne un générateur photovoltaïque.

Le générateur photovoltaïque est un l'élément le plus important dans le système de pompage solaire, il est constitué d'une ou plus des modules photovoltaïques, pour obtenir une puissance suffisante à la pompe, sachant que le nombre des panneaux dépend de la puissance de la pompe choisie.

2.9.2. La motopompe :

La motopompe constituée d'un moteur électrique et la pompe.

a) Le moteur

Le moteur électrique d'une électropompe, que ce soit en courant continu (CC) ou alternatif (AC), permet de convertir l'énergie électrique en énergie mécanique .

b) La Pompe

La pompe est l'appareille qui permet de transporter un fluide d'une source plus bas vers un point haut ; Quelle que soit la pompe, elle est constituée de trois parties distinctes [30]:

* La partie motrice, qui fournit la puissance nécessaire au pompage.

*La transmission, qui transmet cette puissance à la partie hydraulique.

*La partie hydraulique, qui transmet cette puissance à l'eau pour la déplacer (l'aspirer et/ou la refouler).

2.10. Les types des moteurs électriques :

Il existe différents types de moteurs, à courant continu ou alternatif, et dans chacune de ces catégories les choix sont encore nombreux. Parmi les moteurs à courant continu les moteurs séries à bobinage électromagnétique sont les plus adaptés à un pompage variable en fonction de l'ensoleillement. Mais de plus en plus c'est le choix d'un moteur à courant alternatif qui semble s'imposer pour un pompage à l'aide d'énergie photovoltaïque (moteur à faible coût, efficacité accrue grâce à des onduleurs solaires dont le coût supplémentaire, pourtant élevé) :

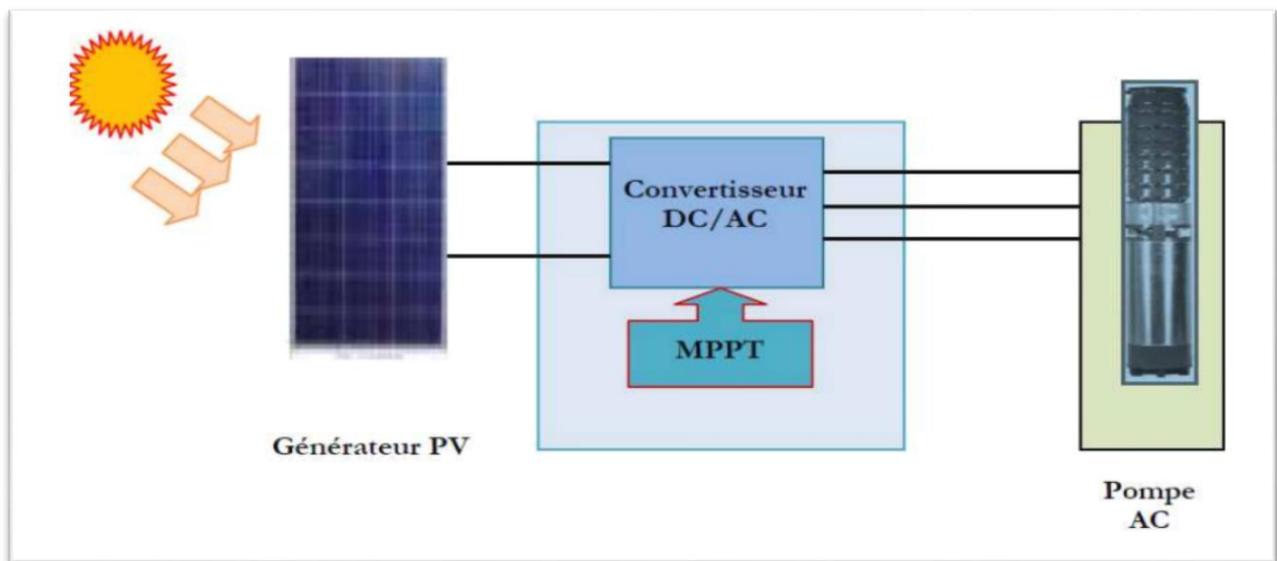


Figure (II.9) : Système de pompage photovoltaïque avec une motopompe à courant alternatif à l'intermédiaire d'un onduleur [31].

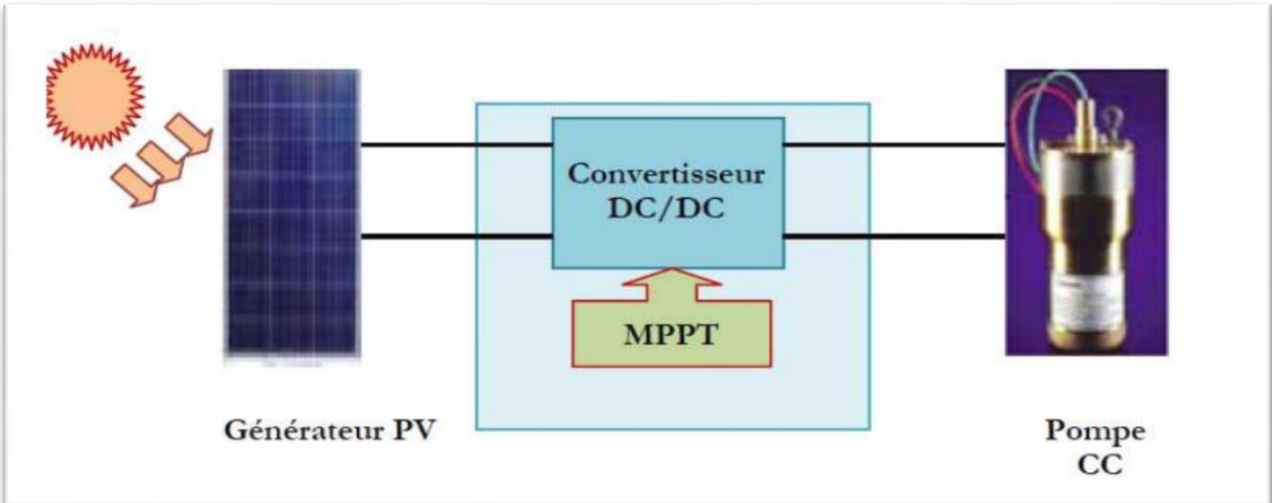


Figure (II.10) : Système de pompage photovoltaïque utilisant une motopompe à courant continue à l'intermédiaire d'un hacheur [31].

2.11. Les avantages et les inconvénients d'un système de pompage photovoltaïque :

2.11.1 Les avantages :

- Ces pompes fonctionnent grâce à une énergie renouvelable propre, abondante et gratuite.
- Les frais d'entretien des panneaux solaires, d'une durée de vie d'au moins vingt ans, sont quasi nuls.

2.11.2 Les inconvénients :

- Le coût de l'investissement est élevé (mais il aura probablement tendance à diminuer dans l'avenir). L'installation nécessite des études préalables précises et des spécialistes, lesquels sont encore peu nombreux.
- Le rendement de ces pompes varie en fonction de l'importance de l'ensoleillement, de l'angle d'exposition des panneaux et de la température.
- Les risques de vol sont importants.

2.12 Conclusion :

Dans ce chapitre, nous parlions sur le système de pompage photovoltaïque et nous posions principalement sur des points nécessaires à définir le système de pompage photovoltaïque qui sont : les types de ce système, leurs composants, son avantages, sons inconvenients et enfin le dimensionnement de ce système.

On conclut que le système de pompage photovoltaïque représente la solution le plus fiable à l'environnement, et l'Algérie jeu un rôle plus grand pour améliorer de production agricole par utilisation l'énergie solaire comme bonne technologie au pompage d'eau



Chapitre3

**DIMENNSIONNEMENT ET
REALISATION D'UNE SYSTE'ME
D'IRRIGATION PHOTOVOLTAIQUE**

CHAPITRE III : DIMENSIONNEMENT ET REALISATION D'UNE SYSTE'ME D'IRRIGATION PHOTOVOLTAÏQUE

3.1. INTRODUCTION

Les calculs d'irrigation photovoltaïque d'un jardin botanique de 33 m^2 sont effectués de sorte que le lieu choisi est : Situé à l'Université Amar Thelidji spécifiquement au Complexe de laboratoire de recherche pour la science et la technologie (Pôle 2). Ce qui suit répond à toutes les conditions pour la réalisation de l'arrosage photovoltaïque.

Dans ce chapitre, nous trouvons le travail principal et en attente dans ce mémoire, à savoir le dimensionnement, la simulation et la réalisation du système d'irrigation photovoltaïque, où le programme PVsys a été utilisé.

3.2. Présentation de site d'étude

Ce parc qui sera alimenté par irrigation par aspersion avec énergie photovoltaïque est situé dans les laboratoires de recherche de la science et de la technologie à l'ouest de l'Institut d'éducation physique et sportive en face du laboratoire de recherche des semi-conducteurs et matériaux fonctionnels.

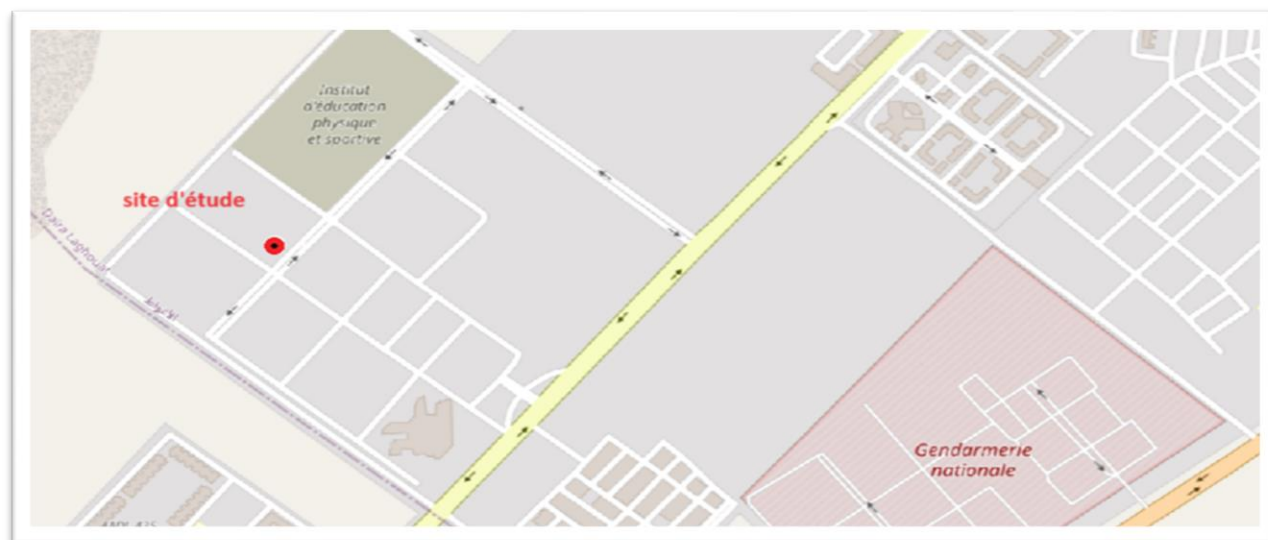


Figure (III.1) : Localisation du jardin.

Les données météorologiques ont été obtenues à partir du logiciel PVGIS, qui enregistre la température, le rayonnement solaire et la vitesse du vent à l'endroit sélectionné, comme le montrent les figures suivantes.

Les coordonnées géographiques du site sont indiquées dans le tableau (III.1).

Localisation	Longitude	Latitude	Altitude
El kheneg	2.82°E	33.78°N	782 m

Tableau III.1 : coordonnées géographiques du site

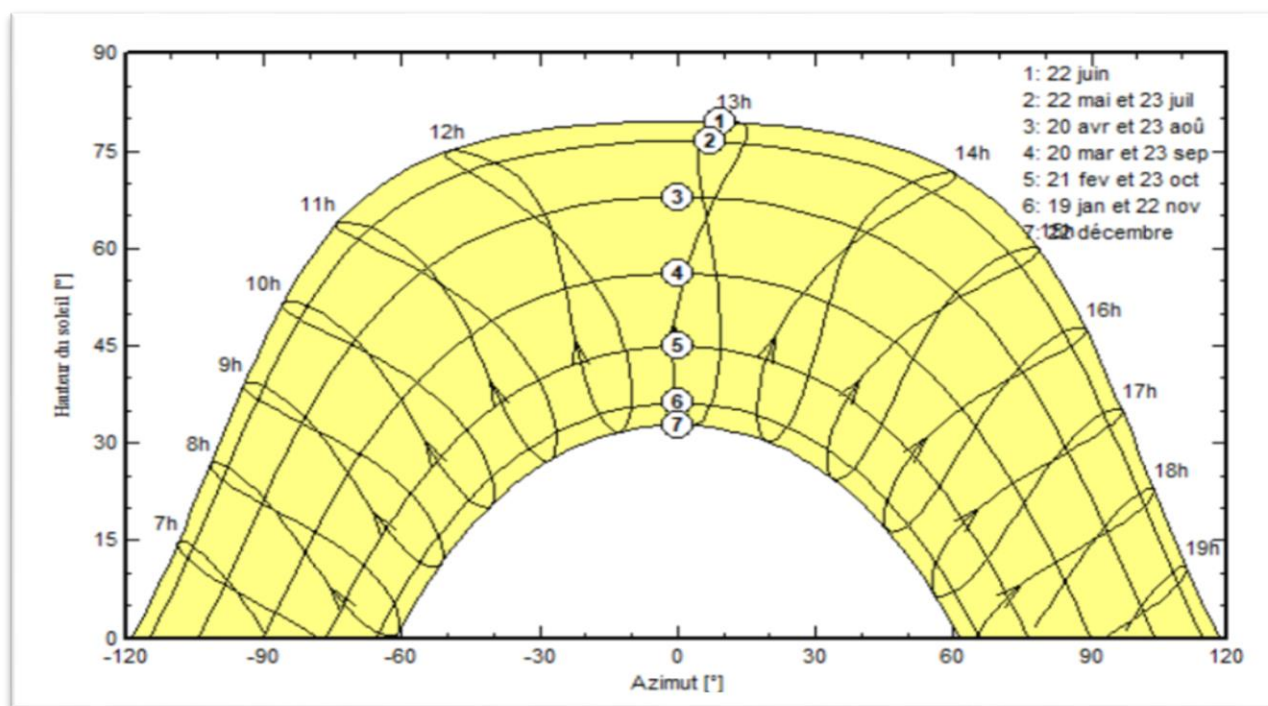


Figure (III.2) : Courbe de trajectoire du soleil à El kheneg (lat.33.7769°N, long.2.8234°E, alt.777m)

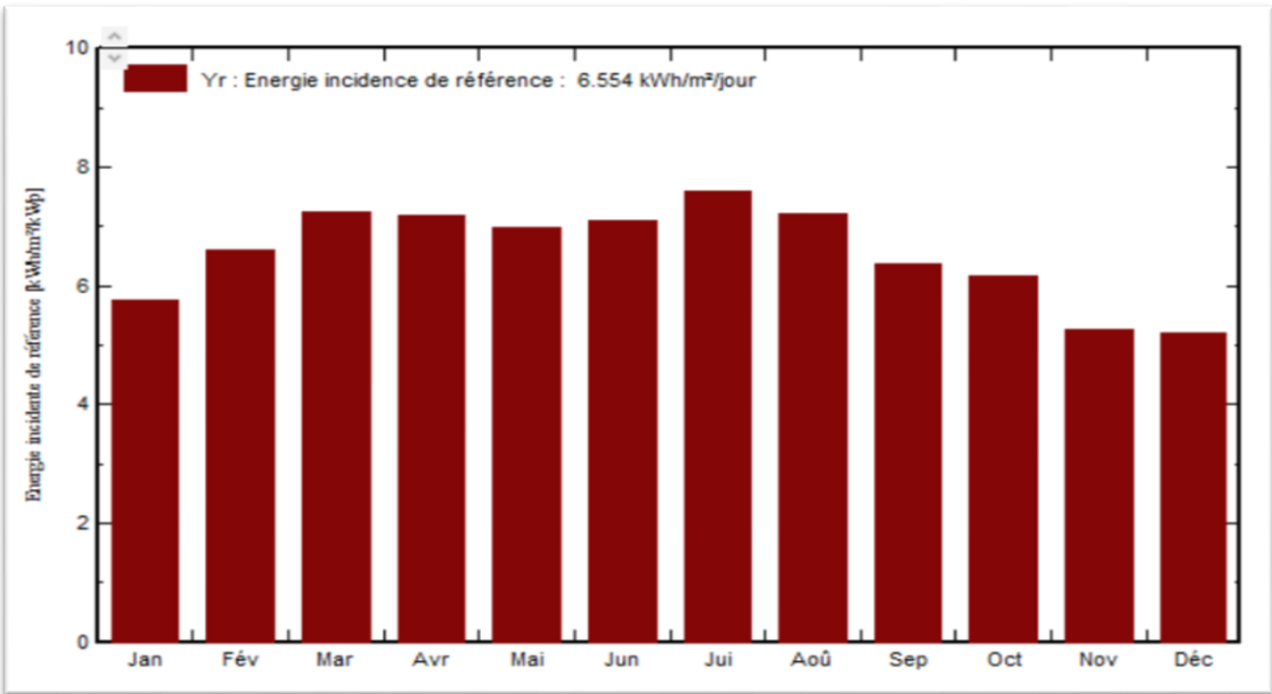


Figure (III. 3) : Courbe de l'énergie incidente de référence dans le plan capteurs

3.3. Dimensionnement d'un système de pompage solaire :

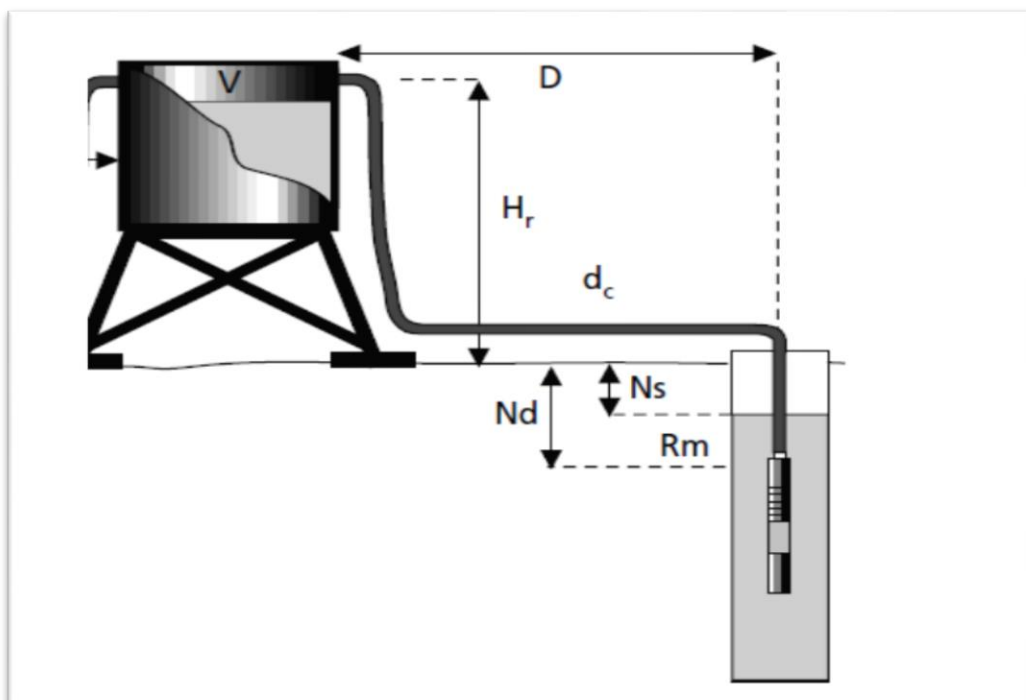


Figure (III.4) Le dimensionnement d'un système de pompage [32].

3.3.1. Les notions hydrauliques d'un système de pompage solaire :

3.3.1.2 Calcul de la Hauteur Manométrique Totale (HMT) :

La Hauteur Manométrique Totale est la pression totale que doit fournir une pompe pour faire monter l'eau de font de puis vers le réservoir. Elle est exprimée généralement en mètres (ou mètres de colonne d'eau), en bars ou en kg/cm².

La Hauteur Manométrique Totale HMT est la somme de la hauteur géométrique H_g et des pertes de charges en ligne P_c , elle est exprimée par l'équation suivant :

$$HMT = H_g + P_c \quad (3.1)$$

- La hauteur géométrique H_g est la dénivellation entre le plan d'eau le plus bas et le point le plus haut de la canalisation.

-Les pertes de charges P_c sont les pertes de pression tout le long de la canalisation dues aux frottements.

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

$$H_d = H_r + N_d \quad (3.2)$$

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

$$H_g = H_r + N_d \quad (3.3)$$

Où :

H_r : Hauteur de réservoir(m) ;

N_d : Niveau dynamique (m) ;

Le niveau dynamique N_d 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, on l'exprimé par l'équation suivant :

$$N_d = N_s + R_m \quad (3.4)$$

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

En général, on recommande que la hauteur dynamique ne dépasse pas 10 % de la hauteur totale de pompage.

R_m est le rabattement maximum.

3.3.1.2 Calcul le débit Q :

Le débit fourni par une pompe est la quantité d'eau qu'elle refoule durant un intervalle de temps donné. En pompage solaire, le débit est souvent exprimé en m³ par jour.

Avant l'installation d'un système de pompage solaire, il faut dimensionner le système, ce dernier permet d'obtenir la performance souhaitée. Il met en jeu quatre paramètres essentiels, à savoir :

1. Evaluation des besoins en eau
2. Calcul de l'énergie hydraulique nécessaire
3. Détermination de l'énergie solaire disponible
4. Choix des composants.

3.3.2. Evaluation des besoins en eau :

- a) Les besoins d'eau pour l'irrigation dépendent du type de culture, des facteurs météorologiques comme la température, l'humidité, la vitesse du vent, l'évapotranspiration du sol, la saison de l'année considérée et de la méthode d'irrigation.

Cependant, il est important de se baser sur la pratique et l'expérience locale.

- b) La capacité du réservoir sera déterminée selon les besoins en eau journalières et l'autonomie requise du système.

3.3.3. Calcul de l'énergie hydraulique nécessaire:

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

$$E_h = \frac{\rho \cdot g \cdot v \cdot H_g}{3600} \quad (3.5)$$

Où :

E_h : Énergie hydraulique (Wh/jour)

H_g : Hauteur totale (m)

V : Volume d'eau (m^3 /jour)

ρ : Densité de l'eau ($1000 \text{ kg}/m^3$)

g : Accélération de la pesanteur ($9,81 m^2/s$)

Le produit $g \cdot \rho$ s'appelle la constante hydraulique C_h [$\text{kg} \cdot \text{h} \cdot m^2 / s$]

$$C_h = \frac{\rho \cdot g}{3600} \quad (3.6)$$

On note:

1Wh=3600j.

3.3.4. Détermination de l'énergie solaire disponible :

La méthode de dimensionnement utilisée est basée sur les calculs des valeurs moyennes journalières mensuelles de l'irradiation solaire disponible et de l'énergie hydraulique nécessaire.

3.3.5. Le choix des composants :

a) Dimensionnement du générateur photovoltaïque:

La puissance de sortie d'un générateur photovoltaïque sous les conditions standards de mesure, (éclairage $G_{ce} = 100 \text{ W}/m^2$ et température de cellule $T_{cref} = 25^\circ C$) est :

$$P_p = \eta_g \cdot A \cdot G_{ce}(\beta) \quad (3.7)$$

Où :

η_{pv} : Rendement moyen journalier du générateur dans les conditions d'exploitation ;

$G_{dm}(\beta)$: Irradiation moyenne journalière incidente sur le plan des modules à l'inclinaison β ($\text{KWh}/m^2/\text{jour}$).

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

$$\eta_{pv} = F_m [1 - \gamma (T_c - T_{cref}) \eta_g] \quad (3.8)$$

Où :

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

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

T_C : Température moyenne journalière des cellules durant les heures d'ensoleillement.

L'énergie électrique nécessaire est liée avec l'énergie hydraulique par l'expression :

$$E_e = \frac{E_h}{\eta_{MP}} \quad (3.9)$$

Où :

E_h : Énergie hydraulique moyenne mensuelle (kWh).

η_{MP} : Rendement du sous-système moteur-pompe.

En substituant les équations et dans, nous obtenons pour la puissance crête du générateur :

$$P_C = \frac{G}{F_m [1 - \gamma(T - T_r)] G_d(\beta)} \cdot \frac{E_h}{\eta_{MP} \eta_{ond}} \quad (3.10)$$

- Inclinaison du générateur photovoltaïque

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

b) Dimensionnement du moteur :

Le moteur doit être capable de supporter la puissance crête du générateur photovoltaïque.

c) Dimensionnement de la pompe :

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

- La hauteur manométrique totale HMT.
- Le débit horaire Q_h .
- h est le nombre heures d'ensoleillement maximal à [1000W/m²]

$$Q_h = \frac{Q[m^3 \text{ Jour}]}{h} \quad (3.11)$$

La puissance hydraulique crête (P_h) nécessaire en fonction de la puissance électrique crête fournie par le générateur photovoltaïque (P_e) est donnée par :

$$P_h = P_e - \eta_{MP} \quad (3.12)$$

Où :

η_{MP} : Rendement crête du sous-système moteur-pompe.

L'énergie requise par la pompe pour soustraire une quantité d'eau vers une hauteur pendant une journée est calculée à partir de débit eu la HMT. Le calcul est en fonction d'une constante hydraulique et il est proportionnel au rendement du groupe motopompe utilisé :

$$E_{éle} = \frac{c_h \cdot Q \cdot HMT}{\eta_{MP}} \quad (3.13)$$

Où : η_{MP} est le rendement des groupes motopompes qui est de l'ordre de 45 % selon le type de pompe et de moteur.

- La puissance crête P_{cr} du générateur photovoltaïque peut être estimée par la relation suivante :

$$P_C = \frac{E_{éle}}{H_t \cdot \eta_{MP}} \quad (3.14)$$

- Le nombre du panneau : 2 Panneaux en série de « 370W_c »

d) Dimensionnement des tuyauteries :

Le diamètre des tuyauteries peut être estimé en utilisant des tableaux ou des graphes qui expriment les pertes par frottements en fonction du débit pour chaque diamètre de la tuyauterie.

En pratique, il se présente le problème de fixer la hauteur dynamique h_d pour des considérations économiques. En effet, si nous augmentons le diamètre D de la tuyauterie, h_d diminue.

Economiquement parlant, une augmentation de D suppose une augmentation des dépenses d'installation, mais en même temps une diminution des pertes d'énergie.

Le diamètre le plus économique sera celui qui réduit au minimum la somme des coûts de la tuyauterie et de l'énergie perdue par frottements. Il est possible d'obtenir analytiquement les diamètres des tuyauteries de pompage qui s'approximent à ceux qui minimisent les coûts des installations par la formule de Bresse :

D : diamètre de la tuyauterie ($3/4 (20 \times 27)$).

Q : débit crête de la pompe ($28 \text{ m}^3/\text{s}$).

3.4. La simulation de l'installation photovoltaïque autonome « Application de pompage » :

3.4.1. Présentation du logiciel PVsys:

PVsys est un logiciel permettant d'étudier et de simuler des systèmes photovoltaïques et de dimensionner des panneaux solaires. Il fournit des informations telles que la production d'énergie, le rayonnement, les coûts d'installation, la surface nécessaire et la production annuelle d'énergie. Conçu pour être utilisé par les architectes, les ingénieurs et les chercheurs, il constitue également un outil pédagogique très utile. Il offre une approche décontractée qui guide les utilisateurs tout au long de l'élaboration de leur projet.

PVsys permet d'importer des données météo d'une dizaine de sources différentes ainsi que des données personnelles.

3.4.2 Emplacement et météorologie:

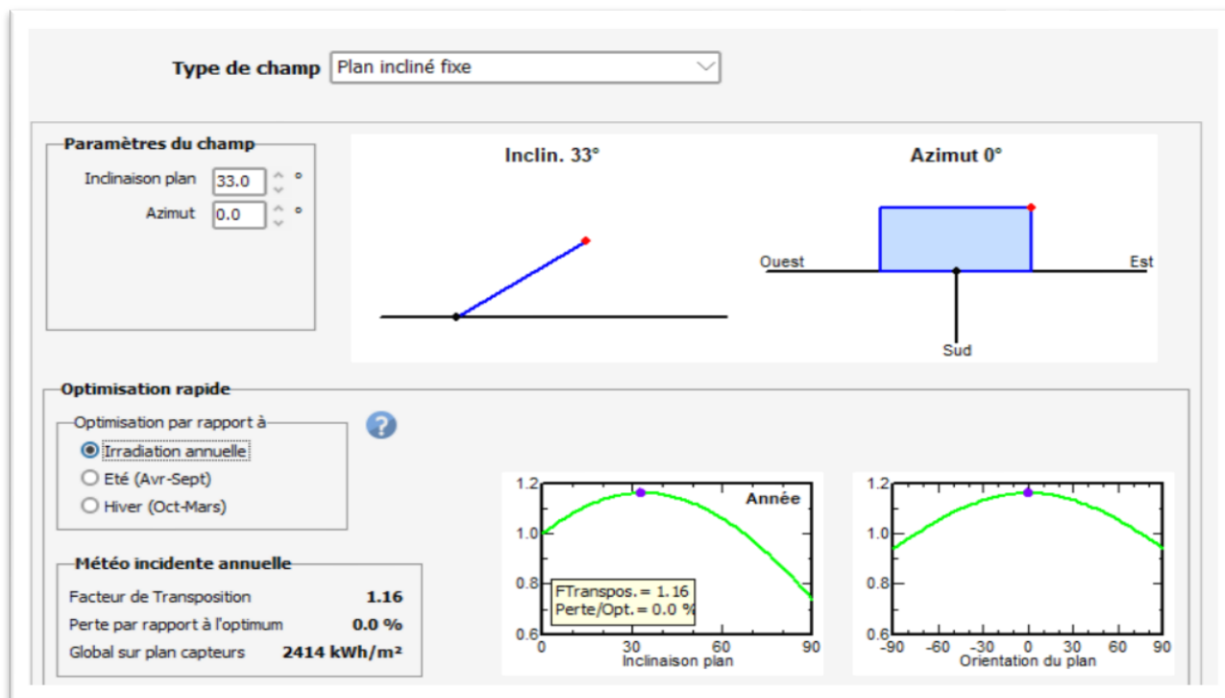
Importez ou sélectionnez les données météorologiques pour le site. PVsys propose plusieurs bases de données climatiques et permet d'importer des données personnalisées. Le site sélectionné est situé près d'Elkhneg (Wilaya de Laghouat) et est identifié à l'aide de ses coordonnées géographiques dans la Figure (III.2) du chapitre précédent. Une fois la sélection faite et les données enregistrées, une fenêtre affichant les données météorologiques pour le site apparaît.

	GlobHor	DiffHor	T_Amb	WindVel	GlobInc	DifSinc	Alb_Inc	DifS_GI
	kWh/m ²	kWh/m ²	°C	m/s	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	ratio
Janvier	110.1	31.56	6.87	3.0	178.2	20.79	1.775	0.000
Février	129.2	34.38	5.86	4.1	185.0	21.47	2.084	0.000
Mars	183.1	51.87	10.65	4.2	224.2	29.84	2.953	0.000
Avril	205.0	62.32	12.55	4.8	215.4	34.36	3.306	0.000
Mai	226.2	75.70	19.06	4.6	216.0	40.19	3.649	0.000
Juin	237.5	64.60	25.10	3.7	213.3	32.53	3.830	0.000
Juillet	255.3	68.46	29.08	2.9	235.0	31.82	4.118	0.000
Août	221.8	64.77	26.94	3.4	223.2	33.24	3.578	0.000
Septembre	167.5	52.33	22.88	3.0	191.3	30.59	2.703	0.000
Octobre	145.0	48.87	17.04	3.3	191.2	29.58	2.338	0.000
Novembre	103.5	35.12	9.72	3.6	157.7	23.31	1.671	0.000
Décembre	96.6	31.45	4.54	4.0	161.7	20.95	1.559	0.000
Année	2080.8	621.44	15.92	3.7	2392.2	348.65	33.565	0.000

Tableau (III.2) : Rayonnement global et diffus, température et vitesse du vent à Elkhneg.

3.4.3 Orientation des modules PV:

La disposition de montage des modules PV est définie comme étant au sol, L'angle d'inclinaison est égal à la latitude pour obtenir les meilleurs résultats et, en fonction de l'emplacement prédéfini, pour optimiser le rendement annuel, l'angle d'azimut optimal est fixé à 0° (orientation vers le sud).



Figure(III.5) : Orientation et inclinaison des modules PV.

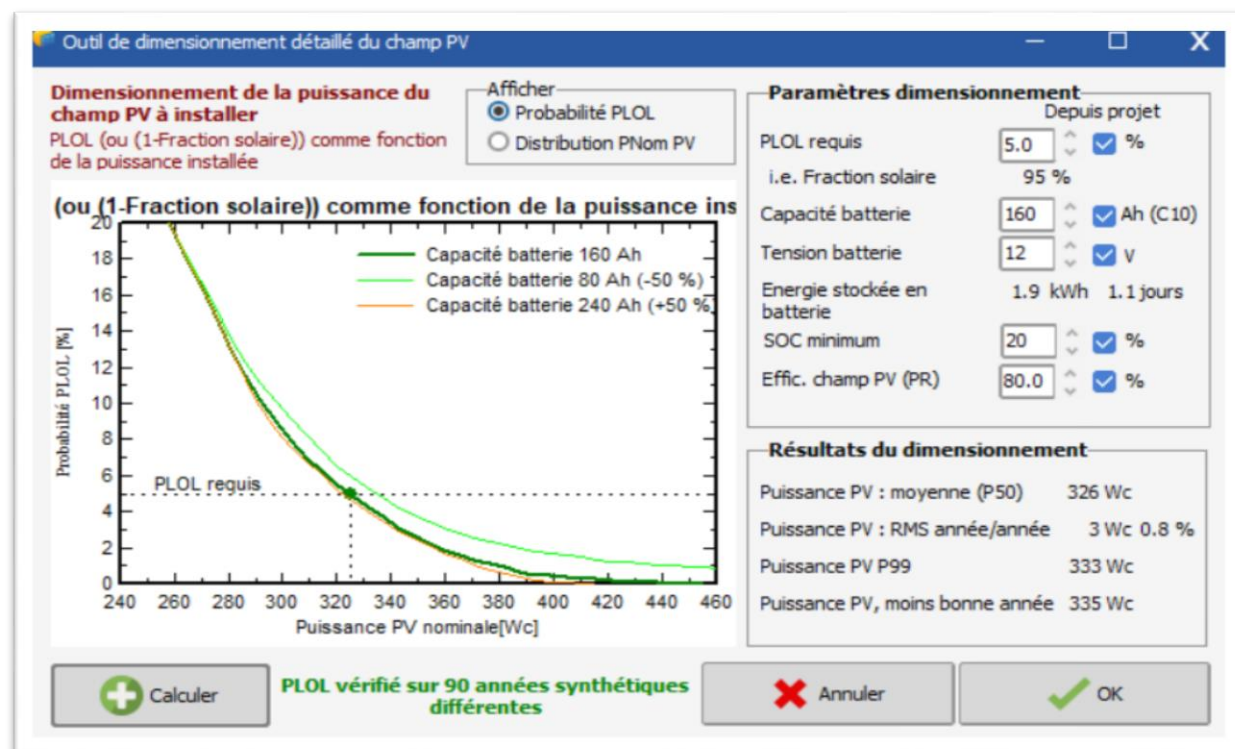


Figure (III.6) : Dimensionnement du système PV.

Définitions d'une batterie

Données de base | Paramètres détaillés du modèle | Graphiques | Dimensions et Technologie | Données commerciales

Modèle: AcmeG 12V 180 Fabricant: Narada
 Nom fichier: Narada_AcmeG_12V_18_0.BTR Source données: Datasheets 2018
 Base de données PVsyst originale Prod. depuis 2018

Technologie: Pb-acide, scellée, Gel Batterie complète Par élément

Paramètres de base

Nbre d'éléments en série: 6
 Tension nominale: 12.0 V
 Capacité à C10: 180.00 Ah
 Résistance interne @ temp. réf.: 3.66 mΩ
 Température de référence: 25.0 °C
 Efficacité coulombienne: 97.0 %

Info : Renormalisation à C10

Capacité nominale spécifiée: 0.0 Ah
 Définie pour un taux de décharge de: 1.00 Heures
 =>C10 correspondant, selon profil spécifié N/D ?

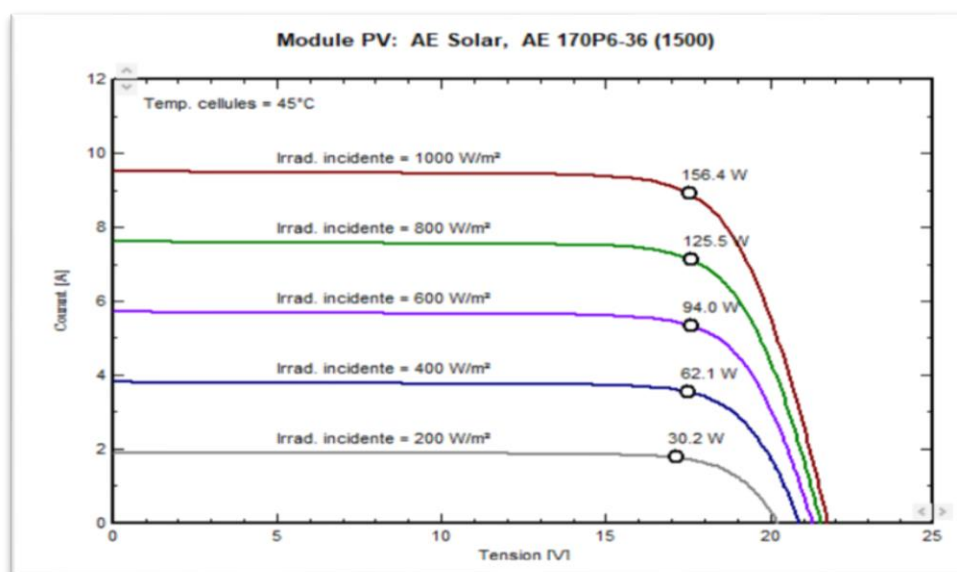
Indicateurs pour la batterie complète

Energie stockée à DOD: 80 % **1.98 kWh**
 Energie stockée totale (1000 cycles): **1976 kWh**
 Energie spécifique: **33 Wh/kg**
 Poids spécifique: **31 kg/kWh**

Figure (III.7) : Définitions d'une batterie.

3.5. Conception de système:

- **Module photovoltaïque:**



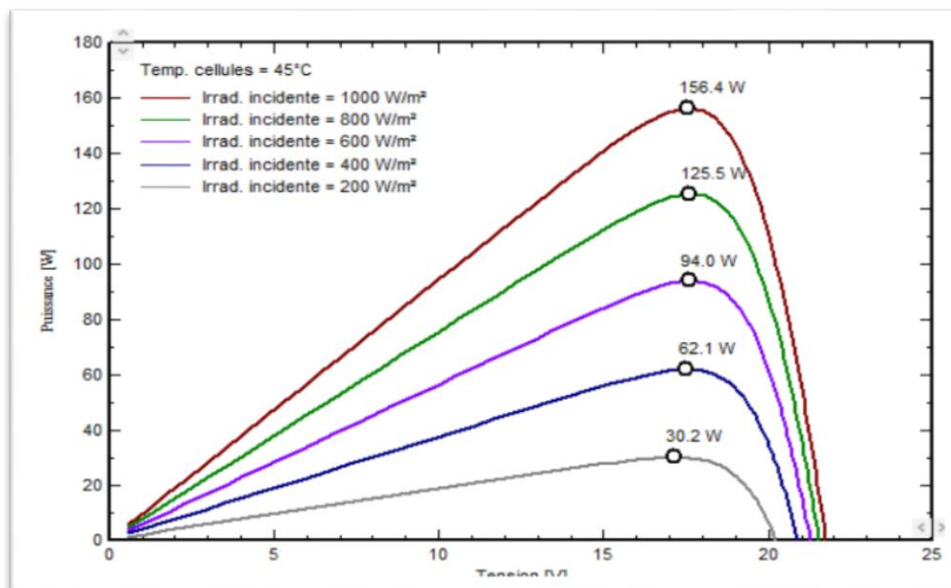


Figure (III.8) : Courbe de tension (v).

Données de base | Dimensions et Technologie | Paramètres modèle | Données additionnelles | Commercial | Graphiques

Modèle: AE 170P6-36 (1500) | Fabricant: AE Solar
 Nom fichier: AE_Solar_170P6_36_1500.PAN | Source données: Manufacturer 2020
 Base de données PVsyst originale | Prod. depuis 2020

Puissance nom. 170.0 Wc Tol. +/- 0.0 2.9 %
 (aux STC)
 Technologie: Si-poly

Spécifications fabricant ou autres mesures

Cond. de référence	GRef	1000	W/m ²	TRef	25	°C
Courant de court-circuit	Isc	9.420	A	Circuit ouvert Vco	23.31	V
Point de Puissance max.	Imp	8.880	A	Vmpp	19.15	V
Coefficient de tempér.	muIsc	4.7	mA/°C	Nbre cellules	36 en série	
	ou muIsc	0.050	%/°C			

Résumé du modèle

Paramètres principaux

- R parall. 180 Ω
- Rparall(G=0) 700 Ω
- R série model 0.16 Ω
- R série max. 0.18 Ω
- R série apparent 0.26 Ω

Paramètres modèle

- Gamma 0.951
- IoRef 0.03 nA
- muVco -77 mV/°C
- muPMax fixé -0.40 /°C

Résultats du modèle interne

Cond. de fonctionnement	GOper	1000	W/m ²	TOper	25	°C
Point de Puissance max.	Pmpp	170.0	W	Coeff. de température	-0.39	%/°C
	Courant Imp	8.90	A	Tension Vmpp	19.1	V
Courant de court-circuit	Isc	9.42	A	Circuit ouvert Vco	23.3	V
Efficacité	/ Surf. cellules	19.22	%	/ Surf. module	17.15	%

Figure (III.9) : Dimensionnement de régulateur.

- Schéma synoptique

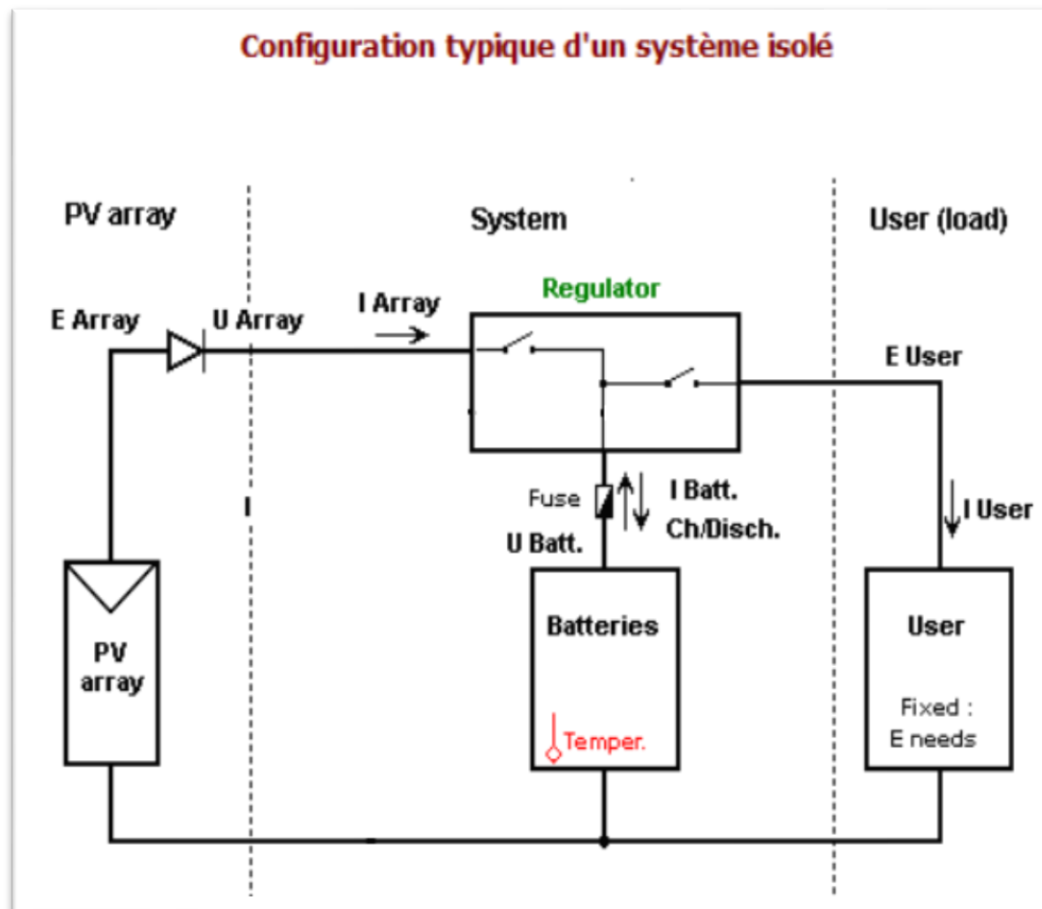


Figure (III.10) : Configuration typique d'un système isolé

3.6. Résultats de la simulation:

3.6.1 Diagramme des pertes:

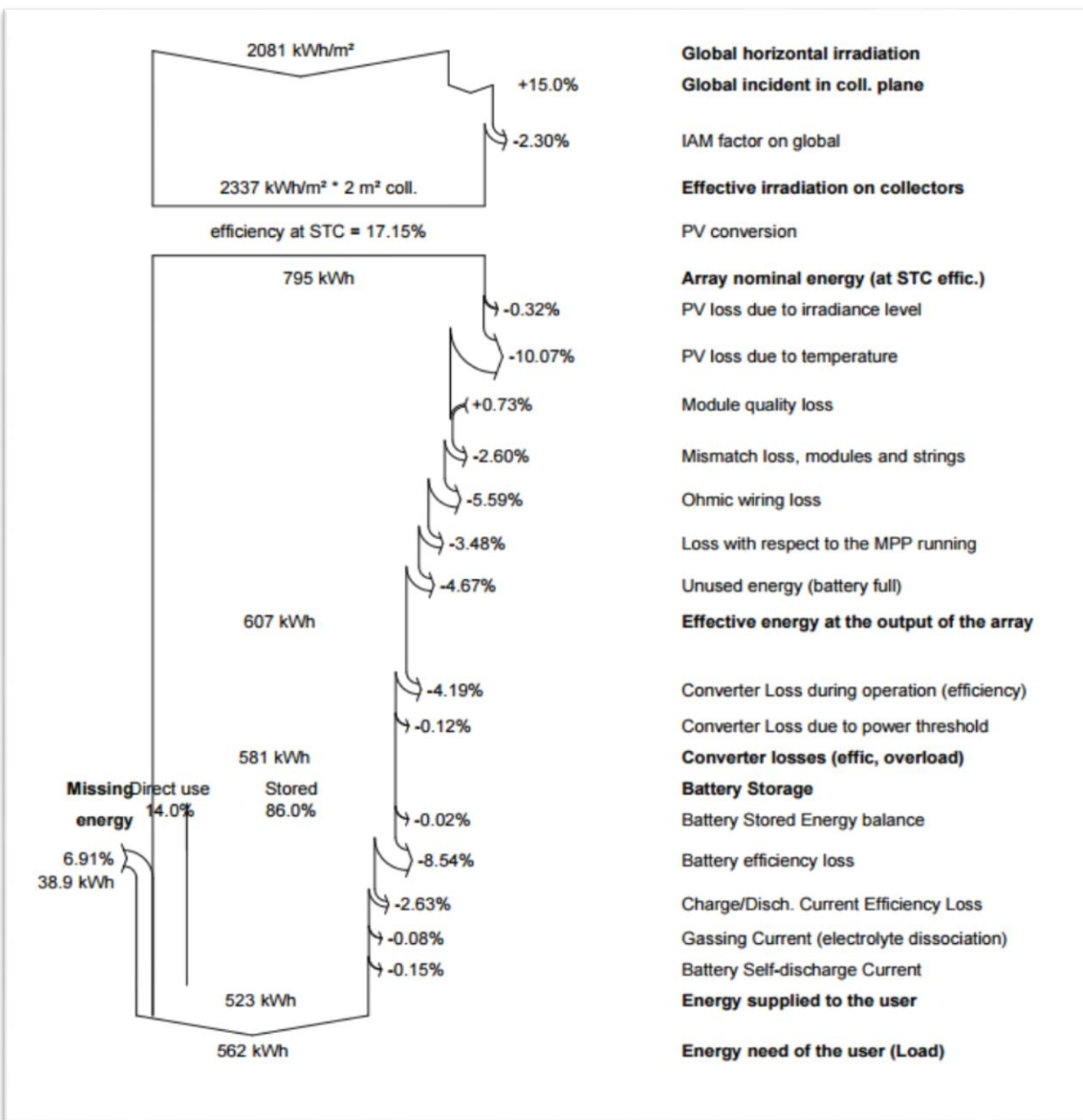


Figure (III.11) : Diagramme des pertes

3.6.2 .Énergie incidente de référence

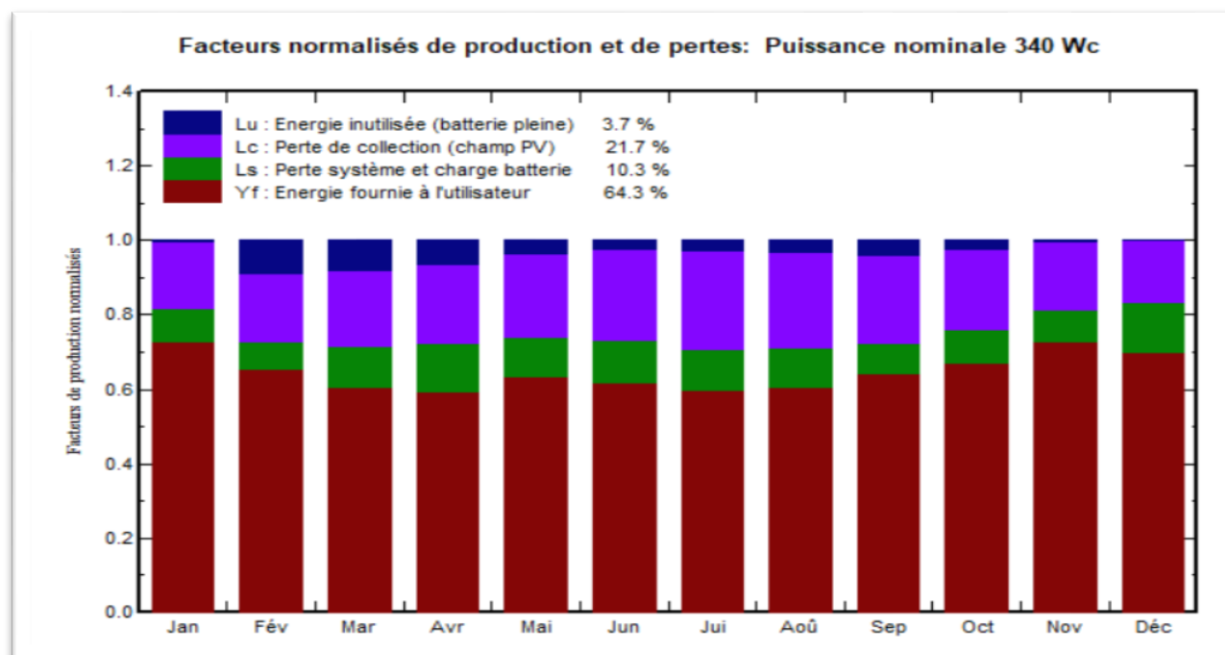


Figure (III.12) : Énergie utile produite par le générateur PV (à la sortie de l'onduleur).

3.7. Bilans et résultats:

Bilans et résultats principaux

	GlobHor kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	E_Avail kWh	EUnused kWh	E_Miss kWh	E_User kWh	E_Load kWh	SolFrac ratio
Janvier	110.1	174.9	47.76	0.180	3.573	44.17	47.74	0.925
Février	129.2	181.4	49.37	5.607	1.808	41.31	43.12	0.958
Mars	183.1	219.6	58.39	6.206	1.674	46.07	47.74	0.965
Avril	205.0	209.9	55.60	4.724	2.774	43.43	46.20	0.940
Mai	226.2	210.8	54.47	2.512	0.969	46.77	47.74	0.980
Juin	237.5	207.1	52.25	1.680	1.325	44.87	46.20	0.971
Juillet	255.3	228.3	56.41	2.242	0.000	47.74	47.74	1.000
Août	221.8	217.5	54.16	2.387	1.734	46.01	47.74	0.964
Septembre	167.5	186.8	47.49	2.553	4.436	41.76	46.20	0.904
Octobre	145.0	187.9	48.96	1.445	4.178	43.56	47.74	0.912
Novembre	103.5	154.6	42.00	0.200	7.157	39.04	46.20	0.845
Décembre	96.6	158.5	43.94	0.000	9.223	38.52	47.74	0.807
Année	2080.8	2337.1	610.80	29.736	38.851	523.25	562.10	0.931

Tableau (III.3) : Des principales variables et de leurs résultats.

fonctionnement et performances batteries						
	U_Batt	SOCmean	SOC_End	MGass	EffBatI	EffBatE
	V	ratio	ratio	litre	%	%
Janvier	12.5	0.504	0.539	0.001	94.7	93.3
Février	12.6	0.562	0.204	0.001	94.1	94.9
Mars	12.6	0.581	0.209	0.001	89.1	87.6
Avril	12.6	0.571	0.623	0.001	87.9	84.0
Mai	12.6	0.582	0.569	0.001	90.5	89.4
Juin	12.6	0.580	0.632	0.001	89.4	87.7
Juillet	12.7	0.613	0.649	0.001	88.5	87.0
Août	12.6	0.575	0.656	0.001	89.6	88.1
Septembre	12.5	0.529	0.257	0.001	91.7	93.0
Octobre	12.6	0.543	0.592	0.001	95.6	91.9
Novembre	12.5	0.472	0.204	0.001	92.6	93.9
Décembre	12.4	0.443	0.555	0.000	91.4	87.6
Année	12.6	0.546	0.555	0.012	91.1	89.7

Tableau (III. 4) : Fonctionnement et performances batteries.

	EArray	E_Load	E_User	SoIFrac	T_LOL	Pr_LOL
	kWh	kWh	kWh	ratio	Heure	%
Janvier	49.56	47.74	44.17	0.925	62	8.3
Février	45.71	43.12	41.31	0.958	25	3.8
Mars	54.50	47.74	46.07	0.965	29	3.8
Avril	53.14	46.20	43.43	0.940	49	6.8
Mai	54.44	47.74	46.77	0.980	12	1.7
Juin	53.00	46.20	44.87	0.971	22	3.1
Juillet	56.62	47.74	47.74	1.000	0	0.0
Août	54.12	47.74	46.01	0.964	25	3.3
Septembre	47.01	46.20	41.76	0.904	69	9.5
Octobre	49.60	47.74	43.56	0.912	56	7.6
Novembre	43.62	46.20	39.04	0.845	117	16.3
Décembre	45.89	47.74	38.52	0.807	170	22.9
Année	607.22	562.10	523.25	0.931	636	7.3

Tableau (III. 5) : Fonctionnement et performances batteries.

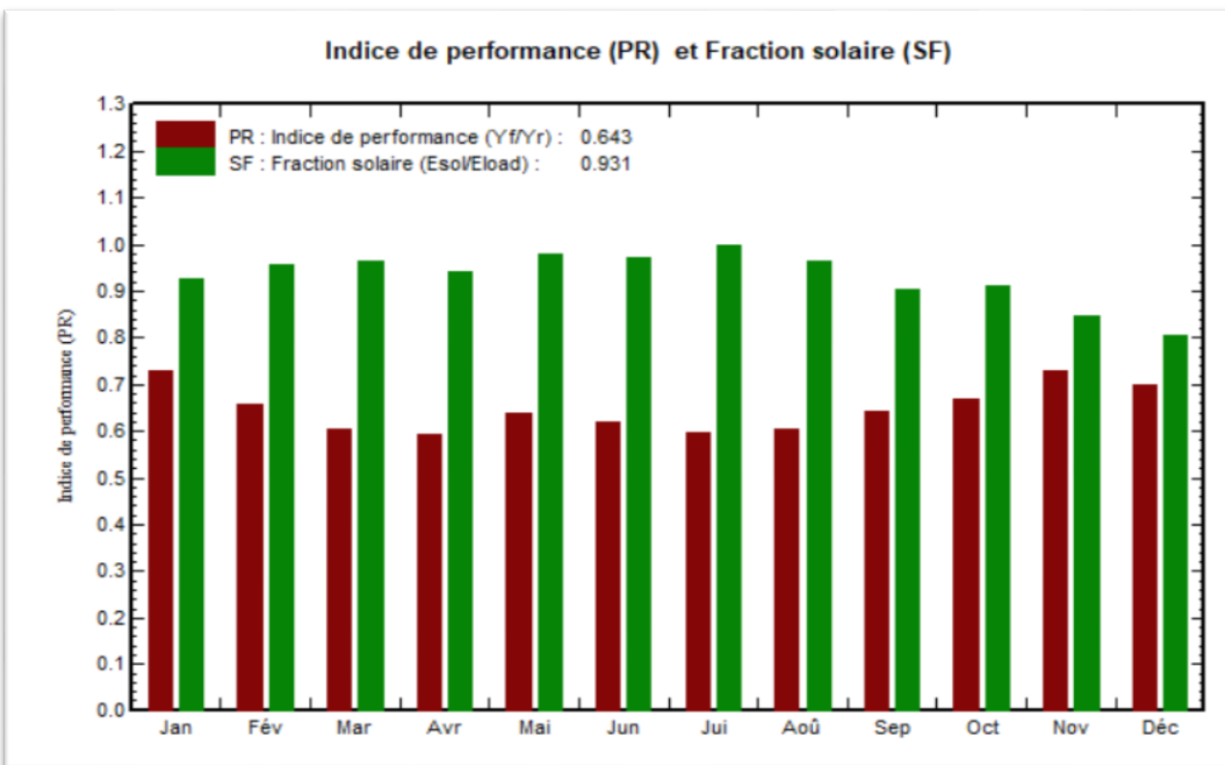


Figure (III.13) : Indice de performance et fraction solaire.

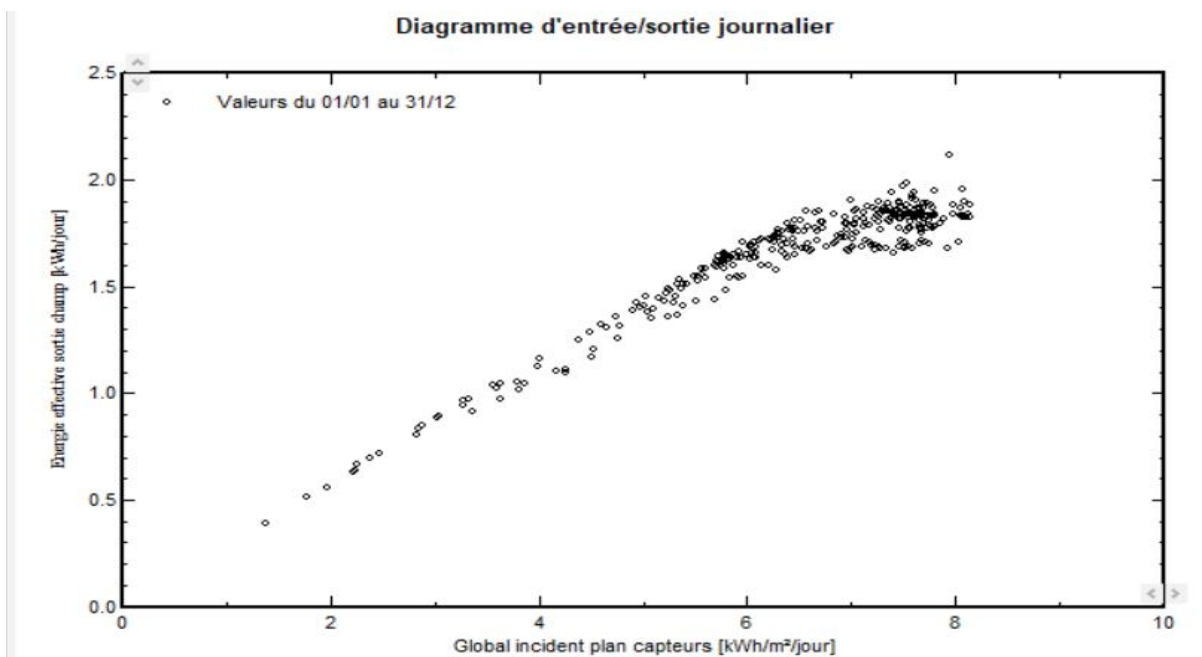


Figure (III.14) : Diagramme d'entrée /sortie journalier.

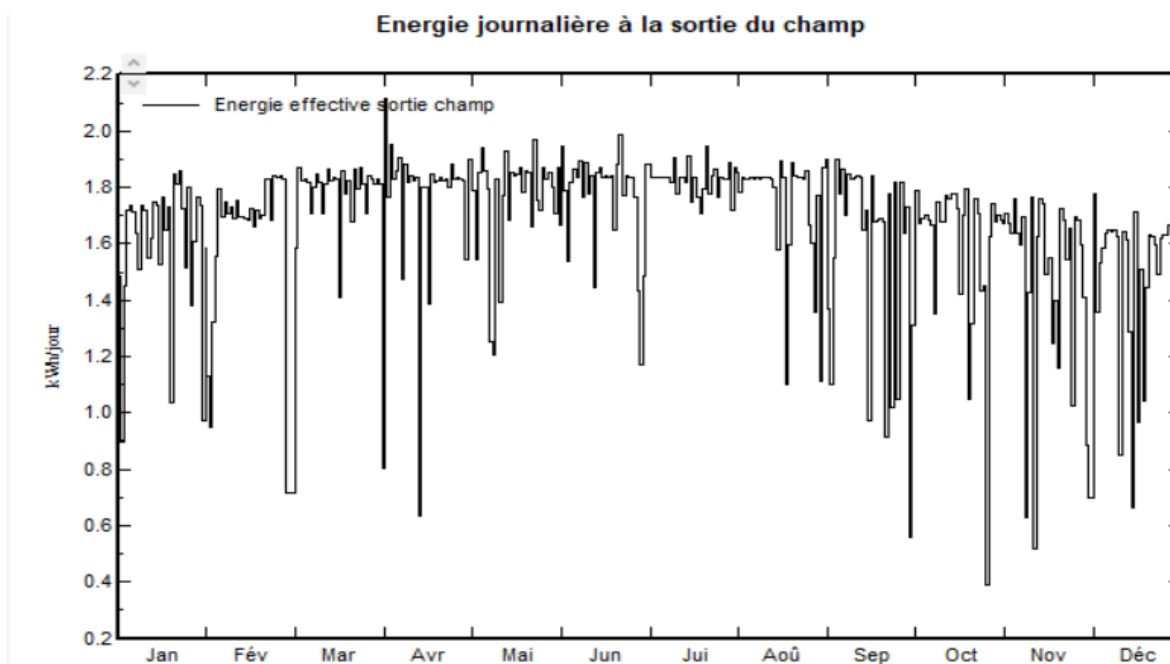


Figure (III.15) : Energie journalière a' la sortie du champ.

3.8. Réalisation du système de pompage d'irrigation photovoltaïque :

3.8.1. Montage de la réalisation :

Structure de Support: Installer les panneaux sur une structure de support solide, orientée correctement et inclinée à l'angle optimal.

Câblage: Assurer un câblage sécurisé et efficace entre les panneaux, le régulateur de charge, les batteries et la pompe.

Connexion du Système :

Régulateur de Charge: Connecter les panneaux solaires au régulateur de charge.

Batteries: Relier les batteries au régulateur de charge en suivant les spécifications de tension et de courant.

Pompe: Connecter la pompe au système, en utilisant un onduleur si nécessaire.

3.8.2 Mise en Service et Test

- **Test Initial:** Effectuer un test initial du système pour vérifier que tous les composants fonctionnent correctement.

- **Optimisation:** Ajuster les paramètres du régulateur de charge et vérifier les performances de la pompe.
- **Maintenance:** Établir un plan de maintenance régulière pour assurer la durabilité et l'efficacité du système.

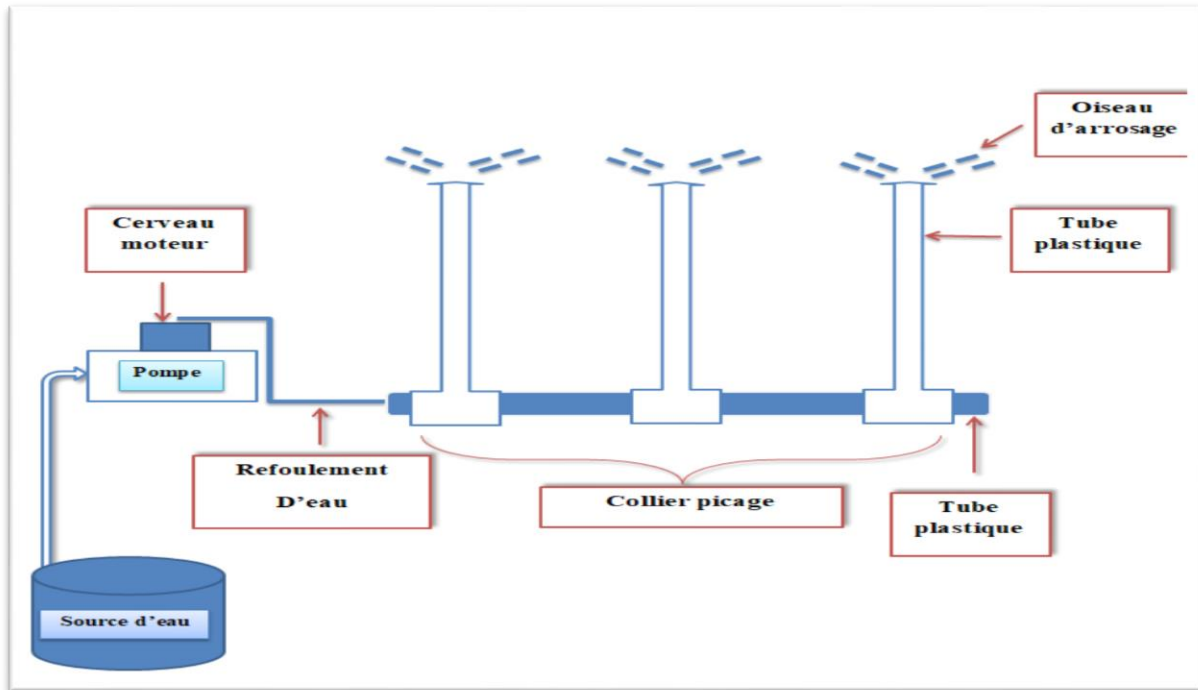


Figure (III.16) : Montage de la réalisation.

3.8.3. Les matérielles utilisé

✓ Régulateur de charge :

Choix du Régulateur: Sélectionner un régulateur de charge compatible avec les panneaux solaires et les batteries pour gérer efficacement la charge et la décharge des batteries.



✓ Onduleur :

Puissance de l'Onduleur: Choisir un onduleur capable de supporter la puissance de la pompe et de convertir le courant continu (DC) en courant alternatif (AC) si la pompe fonctionne en AC.



✓ Moteure pompe

Pompe à Utiliser: Identifier le type et la capacité de la pompe (ex. : pompe submersible, pompe de surface).

Consommation Électrique: Calculer la consommation d'énergie en kilowattheures (kWh) de la pompe sur une période donnée (journalière ou mensuelle).



✓ Batterie

Capacité de Stockage: Calculer la capacité nécessaire des batteries pour assurer une autonomie suffisante, tenant compte des jours sans soleil.



✓ Panneaux Solaires

Calcul de la Puissance: Déterminer la puissance nécessaire des panneaux solaires en fonction de la consommation d'énergie et du potentiel solaire.



- ✓ Tube plastique et Oiseau d'arrosage



- ✓ Coude plastique



- ✓ Te plastique



✓ mamelon



III.8.3. Les caractéristiques de chaque appareil

appareil	caractéristique
Régulateur de charge	/10A/15A/20A/30A
Onduleur	Input=12VDC (10.0, 16.0 VDC) Output=230VAC /50Hz
Moteur pompe	370w
Batterie	12V
Tube plastique	3/4 (20 *27)
Coude plastique	3/4 femelle=1
Te plastique	3/4 femelle=3
Mamelon	3/4 :4
Oiseau d'arrosage	3 (4L/min)

Tableau (III.6) : Les caractéristiques des appareils.

Résultat finale après la réalisation :



La disposition des appareils



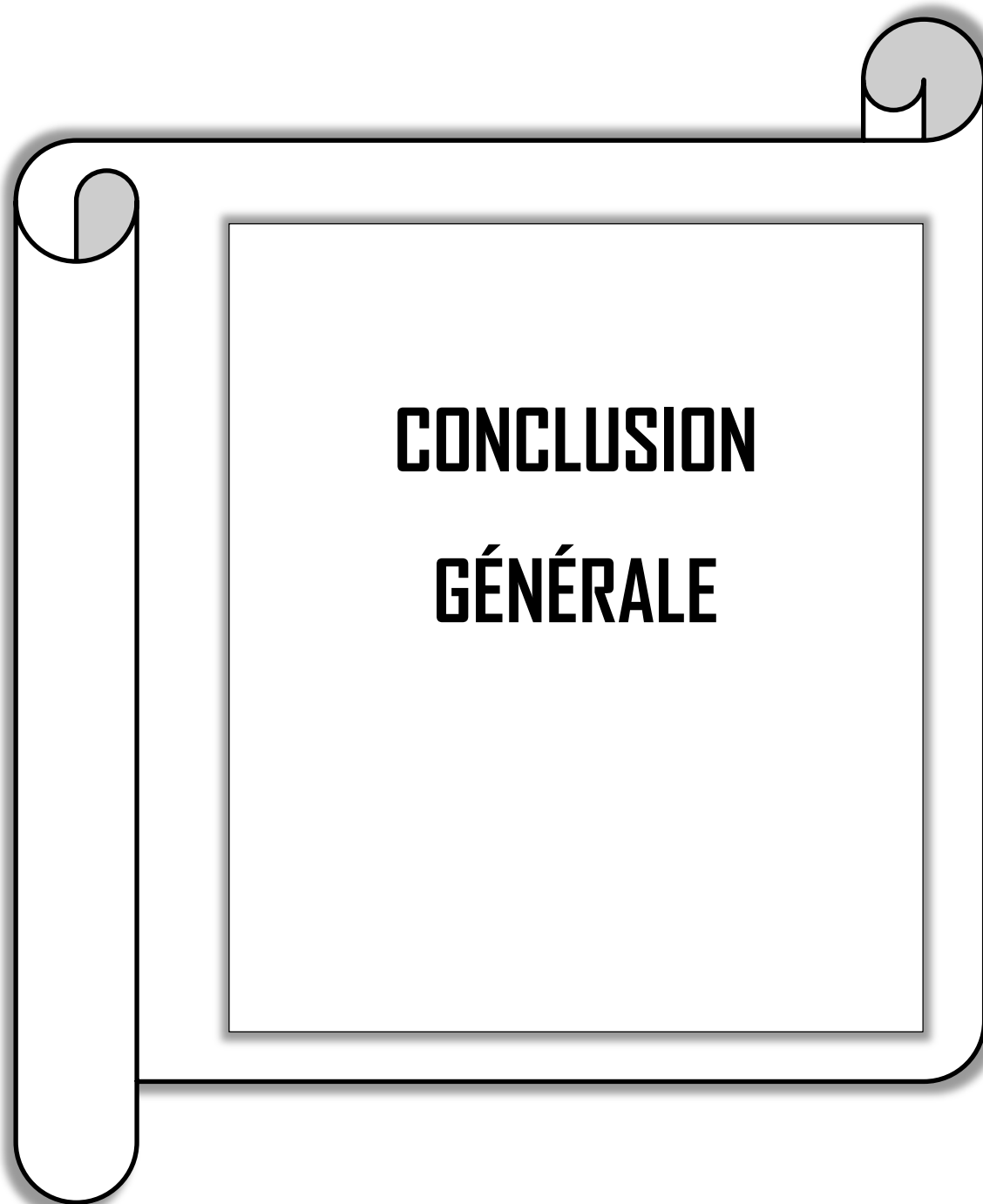
Fonctionnement de la pompe



Le début du processus d'irrigation

3.9 Conclusion

La réalisation d'une installation photovoltaïque autonome pour le pompage requiert une planification minutieuse et une exécution précise. En suivant ces étapes, vous pouvez concevoir un système efficace et fiable qui répondra à vos besoins en pompage d'eau tout en utilisant l'énergie solaire renouvelable.



**CONCLUSION
GÉNÉRALE**

Conclusion Générale

L'irrigation est une composante essentielle de l'agriculture moderne, permettant de maximiser les rendements et de garantir la sécurité alimentaire. Cependant, les systèmes d'irrigation traditionnels, souvent dépendants des énergies fossiles, sont confrontés à des défis majeurs liés à la durabilité environnementale et économique. Dans ce contexte, l'intégration de l'énergie photovoltaïque dans les systèmes d'irrigation représente une solution prometteuse pour répondre à ces défis.

Ce mémoire s'est fixé pour objectif de concevoir, dimensionner et réaliser un système d'irrigation photovoltaïque optimisé. Les principales étapes de cette étude ont inclus une revue approfondie de la littérature, le dimensionnement théorique du système, sa réalisation pratique sur un site pilote, et l'évaluation de ses performances techniques, économiques et environnementales.

Principaux Résultats

Efficacité Énergétique et Performance Technique :

Le système d'irrigation photovoltaïque conçu a démontré une capacité à fournir une énergie suffisante pour le fonctionnement continu des pompes d'irrigation. Les tests ont confirmé la fiabilité et la robustesse du système, même dans des conditions de faible ensoleillement, grâce à l'utilisation de batteries de stockage et de systèmes de gestion intelligente de l'énergie.

Perspectives ET Recommendations

Améliorations Techniques

Il est recommandé de continuer à développer des technologies de stockage d'énergie plus efficaces et moins coûteuses, ainsi que des systèmes de gestion intelligente encore plus sophistiqués pour optimiser la performance et l'efficacité des systèmes d'irrigation photovoltaïque.

Études Complémentaires:

Des études supplémentaires pourraient se concentrer sur l'intégration de sources d'énergie renouvelable complémentaires, comme l'énergie éolienne, pour diversifier les sources d'énergie et améliorer la résilience du système face aux variations climatiques.

Diffusion ET Sensibilisation

Il est crucial de sensibiliser les agriculteurs et les décideurs politiques aux avantages des systèmes d'irrigation photovoltaïque. Des programmes de formation et des démonstrations sur le terrain peuvent faciliter l'adoption de cette technologie

Politiques de Soutien

Les gouvernements et les institutions doivent mettre en place des politiques de soutien, telles que des subventions, des crédits d'impôt et des programmes de financement, pour encourager l'adoption des systèmes d'irrigation photovoltaïque et garantir leur accessibilité à une plus large population d'agriculteurs.

Réflexion Personnelle

La réalisation de ce mémoire a été une expérience enrichissante, offrant une opportunité d'approfondir mes connaissances sur les technologies d'irrigation et les énergies renouvelables. Ce travail m'a permis de contribuer à une solution concrète aux défis environnementaux et économiques de l'agriculture moderne. Les compétences acquises et les résultats obtenus ouvrent la voie à de nouvelles recherches et innovations dans le domaine des systèmes d'irrigation durables.

En conclusion, l'irrigation photovoltaïque représente une avancée majeure vers une agriculture plus durable et résiliente. En intégrant les énergies renouvelables et les Intelligentes, il est possible de relever les défis actuels et futurs de manière efficace et écologique. Les résultats de ce mémoire offrent un bon exemple pour les agriculteurs, les chercheurs et les décideurs politiques, contribuant ainsi à un avenir agricole plus durable et prospère.

BIBLIOGRAPHIE

- [1].BOUCHAKER Amir Abderaouf BENBRINIS Mouad
«Structure et Commande d'une installation photovoltaïque en site isolé « Mémoire de
Master 2018/2019, Université d'Annaba
- [2]. O. Bouchiba Support de Cours, université de Laghouat 2021-2022
- [3]. [.LES ENERGER SOLAIRE - Search Images \(bing.com\)](#)
- [4].[Énergie éolienne - Search Images \(bing.com\)](#)
- [5].[Énergie hydrolique - Search Images \(bing.com\)](#)
- [6]. [Energie Biomasse - Search Images \(bing.com\)](#)
- [7]. [Energie Geothermique - Search Images \(bing.com\)](#)
- [8]. [.LES ENERGER MARINE - Search Images \(bing.com\)](#)
- [9]. [1] <https://youmatter.world/fr/12-05-2022>
- [10]. <https://expertises.ademe.fr/12-05-2022>
- [11]. Freris Leon, Infield David, « Les énergies renouvelable pour la production de l'électricité »,
édition Dunod, Paris 2009.
- [12]. [L'énergie solaire thermique - Search Images \(bing.com\)](#)
- [13]. [Analyse spectrale du rayonnement solaire - Search Images \(bing.com\)](#)
- [14]. [image.jpg \(1070×628\) \(jimcdn.com\)](#)
- [15]. C. Benaouag &all « Les barrières au développement des énergies renouvelables en Algérie
Barriers to the development of renewable energies in Algeria » Revue
Stratégie et développement, Vol 09 / N°: 03 (2019), p 261-273.
- [16]. N. Boubou-Bouziani « Les énergies renouvelables et l'eau en Algérie» Communication
Science & technologie vol 17. July 2016.
- [17]. <https://www.sorbonne-universite.fr/17-05-2022>
- [18]. <https://www.aquaportail.com/definition-12892-irrigation.html>.

[19]. <https://arrosage.ooreka.fr/com> prendre/systeme-irrigation

[20]. livre1 : « irrigation des verges institut technique de l'arboriculture fruitière de la vigne. » ; Ed. DUNOD, 2009.

[21]. Irrigation par aspersion - Agronomie

[22]. RACHIDI Fatima Zahra ; « Agriculture intelligente configuration et test d'un système intelligent basé sur des capteurs pour l'acquisition des données agroenvironnementales. » ; mémoire d'Ingénieur d'État en électronique,

[23]. <https://dSPACE.ummto.dz/server/api/core/bitstreams/55a421a3-1fc5-410d-bb3c-a058cb073020/content>

[24]. Mohamed Lakhdar LOUAZENE, Étude technico-économique d'un système de pompage photovoltaïque sur le site d'Ouargla, Mémoire de Magister

Pour obtenir LE TITRE DE MAGISTER EN ELECTROTECHNIQUE, UNIVERSITE EL HADJ LAKHDAR – BATNA, 12/06/2008.

[25]. Yousfi Fatiha «Étude technico-économique d'un système de pompage photovoltaïque appliquée à un site saharien (région d'Adrar) « Mémoire de master en physique énergétique 2018/2019, université d'Adrar

[26]. Connaissances-de-base-en-pompes-volumétrique_ french, MACHINES À FLUIDE HYDRAULIQUES POMPES VOLUMÉTRIQUES.

[27]. Thèse de Doctorat Es-Sciences, DAOUD Amine (Contrôle de la Puissance d'un Générateur Photovoltaïque pour le Pompage Solaire), Université des Sciences et de la Technologie d'Oran Mohamed Boudiaf, le 17/09/2013.

[28]. Connaissances-de-base-en-pompes-centrifuges_ french, MACHINES À FLUIDE HYDRAULIQUES POMPES CENTRIFUGES.

[29]. IEPF/Université d'Ottawa/EIER/CREPAManuel de cours à l'intention des ingénieurs et des techniciens par Jimmy Royer Thomas Djiako, Eric Schiller, BocarSadaSy.Sous la direction deEric Schiller, LE POMPAGE PHOTOVOLTAIQUE

[30]. POMPES MOTORISEES/PRESENTATION GENERALE, l'équipe technique du ReFEA.

[31]. Mohamed Lakhdar LOUAZENE, Étude technico-économique d'un système de pompage photovoltaïque sur le site d'Ouargla, Mémoire de Magister

Pour obtenir LE TITRE DE MAGISTER EN ELECTROTECHNIQUE, UNIVERSITE EL HADJ LAKHDAR – BATNA, 12/06/2008.

[32]. IEPF/Université d'Ottawa/EIER/CREPA Manuel de cours à l'intention des ingénieurs et des techniciens par Jimmy Royer Thomas Djiako, Éric Schiller, BocarSadaSy. Sous la direction d'Éric Schiller, LE POMPAGE PHOTOVOLTAIQUE

